



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu



**CENTRUM PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
A HODNOCENÍ KRAJINY**

Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR

ZADAVATEL:

HLAVNÍ ZPRACOVATEL:

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
EKOTOXA s.r.o.**

LISTOPAD 2015

© **EKOTOXA s.r.o.**

Fišova 403/7, 602 00 Brno, Černá Pole

tel. 558 900 010, fax 558 900 011, e-mail: emc@ekotoxa.cz

ŘEŠITELSKÝ TÝM

EKOTOXA s.r.o. - odpovědný řešitel projektu

Mgr. Petr Birklen
Mgr. Zdeněk Frélich
Mgr. Pavla Škarková
Tamara Faberová, MSc.
Ing. Katarzyna Drongová
Mgr. Klára Rausová
Doc. Ing. Miloš Zapletal, Dr.
Ing. Pavel Kotrla, Ph.D.
Ing. Eva Brhelová

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Ing. Jiří Jedlička
RNDr. Leoš Pelikán, Ph.D.
Ing. Jakub Tichý

Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.

prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D.
prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.
Mgr. Vačkář David, Ph.D.
Ing. Marie Hubatová, MSc.
Mgr. Marta Sylla (Szkaradkiewicz)
Mgr. Adam Emmer

DHP Conservation s.r.o.

Ing. Michael Hošek
Ing. Jan Dušek

RADDIT consulting s.r.o.

RNDr. Radim Misiáček
Bc. Pavel Hrabovský
Mgr. František Gregor

URBANISMUS, ARCHITEKTURA, DESIGN - STUDIO, spol. s r. o.

Ing. arch. Antonín Hladík
Ing. arch. Eva Brunnerová

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.
Ing. Pavel Dobeš, Ph.D.
Ing. Jakub Dlabka

Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem

MUDr. Eva Rychlíková, Ph.D.
Bc. David Šubrt
Ing. Jana Moravcová

prof. ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

Doc. Ing. Miroslav Hájek, PhD.

Ing. Martina Pásková, Ph.D.

RNDr. Jan Srb

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	ZMĚNA KLIMATU V NÁRODNÍM MĚŘÍTKU A SOUHRN PŘEDPOKLÁDANÝCH SCÉNÁŘŮ VÝVOJE NA ÚROVNI ČR.....	9
2.1	Globální trendy změny klimatu se zaměřením na Evropu	9
2.1.1	Výskyt extrémních jevů a katastrof	12
2.2	Trendy změny klimatu na úrovni ČR.....	15
2.2.1	Vývoj do současnosti a předpokládané scénáře vývoje klimatu do roku 2099	15
2.2.2	Souhrn pro území ČR – Identifikace hlavních projevů změny klimatu.....	27
3	PŘEHLED ODBORNÝCH AKTIVIT V ČR SE ZAMĚŘENÍM NA PŘEDMĚT STUDIE, SHRNU PŘÍSTUPŮ A VÝSLEDKŮ ZE STŘEDOEVROPSKÉHO REGIONU (BEST PRACTISES)	28
3.1	Přehled odborných aktivit v ČR.....	28
3.1.1	Analýza publikovaných výstupů	28
3.2	Přehled odborných aktivit ve středoevropském regionu	34
3.2.1	Analýza publikovaných výstupů	34
4	ANALÝZA DOPADŮ PREDIKOVANÝCH SCÉNÁŘŮ ZMĚNY KLIMATU NA JEDNOTLIVÉ PRIORITNÍ OBLASTI ZÁJMU	36
4.1	Lesní hospodářství.....	38
4.1.1	Úvod a kontext	38
4.1.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	41
4.1.3	Stanovení indikátorů.....	48
4.1.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	51
4.1.5	Souhrn – What if analýza	53
4.1.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	54
4.2	Zemědělství.....	56
4.2.1	Úvod a kontext	56
4.2.2	Dopady predikovaných scénářů změn klimatu v ČR	70
4.2.3	Stanovení indikátorů.....	78
4.2.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	84
4.2.5	Souhrn – What if analýza	85
4.2.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	88
4.3	Vodní režim a vodní hospodářství	90
4.3.1	Úvod a kontext	90
4.3.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu na vodní režim v ČR.....	91
4.3.3	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu na vodní hospodářství v ČR	97
4.3.4	Stanovení indikátorů.....	104
4.3.5	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	105
4.3.6	Souhrn – What if analýza	107
4.3.7	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	109
4.4	Biodiverzita a ekosystémové služby	111
4.4.1	Úvod a kontext	111
4.4.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	112
4.4.3	Stanovení indikátorů.....	127
4.4.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	129

4.4.5	Souhrn – What if analýza	131
4.4.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	133
4.5	Zdraví a hygiena	135
4.5.1	Úvod a kontext	135
4.5.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	143
4.5.3	Stanovení indikátorů.....	145
4.5.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	146
4.5.5	Souhrn – What if analýza	148
4.5.6	Analýza navržených adaptačních opatření podle Adaptační strategie	149
4.6	Urbanizovaná krajina	151
4.6.1	Úvod a kontext	151
4.6.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	152
4.6.3	Stanovení indikátorů.....	156
4.6.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	158
4.6.5	Souhrn – What if analýza	163
4.6.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	165
4.7	Cestovní ruch	166
4.7.1	Úvod a kontext	166
4.7.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	167
4.7.3	Stanovení indikátorů.....	172
4.7.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	173
4.7.5	Souhrn – What if analýza	174
4.7.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	177
4.8	Průmysl a energetika	178
4.8.1	Úvod a kontext	178
4.8.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	182
4.8.3	Stanovení indikátorů.....	186
4.8.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	189
4.8.5	Souhrn – What if analýza	192
4.8.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	194
4.9	Doprava.....	196
4.9.1	Úvod a kontext	196
4.9.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	197
4.9.3	Stanovení indikátorů.....	199
4.9.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	201
4.9.5	Souhrn – What if analýza	203
4.9.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	205
4.10	Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí	206
4.10.1	Úvod a kontext	206
4.10.2	Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR.....	207
4.10.3	Stanovení indikátorů.....	211
4.10.4	Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR	212
4.10.5	Souhrn – What if analýza	216
4.10.6	Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	218
4.11	Návrh indikátorů - souhrn.....	220
4.11.1	Indikátory změny klimatu.....	220
4.11.2	Indikátory dopadové	240

5	EKONOMICKÉ ASPEKTY ZMĚNY KLIMATU	242
5.1	Ekonomické metody analýzy změny klimatu a adaptačních opatření	242
5.2	Limitace ekonomického hodnocení.....	245
6	EKONOMICKÁ ANALÝZA OČEKÁVANÝCH DOPADŮ ZMĚNY KLIMATU NA JEDNOTLIVÉ SEKTORY A NÁKLADŮ NA ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ	246
6.1	Lesní hospodářství.....	248
6.1.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	248
6.1.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	249
6.1.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	251
6.2	Zemědělství.....	252
6.2.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	252
6.2.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	254
6.2.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	255
6.3	Vodní režim a vodní hospodářství	257
6.3.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	257
6.3.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	258
6.3.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	259
6.4	Biodiverzita a ekosystémové služby	260
6.4.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	260
6.4.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	261
6.4.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	263
6.5	Zdraví a hygiena	265
6.5.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	265
6.5.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	266
6.5.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	268
6.6	Urbanizovaná krajina	269
6.6.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	269
6.6.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	270
6.6.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	272
6.7	Cestovní ruch	273
6.7.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	273
6.7.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	274
6.7.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	275
6.8	Průmysl a energetika	276
6.8.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	276
6.8.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	277
6.8.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	278
6.9	Doprava.....	279
6.9.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	279
6.9.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	280
6.9.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	281
6.10	Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí	282
6.10.1	Ekonomická analýza dopadů změn klimatu	282
6.10.2	Ekonomické aspekty adaptačních opatření	283
6.10.3	Efektivita nákladů na adaptační opatření	285
7	KRITÉRIA PRO STANOVOVÁNÍ INVESTIČNÍCH PRIORIT V ZÁVISLOSTI NA RIZIKU	286
7.1	Kritéria pro stanovení investičních priorit	286
7.2	Doporučení pro výběr investičních priorit.....	287
7.2.1	Lesní hospodářství	287
7.2.2	Zemědělství.....	288
7.2.3	Vodní režim a vodní hospodářství.....	289

7.2.4	Biodiverzita a ekosystémové služby	290
7.2.5	Zdraví a hygiena.....	291
7.2.6	Urbanizovaná krajina.....	292
7.2.7	Cestovní ruch	293
7.2.8	Průmysl a energetika.....	294
7.2.9	Doprava	295
7.2.10	Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí	296
8	TECHNICKÉ SHRUTÍ PRO POTŘEBY UPLATNĚNÍ V OPŽP A IROP A V AKČNÍM PLÁNU PŘÍZPŮSOBNÍ SE ZMĚNĚ KLIMATU	297
8.1	Základní shrnutí provedených analýz	297
8.2	Možnosti uplatnění OPŽP z hlediska adaptačních opatření	299
8.2.1	Doporučení pro uplatnění OPŽP z hlediska podpory adaptací na změny klimatu	304
8.3	Možnosti uplatnění IROP z hlediska adaptačních opatření	309
8.3.1	Doporučení pro uplatnění IROP z hlediska podpory adaptací na změny klimatu	312
8.3.2	Doporučení z hlediska podporovaných aktivit.....	312
9	PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ	315
10	SEZNAM TABULEK	330
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	333
12	SEZNAM ZKRATEK	336

1 ÚVOD

Změnou klimatu se rozumí veškeré dlouhodobé změny včetně přirozené variability klimatu a změn způsobených lidskou činností, přičemž přirozenou a antropogenní složku klimatické změny od sebe nelze zcela rozlišit.

Díky změně klimatu probíhá a bude probíhat řada změn – jsou předpokládány zejména zvýšené teploty, zkracování délky zimního období, pokles srážek v letním období a nárůst extrémních meteorologických jevů, jako jsou dlouhá suchá období, přívalové deště, vlny horka apod. (podrobněji dále v textu). A tyto změny s sebou přinášejí řadu negativních důsledků a rizik. Cílem této studie byla zejména podrobná analýza těchto rizik, tj. jejich identifikace a kvantifikace v členění na základní tematické oblasti, kterými byly:

- 1) Lesní hospodářství
- 2) Zemědělství
- 3) Vodní hospodářství
- 4) Biodiverzita
- 5) Zdraví a hygiena
- 6) Urbanizovaná krajina
- 7) Cestovní ruch
- 8) Průmysl a energetika
- 9) Doprava
- 10) Mimořádné události

Dalším z úkolů bylo určení nejvýznamnějších rizik, predikce jejich budoucího vývoje a identifikace nejvíce zranitelných oblastí, ať už z hlediska geografického, tak i společenského. Dále byly řešeny také ekonomické souvislosti jak rizik, tak adaptačních opatření. Identifikace rizik je základním předpokladem pro jejich eliminaci, snížení zranitelnosti a zvýšení odolnosti vůči dopadům změny klimatu. Studie má tvořit základní znalostní bázi pro řešení navazujících adaptačních opatření.

Současně s touto studií byla připravována také Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (také zvaná Adaptační strategie), která řeší problematiku adaptačních opatření. Na tyto dva dokumenty bude navazovat v r. 2016 připravovaný Národní akční plán adaptace na změnu klimatu. Současně se dá předpokládat, že problematika změny klimatu bude dále rozpracovávána na nižších regionálních úrovních, v prvních fázích zejména na úrovni krajské a větších měst.

Problematika rizik souvisejících se změnami klimatu a adaptace na ně patří k prioritním tématům environmentální politiky Evropské unie. Souvisejícím materiálem na evropské úrovni je např. studie „Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (Klimatická změna, dopady a zranitelnost v Evropě 2012), kterou zpracovala European Environment Agency.

Studie byla zpracovávána v období od května do listopadu 2015 a na jejím zpracování se podílel široký tým expertních pracovišť na jednotlivé tematické oblasti, jehož složení je uvedeno v úvodu celé studie. Zadavatelem studie je Ministerstvo životního prostředí ČR, které je také hlavním garantem řešení této problematiky na úrovni ČR.

2 ZMĚNA KLIMATU V NÁRODNÍM MĚŘÍTKU A SOUHRN PŘEDPOKLÁDANÝCH SCÉNÁŘŮ VÝVOJE NA ÚROVNI ČR

2.1 GLOBÁLNÍ TRENDY ZMĚNY KLIMATU SE ZAMĚŘENÍM NA EVROPU

Dle údajů uváděných v dokumentu **Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu** (European Commission, 2013) se průměrná globální teplota ve světě, která se v současnosti pohybuje okolo 0,8 °C nad úrovní před industrializací, i nadále zvyšuje. Do roku 2100 je předpokládán globální nárůst teploty o 1,1–6,4 °C v závislosti na modelu.

Změnami klimatu na evropské úrovni se podrobně zabývala mimo jiné studie „**Změna klimatu: dopady a zranitelnost v Evropě**“ z roku 2012 (EEA, 2012), která byla jedním z podkladů pro výše uvedenou Strategii EU pro přizpůsobení se změně klimatu. Tento dokument podrobně hodnotí vývoj klimatu v Evropě do roku 2100 dle jednotlivých charakteristik. Níže jsou uváděny základní fakta a trendy.

Mezi obecnější závěry patří, že v celé Evropě jsou zaznamenávány **vyšší průměrné teploty**, převážně v jižních regionech Evropy klesají úhrny srážek, zatímco v severní Evropě tyto úhrny rostou. S tím souvisí tání ledovců v horských polohách a **zmenšování ploch sněhové pokrývky**.

Dle studie bylo období 2002–2011 tím nejteplejším, jaké bylo v Evropě zaznamenáno a průměrná teplota zemského povrchu je v Evropě o 1,3°C vyšší, než byl průměr v předindustriální době. Uváděné modelové projekce předpokládají v posledních desetiletích 21. století, že by mohla být teplota v Evropě o 2,5–4°C vyšší, než jakých hodnot dosahovala průměrně v referenčním období let 1961–1990. Zatímco k nejvyšším nárůstům teploty v zimě bude docházet v severních a východních oblastech Evropy, nejvyšší nárůst letních teplot bude naopak probíhat v jižních částech Evropy. Se zvyšováním teplot souvisí i nárůst teplot mořské hladiny, avšak tento nárůst je mírnější než nárůst teplot vzduchu.

Zvyšuje se teplota oceánů, mimořádně **rychle se oteplují rychlá proudění** jako v případě Golského proudu. Teplota Golského proudu se za uplynulých 100 let zvýšila dva až třikrát rychleji než teplota v Atlantském oceánu. Podle studie (Wu, 2012) se povrchová teplota mořského proudění zvedla o zhruba 1°C; Atlantik se oteplil za toto období o 0,40°C, celosvětově se podle mezinárodního vědeckého týmu zvýšila teplota moří asi o 0,6°C. Tento fenomén lze pozorovat také u rychlých okrajových proudění v dalších oceánech. Teplo, které transportuje Golský proud z Ameriky do Evropy, odpovídá za poměrně mírné klima ve střední a severní Evropě a případná změna proudění vyvolaná změnou teploty proudu by měla pro klima v Evropě významný vliv.

Vlny veder jsou častější a delší a předpokládá se pokračování tohoto trendu. Zpráva (EEA, 2012) předpokládá, že pokud nebudou realizována adaptační opatření, mohl by podle projekcí v nadcházejících dekádách nárůst veder způsobit nárůst počtu souvisejících úmrtí. Současně se však předpokládá úbytek úmrtí souvisejících s chladem. Chladné extrémy se v rámci Evropy vyskytují méně často, naopak narůstá počet tropických dnů, přičemž také tyto trendy jsou předpokládány do budoucna.

Arktida se ohřívá rychleji než jiné oblasti. V letech 2007, 2011 a 2012 byl v Arktidě zaznamenán rekordně nízký stav **mořského ledu**, který se propadl zhruba na polovinu svého minimálního stavu z osmdesátých let 20. století. Rychlost tání **grónského pevninského ledovce** se od devadesátých let zdvojnásobila, když mezi lety 2005 a 2009 došlo každý rok průměrně k úbytku 250 miliard tun hmoty. **Ledovce** v Alpách ztratily od roku 1850 přibližně dvě třetiny svého objemu a tento trend se předpokládá i do budoucna. Do budoucna se předpokládá snížení počtu sněhových dnů a rozsahu území se sněhovou pokrývkou.

Srážek v jižních oblastech ubývá, zatímco v severní Evropě se jejich množství zvyšuje a podle projekcí budou tyto trendy pokračovat. Současně se předpokládá nárůst počtu dnů s vyššími srážkami. Vzhledem ke skutečnosti, že vyšší teploty a srážky zvyšují intenzitu koloběhu vody, bude zejména v severní Evropě **rozvodňování řek** stále častějším jevem. V jižní Evropě se naopak zvyšuje frekvence a intenzita **vysychání říčních toků** a předpokládá se, že minimální stavy vody budou na říčních tocích v jižní Evropě v letním období významně klesat.

Hladina moří stoupá, což zvyšuje při silných bouřkách riziko záplav v pobřežních oblastech. Průměrná celosvětová úroveň hladiny moře ve 20. století stoupala o 1,7 mm za rok, zatímco v posledních dekádách

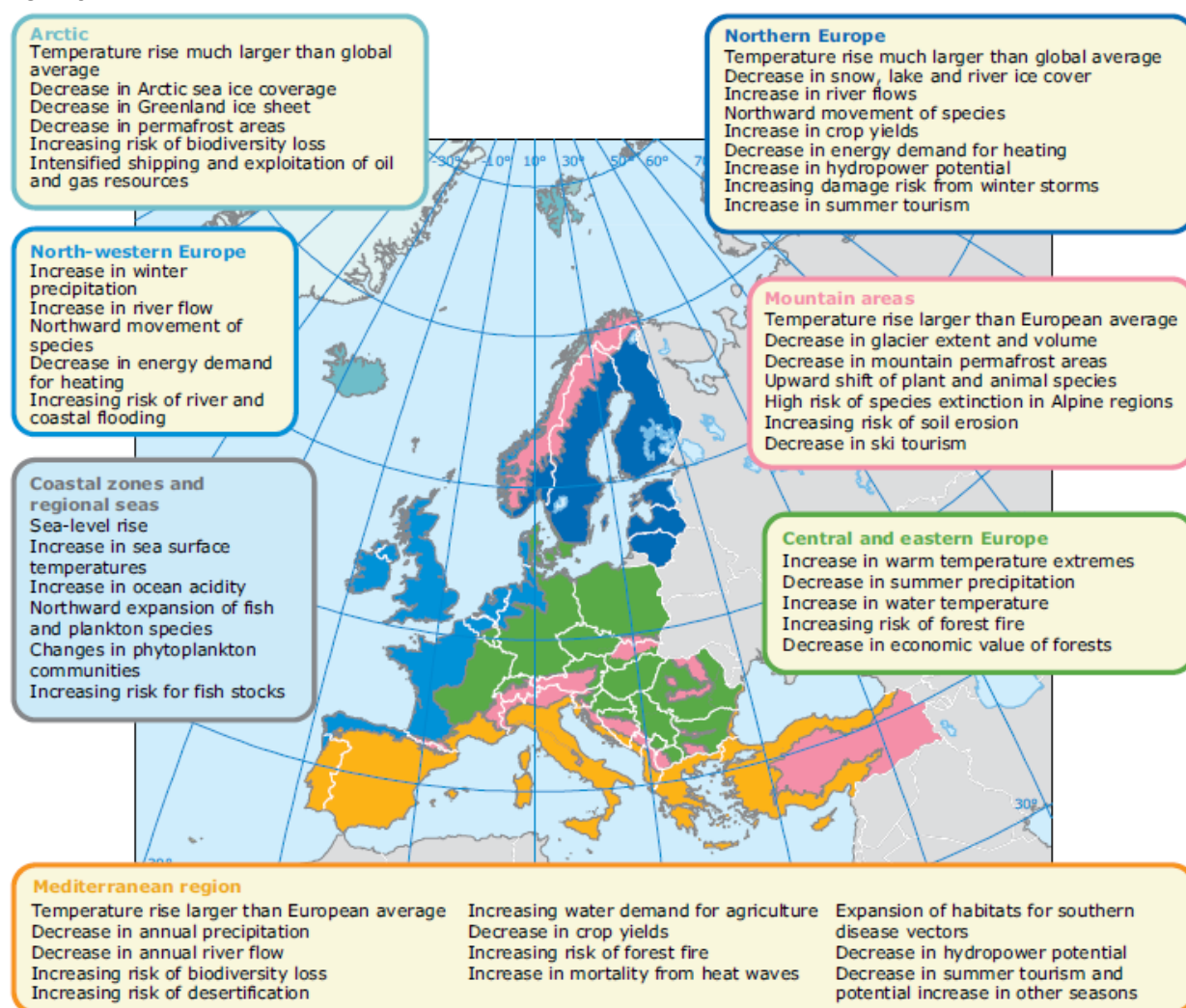
o 3 mm za rok. Dle dokumentu je pravděpodobné, že ve 21. století bude nárůst hladiny moří výraznější než v průběhu 20. století. U evropských pobřeží je však nárůst hladiny moře různý, a to například v důsledku místních pohybů země.

Zpráva uvádí předpokládané **dopady na lidské zdraví**. Příčinou budou např. vlny veder, rozšiřování druhů hmyzu přenášejících choroby, prodloužení pylové sezóny a s tím související nárůst a dopady alergií. Předpokládá se také prodlužování vegetační sezóny.

Mezi základní nejistoty, které souvisí s projekcí těchto skutečností do budoucna, patří také to, jakou roli hraje v těchto uváděných procesech a trendech samotná změna klimatu. S výstupy klimatických modelů je spojena řada nejistot daná komplexností a provázaností dané problematiky, nutností zjednodušovat data vstupující do modelů, odhadem podílu terestrických, extraterestrických faktorů a faktorů antropogenních.

Souhrn pozorovaných a projektovaných projevů a dopadů klimatické změny pro území Evropy je schematicky znázorněn na následujících mapách (obrázek 1 až obrázek 3).

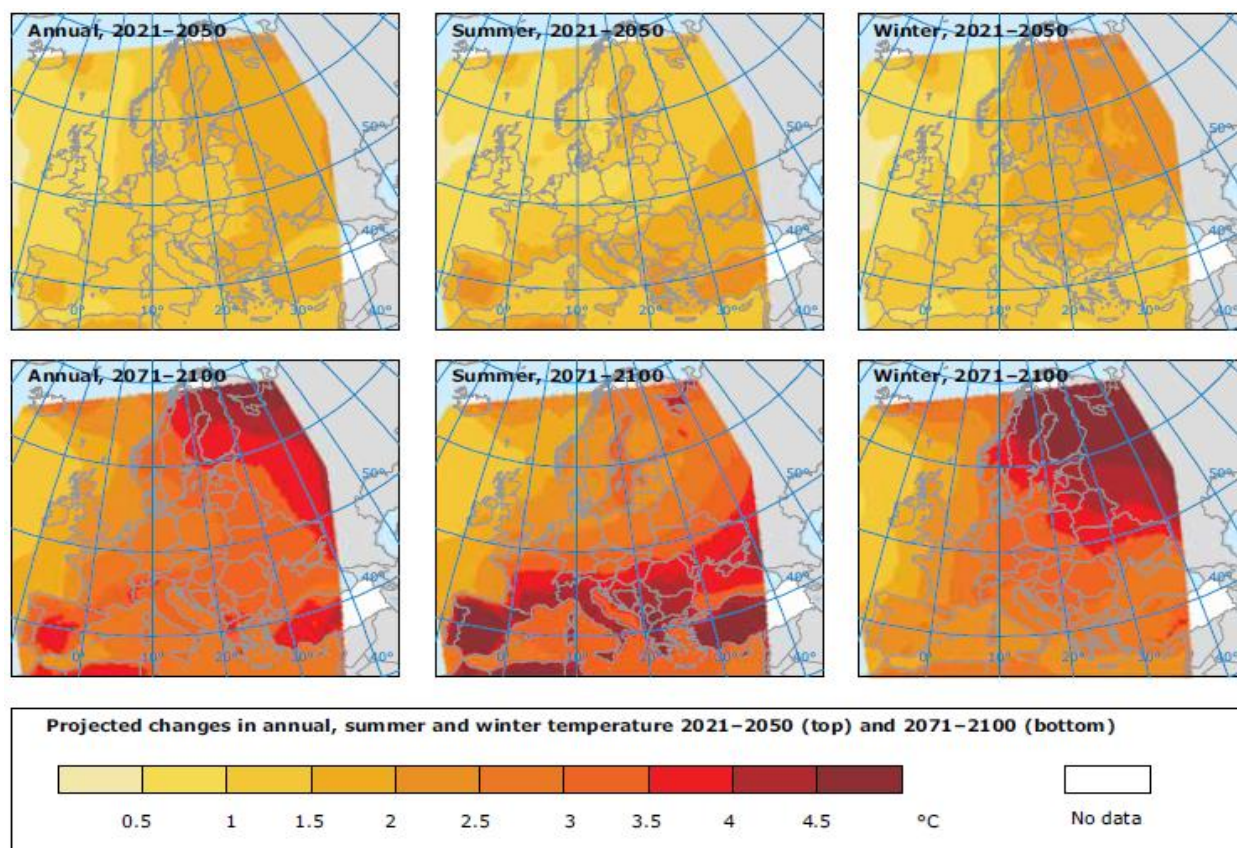
Obrázek 1 Klíčové zjištění a projektované projevy a dopady změn klimatu na jednotlivé evropské regiony



Zdroj: (EEA, 2012)

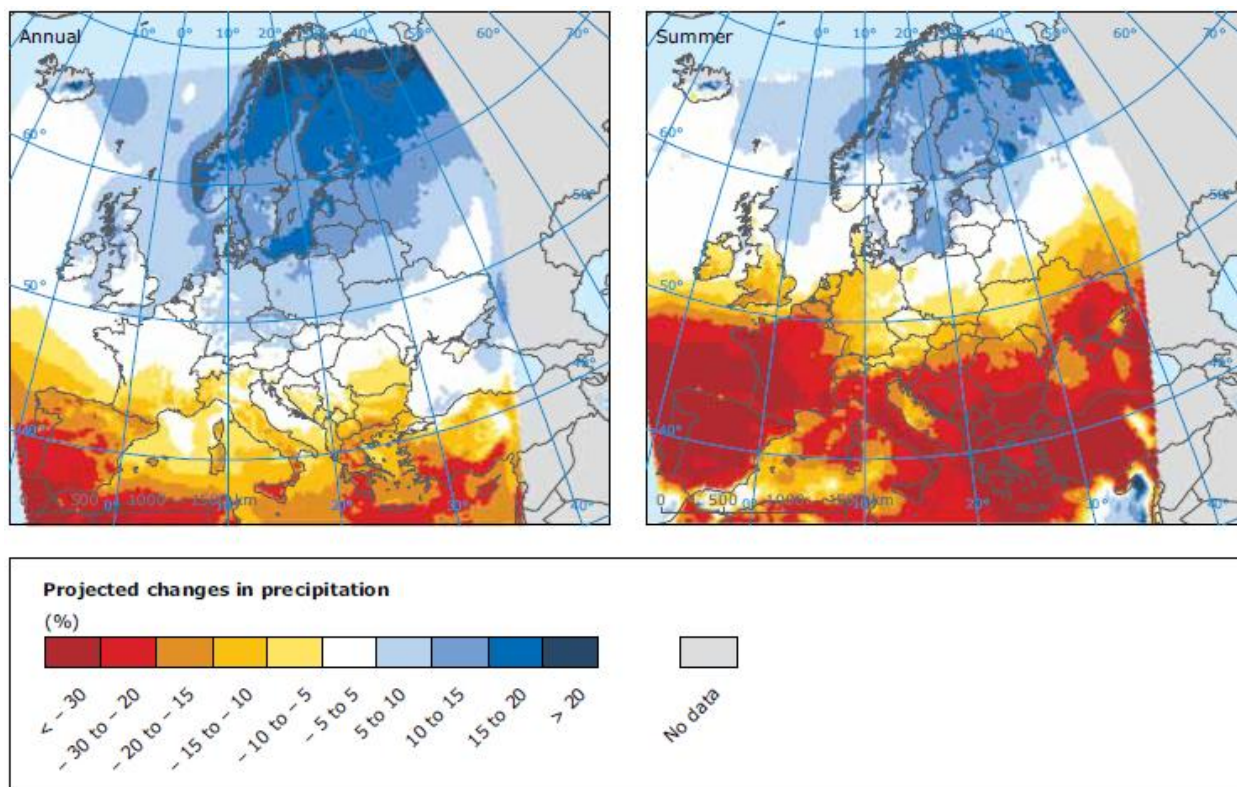
Pozn.: Hlavní informace jsou uvedeny v textu nad obrázkem

Obrázek 2 Předpoklad vývoje průměrných ročních, letních a zimních teplot v rámci Evropy do r. 2100



Zdroj: (EEA, 2012)

Obrázek 3 Předpokládané změny ročních a letních srážek (%) mezi obdobím 1961-1990 a 2071-2100

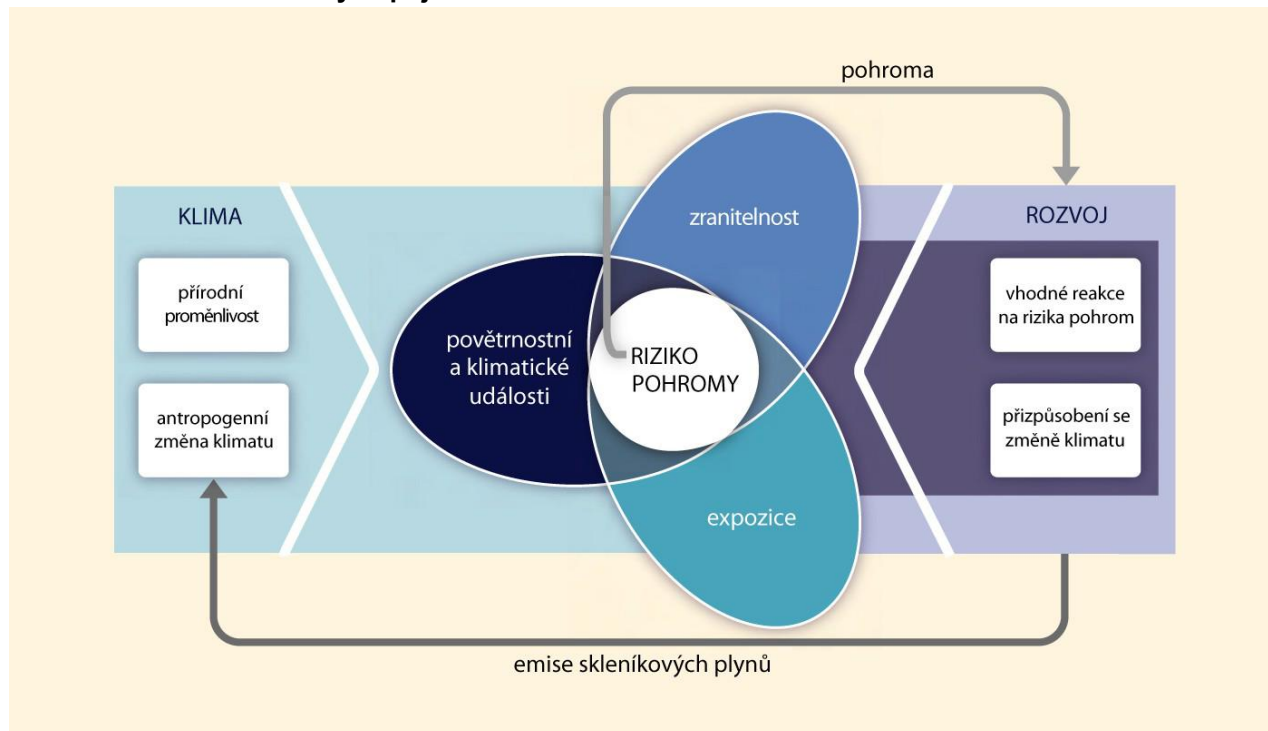


Zdroj: (EEA, 2012)

2.1.1 Výskyt extrémních jevů a katastrof

Charakter a závažnost dopadů klimatických extrémů závisí nejen na extrémech samotných, ale také na expozici, zranitelnosti a resilienci. V této zprávě jsou za škodlivé dopady považovány katastrofy přírodního nebo antropogenního původu. Klimatické extrémy, expozice, zranitelnost a resilience jsou ovlivněny celou řadou faktorů, včetně antropogenních, přírodní klimatické proměnlivosti a sociálně-ekonomického rozvoje – viz obrázek 4.

Obrázek 4 Ilustrace klíčových pojmů IPCC SREX



Zdroj: (Field, 2012)

Základní pojmy, které se často používají v oblasti snižování rizika katastrof, jsou definovány v Rámci ze Sendai pro snižování rizika katastrof. Jde zejména o následující pojmy:

Adaptace je přizpůsobení se v přírodních nebo lidských systémech, jako odpověď na současné nebo očekávané efekty nebo jejich účinky, které mírní poškození nebo využívá výhodné příležitosti.

Katastrofa je závažné přerušení fungování společnosti zahrnující škody a dopady, které není schopna zvládnout vlastními prostředky. Ve smyslu legislativy ČR (Zákon č. 240/2000 Sb., krizový zákon) je pojem katastrofa (pohroma) chápán a užíván jako krizová situace.

Krizová situace je mimořádná událost, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu (tj. krizový stav).

Mimořádná událost je škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.

Resilience je schopnost systému nebo společnosti odolávat, zmírňovat, přijímat a obnovovat následky účinků nebezpečí včasným a účinným způsobem, včetně zachování a obnovy jeho nezbytné základní struktury a funkcí.

Riziko je pravděpodobnost výskytu nežádoucí události s nežádoucími následky.

Zranitelnost je náchylnost k poškození.

Mezi extrémní jevy, které mohou souviset se změnou klimatu a jejími projevy, patří v rámci České republiky (a střední Evropy) zejména tyto:

- povodně velkého rozsahu a bleskové povodně,
- dlouhodobá inverzní situace,
- dlouhodobé sucho,
- extrémní meteorologické jevy (extrémní srážky, teploty a vlny veder, vítr),
- přírodní požáry,
- svahové nestability

Tyto jevy a predikce jejich dalších trendů byly zpracovány v řadě dílčích studií. V této kapitole uvádíme hlavní závěry týkající se výskytu a pravděpodobného vývoje těchto událostí na území střední Evropy, jež byly shrnuty ve studii *Extreme Weather Events in Europe* (Norwegian Meteorological Institute, 2013). Dalším zdrojem byla Studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011).

Extrémní meteorologické jevy, jako jsou (extrémní srážky, teploty, vítr) a jejich důsledky (zejména povodně velkého rozsahu, dlouhodobé sucho, přírodní požáry) aj. působí v posledních letech v celé Evropě vzrůstající škody. Nelze jednoznačně určit, jakou roli hraje v těchto trendech změna klimatu, avšak pokud jde o lidskou činnost v oblastech se zvýšeným rizikem, je uváděno, že změna klimatu patří mezi klíčové faktory. Výskyt těchto jevů je současně nepravidelný a obtížně předvídatelný. Z hlediska jejich dopadů na obyvatelstvo a životní prostředí zvyšuje se význam varovné, hlásné a předpovědní služby (systém včasného varování).

Níže jsou uvedena základní fakta a předpoklady dalšího vývoje.

Extrémní vítr, bouřky

Z hlediska četnosti bouřek byl zjištěn jejich nárůst v období od šedesátých do devadesátých let, následně byl zaznamenán pokles četnosti jejich výskytu. Projekce do budoucna nezjistily v tomto směru žádný prokazatelný trend.

Výskyt vichřic narůstal v předchozím období (1950-2010) v severozápadní Evropě. Tyto výsledky však mají celou řadu nejistot v závislosti na zdrojových datech. V severozápadní a střední Evropě je predikováno do budoucna další nárůst tohoto jevu společně s nárůstem způsobených škod o 30 – 100 % oproti současnému stavu. V jižní Evropě by se měl naopak výskyt vichřic pravděpodobně snižovat. Je však nutno zdůraznit, že zde nebyl vysledován žádný jednoznačný trend.

Extrémní srážky (povodně)

Meteorologická a klimatologická měření ukazují, že výskyt silných srážek je stále častější a jejich intenzita narůstá, současně se vyskytují v nepravidelných intervalech a intenzitách. Přestože zde není pozorován žádný zcela jednoznačný vzorec pro jejich časové a prostorové rozložení, z dosavadních pozorování se dá vyvodit, že ve střední a východní Evropě bude narůstat intenzita a četnost zimních srážek, kdežto letní období zde bude celkově sušší.

Riziko výskytu povodní vzrostlo v mnoha oblastech Evropy z důvodu klimatických a neklimatických příčin, jejichž význam je místně specifický. Chybí však jednoznačné podklady, jak přímo samotná změna klimatu ovlivňuje četnost povodní. Jedním z důvodů je právě zmíněná narůstající četnost silných dešťových srážek a vyšší četnost výskytu bleskových lokálních povodní. V rámci Evropy také narůstají škody způsobené povodněmi. S výskytem extrémních srážek a povodní souvisí také riziko sesuvů. Také budoucí vývoj je obtížně předvídatelný, mimo jiné také proto, že je obtížně předvídatelný vliv lidské činnosti (např. průběh realizace protipovodňových opatření, způsob hospodaření v krajině, ať už lesní, zemědělské nebo městské, způsoby nakládání s vodou apod.).

Extrémní teploty a vlny veder

S narůstající průměrnou teplotou se prodlužuje četnost, délka a intenzita vln veder a teplých období a ubývá počet extrémně chladných dní a nocí. Očekává se nárůst magnitud těchto teplotních extrémů, jež současně porostou rychleji než průměrné teploty.

Do budoucna je z tohoto důvodu očekáváno méně teplotně chladných extrémů. Naopak pravděpodobnost výskytu vln veder bude průběžně narůstat a např. událost (např. vlna veder v Rusku v roce 2003), která je dnes považována za padesátiletou, bude ke konci století považována za pětiletou. Tyto jevy budou nejintenzivnější v jižní Evropě (středomoří) a významněji vzrostou také ve střední Evropě. V jižní Evropě je dle studie předpokládáno, že frekvence horkých letních dní vzroste z 5 % na konci 20. století na 65 % na konci 21. století a ve střední Evropě na 40 %. Dle některých ve studii uváděných scénářů se např. při nárůstu průměrné teploty o 2°C mohou zvednout teplotní maxima o více než 6°C.

Dlouhodobé sucho

Intenzivnější sucho je pozorováno v oblastech jižní a střední Evropy. Pro jižní Evropu se předpokládá celkové snížení ročních srážek a nárůst průměrných teplot. Do budoucna bude narůstat četnost a délka bezesrážkových období v jižní a střední Evropě způsobujících sucha, deficit půdní vlhkosti a další související dopady. V nadcházejících obdobích do konce 21. století se díky tomu dají předpokládat nižší průtoky v řekách a vodní stres především v regionech, které jsou již dnes zranitelné poklesem vodních zdrojů. Naopak ve zbytku Evropy obdobné trendy vysledovat nelze.

Ve střední Evropě je sucho často podceňovaným jevem, protože jeho dopady nejsou tak očividné, vleklé a jsou rozloženy do větší zeměpisné oblasti než škody, které vyplývají z jiných přírodních katastrof. Řešení problematiky sucha komplikuje skutečnost, že neexistuje žádná všeobecně uznávaná definice sucha.

Na rozdíl od většiny států Evropy, pochází téměř veškerá voda, která se na území ČR vyskytuje, ze srážek.

Sucho vzniká v důsledku déletrvajícího srážkově deficitního období, které bývá ještě umocněno nadnormálním průběhem teplot a tím zvýšeným výparem. Dopady sucha na krajinu nejsou pouhou výslednicí průběhu meteorologických jevů, ale i způsobem hospodaření v krajině a negativních důsledků degradace půd. Stávajícími metodami hospodaření na zemědělské půdě, ale také zástavbou s rychlým odvodem vod došlo ke snížení infiltračních schopností krajiny a tím byla významně snížena její retenční kapacita. Dochází tak k negativním změnám jednotlivých fází oběhu vody. Snížení retenční kapacity krajiny vede nejen k povodním, ale i k výskytům sucha. Rychlý odtok vody z krajiny vede ke snížení obsahu vody v půdě a v určitých časových obdobích může vyvolat i snížení hladiny podzemní vody oproti normálnímu stavu.

Lesní požáry

Lesní požáry jsou integrální součástí lesních ekosystémů, jejich dynamiky a jedním ze základních elementů jejich obnovy. Přispívají ke snižování škod hmyzími škůdci a nemocemi a jsou přirozenou disturbancí v lesních porostech. Současně lesní požáry způsobují významné hospodářské škody a ohrožují majetek a lidské životy.

Na úrovni evropských zemí nelze na základě dostupných dat vysledovat jednoznačný trend v množství a rozsahu lesních požárů. Většina požárů v Evropě je způsobena lidmi, avšak meteorologické podmínky mají také významný vliv. S ohledem na klesající množství srážek a nárůst teplot a související suchá období zejména ve středomoří a částečně také ve střední Evropě se počítá s nárůstem výskytu a intenzity lesních požárů. Další příčinou vzniku lesních požárů mohou být blesky.

2.2 TRENDY ZMĚNY KLIMATU NA ÚROVNI ČR

Výzkumem projevů a dopadů změny klimatu v podmínkách ČR se doposud nejpodrobněji věnoval projekt „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011).

Projekt byl zaměřen na zpřesnění a aktualizace regionálních scénářů vývoje klimatu na území ČR pro období v časových horizontech 2010–2039, 2040–2069 a 2070–2099 a současně se zabýval zpřesněním předpokládaných dopadů klimatické změny na sektory vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví.

Projekt byl členěn na šest úzce provázaných dílčích částí, z nichž první se zabývala zpřesněním a aktualizací regionálních scénářů klimatické změny (DP 01 – odpovědný řešitel L. Metelka, ČHMÚ).

Hlavní závěry a výstupy z tohoto projektu týkající se klimatické změny jsou uvedeny v následující části.

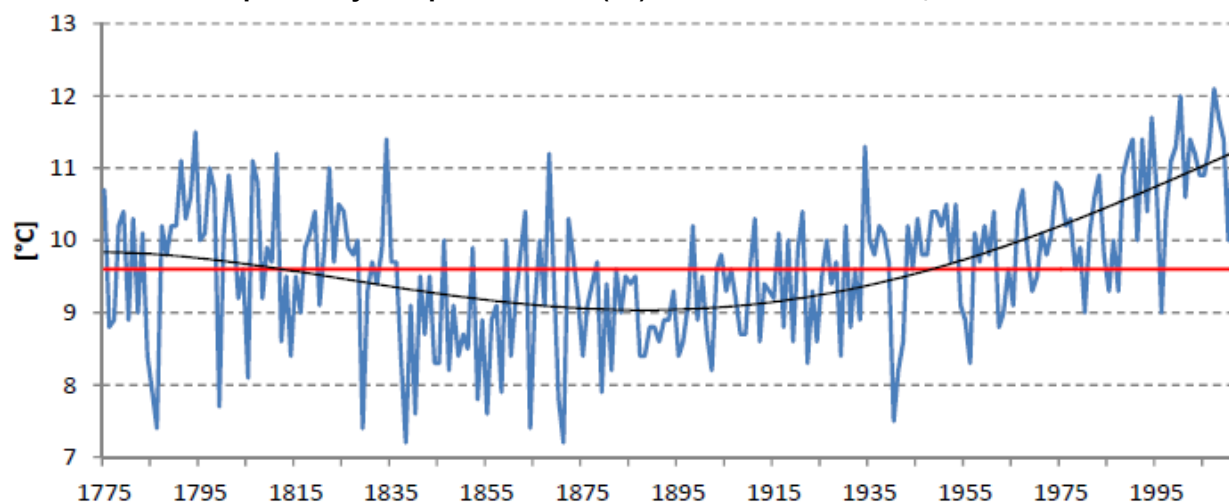
2.2.1 Vývoj do současnosti a předpokládané scénáře vývoje klimatu do roku 2099

2.2.1.1 Teplota vzduchu

V České republice probíhá sledování teplotních charakteristik od 18. století v pražském Klementinu (teplota od r. 1775 a srážky od r. 1805, viz obrázek 5). Z těchto dat lze vyvodit základní trendy pro území ČR.

Co se týče průměrných teplot vzduchu, tak po nárůstu průměrné teploty v druhé polovině 18. století nastal pokles průměrných teplot, který se začal obracet k postupnému nárůstu od konce 19. století. Ten probíhá doposud, kdy při krátkém zpomalení v polovině 20. století se nárůst od osmdesátých let významně zrychlil, a to až do současného období. S tímto hlavním trendem víceméně souvisí také změna sezónních chodů teplot.

Obrázek 5 Průběh průměrných teplot vzduchu (°C) v období 1775 – 2012, Praha-Klementinum

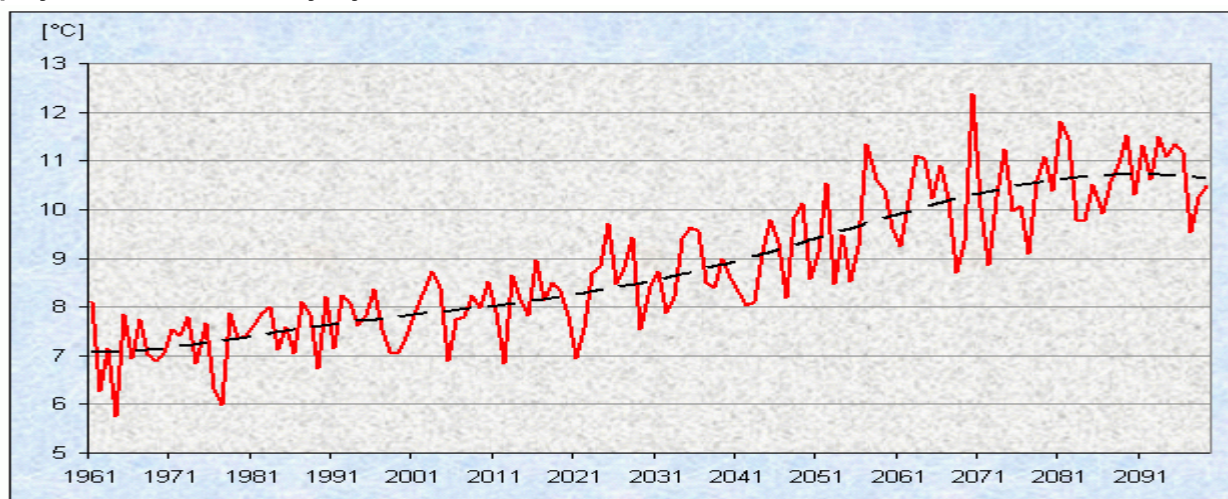


Zdroj: (MŽP, 2015)

Pozn: červená čára – dlouhodobý teplotní průměr za sledované období; modrá čára – roční průměrné teploty vzduchu; černá čára – 11letý klouzavý průměr/vyhlazení

V rámci studie (Pretel, 2011) byly modelovány scénáře do roku 2099 a srovnávány s referenčním obdobím 1961 – 1990. Územní teploty (stejně jako srážky) představují průměrnou hodnotu teploty vzduchu redukovanou na střední nadmořskou výšku a zohledňují měření z celé staniční sítě v ČR.

Scénáře do roku 2099 předpokládají postupný nárůst průměrných teplot – viz obrázek 6.

Obrázek 6 Predikované průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) na území ČR včetně polynomičského trendu vývoje 1961–2099

Zdroj: (Pretel, 2011)

Dle zpracovaných scénářů se předpokládá, že v prvním období 2010–2039 se teplota vzduchu na území ČR zvýší o cca o 1°C, oteplení v létě a zimě je jen o něco menší než na jaře a na podzim. Zvýšení teplot bude relativně málo proměnlivé v prostoru.

V období 2040–2069 se předpokládá výraznější oteplení, nejvíce se zvýší teploty vzduchu v létě (o 2,7°C), nejméně v zimě (o 1,8°C). Za zmínku stojí zvýšení teplot v srpnu o téměř 3,9°C. V jednotlivých lokalitách se oteplení může na jaře a v létě pohybovat od 2,3°C po 3,2°C, na podzim od 1,7°C po 2,1°C a v zimě od 1,5°C po 2,0°C.

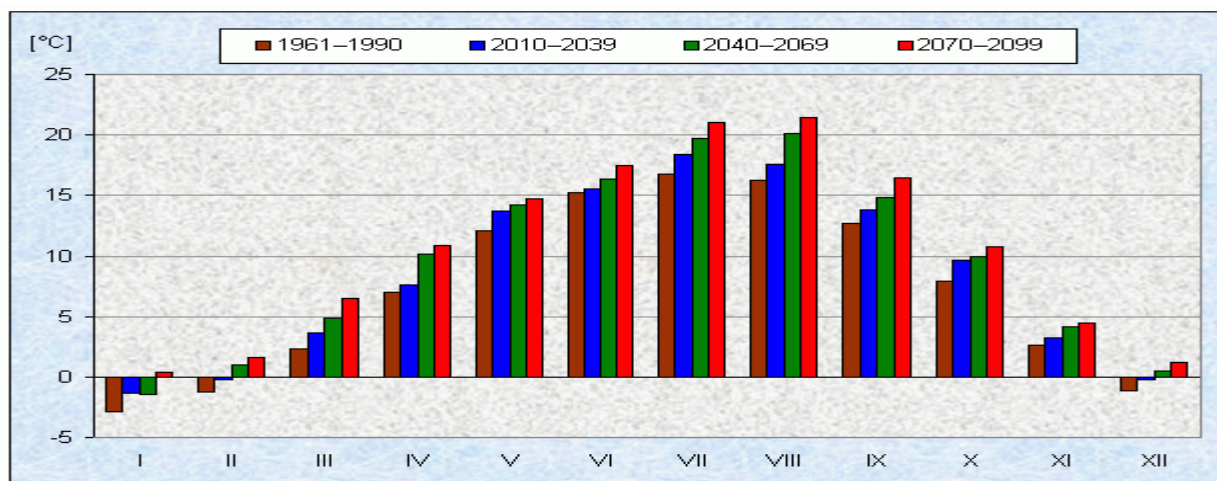
V posledním období 2070–2099 dosahuje oteplení v létě 4°C (na území ČR se mění od 3,5 do 4,7°C), na podzim a v zimě je předpoklad růstu o cca 2,8°C (v jednotlivých gridových bodech od 2,6 do 3,1°C).

Přehled vývoje průměrných teplot v jednotlivých obdobích je patrný z tabulky 1 a obrázku 7. Patrný je průběžný nárůst teplot ve všech měsících roku. Vysoký je nárůst zejména v letních měsících, v zimních měsících se předpokládá postupný nárůst dnes záporných průměrných teplot nad 0°C.

Tabulka 1 Dlouhodobé měsíční a roční průměry teploty vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
1961-1990	-2,9	-1,3	2,3	7,0	12,1	15,2	16,7	16,2	12,7	7,9	2,6	-1,1	7,3
2010-2039	-1,3	-0,2	3,6	7,6	13,7	15,6	18,4	17,5	13,8	9,6	3,2	-0,3	8,5
2040-2069	-1,4	1,0	4,9	10,2	14,2	16,4	19,7	20,1	14,9	9,9	4,2	0,5	9,6
2070-2099	0,4	1,6	6,5	10,9	14,8	17,5	21,1	21,5	16,5	10,8	4,5	1,2	10,6

Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 7 Dlouhodobé měsíční průměry teploty vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích

Zdroj: (Pretel, 2011)

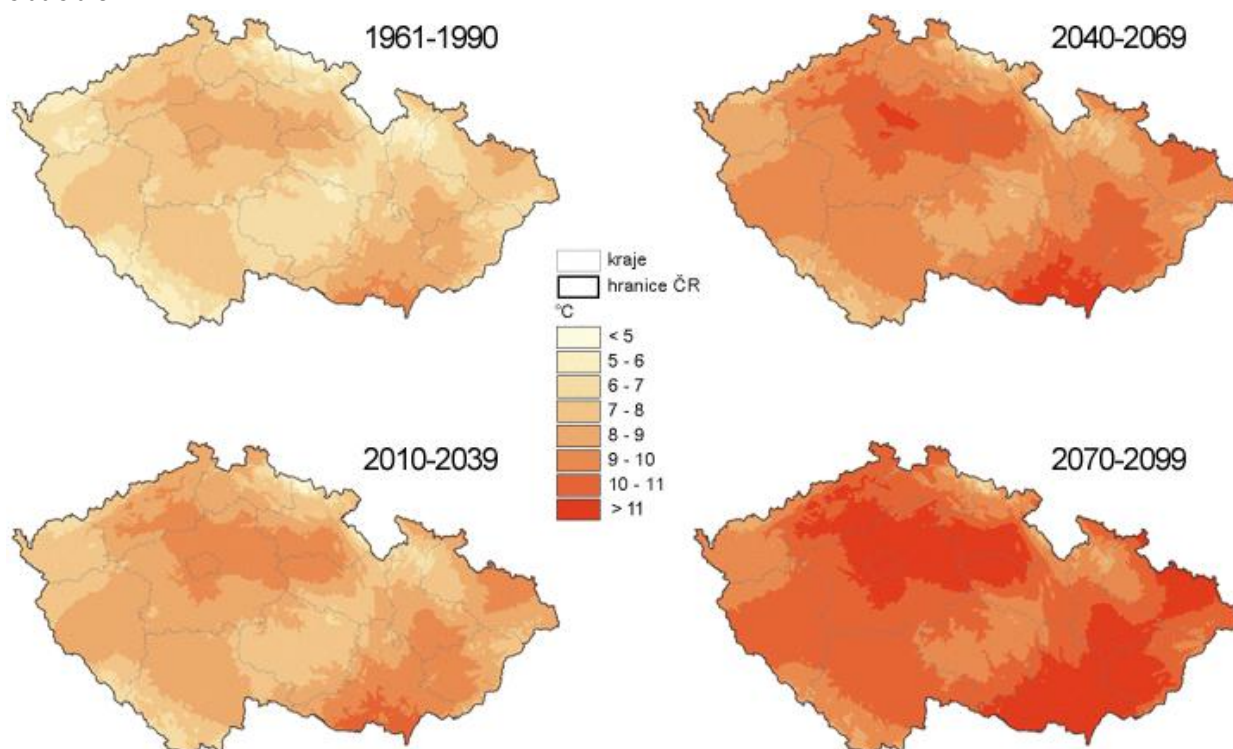
Z hlediska sezónnosti se nejvyšší nárůst teplot vzduchu předpokládá v jarních a letních měsících, na podzim a zimu se nárůsty očekávají nižší, viz tabulka 2.

Tabulka 2 Změny sezónních průměrů teplot pro scénářová období

Změna oproti referenčnímu období (°C)			
Období	2010–2039	2040–2069	2070–2099
jaro	1,16	2,59	3,54
léto	1,09	2,68	3,96
podzim	1,16	1,92	2,83
zima	1,14	1,76	2,83

Zdroj: (Pretel, 2011)

Vývoj ročních průměrných teplot vzduchu je také patrný z následujících kartogramů (obrázek 8). Nejvyšší teploty budou i nadále nejvyšší v oblasti jižní a střední Moravy, Ostravské pánvi a v Polabí, ke zvýšení dojde bez vyšších rozdílů na území celé ČR.

Obrázek 8 Dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích

Zdroj: (Pretel, 2011)

V rámci studie byly modelovány také počty dní s mezními teplotami v jednotlivých obdobích a porovnávány s referenčním obdobím (tabulka 3). Z dat z měřících stanic za období 1961 – 2010 vyplývá, že v posledních dvou desetiletích došlo na území ČR na jedné straně ke zvýšení průměrných počtů dní s vysokými (letní a tropické dny, tropické noci a dny s $T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$), na druhé straně ke snížení průměrných počtů dní s nízkými teplotami (mrazové, ledové a arktické dny), což je v souladu s postupným nárůstem teplot na našem území a se zvyšující se teplotní extremalitou.

Předpokládané scénáře korelují s výše uvedeným postupným nárůstem průměrných teplot. Postupně se bude navyšovat počet letních (ze 45 na 91) a tropických dní (z 8 na 31), objeví se dnes velmi výjimečné tropické noci, významně poklesne počet mrazových (ze 112 na 69) a ledových dní (z 30 na 8) a prakticky se přestanou vyskytovat arktické dny.

Výskyt těchto dní s mezními hodnotami se bude pochopitelně v rámci ČR vyskytovat rozdílně v závislosti na lokalitě.

Tabulka 3 Průměrné počty dní s mezními teplotami v jednotlivých obdobích

	1961-1990	2010-2039	2040-2069	2070-2099
letní dny	45	58	74	91
tropické dny	8	12	22	31
tropické noci	0,1	0,1	1	4
mrazové dny	112	95	82	69
ledové dny	30	20	17	8
arktické dny	1,1	0	0	0

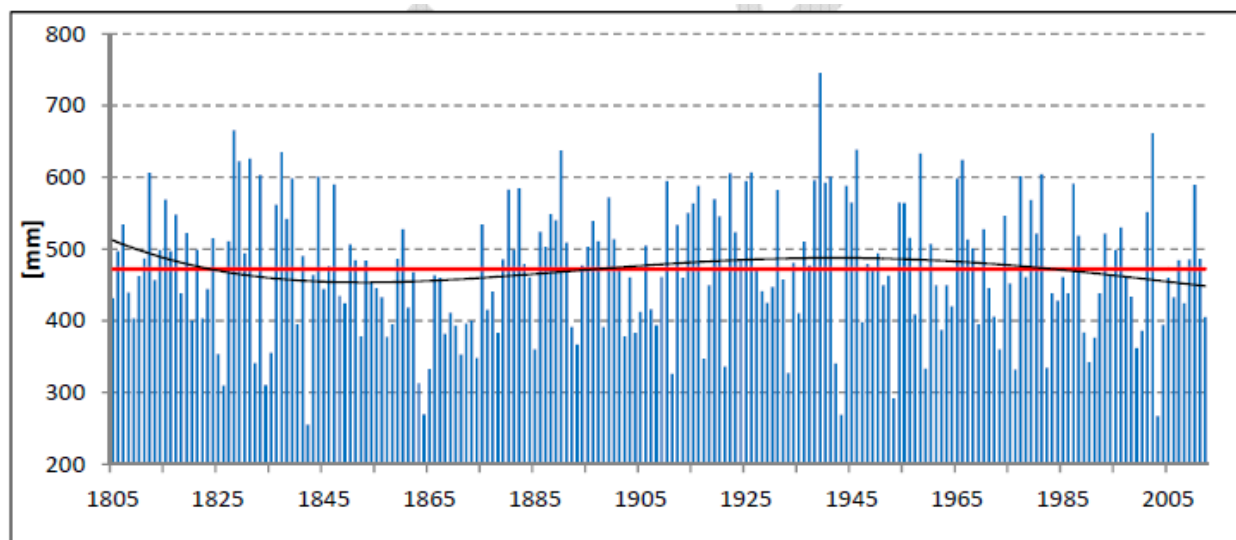
Zdroj: (Pretel, 2011)

Letní den - maximální teplota dosáhne anebo překročí 25°C , tropické dny - maximální teplota přesáhne 30°C , tropická noc - minimální teplota neklesne pod 20°C , mrazový den - minimální teplota klesne pod 0°C , ledový den - teplota po celý den pod 0°C , arktický den - maximální denní teplota nepřesáhne -10°C

2.2.1.2 Srážky

Co se týče průměrných srážek, které jsou od roku 1805 měřeny v Klementinu (obrázek 9), tak v uvedeném období zde není patrný výrazný dlouhodobý trend, pouze od padesátých let 20. století je patrný velmi mírný trend poklesu ročních srážek. Současně je charakteristická výrazná meziroční proměnlivost srážkových úhrnů, kdy nejnižší hodnoty jsou pod 300 mm a nejvyšší nad 600 mm. .

Obrázek 9 Průběh ročních úhrnů srážek (mm) v období 1775 - 2012, Praha-Klementinum

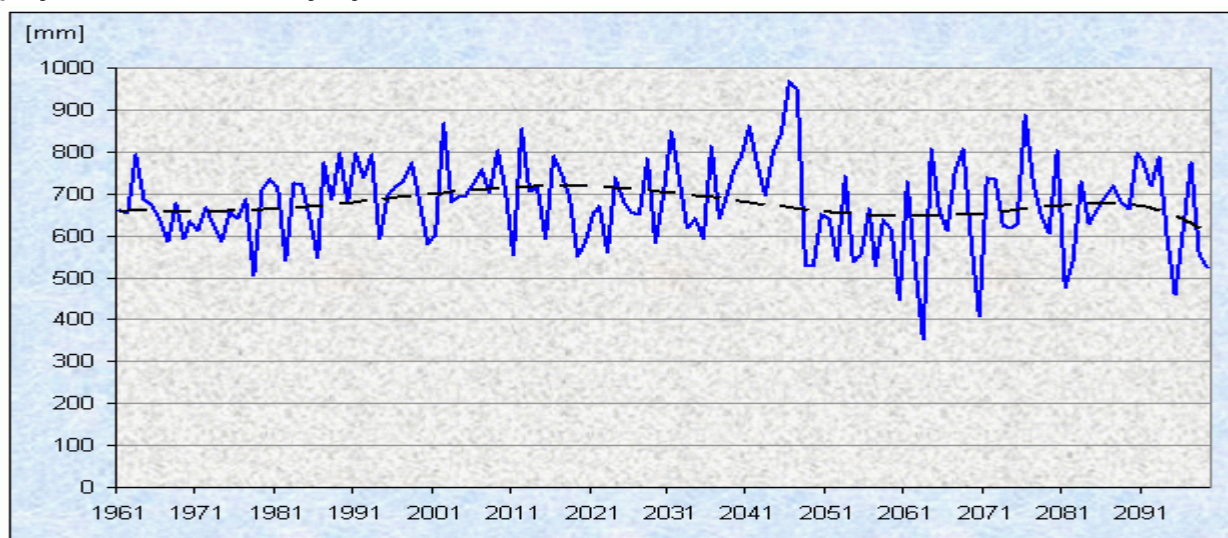


Zdroj: (MŽP, 2015)

Pozn: červená čára – dlouhodobý průměr srážek za sledované období; modré sloupce – roční průměrné srážky; černá čára – 11letý klouzavý průměr/vyhlazení

Průběh průměrných ročních úhrnů územních srážek na území ČR v období 1961-2010 vykazuje velmi vysokou meziroční proměnlivost (průměrná směrodatná odchylka 88 mm). Průměrné roční srážkové úhrny se v posledním padesátiletí velmi nevýrazně zvýšily (o méně než 2 %/desetiletí). Průměrný roční úhrn srážek na území ČR byl 677 mm, srážkově nejbohatším z hlediska celého území ČR byl rok 2002 (855 mm), srážkově nejchudším rok 2003 (505 mm).

Z hlediska budoucího predikovaného vývoje také není patrný jednoznačný trend. Množství srážek bude pravděpodobně v průběhu jednotlivých let kolísat a ke konci 21. století je předpokládán mírný pokles (obrázek 10).

Obrázek 10 Predikované průměrné roční srážkové úhrny na území ČR (mm) včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099

Zdroj: (Pretel, 2011)

U změn sezónních úhrnů srážek je situace složitější. V prvním období je v zimě na většině území ČR simulován pokles budoucích srážek (v závislosti na konkrétní lokalitě ČR do 20 %), na jaře jejich zvýšení (od 2 do cca 16 %), v létě a zejména na podzim se situace v různých částech území ČR liší, kdy na podzim dojde na několika místech ČR ke slabému poklesu o několik procent, jinde zvýšení až o 20–26 %, v létě převládá slabý pokles, místy (např. západní Čechy) naopak zvýšení až o 10 %. Zároveň je patrná poměrně výrazná prostorová proměnlivost změn, je tudíž možné, že případný klimatický signál může být v tomto blízkém období překryt projevy přirozených (meziročních) fluktuací srážkových úhrnů.

Pro období 2040–2069 je charakteristický pokles srážek v zimě (např. Krkonoše, Českomoravská Vysočina, Beskydy až o 20 %) a zvýšení na podzim. V létě začíná na území ČR dominovat pokles srážek, který je v období 2070–2099 ještě výraznější, zatímco pokles zimních úhrnů srážek je oproti předchozímu období menší.

V následujících tabulkách (tabulka 4 a tabulka 5) jsou uvedeny předpokládané hodnoty a změny sezónních srážkových úhrnů pro území České republiky.

Tabulka 4 Dlouhodobé měsíční a roční srážkové úhrny (mm) v referenčním a ve scénářových obdobích

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
1961-1990	41	37	39	46	72	82	77	77	52	42	49	47	662
2010-2039	35	43	45	57	71	91	75	78	52	44	56	36	683
2040-2069	38	34	39	48	71	96	71	67	58	50	59	41	671
2070-2099	41	37	39	54	83	94	58	57	40	55	61	41	661

Zdroj: (Pretel, 2011)

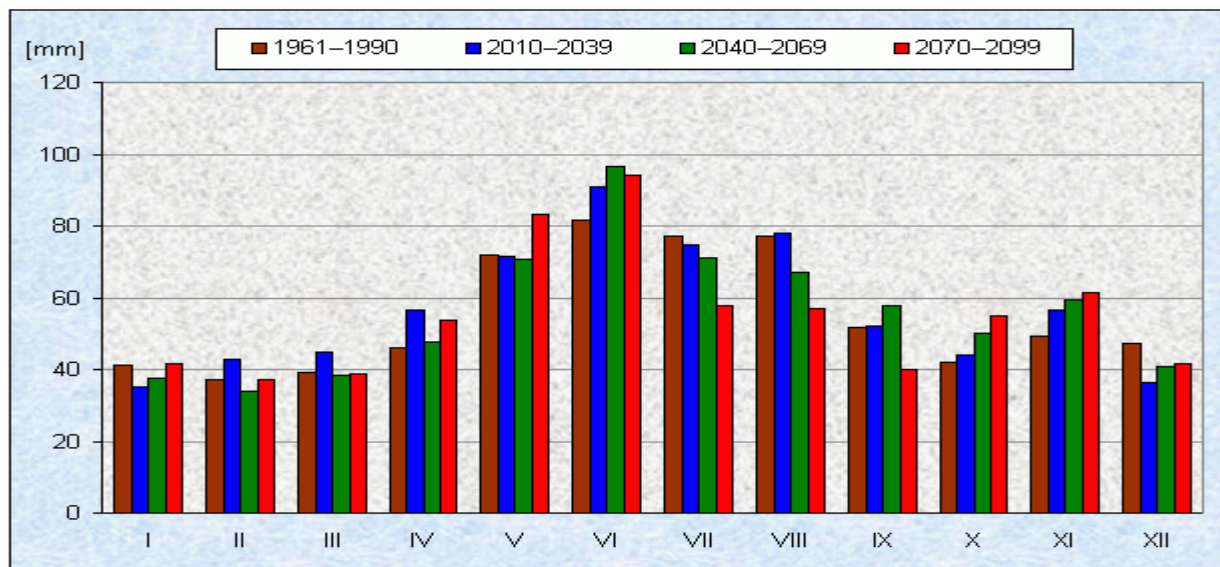
Tabulka 5 Změna dlouhodobých sezónních srážkových úhrnů ve scénářových obdobích

Období	Podíl mezi budoucím a referenčním obdobím		
	2010–2039	2040–2069	2070–2099
jaro	1,12	1,00	1,10
léto	1,03	0,99	0,88
podzim	1,08	1,18	1,12
zima	0,92	0,91	0,96

Zdroj: (Pretel, 2011)

Předpokládaný vývoj v jednotlivých měsících je názorně zobrazen také v následujícím grafu (obrázek 11).

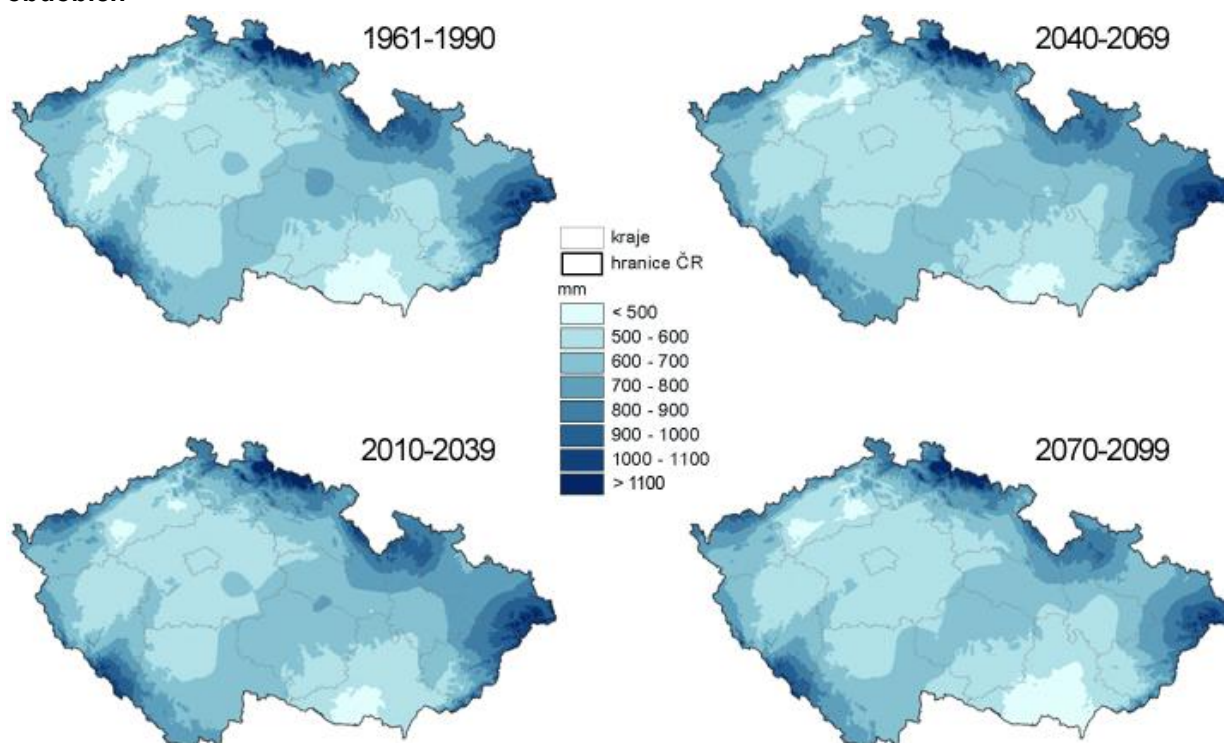
Obrázek 11 Dlouhodobé měsíční srážkové úhrny (mm) v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Pretel, 2011)

Prostorové rozložení srážek je patrné z následujících kartogramů (obrázek 12), kdy jednoznačný prostorový trend není v příštím období pozorován.

Obrázek 12 Dlouhodobé průměry ročních úhrnů srážek (mm) v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Pretel, 2011)

Srážkové dny s úhrnem srážek nad 5 (10, 20) mm odpovídají ročnímu chodu srážek. Dny se srážkovým úhrnem nad 20 mm se vyskytují takřka pouze v teplé části roku, v chladné části je jejich výskyt výjimečný.

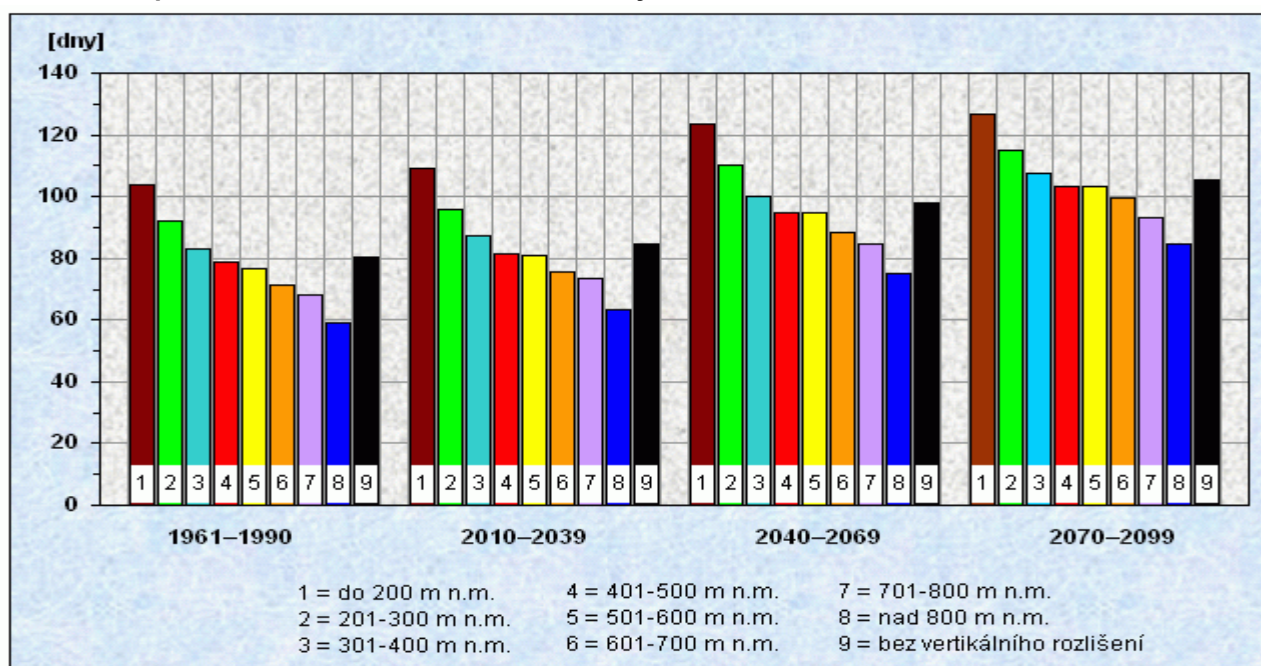
Výrazné srážkové situace (např. přívalové srážky) jsou často nehomogenní a obtížněji podchytitelné měřením. Četnost jejich výskytu se v posledních dvou desetiletích zvyšovala.

Důležitý (např. v oblasti vodního hospodářství, zemědělství apod.) je také výskyt bezesrážkových období. Scénáře předpokládají nárůst počtu dní v bezesrážkovém období, který bude růst celoplošně napříč jednotlivými vertikálními pásmy ČR (obrázek 13). Toto se týká jak celého roku, tak vegetačního období.

Se zvýšením teplot v zimním období a současně i množstvím srážek souvisí i zvýšená evapotranspirace, která se naopak v létě z důvodu nedostatku srážek snižuje.

Množství srážek a teplot a jejich rozložení v průběhu roku bude mít přímý dopad na další charakteristiky. Dá se předpokládat např. změna tání sněhu v horských polohách (tj. posun tání z března a dubna do dřívějších období), související změny u vegetačního pokryvu apod.

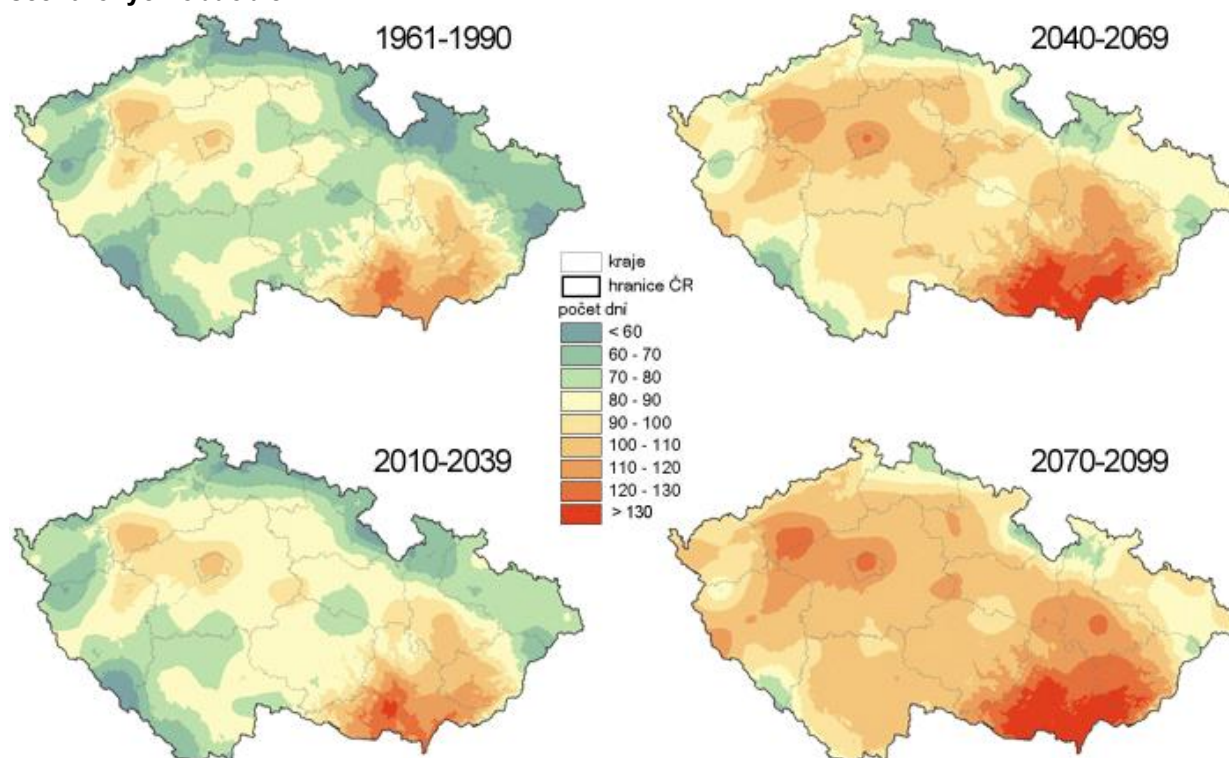
Obrázek 13 Dlouhodobé roční průměry počtu dnů bezesrážkového období v jednotlivých vertikálních pásmech v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Pretel, 2011)

Prostorové rozložení tohoto jevu je znázorněno v následujících kartogramech (obrázek 14). Nejdelší období bez srážek jsou a předpokládají se v oblasti jižní Moravy.

Obrázek 14 Dlouhodobé průměry počtu dnů bezesrážkového období v referenčním a ve scénářových obdobích



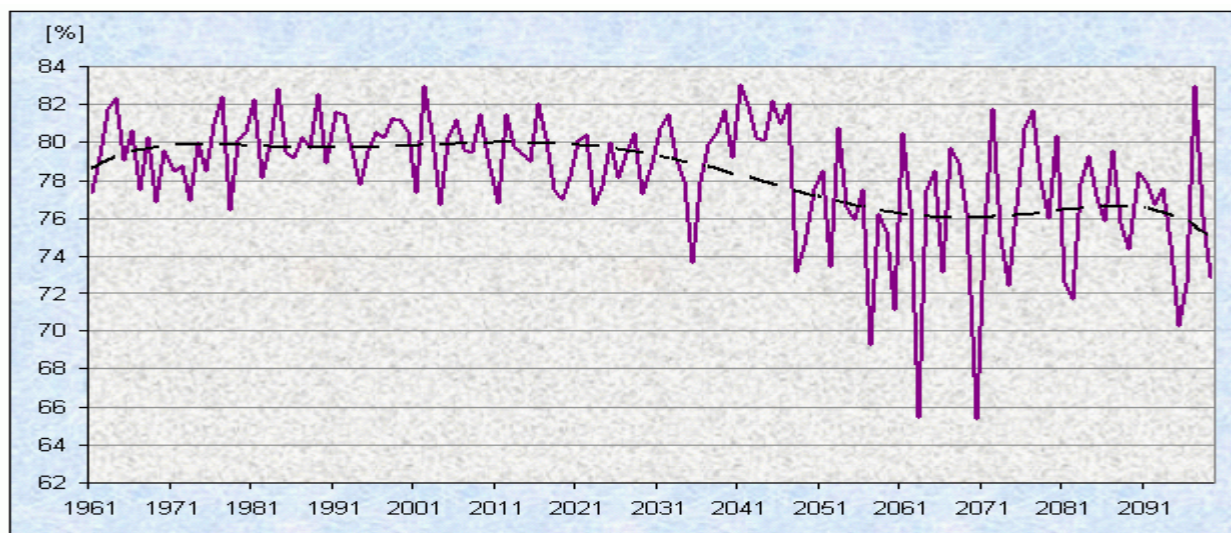
Zdroj: (Pretel, 2011)

2.2.1.3 Vlhkost vzduchu a evapotranspirace

Z hlediska relativní vlhkosti předpokládají scénáře ve všech sezónách a ve všech třech časových obdobích mírný pokles relativní vlhkosti vzduchu. Změny v prvním časovém období (2010–2039) činí nejvýše 5 %, v průměru přes území ČR jen 1 %. V zimě jsou změny menší než 5 % i v obou zbývajících časových horizontech. V létě dosahuje pokles relativní vlhkosti ve vzdálenějších časových obdobích 5–10 %, na konci 21. století na některých místech až 15 % (část středních Čech, Vysočina), což je v souladu s předpokládaným zvýšením teploty vzduchu a snížením srážkových úhrnů.

Roční průměrné hodnoty jsou patrné z následujícího grafu (obrázek 15), kdy jsou rovněž zjevné významnější výkyvy v jednotlivých letech, které se s postupem času zvyrazňují.

Obrázek 15 Predikované průměrné roční hodnoty relativní vlhkosti vzduchu (%) na území ČR včetně polynomičského trendu vývoje 1961–2099



Zdroj: (Pretel, 2011)

Vývoj relativní vlhkosti vzduchu v jednotlivých měsících je uveden v tabulce (tabulka 6). Zatímco v zimním období není pokles relativní vlhkosti nikterak výrazně patrný, v jarních, podzimních a především letních měsících je výraznější a souvisí se zvýšením teplot a snížením množství srážkových úhrnů (tabulka 7).

Tabulka 6 Dlouhodobé měsíční a roční průměry relativní vlhkosti vzduchu (%) v referenčním a ve scénářových obdobích

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
1961-1990	87,0	84,0	79,0	73,0	74,0	74,0	74,0	75,0	79,0	82,0	86,0	87,0	80,0
2010-2039	86,0	82,0	81,0	73,0	72,0	75,0	73,0	73,0	78,0	81,0	87,0	87,0	79,0
2040-2069	86,0	83,0	78,0	71,0	69,0	73,0	69,0	68,0	75,0	81,0	86,0	86,0	77,0
2070-2099	86,0	83,0	79,0	71,0	70,0	73,0	66,0	64,0	71,0	80,0	85,0	87,0	76,0

Zdroj: (Pretel, 2011)

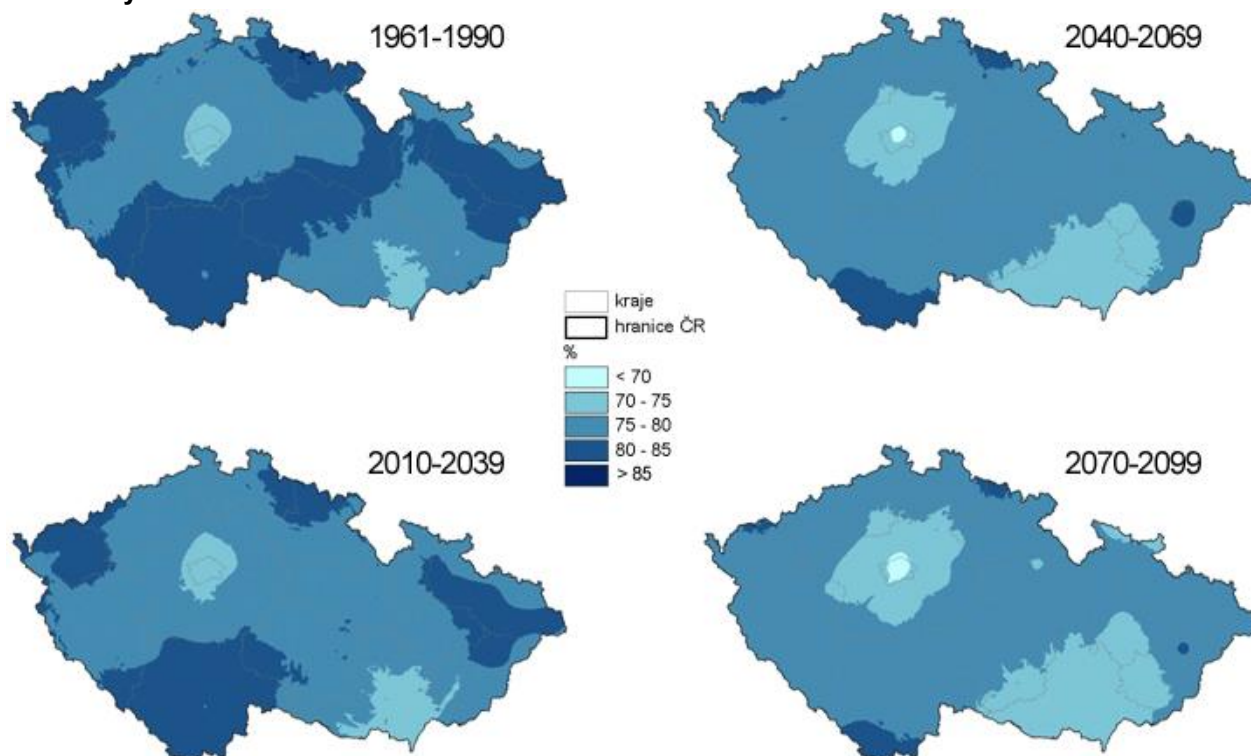
Tabulka 7 Změna sezónních průměrných relativních vlhkostí vzduchu ve scénářových obdobích

Podíl mezi budoucím a referenčním obdobím			
	2010–2039	2040–2069	2070–2099
jaro	1,00	0,97	0,97
léto	0,99	0,94	0,91
podzim	0,99	0,98	0,95
zima	0,99	0,99	0,99

Zdroj: (Pretel, 2011)

Prostorové rozložení změn je znázorněno také v následujícím kartogramu (obrázek 16).

Obrázek 16 Dlouhodobé roční průměry relativní vlhkosti vzduchu (%) v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Pretel, 2011)

2.2.1.4 Globální záření

Ve všech třech časových horizontech jsou předpokládány změny sezónních průměrů denních sum globálního záření. Největší změny jsou předpokládány v zimě (až o více než 10 %), v ostatních sezónách se na většině míst pohybují do 4 %. Měsíce s největšími simulovanými změnami globálního záření (cca 20 % zvýšení) jsou leden a únor. Za zmínku stojí, že sezónní i měsíční změny jsou velmi podobné pro všechna 3 období. Vývoj je v hrubých trendech znázorněn v následující tabulce (tabulka 8).

Tabulka 8 Změny globálního záření mezi scénářovými a referenčním obdobím 1961 - 1990

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
2010-39	↗	↗	↗	↘	—	↘	↗	↘	—	↗	↘	↗
2040-69	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↘	↘	↗
2070-99	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↗

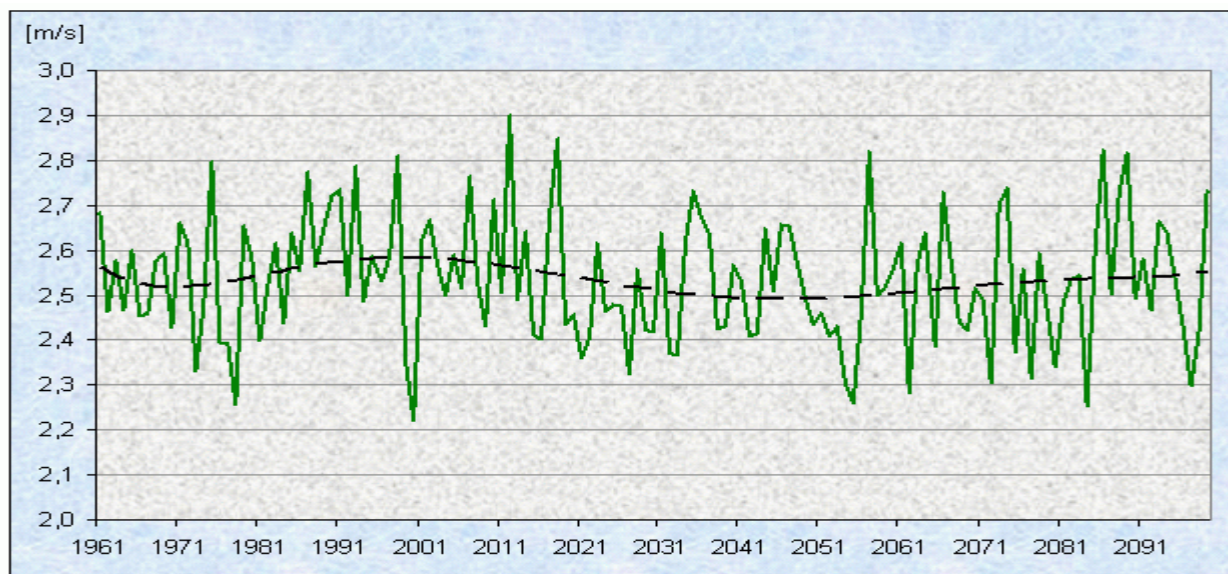
Zdroj: (Pretel, 2011)

Pozn.: Větší šipka – nárůst/pokles o více než 10 %, střední šipka – 5-10 %, malá šipka – do 5 %

2.2.1.5 Rychlost větru

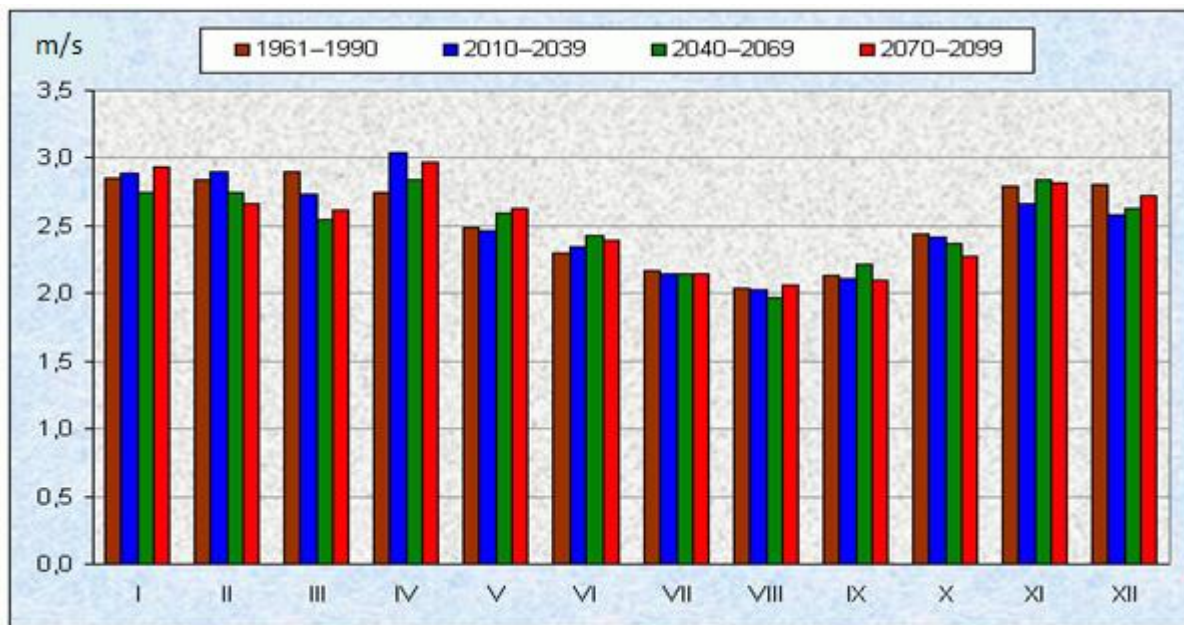
U rychlosti větru není předpokládán žádný významnější trend v dalším vývoji. Až na drobné odchylky jsou sezónní změny do 5 %. V porovnání s chybou simulovaných hodnot oproti pozorováním v referenčním období jsou tedy hodnoty změn malé a málo průkazné (viz obrázek 17 a obrázek 18).

Obrázek 17 Predikované průměrné roční hodnoty rychlosti větru (m/s) na území ČR včetně polynomičského trendu vývoje 1961–2099



Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 18 Dlouhodobé měsíční průměry rychlosti větru (m/s) v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Pretel, 2011)

2.2.2 Souhrn pro území ČR – Identifikace hlavních projevů změny klimatu**Tabulka 9 Hlavní projevy predikovaných scénářů změny klimatu – souhrn**

IHP	Charakteristika	Identifikované hlavní projevy	(1. období - do r. 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
CHRONICKÉ					
IHP1	Teplota	Postupný nárůst průměrné roční teploty (až přes 3 °C)	Nárůst průměrné roční teploty (o 1 °C)	Nárůst průměrné roční teploty (o 1,8-2,7 °C)	Nárůst průměrné roční teploty (o 2,8-3,9 °C)
IHP2	Teplota	Postupný výraznější nárůst jarních a především letních teplot (až o cca 4 °C)	Nárůst jarních a letních teplot (o cca 1,1 °C)	Nárůst jarních a letních teplot (2,6 °C)	Nárůst jarních a letních teplot (3,5-3,9 °C)
IHP3	Teplota	Postupné zvyšování teplotních maxim a minim (až o 3-4 °C)	Zvýšení maximálních a minimálních teplot vzduchu (cca 1-1,5 °C)	Zvýšení maximálních a minimálních teplot vzduchu (cca 2-3 °C)	Zvýšení maximálních a minimálních teplot vzduchu (cca 3-4 °C)
IHP4	Teplota	Zvyšující se počet letních (až o 46) a tropických dní (až o 23)	Nárůst počtu letních (o 13) a tropických dní (o 4)	Výrazný nárůst počtu letních (o 29) a tropických dní (o 14)	Výrazný nárůst počtu letních (o 46) a tropických dní (o 23)
IHP5	Teplota	Výrazně se snižující počet mrazových a ledových dní	Výrazný pokles počtu ledových (o 10) a mrazových dní (o 17)	Výrazný pokles počtu ledových (o 13) a mrazových dní (30)	Výrazný pokles počtu ledových (o 22) a mrazových dní (43)
IHP6	Srážky	Postupný pokles srážek v letním období (20 %)	Bez významnější změny	Pokles letních srážek až o cca 10 %	Pokles letních srážek až o cca 20 % (tj. 7.-9. měsíc)
IHP7	Srážky	Zvyšující se množství srážek na jaře (cca 10 %) a na podzim (až 20 %)	Mírné zvýšení jarních srážek (až o 10 %)	Zvýšení srážek na podzim (až o cca 20 %)	Zvýšení srážek na podzim (až o cca 20 %) a na jaře (o cca 10 %)
IHP8	Srážky	Nízký nárůst počtu dní se srážkami nad 20 mm	Nárůst počtu dní se srážkami nad 20 mm o 1 den	Nárůst počtu dní se srážkami nad 20 mm o 1 den	Nárůst počtu dní se srážkami nad 20 mm o 1 den
IHP9	Srážky	Prodlužování období sucha zejména v letním období	Zejména v oblasti jižní Moravy	Zejména v oblasti jižní Moravy, Žatecka a Polabí	Zejména v oblasti jižní Moravy, Žatecka a Polabí
IHP10	Relativní vlhkost	Vyšší pokles relativní vlhkosti vzduchu v létě (až 10 %)	Nízká změna relativní vlhkosti vzduchu (do 2 %)	Vyšší pokles relativní vlhkosti vzduchu v létě (až 10 %)	Vyšší pokles relativní vlhkosti vzduchu v létě (až 10 %)
IHP11	Globální záření	Nárůst globálního záření v zimním období (přes 10 %)	Nárůst globálního záření v zimním období (přes 10 %)	Nárůst globálního záření v zimním období (přes 10 %)	Nárůst globálního záření v zimním období (přes 10 %)
AKUTNÍ					
IHP12	Srážky	Snížení průtoků ve vodních tocích v letním období			
IHP13	Srážky	Zvyšování četnosti dnů s vyššími srážkami (přítalové srážky)			
IHP14	Teploty	Prodlužování četnosti a délky vln veder			
IHP15.1	Extrémy	Častější výskyt povodní velkého rozsahu			
IHP15.2	Extrémy	Dlouhodobá inverzní situace (zimní, letní smog ve městech ...)			
IHP15.3	Extrémy	Prodlužování období sucha			
IHP15.4	Extrémy	Četnější výskyt extrémních meteorologických jevů (bouře, větrné smrště, ledovky, kroupy ...)			
IHP15.5	Extrémy	Četnější výskyt přírodních požárů (včetně lesních)			
IHP15.6	Extrémy	Svahové nestability			

Pozn.: U akutních projevů není predikován jednoznačný vývoj v jednotlivých obdobích, proto je uveden pouze předpokládaný trend za celé období.

3 PŘEHLED ODBORNÝCH AKTIVIT V ČR SE ZAMĚŘENÍM NA PŘEDMĚT STUDIE, SHRNUÍ PŘÍSTUPŮ A VÝSLEDKŮ ZE STŘEDOEVROPSKÉHO REGIONU (BEST PRACTISES)

3.1 PŘEHLED ODBORNÝCH AKTIVIT V ČR

3.1.1 Analýza publikovaných výstupů

Národní výzkum dopadů změny klimatu vždy směřoval k popisu stávajících a očekávaných dopadů s cílem navrhnout adaptační opatření. Především v 90. letech bylo vedoucí organizací sdružení šestnácti právnických osob s názvem **Národní klimatický program** (NKP), které v desítkách publikací rozpracovalo problematiku klimatické změny jak z pohledu zemědělství, tak i z pohledu vodní bilance v krajině. Jen v období 1991-2002 vzniklo přes třicet prací na úrovni monografií včetně těch, které byly věnovány výhradně hydrologickým tématům. I když NKP mělo své zasedání ještě v roce 2008, lze jeho činnost považovat vzhledem k úbytku výstupů již v této době za ukončenou. Jednou z příčin snižující se intenzity práce NKP byl vznik a stabilizace grantových agentur na českém „vědeckém“ trhu a začátek soutěžení jednotlivých subjektů (právnických osob) ve výrazně menších týmech. Tento fakt vedl k částečnému rozpadu kompaktní a navzájem propojené výzkumné linie a k individuálnímu přístupu.

V této části je přehledově zahrnuto přibližně třicet nejvýznamnějších, v poslední dekádě řešených projektů zabývajících se změnou klimatu a jejími dopady. Jedná se o projekty úspěšně obhájené, projekty národní, nebo mezinárodní s českou participací. Celkový počet projektů je přibližně dvojnásobný.

Základem výzkumu dopadů klimatu nové éry bylo poznání podnebí v minulosti, kdy bylo dosaženo prodloužení a homogenizace datových řad teploty vzduchu až do roku 1771 a srážek do roku 1803 (GAP209/10/0605 - *Kolísání klimatu České republiky v období přístrojových pozorování na základě homogenních sekulárních řad*). Samotná očekávaná změna klimatu je popisována a predikována prostřednictvím tzv. scénářů změny klimatu, vymezující časové a prostorové stavy klimatu, které mohou za specifikovaných podmínek (např. změně koncentrace radiačně aktivních plynů) nastat. Do roku 2007 se využívalo tzv. globálních cirkulačních modelů (CGM), kdy denní a měsíční řady byly odvozeny stochastickým generátorem (IAA300420806 - *Pravděpodobnostní scénáře klimatu pro Českou republiku*), statistickým downscalingem (LD12059 - *Vývoj, validace a implementace metod statistického downscalingu*) nebo propojením obou metod (LD12029 - *Downscaling globálních klimatických modelů pomocí stochastického meteorologického generátoru*). V současné době se spíše používají regionální klimatické modely (RCM), jejichž prostorové rozlišení se pohybuje mezi 10 a 25 km (GAP209/11/2405 - *Vývoj regionálního klimatického modelu pro velmi vysoké rozlišení* nebo LD14043 - *Validace a korekce výstupů regionálních klimatických modelů na území České republiky pro potřeby impaktových studií*). Tyto modely (jako je např. ALADIN-Climate/CZ) byly využity i pro rekonstrukci minulého klimatu střední Evropy pro období 1701-2010 (GAP209/11/0956 - *Globální a regionální modelové simulace klimatu ve střední Evropě v 18. - 20. století v porovnání s pozorovaným a rekonstruovaným klimatem*). Vědci z ČR se podíleli i na evropských projektech, zabývajících se regionálními scénáři změny klimatu pro větší územní celky, jako byl např. ENSEMBLE - <http://www.ensembles-eu.org/>). Součástí výzkumu v oblasti klimatu nejsou však jen středně- či dlouhodobé (2020, 2050, 2075, 2100) horizonty, ale orientuje se i na současnost, a to na riziko extrémů (ME09033 - *Velmi krátkodobá srážková a hydrologická předpověď zaměřená na prognózu přívalových povodní*).

Praktickým cílem výzkumu změny klimatu je určit její dopad na krajinu, jednotlivé ekosystémy, jejich služby a na sociální vazby a ekonomiku dílčích sektorů i celého státu. V posledních pěti letech bylo řešeno několik komplexních „dopadových projektů“ nahlížející na krajinu jako celek (VaV – SP/1a6/108/07 *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření* resp. projekt typu výzkumného záměru MSM 6215648905 *Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu*). Tyto komplexní studie využívají širokého týmu odborníků a kromě obecných závěrů nabízí řadu konkrétně cílených a regionálně zaměřených „case studies“. Řada z nich je podrobně

popsána v publikaci Žalud (2009). Výstupem výzkumného záměru je klimatická redefinice výrobních oblastí (zčásti prezentovaná v části zemědělství), kde je konstatována změna zastoupení jednotlivých oblastí. Tedy mizí obilnářsko-bramborářská (obě mají stejné klimatické vymezení) oblast a výrazně se zvětšuje plocha oblasti kukuřičné.

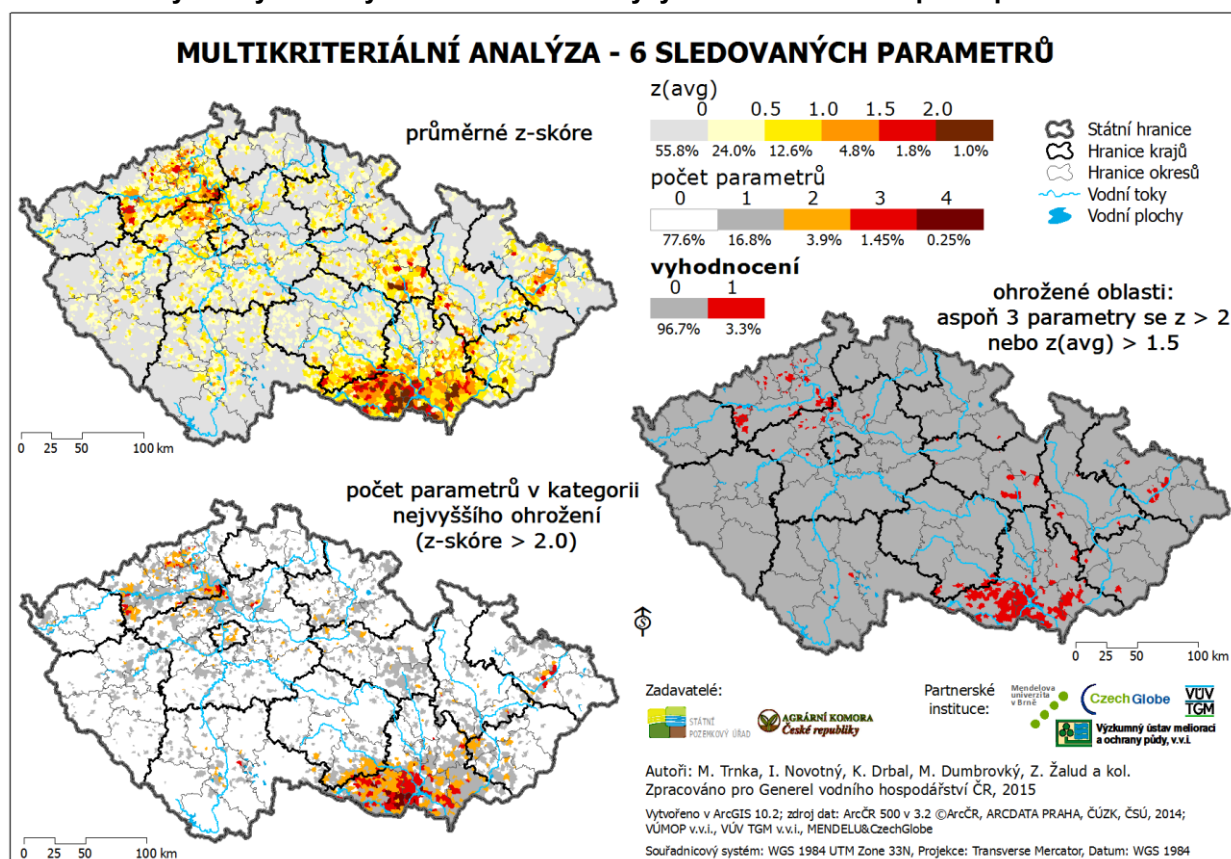
Klíčovým a zásadním výrobním prostředkem spojující aktivity nejen zemědělců, ale i lesníků, hydrologů, krajinářů apod. je půda. Výzkum dopadů změny klimatu na její kvalitu a možnosti udržitelného hospodaření na ní je dlouholetou a podporovanou prioritou. Prakticky kontinuálně probíhá sledování našich půd (např. QH92030 - *Hodnocení půd z hlediska jejich produkčních a mimoprodukčních funkcí s dopady na plošnou a kvalitativní ochranu půd České republiky*), posuzování jejich změn (QH92023 - *Vývoj a rozsah degradačních procesů půd České republiky*) a nápravy negativních dopadů (QJ1230066 - *Degradace půdy a její vliv na komplex půdních vlastností včetně návrhu nápravných opatření k obnově agroekologických funkcí půdy*). Zjištěné degradační procesy nejsou jen důsledkem nesprávného hospodaření na půdě, špatně zvolenými technologiemi, nedodržováním zásad správného hospodaření, ale jsou často spojovány právě se změnou klimatu (QJ1230056 - *Vliv očekávaných klimatických změn na půdy České republiky a hodnocení jejich produkční funkce*).

Detailněji zaměřený výzkum v oblasti půdy související s vodní bilancí směřuje především do dvou oblastí, a to zvyšující se aridity (2B08020 - *Modelový projekt zamezení biologické degradace půd v podmínkách aridního klimatu*, nebo QI91C054 - *Atlas půdního klimatu České republiky - Vymezení termických a hydrických režimů a jejich vliv na produkční schopnost půd*) a nebezpečí zvýšené eroze půdy (QI91C008 - *Optimalizace postupu navrhování technických protierozních opatření* či QH92298 - *Systém přírodních blízkých protierozních a protipovodňových opatření a jeho optimalizace v procesu pozemkových úprav* nebo QJ1320157 - *Erozní procesy a jejich vliv na produkční schopnost půd a navrhování protierozních opatření v procesu pozemkových úprav*) sahajících až do širšího řešení pomocí pozemkových úprav (QI91C200 - *Hodnocení účinnosti realizace komplexních pozemkových úprav*, TD020241 - *Příprava a zavedení metodických postupů pro řešení rozvoje venkovské krajiny opatřeními pozemkových úprav v kontextu realizace společných politik EU*).

Na klimaticky orientovaný výzkum posuzující kvalitu a vlastnosti půdy přímo navazují badatelské aktivity v oblasti řízených ekosystémů, a to především agrosystému. Jedním ze zásadních projektů a výzkumných aktivit v oblasti zemědělství a lesnictví udělený v ČR byl projekt (QI112A174 - *Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině*), který formuloval kvantitativně i kvalitativně zákonitosti vodní bilance pro lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině. Základem výzkumu dopadů na podmínky pěstování a výnos konkrétních plodin byly projekty (GP521/03/D059 - *Využití možnosti prostorové analýzy pro odhad rizik a návrh adaptačních opatření pro produkci jarního ječmene ve změněných klimatických podmínkách* resp. GA521/02/0827 - *Prostorová analýza výnosového potenciálu pšenice ozimé pro současné a změněné klima v České republice*), které byly základem pro historické analýzy vztahu klimatu a výnosů (GA521/08/1682 - *Vliv klimatické variability a meteorologických extrémů na produkci vybraných plodin v letech 1801-2007*).

Propojení závěrů všech uvedených a úspěšně obhájených projektů nabízí významný potenciál, který se pokouší maximálně využít v současné době dokončovaná studie „*Generelu vodního hospodářství krajiny ČR*“ (dále jen Generel VHK) kolektivu autorů z řady institucí zabývajících se zkoumáním dopadů změny klimatu na zemědělství (Trnka, 2014). Generel VHK vznikl na základě iniciativy Agrární komory ČR a byl podpořen a zaštitěn Státním pozemkovým úřadem. Podle zkušeností ze zahraničí je nutné maximálně agregovat získané poznatky stavu vývoje krajiny do prostorových vrstev, jejich vzájemným překrytím vytipovat zvláště ohrožená území a na nich provést praktická opatření vedoucí k zefektivnění využití vody v krajině, k zmírnění dopadů hydrometeorologických extrémů a zabezpečení udržitelnosti ekosystémových služeb – výsledky jsou znázorněny (viz obrázek 19). Současně si tento projekt klade za cíl podpořit diseminaci výsledků mezi zainteresované subjekty s cílem stanovit strategii konkrétních kroků od podpory závlah, pokračování protipovodňových opatření, redefinice LFA či dotačních titulů. Významným faktorem je zaměření se na vzdělávání hospodářů krajiny, stejně jako aplikace poznatků do pedagogického procesu na středních a vysokých školách, neboť Generel VHK počítá s vybudováním sítě demonstračních území. Jedním ze závěrů první Etapy Generelu VHK je vytyčení nejvíce ohrožených katastrů a to kombinací výskytu sucha a současně existencí rizikových faktorů v případě výskytu intenzivních srážek. Z pohledu změny klimatu jde tak o území, u nichž je třeba věnovat zvláštní pozornost intenzivní přípravě adaptačních opatření.

Obrázek 19 Výsledky varianty multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech



Zdroj: (Trnka, 2015)

Mapy ukazují stupeň ohrožení katastrálních území v ČR na základě hodnot průměrného z-skóre (vlevo nahoře), dosažení stupně extrémního ohrožení (vlevo dole). Vpravo je pak mapa extrémně ohrožených katastrů. Do analýzy vstupují: stupeň ohrožení výskytem zemědělského sucha v první polovině vegetační sezóny (tj. duben-červen) a ve druhé polovině vegetační sezóny (tj. červenec-srpen) v období 1991-2014; podíl vysychavých půd v území; procento území, náležející do přispívajících ploch kritických bodů; procento území, náležející do přispívajících ploch drah soustředěného odtoku a procento území výrazně ohrožené erozním smyvem. Vstupní parametry byly zpracovány v rozlišení 500x500 m a lepší a následně agregovány pro katastrální území.

Na základě publikovaných prací lze konstatovat, že průměrná roční **teplota vzduchu** vykazuje dlouhodobě vzestupný trend, který se v posledních několika desetiletích zvyšuje (Brázdil, 2012a,b). Průměrné roční územní teploty vzduchu podléhaly v posledním padesátiletí výrazným meziročním změnám, nicméně vykazují trend postupného nárůstu, kdy výrazněji roste teplota v letních měsících, naopak na podzim je oteplování méně patrné. Podle všech tří modelů prezentovaných v práci Brázdila (2015) je předpoklad, že teplota vzduchu poroste i v budoucnosti. V blízké budoucnosti 2021-2050 je předpoklad, že teplota vzduchu poroste na území ČR v rozmezí 1,2 až 1,5°C a na konci století o 3,2 resp. 3,3°C (Tabulka 10).

Tabulka 10 Změna průměrné teploty vzduchu (°C) predikovaná pro období 2021-2050 a 2071-2100

Nadmořská výška (m)	2021_2050			2071-2100		
	Cecilia	RegCM	VaV	Cecilia	RegCM	VaV
< 200	1,5	1,0	1,3	3,0	3,1	3,2
201-400	1,4	1,0	1,3	3,2	3,1	3,2
401-600	1,5	1,2	1,3	3,4	3,3	3,2
601-800	1,9	1,5	1,3	3,7	3,6	3,2
> 800	2,3	2,0	1,3	4,0	4,1	3,2
CR	1,5	1,2	1,3	3,3	3,3	3,2

Změna průměrné teploty vzduchu je vyjádřena jako odchylka od hodnot v období 1961-2000, na základě tří regionálních klimatických modelů ALADIN-Climate/CZ v 10 km rozlišení (Cecilia), RegCM a ALADIN-Climate/CZ v 25 km rozlišení (VaV) pro jednotlivé nadmořské výšky

Srážky na území České republiky jsou jak prostorově, tak i časově variabilní. Ta je dána hlavně atmosférickou cirkulací, kdy množství srážek je závislé na daném typu synoptické situace. Prostorová proměnlivost je navíc zvýrazněna orografickými vlivy našeho území, mezi které patří růst množství srážek s rostoucí nadmořskou výškou a také vlivem expozice, kdy návětrné svahy mají vyšší úhrny než závětrné (Tolasz, 2007). Dlouhodobé změny srážek nejsou zaznamenány, meziroční variabilita je zde silnější než trend. Statisticky významný trend zde nebyl zaznamenán. (Brázdil, 2012)

Pro období 2021-2050 predikují modely v průměru pro celou Českou republiku mírný růst srážkových úhrnů, ale změny jsou prostorově rozdílné (Brázdil, 2015). Většina území má změnu srážkových úhrnů pouze do 5 %, viz obrázek 20. Model ALADIN-Climate/CZ (Cecilia, VaV) předpokládá, že růst srážek bude větší v oblasti Moravy než Čech. Lehce odlišné výsledky jsou podle modelu RegCM, který má nárůst množství srážek nejvyšší, ale prostorově jej předpokládá hlavně v Čechách. Model ALADIN-Climate/CZ (Cecilia, VaV) predikuje pokles srážkových úhrnů v zimě a to až o 15 %, naopak nárůst až o 20 % je předpokládán na podzim a o 10 % v létě. Mírný nárůst se počítá u jarních srážek (Štěpánek, 2012). Model RegCM se shoduje ve vyšším nárůstu srážek na podzim, ale nemodeluje pokles zimních srážek.

Pro celé zkoumané období 1961-2100 není pro většinu měsíců a sezón predikovaný statisticky významný trend změny úhrnu srážek. V ročních srážkových úhrnech byl zjištěn pro průměrnou řadu České republiky statisticky významný pokles srážek o 1,7 mm/10 let (Štěpánek, 2012).

Evapotranspirace spolu se srážkami a odtokem tvoří klíčovou část vodní bilance území a společně s odtokem tvoří jeho ztrátovou složku. Skutečný (aktuální) výpar představuje množství vody, která se skutečně vypaří z vypařujícího povrchu. V této souvislosti Model ALADIN-Climate/CZ v rámci projektu FP6 Cecilia ale tyto podmínky dokázal simulovat a proto je zde použita. Jeho výsledky lze hlavně použít pro interpretaci možné změny povrchového a podpovrchového odtoku a tím pádem výskytu hydrologického sucha. V tomto případě použitý model nebyl korigován, jelikož není k dispozici referenční databáze skutečných hodnot aktuální evapotranspirace pro vybranou oblast. Studie Brázdila (2015) ukázala, že aktuální evapotranspirace je nižší v horských podmínkách, nejvíce je viditelná oblast Alp a Karpatský oblouk. Obecně platí, že nejvyšší aktuální evapotranspirace se vyskytuje ve středních nadmořských výškách, o něco nižší v teplých oblastech většinou s nižší nadmořskou výškou a poté velmi nízká v horských oblastech. Na území České republiky je větší aktuální evapotranspirace simulována do oblasti Čech. V rámci střední Evropy je aktuální evapotranspirace nižší v jihozápadním Slovensku a Maďarsku, což je dáno právě teplejším klimatem a spíše průměrným až podprůměrným množstvím srážek.

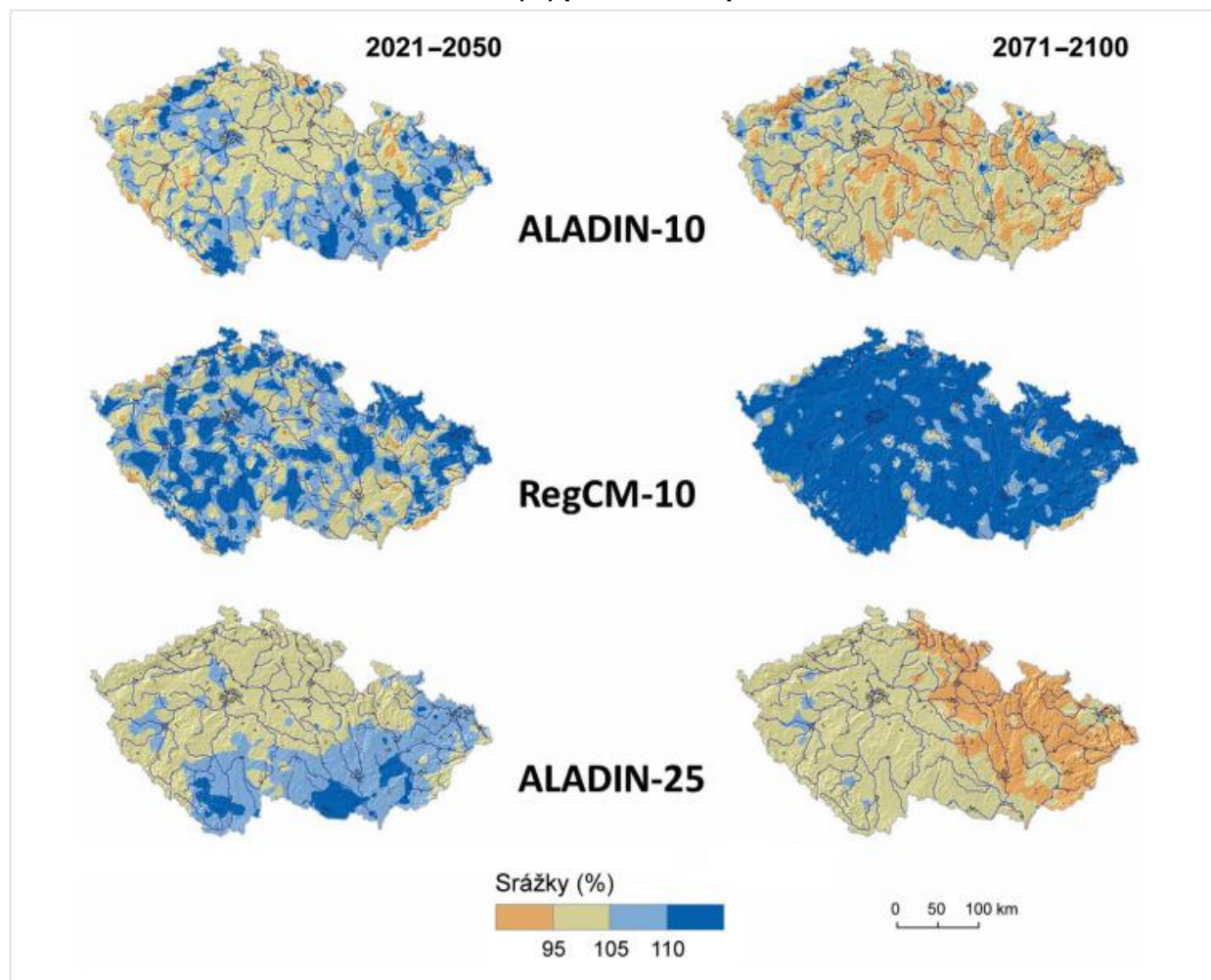
Pro studium možné změny klimatu je přínosné se zaměřit na detailní klimatické charakteristiky, jelikož v průměrných hodnotách může být signál značně maskován. V rámci projektu FP6 Cecilia vznikl seznam 131 indexů extremity, který se skládá z teplotních a srážkových charakteristik. Pro představu uvádíme tři indexy zpracované Brázdilem (2015) - jeden teplotní (počet tropických dní v roce) a dva srážkové (počet dnů beze srážek a počet dní v suché periodě), jejichž změny úzce souvisí s vodní bilancí území.

Tropický den nastává v momentu, kdy maximální teplota vzduchu dosáhne nebo překročí hranici 30°C. Počet tropických dnů se vyskytuje na našem území jen několikrát do roka, ale v posledních dvou dekáдах dochází k jejímu nárůstu. Tyto dny lze charakterizovat jako nekomfortní jak pro člověka, tak i pro řadu fyziologických procesů v živých organismech. Dochází ke zvýšení evapotranspiraci a

rychlejšímu vysušování krajiny. Oproti 60. letům 20. století se v posledních letech 2003-2014 tento počet dnů zvýšil na dvojnásobek. Nejvíce tropických dnů přibýlo v oblasti moravských nížin a Polabí, tedy v místech s důležitou zemědělskou činností (Zahradníček, 2014).

Model ALADIN-Climate/CZ předpokládá další pokračování růstu počtu těchto dnů. Tempo nárůstu těchto dnů je statisticky významné a za období 1961-2100 je to o 2 dny za 10 let. Tento indikátor je pak použit (s aktuálními scénáři a GCM modely) v části věnované zemědělství.

Obrázek 20 Změna ročního úhrnu srážek (%) predikovaná pro období 2021-2050 a 2071-2100



Zdroj: (Podle Brázdila, 2015)

Změna ročního úhrnu srážek je vyjádřena jako odchylka od hodnot v období 1961-2000, na základě tří regionálních klimatických modelů ALADIN-Climate/CZ v 10 km rozlišení (Cecilia), RegCM a ALADIN-Climate/CZ v 25 km rozlišení (VaV)

Bezsrážkový den je charakterizován jako den, kdy spadne rovno nebo méně než 1 mm srážek. Jak je charakteristické pro srážky, tak i zde převažuje variabilita nad pozorovaným trendem, který není statisticky významný. Podle Brázdila (2015) obecně platí, že nejvíce těchto dnů je v nížinách a s rostoucí nadmořskou výškou počet klesá. V období 2021-2050 počet bezsrážkových dnů spíše velmi mírně klesá, naopak v období 2071-2100 je zhruba o 3 dny v průměru těchto dnů více než v simulaci pro současné klima. Zkoumání prostorových rozdílů v počtu těchto dnů ukázalo pokles počtu těchto dnů hlavně v oblasti jižních Čech a Šumavy. V období 2071-2100 je zaznamenatelný růst počtu bezsrážkových dnů hlavně v oblasti jižní Moravy a Vysočiny.

Počet dnů v suché periodě je ukazatelem počtu dnů, kdy srážka nepřekročila hranici 0,1 mm, a to nejméně v deseti dnech po sobě. V roční sumě (za období 1961-2000) je počet takových dnů kolem 50, ale opět tu převažuje výrazná variabilita nad trendem. Delší období bez deště jsou ovlivněny hlavně synoptickou situací v daném období, a zda převládá situace přinášející srážky nebo naopak spíše

stabilní, ale bezsrážková povětrnostní situace. To může způsobit i výrazné časoprostorové rozdíly ve výskytu těchto suchých period (Zahradníček, 2014). Nejvíce dní v suché periodě se objevuje hlavně na jižní Moravě, tedy ve výrazně zemědělské oblasti a to kolem 65-80 dnů za rok. Nejméně těchto dnů je v horských oblastech. Pro období 2071-2100 stoupla podle Brázdila (2015) rozloha území, kde se předpokládá výskyt více dní v suché periodě na 25 % rozlohy území České republiky. Pro víc než 7 % území České republiky je simulován počet dnů vyšší než 80 a dokonce 1,5 % území bude více než 95 dní v roce vystaveno delším bezsrážkovým obdobím podle modelu ALADIN-Climate/CZ. Opět jako nejpostiženější region se modelována jižní Morava a k tomu se přidala i střední Morava a s tím další úrodná oblast Hané.

V současné době probíhá několik rozsáhlých projektů, které se zaměřují na studium dopadů změny klimatu. Zásadního pokroku bude dosaženo při naplnění projektu Czechadapt - systém pro výměnu informací o dopadech změny klimatu, zranitelnosti a území ČR (projekt Norských fondů), jehož výstupy budou zahrnovat detailní mapový portál se zmapováním dopadů změny klimatu do několika sektorů národního hospodářství zpracovaný s pomocí nejnovějších běhu globálních cirkulačních modelů (CMIP5) a regionálních modelů z projektu EUROCORDERX. Na rozdíl od podobných aktivit je provedena detailní analýza GCM i RCM modelů, jejich korekce a následně jsou aplikovány pro výpočet několika set indikátorů pro období 2021-2040; 2041-2060 a 2071-2100. Jedná se doposud o nejkomplexnější projekt, pokud jde o šíři a míru rozlišení. První výstupy budou uveřejněny počátkem listopadu tohoto roku na webových stránkách www.klimatickazmena.cz. Příkladem regionálního projektu zaměřeného zejména na zkoumání adaptačních opatření v regionu jižní Moravy je projekt AdaptaN - komplexní plánovací, monitorovací, informační a vzdělávací nástroje pro adaptaci území na dopady klimatické změny s hlavním zřetelem na zemědělské a lesnické hospodaření v krajině. Podobně dopadům změny klimatu a zejména adaptacím na zastavěná území se věnuje projekt UrbaAdapt. Často citovaným zdrojem je analýza Matematicko fyzikální fakulty (<http://glopolis.org/cs/clanky/tz-zmeny-klimatu-v-cr-vlny-veder-sucho-vyrazne-mene-snehu-na-horach/>), která doplňuje a zčásti aktualizuje již známé skutečnosti o charakteru očekávaných klimatických změn.

3.2 PŘEHLED ODBORNÝCH AKTIVIT VE STŘEDOEVROPSKÉM REGIONU

3.2.1 Analýza publikovaných výstupů

Na základě publikovaných studií z Evropy je jisté, že i v případě tohoto kontinentu se průměrná povrchová teplota zvyšuje od konce 19. století. Tři poslední dekády 20. století vykazovaly vyšší teploty nad zemským povrchem než všechny předcházející dekády, během kterých probíhalo přístrojové měření teploty. Zároveň první dekáda 21. století byla ta nejteplejší. Průměrná teplota souší (bývá označovaná jako LSAT – z angl. Land-Surface Air Temperature) se zvýšila během období přístrojových měření s tím, že míra oteplování je přibližně dvojnásobná, než míra oteplování nad oceány (IPCC, 2013).

Změny v úhrnech srážek, které byly doposud zaznamenány, je poměrně náročné hodnotit a kvantifikovat. Je to způsobeno poměrně velkou náročností v přesném popsání distribuce srážek. Srážkové trendy vyhodnocované pro kratší období trvající od roku 1951 do 2008 ale ukazují různé nesignifikanční trendy (ubývání i narůstání srážek). Nicméně jeví se zřejmé, že v severní Evropě srážek přibývá, v jižní Evropě ubývá a v Evropě střední se doposud nejedná o významné změny. V některých regionech Evropy byl zaznamenán pokles v počtu sněhových srážek, což bylo také doprovázeno zvyšující se teplotou během zimních období (IPCC, 2013).

Pokud jde o pozorované změny, vyplývá z výše citované zprávy Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC, 2013) vysoká jistota ohledně pozorovaných trendů teplot a menší jistota týkající se trendů změn srážek. Další vývoj je těsně spojen s budoucími emisemi radiačně aktivních plynů, které jsou v současné době odhadovány pomocí tzv. Reprezentativních směrů vývoje koncentrací (RCP). Jsou označeny podle přibližného celkového zesílení skleníkového efektu ve Watech na metr čtverečný v roce 2100 v porovnání s rokem 1750. Jde o 2.6 W.m^{-2} u scénáře RCP2.6, 4.5 W.m^{-2} u scénáře RCP4.5, 6.0 W.m^{-2} u scénáře RCP6.0 a 8.5 W.m^{-2} u scénáře RCP8.5. Tyto scénáře zahrnují jeden scénář zmírňujících opatření, jež vede k velmi nízké úrovni vlivu (RCP2.6) člověka na klima, který je považován za velmi nepravděpodobný. Dále obsahuje dva tzv. Stabilizační scénáře (RCP4.5 a RCP6), u nichž se předpokládá cílená aktivita zaměřena na dosažení stanovené cílové koncentrace oxidu uhličitého a dalších radiačně aktivních plynů. Poslední ze scénářů (RCP8.5) se vyznačuje velmi vysokými emisemi skleníkových plynů a lze jej považovat za "business-as-usual" scénář, tedy předpokládaný vývoj bez jakéhokoliv ohledu na emise radiačně aktivních plynů. Výhodou takto koncipovaných scénářů je, že umožňují vyhodnotit celou škálu možností od extrémně proaktivní (RCP2.6) po "neakci" (RCP8.5) bez nutnosti zabývat se potenciálními socie-ekonomickými "konotacemi".

Scénáře změny klimatu pro Evropský region je možné odvodit z výstupů 40 globálních klimatických modelů z databáze CMIP5 (Taylor, 2012), která byla použita pro poslední vyhodnocovací zprávu IPCC (IPCC 2013). Pokud se soustředíme na emisní scénář RCP85 a definujeme změny klimatických charakteristik vzhledem k referenčnímu období 1961-1990 pro dvě uvažovaná budoucí období 2021-50 a 2071-2100) došly nedávno prezentované studie (např. Dumbrovský, 2014 a Brázdil, 2015) k následujícím závěrům:

a) Změny teplot vykazují nárůst ve všech ročních obdobích. Zatímco v létě nárůst teploty v Evropě roste směrem k jihu (na jihu Evropy by se teplota dále od pobřeží (zejména na Balkáně a Pyrenejském poloostrově) měla zvýšit až o $7 \text{ }^{\circ}\text{C}$), v zimě nárůst teploty roste směrem k severu (na severovýchodě Skandinávie až o $9 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Za zmínku stojí výrazně vyšší růst letních teplot nad pevninou - oproti nižším hodnotám růstu teplot nad mořem. V oblasti Česka by se letní teploty měly zvýšit o cca $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, na jaře o cca $4.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, v zimě a na podzim bude nárůst mezi těmito dvěma hodnotami.

b) Změny srážek ukazují, že severojižní gradient se vyskytuje i zde, přičemž je ve všech ročních sezónách výrazně kladný: změna srážkových úhrnů roste směrem k severu, přesněji řečeno záporné změny vyskytující se na jihu Evropy se mění na kladné směrem k severu. Mezi oblastmi vyznačujícími se zápornými (na jihu) a kladnými (na severu) změnami je pásmo nevýznamných změn. Tento pás se během roku pohybuje: nachází se nejseverněji v létě a nejižněji v zimě. V souladu s touto prostorovou

strukturou a jejím pohybem během roku lze konstatovat, že severně od cca 62. rovnoběžky budou změny srážek pozitivní ve všech sezónách, zatímco jižně od 40. rovnoběžky budou změny srážkových sum ve všech ročních obdobích negativní.

c) Změny v očekávané intenzitě sucha: Vzhledem k tomu, že riziko sucha stoupá s rostoucími teplotami (ty porostou ve všech sezónách v celé Evropě) a klesajícími srážkami, lze konstatovat, že mapy pouze kvantitativně doplňují naše očekávání vyplývající z pohledu na mapy změn teplot a srážek: riziko sucha výrazně poroste na jih od pásu srážkové neurčitosti. Nejvýraznější nárůst rizika sucha v létě je důsledkem nejvyššího (ze čtyř ročních období) nárůstu teplot doprovázeného výrazným poklesem srážek v tomto ročním období. I v ostatních sezónách bude na většině evropského území riziko sucha růst; modely simulovaná velikost růstu přitom odpovídá změnám teplot a srážek. Riziko sucha klesne pouze v oblastech, kde v dané sezóně bude negativní vliv (tedy zmírnění rizika sucha) nárůstu srážek vyšší než pozitivní vliv (tedy podporující riziko sucha) nárůstu teplot: jedná se vlastně pouze o zimní období a území Irska a západní část Skandinávie, kde lze v tomto ročním období očekávat nevýznamný pokles rizika sucha.

Tyto scénáře změn klimatu podle GCM modelů z databáze CMIP5 (Taylor, 2012) jsou velice podobné scénářům odvozeným ze starších GCM simulací zahrnutých v databázi CMIP3 (Meehl 2007, která byla použita pro předchozí (čtvrtou) vyhodnocovací zprávu IPCC (IPCC, 2007). Při porovnání očekávaných teplot podle modelů CMIP3 (IPCC, 2007) a CMIP5 zjišťujeme, že modely CMIP5 obecně očekávají nižší nárůst teplot. Výraznou výjimkou je vyšší nárůst letních teplot v severní (přibližně od 50. rovnoběžky) části Evropy; s tím souvisí méně výrazný severojižní gradient teplotních změn v létě. Mezimodelová variabilita je u ensemblu CMIP5 až na výjimky nevýrazně vyšší než u scénářů starých. Výraznou výjimkou je opět oblast severní Evropy v létě, kdy současné scénáře změny teploty vykazují lepší shodu mezi jednotlivými GCM modely. Pokud jde o území České republiky, tak nové scénáře vykazují oproti starým scénářům vyšší nárůst teplot v létě a nižší nárůst ve zbývajících sezónách. Podobně jako u teplot, i změny srážek podle CMIP5 modelů vykazují velice podobnou prostorovou strukturu jako výsledky CMIP3. Stejně tak i změny (ať už nárůsty či poklesy) jsou u CMIP5 běhů méně výrazné. Pokud bychom měli jmenovat hlavní rozdíl mezi novými a starými scénáři, lze uvést, že nové scénáře vykazují méně extrémní nárůst srážek v severovýchodní Evropě v zimě a méně výrazný pokles srážek na jaře a v létě v jižní Evropě.

Významné poznatky zahrnující dopady změny klimatu na středo-evropský evropský prostor byly získány zapojením ČR do rámcových programů EU (např. FP6 - CECILIA - <http://www.cecilia-eu.org/> a ADAGIO <http://www.adagio-eu.org/>, či FP-7 CLIMSAVE - <http://www.climsave.eu/>). Za pozornost stojí zvláště posledně jmenovaný projekt, jehož stránky nabízí interaktivní webové rozhraní, které umožňuje v relativně vysokém rozlišení studovat dopady změny klimatu v Evropském regionu, a to včetně různých adaptačních strategií. Více viz Harrison (2014) a Hollman (2014). Propojení v ČR validovaných nástrojů a získaných výstupů s evropskými databázemi (např. platformou projektu CLIMSAVE) umožní vytvářet a zejména posuzovat adaptační strategie ve středo-evropském kontextu.

4 ANALÝZA DOPADŮ PREDIKOVANÝCH SCÉNÁŘŮ ZMĚNY KLIMATU NA JEDNOTLIVÉ PRIORITY OBLASTI ZÁJMU

V následující kapitole jsou podrobně popsány dopady a s nimi související rizika dle předpokládaných scénářů vývoje změny klimatu v daných prioritních oblastech zájmu. Analýza dopadů vychází především z výše popsaných scénářů, tj. na úrovni ČR zejména ze studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011). V některých oblastech, které uvedená studie řešila pouze okrajově, jsou analýzy doplněny také z jiných aktuálních studií na úrovni ČR, zejména „Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Belda, 2015), nebo na úrovni evropské.

Jednotlivé kapitoly jsou zpracovány v této výchozí struktuře, která je místy dle potřeby upravena:

- souhrn za danou oblast
- základní informace pro danou oblast v národním, případně (středoevropském) kontextu
- dopady predikovaných scénářů změn klimatu a analýza rizik
- stanovení indikátorů a vyhodnocení zranitelnosti včetně identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR
- souhrnná „What if“ analýza
- analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

V případě indikátorů bylo pracováno se dvěma typy indikátorů – klimatickými a dopadovými. **Klimatické indikátory** mohou mít vztah k více prioritním oblastem a jsou proto zpracovány souhrně v rámci samostatné podkapitoly. **Indikátory dopadové** jsou zpracovány přímo v rámci jednotlivých témat.

Vzhledem ke skutečnosti, že Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (tj. Adaptační strategie) byla v době zpracování této studie v procesu schvalování, předpokládá se, že doporučení uvedená v této kapitole budou zahrnuta do akčního plánu navazujícího na Adaptační strategii.

V závěru analýz jednotlivých prioritních oblastí byla pro souhrn hlavních skutečností a rizik použita tzv. **What if analýza**, jejímž cílem bylo v jednotné podobě vyjádřit přehledně hlavní identifikovaná rizika pro jednotlivé oblasti. Principy zpracování této analýzy proto uvádíme zde:

WHAT IF ANALÝZA

Zpracování analýzy rizik typu "What-If" obsahuje v rámci studie následující charakteristiku a systematické kroky, které vychází z U.S.Coast Guard - příručky pro Risk Based Decision Making (2002, upraveno pro potřeby projektu):

- Jde o přístup, jehož cílem je přehledně identifikovat **možné zdroje rizik** (nebo přímo nebezpečné situace-scénáře a jejich možné dopady), které mohou mít za následek výskyt nežádoucí události v dané oblasti, s možným dopadem na zdraví a životy obyvatel, jejich majetek, infrastrukturu, ekosystémy a další složky životního prostředí apod.
- What-If se typicky provádí pro dané prioritní oblasti v týmech s rozmanitým zázemím a zkušenostmi, dle dostupných podkladů (odborných knih, článků či zpráv, datových sad, zkušeností, historických událostí, aktuálního poznání). Kvalita hodnocení závisí na kvalitě týmů, osobností, zkušenostech dostupných informací atd.
- Metodu What-If je možno použít obecně na jakoukoliv činnost nebo systém.
- Metoda generuje kvalitativní (do jisté míry abstrahovaný) popis potenciálních problémů/rizik/dopadů, ve formě otázek a odpovědí.
- Občas je metoda What-If používána samostatně, častěji v kombinaci s ostatními metodami analýzy rizik (typicky v kombinaci s checklistem, apod.)

Účelem What if analýzy (dále též „WI“) je v rámci studie systematicky, jednotně a přehledně shrnout provedené analýzy a přispět k jednotné podobě výstupů za všechny prioritní oblasti.

Omezení a rizika WI:

- může dojít k opomenutí některých možných problémů (bylo prověřováno)
- celkově se těžko ověřuje její úplnost (bylo prověřováno)
- poskytuje převážně kvalitativní informace.

Postup zpracování WI:

- 1) provedení analýzy rizik dopadů klimatické změny pro danou prioritní oblast. Popis analyzované zájmové oblasti a jejích dílčích podoblastí/subsystémů a rizik/dopadů dle klimatických scénářů pro daná 30letá období
- 2) výběr z check-listu projevů klimatické změny v ČR (na základě předpokládaných scénářů – viz tabulka 9) relevantní projevy pro danou prioritní oblast
- 3) s pomocí check-listu projevů (tabulka 9) vytvoření otázek typu WHAT-IF (co se stane, když?) pro danou prioritní oblast (a její dílčí části) za „uvažovaného stavu“ (tj. např. předpoklad budoucího vývoje).
- 4) uvedení předpokládaných negativních dopadů/rizik daných scénářů
- 5) zohlednění opatření zmírňující nebo eliminující předpokládané rizika
- 6) jedna otázka (předpoklad vývoje) může mít více negativních dopadů nebo představovat více rizik.
- 7) provedení hodnocení pravděpodobnosti a závažnosti scénářů a zranitelnosti daných systémů (se zohledněním stávajících opatření v dané oblasti – legislativa, regulativy apod.) za pomoci níže uvedených 5ti bodových stupnic.

Bodové hodnocení

Vychází z expertního hodnocení, odborných znalostí, dostupných dat a studií, konsenzu členů týmu apod.:

- Pravděpodobnost scénáře – 1 - nejnižší, 5 – nejvyšší (hodnocena ve vztahu k uvedeným možným dopadům)
- Závažnost (dopadu/rizik) – 1 - nejnižší, 5 – nejvyšší (hodnocena individuálně pro každou oblast/systém)
- Zranitelnost systému – 1 - nejnižší, 5 – nejvyšší (jak je systém zranitelný vůči danému riziku/dopadu se zohledněním stávajících opatření)

Celkové hodnocení rizika (tj. sloupec Subjektivní riziko) je součinem tří předchozích hodnot, tj. Pravděpodobnosti scénáře, Závažnosti (dopadů/rizik) a Zranitelnosti systému. Pro větší přehlednost byly výsledné hodnoty podbarveny na této škále, které odpovídá i výsledné hodnocení rizika.

	100 a víc	vysoké
	60 – 99	zvýšené
	40 – 59	střední
	20 – 39	nízké
	0 - 19	velmi nízké

4.1 LESNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

Mezi hlavní projevy klimatické změny, které budou pro lesní hospodářství představovat riziko, patří zvýšené průměrné teploty vzduchu, výrazněji zvýšené teploty v jarním a letním období, výraznější pokles srážek v letním období, zvýšená frekvence období sucha a prodlužování jeho délky, zvýšená evapotranspirace, zvýšené koncentrace CO₂ a zvýšený výskyt extrémních meteorologických situací. Tyto projevy představují pro lesní hospodářství řadu rizik, které mohou lesní porosty v dlouhodobém horizontu negativně ovlivnit. Za nejvíce náchylnou dřevinu je na území ČR považován smrk. Uvedené projevy změn klimatu v kombinaci s dalšími abiotickými a biotickými faktory způsobují chřadnutí lesních porostů.

Jedním z nejvýraznějších dopadů je předpokládaný posun lesních vegetačních stupňů, kdy dnešní oblasti pahorkatin a vrchovin (především 4. - 5. lesní vegetační stupeň) nebudou vyhovovat kritériím odpovídajícím ekologické valenci smrku ztepilého. Posuny vegetačních stupňů však ovlivní i porosty dalších druhů dřevin.

Mezi další negativní rizika související s projevy klimatické změny patří šíření škůdců, hub a dalších patogenů. S nárůstem průměrných teplot se k nám pravděpodobně budou šířit druhy z jižněji položených oblastí a dále se stávající organismy budou moci šířit do vyšších poloh a zlepšit se podmínky pro jejich rozmnožování. Oslabené lesní porosty budou také více náchylné k působení extrémních meteorologických jevů, jako jsou vichřice.

4.1.1 Úvod a kontext

Lesní půda tvoří na území ČR 2 599 142 ha. Největším vlastníkem lesů v ČR je stát (59,74 %). Lesy ve vlastnictví státu obhospodařují zejména Lesy ČR, s.p. (dále jen LČR), a to více než 50 %, další významný podíl tvoří vojenské lesy a lesy na území národních parků. Ve struktuře vlastnictví lesů jsou dále podstatné podíly lesů ve vlastnictví fyzických osob (19,24 %), obcí a měst (16,86 %). Podíly ostatních vlastníků lesů jsou podstatně menší a statisticky nevýznamné.

Z hlediska obnovy lesních porostů činila v roce 2013 plocha obnovených lesních porostů 26 032 ha. Výše přirozené obnovy se zvýšila na 6 112 ha (23 %) a je zde patrný nárůst oproti předchozím rokům. Podíl listnatých dřevin z umělé obnovy dosáhl 39,3 %. Z umělé obnovy převažuje smrk (8840 ha), dále borovice (2055 ha), dub (2277 ha), buk (4226 ha) a další. Podíl smrku v umělé obnově lesa se postupně dlouhodobě snižuje.

V lesích ČR bylo v roce 2013 vytěženo celkem 15,33 mil. m³ surového dříví. Vysoké procento v tomto objemu zaujímalo zpracování nahodilých těžeb (4,25 mil. m³ – 27 %). V uplynulých dvou letech byl poměr mezi těžbou úmyslnou a nahodilou příznivější (v roce 2011 činil podíl nahodilé těžby 25,4 % z těžby celkové a v roce 2012 pouze 21,5 %). Největší podíl nahodilých těžeb (cca 75 %) byl v r. 2013 způsoben bořivou činností větru, následovalo poškození mokřým sněhem, jenž se na celkové výši abiotického poškození podílel zhruba 10 % (v roce 2012 se jednalo o stejný rozsah). Poškozeny byly především porosty jehličnatých dřevin, dominantně smrku a borovice. Vzhledem k silně narušené statické stabilitě jehličnatých (smrkových) porostů v řadě oblastí a vzrůstající frekvenci nepříznivých povětrnostních situací vyvolávajících vznik polomů je možno očekávat značný výskyt tohoto poškození i v budoucím období. Vývoj nahodilých těžeb zobrazuje následující tabulka. V tabulce jsou patrné výkyvy zejména v letech 2007 a 2008, kdy vysoké množství nahodilých těžeb bylo způsobeno orkány Kyrill. Vichřice srazila k zemi v českých lesích téměř 10 milionů metrů krychlových dřeva, nejvíce - 4 miliony kubíků - na jihu Čech na Šumavě. Šlo o největší obdobnou událost od r. 1870. Ke kalamitě přispěl špatný zdravotní stav lesů, nadměrné zastoupení smrku a holosečné hospodaření. Smíšené porosty zůstaly téměř nedotčeny. (MZe, 2014)

Tabulka 11 Přehled nahodilých těžeb podle příčin (mil. m³/rok)

Rok	živelní	exhalační	hmyzová	ostatní	celkem
1999	2,74	0,13	0,33	0,54	3,74
2000	2,39	0,08	0,32	0,50	3,29
2001	1,49	0,06	0,23	0,60	2,38
2002	3,38	0,03	0,29	0,51	4,21
2003	6,12	0,06	1,26	0,76	8,2
2004	2,76	0,04	1,27	1,30	5,37
2005	2,54	0,02	0,88	0,39	3,83
2006	5,59	0,02	0,96	0,82	7,39
2007	12,92	0,04	1,86	0,68	15,5
2008	7,07	0,04	2,37	0,65	10,13
2009	3,00	0,03	2,64	0,58	6,25
2010	4,08	0,02	1,84	0,38	6,32
2011	2,13	0,02	1,21	0,43	3,79
2012	2,01	0,02	0,98	0,33	3,34
2013	2,50	0,03	1,21	0,46	4,20

Zdroj: (MZe, 2014)

Podíl lesního hospodářství na HDP činí 0,6 % z celkového množství. Oproti roku 1930 se celková zásoba dříví v lesích zvětšila na více než dvojnásobek. Na nárůstu se podílí jednak mírný růst zakmenění porostů a zvětšování podílu porostů vyššího věku, jednak růst běžného přírůstu. Průměrná zásoba na 1 ha lesních pozemků je 264 m³ (jedná se o průměrnou zásobu počítanou na porostní plochu s holinami).

4.1.1.1 Zdravotní stav lesních porostů

Co se týče **stavu a poškození lesních porostů**, hlavní škodlivé faktory jsou dlouhodobě obdobné - z abiotických vlivů se jedná především o polomy a přímé následky sucha, z biotických činitelů pak dominantně o poškození způsobené přemnožením podkorního hmyzu na smrku, aktivizací václavky a v neposlední řadě o trvalý negativní působení přemnožené spárkaté zvěře. Z hlediska povětrnostních podmínek byly v roce 2013 zaznamenány klimatické extremity, zejména červnové povodně v Čechách, velmi vysoké letní teploty, srpnové lokální vichřice spojené se vznikem polomů, srážkově chudý podzim a zima, které měly v některých případech celoplošný, jindy naopak regionální ráz.

Na zamezování vzniku poškození lesních porostů biotickými škodlivými činiteli se v podmínkách Česka vynakládají každoročně nemalé prostředky, které se soustřeďují především do následujících oblastí: ochrana před nežádoucí vegetací ve školkách, výsadbách a kulturách; ochrana a obrana před hmyzími škůdci a původci houbových onemocnění a ochrana a obrana před škodlivým působením zvěře a drobných hlodavců. Rozhodující podíl připadá na ochranu před poškozováním lesa zvěří (zimní okus a ohryz, letní okus a loupání) a nežádoucí vegetací (mechanické a chemické potlačování buřene ve školkách a výsadbách). (CENIA, 2014)

Defoliace v ČR je stále velmi vysoká. Zastoupení starších porostů jehličnanů (60 let a starší) ve 2.–4. třídě defoliace v roce 2013 činilo 77,4 %, u starších listnáčů 48,8 %. V mladších porostech je situace příznivější, u mladších jehličnanů (do 59 let) 21,5 % a u mladších listnáčů 16,6 %. Po zlepšení stavu na konci 90. let 20. století je možné sledovat po roce 2000 opět trend ukazující spíše na zhoršování zdravotního stavu lesních porostů. U starších jehličnatých vykazuje míra defoliace dlouhodobě mírně stoupající trend, u ostatních druhových a věkových kategorií vykazuje stagnující až velmi mírně klesající stav. Tento stav je zčásti dán výše uvedenými faktory. Listnáče jsou obecně vůči defoliaci odolnější vzhledem ke každoroční kompletní obnově asimilačního aparátu. V hodnocení jednotlivých dřevin je situace nejméně příznivá u borovice (v roce 2013 více než 86,5 % stromů na hodnocených plochách ve třídě 2 až 4), následována modřínem (79,9 %) a smrkem (66,6 %). Z listnatých dřevin ve věku 60 let a starších vykazuje výraznou defoliaci dub (v roce 2013 celkem 73,0 % hodnocených stromů ve třídě 2 až

4). U listnáčů stejné věkové kategorie je dlouhodobý vývoj defoliace v porovnání s jehličnany odlišný. Ve sledovaném období 1991–2012 dosáhla defoliace listnáčů nejvyšší úrovně v roce 1993 (průměrná defoliace dubu 43,0 % a buku 22,5 %), v dalších letech klesala až na nejnižší úroveň v roce 1998 (průměrná defoliace dubu 27,8 % a buku 14,6 %). Následoval zřetelný vzestup defoliace do roku 2000. V dalším období až do roku 2012 defoliace starších porostů dubu velmi mírně stoupá, zatímco u porostů buku s nevýraznými výkyvy mírně klesá. Dub má z pohledu dlouhodobého vývoje větší rozkolísanost a vyšší úroveň defoliace než buk. (CENIA, 2014).

Přímým důsledkem špatného zdravotního stavu lesních porostů je jejich snížená schopnost odolávat vlivům prostředí, tedy i vlivům změn klimatu. Dlouhodobě nejvýznamnějším faktorem, vyvolávajícím nutnost nahodilých těžeb, jsou faktory abiotické, především vítr, mráz, sníh a sucho. Z biotických činitelů je v ČR nejvýznamnější poškození kůrovcem.

Z hlediska **lesních požárů** bylo v roce 2013 evidováno 666 lesních požárů, u kterých musely zasahovat jednotky požární ochrany. Téměř 98 % požárů bylo do 1 ha, průměrná plocha požáru činila 0,1 ha. Zničeno nebo poškozeno bylo celkem cca 92 ha lesních porostů. Přímá škoda byla vyčíslena částkou 4,9 mil. Kč, zásahem hasičů byly uchráněny lesní porosty v hodnotě 75,8 mil. Kč (654,9 mil. Kč v roce 2012). Bylo evidováno 5 požárů z přírodních příčin (úder blesku), příčina je známa u dalších 136 požárů, u 525 požárů se nepodařilo příčinu stanovit. Vývoj je znázorněn v následující tabulce (tabulka 12) (MZe, 2014).

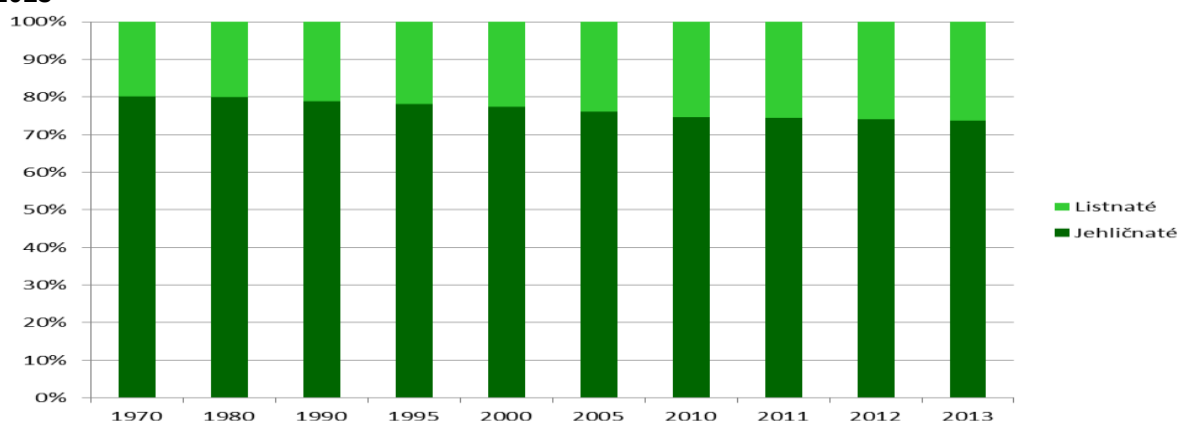
Tabulka 12 Lesní požáry – základní statistiky

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Způsobené škody (mil. Kč)	21,08	22,47	24,00	14,86	19,72	4,66	7,10	46,2	4,9
Počet požárů	626	679	847	504	556	732	1337	1549	666
Rozloha lesních požárů	226	405	316	86	178	205	337	634	92
Počet zraněných	13	17	22	10	21	12	27	30	7

Zdroj: (MZe, 2014)

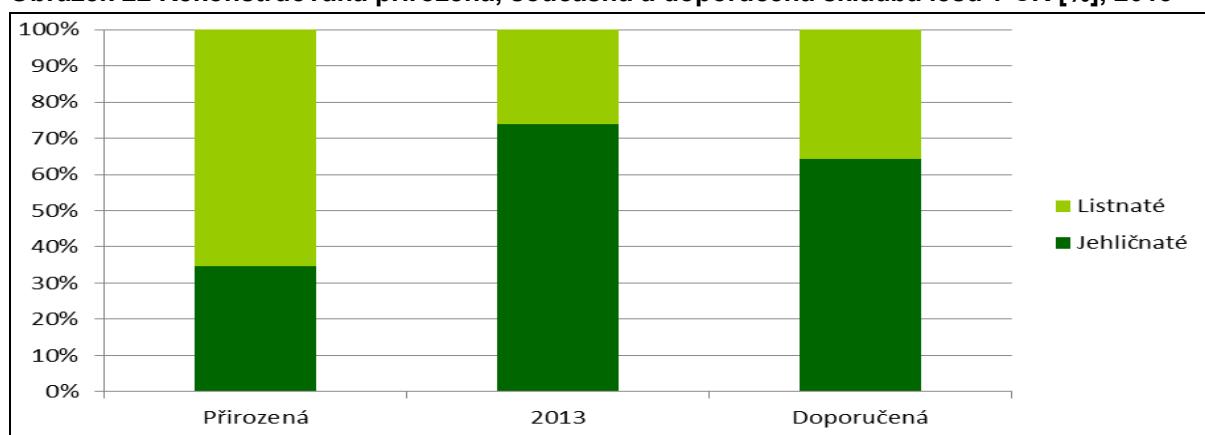
4.1.1.2 Skladba lesů

Plocha jehličnatých dřevin se dlouhodobě snižuje, např. plocha smrku poklesla do roku 2013 oproti roku 2000 o 69 614 ha, naproti tomu se zvyšuje podíl listnatých dřevin zejména dubu a buku. Podíl listnáčů na celkové ploše lesů ČR pozvolna stoupá (viz obrázek 21). V dlouhodobém horizontu je možné sledovat vývoj směrem k příznivé změně druhové skladby, k přirozenější struktuře lesních porostů. Podíl jedle, která je důležitou součástí přirozeného lesního ekosystému a která významně přispívá k udržení stability lesa, se na celkové ploše lesů od roku 1995 stabilně pohybuje kolem 1 %. Listnaté dřeviny jsou zastoupeny hlavně bukem, jehož podíl na celkové ploše lesů stoupl až na 7,8 % v roce 2013. Pomalejší vzrůstající trend byl zaznamenán i u dubu, jehož podíl dosáhl 7,1 % z celkové plochy lesů ČR (CENIA, 2014).

Obrázek 21 Vývoj podílu jehličnatých a listnatých porostů na celkové ploše lesů ČR [%], 1970–2013

Zdroj: (CENIA, 2014)

Obrázek 22 znázorňuje situaci z hlediska současné a přirozené skladby lesních porostů.

Obrázek 22 Rekonstruovaná přirozená, současná a doporučená skladba lesů v ČR [%], 2013

Zdroj: (CENIA, 2014)

Pozn.: Rekonstruovaná přirozená skladba je blízká skladbě klimaxové v době před ovlivněním lesa člověkem. Doporučená skladba lesa je všestranně optimalizovaným kompromisem mezi skladbou přirozenou a skladbou nejvýhodnější ze současného ekonomického hlediska.

4.1.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

4.1.2.1 Rizika z hlediska širších evropských souvislostí

Lesnictví je z hlediska změny klimatu poměrně problematickým sektorem, a to zejména díky mimořádně dlouhé (přes 100 let) produkční době lesních porostů. Logicky z toho plyne, že dnes jsou zakládány nebo obnovovány lesní porosty, které budou dorůstat do produkční zralosti v úplně jiných klimatických podmínkách. Synergické působení extrémních klimatických výkyvů, dlouhodobé acidifikace půdy a antropogenních vlivů, především imisní zátěže a hospodářských zásahů, má na téměř celém území Střední Evropy za následek snižování vitality lesních porostů. Některé dřeviny jsou pěstovány na hranici své ekologické tolerance (zejména smrk ztepilý).

Z hlediska širšího evropského měřítká se předpokládá celoplošné zvýšení teplot, změny v množství a distribuci srážek a vyšší výskyt extrémních klimatických událostí, jako jsou sucha, povodně, bouřky a vlny veder, což může vést jednak samo o sobě k vyšší míře mortality lesních porostů a jednak tyto vlivy zvyšují citlivost lesních porostů na sekundární jevy, jako jsou hmyz a houbové infekce. Zvyšující se

koncentrace CO₂ v atmosféře mohou vyvolat nárůst produkce dřeva v oblastech s dostatečným množstvím dešťových srážek. Tento stav je očekáván zejména v severnějších částech Evropy, tj. zejména ve Skandinávii a dále v oblastech s vyšší nadmořskou výškou. Významným rizikem je naopak sucho, tj. období s dlouhodobě nízkým deficitním množstvím srážek nebo delší období zcela beze srážek - v tomto ohledu se dle uváděných scénářů očekává zvýšení frekvence a intenzity letních such. Nejhorší situace bude dle předpokládaných klimatických scénářů v oblasti středomoří, naopak delší suchá období v severní Evropě nejsou předpokládána. V rámci střední Evropy a ČR budou rozdíly méně výrazné, je zde předpokládán nárůst teplot a pokles srážek v jarním a letním období. Mezi rizika způsobené suchem patří oslabení lesních porostů, snížení produkce biomasy a zvýšené riziko požárů, které bude nejvíce narůstat opět v oblasti Středomoří.

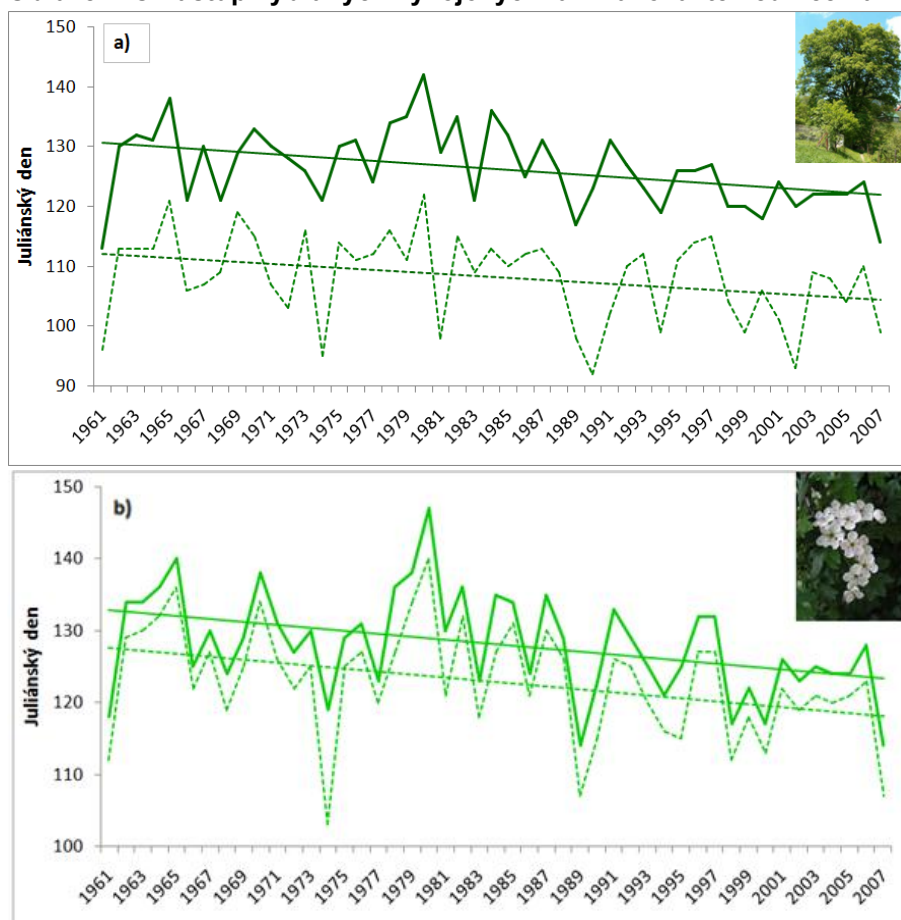
Potenciální dopady změn klimatu zahrnují dále změnu v distribuci druhů stromů – předpokládá se posun výskytu jednotlivých druhů stromů severním směrem a do vyšších poloh, expanze listnatých opadavých stromů a ústup chladnomilných druhů a jehličnanů. Tyto rychlé změny budou rizikovější pro úzce specializované druhy a na ně vázané ekosystémy.

Mezi další rizika spojená s projevy změny klimatu patří rozšiřování škůdců a onemocnění do nových lokalit, a to ve směru severním a do vyšších nadmořských výšek. Působení lesních škůdců bude výsledkem vyšších teplot, změnám ve srážkách, zvýšené frekvenci sucha a nárůstu koncentrací CO₂.

Mezi další rizika změn klimatu patří ovlivnění fenologie stromů a související vyšší náchylnost k projevům počasí (pozdní mrazíky), lokálně vyšší výskyt mokrých srážek, vyšší přívalové srážky a jimi způsobená eroze lesních půd, pokles vlhkosti půdy apod.

Studie dokládají posun nástupu fenologických fází nejen u rostlin, ale i u ptáků a dalších druhů na většině území Evropy. Pro oblast Moravy shrnuje tyto trendy práce Bauera et al. (2009) a následně Bauera et al. (2014). Z těchto studií vyplývá pro oblast lesního hospodářství, že mezi léty 1961-2014 došlo zejména v důsledku nárůstu teplot vzduchu ke statisticky významnému posunu v datu rašení listů u dubu letního (*Quercus robur*) o cca 8,2 dne (obrázek 23a) a v případě plného olistění o 9 dní. Podobný posun byl zaznamenán i u dalších druhů stromů (*Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior* a *Ulmus laevis*). Podobně reagovaly i druhy v keřovém patře lužního lesa jako je např. hloh obecný (*Crataegus oxyacantha*), viz obrázek 23b. Obdobně se chovají i další druhy keřů např. *Crataegus monogyna* a *Cornus sanguinea* a také bylin, např. česnek medvědí (*Allium ursinum*).

S výraznějšími projevy změn klimatu ke konci století roste předpoklad výše uvedených negativních dopadů, přičemž nejvíce zranitelná je oblast středomoří (dle EEA, 2012).

Obrázek 23 Nástup vybraných vývojových fází na lokalitě Lednice na Moravě v letech 1961-2007

Zdroj: (Bauer, 2014)

Pozn: Je zachyceno pro: a) dub letní – rašení listů (přerušovaná linie), plné olistění (plná linie); b) hloh obecný – první květ (přerušovaná linie), plný květ (plná linie); Detailní popis dat a jejich interpretace Bauer (2014).

4.1.2.2 Rizika z hlediska České republiky

Na území ČR se problematikou dopadů klimatické změny na lesní hospodářství podrobně zabývala studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011). Obdobná studie řešící více oblastí byla zpracována také pro Slovenskou republiku, a to „Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch“ (SHMU, 2011). Především z těchto dokumentů a souvisejících podkladů k nim zpracovaných vychází i následující analýza a vyhodnocení rizik.

Synergické působení extrémních klimatických výkyvů, dlouhodobé přirozené acidifikace půdy a antropogenních vlivů, především imisní zátěže a hospodářských zásahů, má v posledních desetiletích za následek snižování vitality lesních porostů. **Jako nejvýznamnější zdroj rizik pro lesní hospodářství byla vyhodnocena kombinace sucha, zvýšených teplot a snížení množství dešťových srážek v jarním a zejména v letním období.** S touto kombinací přímo souvisí riziko **chřadnutí lesních porostů** díky zhoršování jejich zdravotního stavu a také mírně zvýšené riziko **lesních požárů**.

Jednou z významných příčin snížené odolnosti lesních porostů vůči klimatickým stresům a biotickým činitelům, jakými jsou podkorní hmyz a houbové infekce, je stávající odlišná druhová, věková a prostorová skladba lesů oproti skladbě doporučené, popř. přirozené. Projevy klimatické změny ovlivňují

populační hustotu škůdců a jejich podmínky pro rozmnožování a přežívání a celkově změnu areálu jejich rozšíření, a to i druhů, které se na našem území doposud nevyskytovaly. Předpokládá se zvýšená patogenita a infekční tlak fytopatogenních mikroorganismů a hub a během probíhajících změn prostředí budou původní dřeviny vystaveny chronickému stresu. Toto se týká především smrkových porostů, ale také bučin a doubrav. Vyšší zimní teploty umožní lepší přežití spor hub a plísní, které by v dnešních podmínkách zahynuly, vyšší teploty a koncentrace CO₂ mohou urychlit jednotlivé vývojové fáze patogenů. Zvýšení průměrné teploty zvyšuje aktivitu podkorního hmyzu, u některých druhů se může vyvinout více generací během jednoho roku a současně má hmyz lepší podmínky pro šíření. Společně s poklesem vitality lesních porostů se negativní účinek těchto biotických faktorů bude ještě zvyšovat. To se předpokládá především u porostů smrku, u listnatých dřevin jsou předpokládány účinky nižší.

Dalším faktorem přímo souvisejícím se změnou klimatu je nárůst koncentrací CO₂. Zvýšené koncentrace vedou ke zvýšené rychlosti růstu stromů, současně však s předpokládanou zvýšenou evapotranspirací se zvyšuje riziko problémů na vysychavých stanovištích a v oblastech s nižšími srážkami.

4.1.2.2.1 Problematika smrkových porostů

V současné době je nejcitlivější dřevinou k environmentálnímu stresu včetně znečištění prostředí v regionu střední Evropy smrk ztepilý. Produkční smrkové porosty v nižších vegetačních stupních se nacházejí na našem území na hranici svých možností a další stresová zátěž je může vychýlit z rovnovážného stavu a působit jako mortalitní faktor.

K nejvýznamnějším abiotickým stresorům náleží sucho, především v předjaří a jarních měsících. Významným rizikem je u smrku kombinace abiotických stresorů, kterými jsou letní přísušky a vysoká teplota v kombinaci s vysokou vzdušnou vlhkostí, které mohou jako mortalitní stresor zapříčinit přehřátí pletiv. Letní přísušky se uplatňují jako významný predispoziční faktor pro vznik kořenových hnilob. Klimatické extrémy v zimě jsou pro smrk rizikové především narušením dormance relativně teplým obdobím a náhlým poklesem teplot pod bod mrazu.

Vyšší teploty dále způsobí vyšší evapotranspiraci, což nakonec povede k vysychání a uzavření průduchů. To bude mít za následek nejen omezení fotosyntézy, ale také stomatálního toku ozónu a snížení primární produktivity a ukládání terestrického uhlíku. Dalším vlivem environmentální změny může být inhibice růstu způsobená vysokou depozicí dusíku, která navíc může zvýšit náchylnost k raným a pozdním mrazíkům.

Biotické faktory se uplatňují především jako iniciační stresory (např. savý a listožravý hmyz). V kombinaci s působením abiotických predispozičních stresorů mohou působit jako mortalitní stresory. V případě lýkožrouta smrkového a větru poskytují polomy vhodné podmínky pro nastartování jeho gradací a ohrožení okolních porostů.

Jako nejvíce ohrožené byly určeny smrkové lesy v nižších a středních polohách, tj. lesy především ve 3.-5. lesním vegetačním stupni s nepůvodní dřevinnou skladbou a zhoršenou vodní bilancí. V rámci výše uvedené studie (Pretel, 2011) byly spočítány prostorové průměry základních klimatických charakteristik (průměrná denní teplota, denní úhrn srážek, průměrná denní rychlost větru, vlhkost vzduchu a sluneční záření) pro všechny **lesní vegetační stupně (LVS)**, vyskytující se v jednotlivých **přírodních lesních oblastech (PLO)**. Kromě nich byl zjišťován i výskyt tří klimatických extrémů – počet dní s denním úhrnem srážek menším než 1 mm, které se ve vegetačním období vyskytly v obdobích delších než 10 dnů (10 D) za sebou, počet dnů ve vegetačním období, kdy byla průměrná denní teplota vyšší než 30 °C a počet teplotních zvrátů v předjaří (T zlom – tj. období, kdy se v zimních měsících vyskytla alespoň 5 dnů po sobě průměrná denní teplota vyšší než 5 °C a pak opět klesla pod bod mrazu). Výskyt prvních dvou extrémů klesá s rostoucí nadmořskou výškou a tedy i s vyšším lesním vegetačním stupněm. Klimatické scénáře předpokládají postupný nárůst výskytu těchto stresových faktorů do konce 21. století, a to především od cca poloviny století.

V souladu s předpokládanými scénáři klimatické změny se do konce 21. století předpokládá posun stanovištních podmínek o 1 až 2 lesní vegetační stupně. Změněné stanovištní podmínky budou působit

jako predispoziční stresor a predisponovat jednotlivé dřeviny i celé porosty lesních dřevin k aktivizaci dalších, zvláště pak biotických stresorů.

Zastoupení smrku ztepilého v České republice se špatným zdravotním stavem se odhaduje na 43–48 %. V rámci uvedené studie byla metodika pro odhad pravděpodobného vývoje lesních porostů s převahou smrku ztepilého vypracována (mimo jiné) pro úroveň přírodních lesních oblastí (PLO). Stresové klimatické faktory diferencují jednak tzv. „teplé“ PLO, resp. jejich LVS, nesplňující kritéria ekologické valence smrku v současném období B, a jednak „studené“ PLO, které podle scénářů vyhovují ekologické valenci smrku. Jsou to především horské PLO od LVS 6 výše (PLO 13, 21, 22, 27 a 40). Ve všech ostatních PLO se již vyskytují LVS, které alespoň v jednom z období překročí v předpokládaných hodnotách klimatických parametrů ekologickou valenci smrku. Obecně se dá konstatovat, že období D a E v PLO pahorkatinného až vrchovinného typu nebudou vyhovovat kritériím odpovídajícím ekologické valenci smrku ztepilého (viz tabulka 13).

Tabulka 13 PLO nesplňující ekologickou valenci pro smrk ve scénářových obdobích

Období	PLO (a LVS) nesplňující ekologickou valenci
Období B	PLO 1 (pro LVS 4), 4, 8, 9, 10, 17, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37;
Období C	PLO 1 (pro LVS 4), 4, 8, 9, 10, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37;
Období D	PLO 1 (mimo LVS 8), 2, 3, 4, 5, 6, 7 (mimo LVS 5 – 6), 8, 9, 10, 11 (mimo LVS 7), 12 (pro LVS 4), 14 (pro LVS 5), 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 (pro LVS 4), 23 (pro LVS 4 – 5), 24, 25 (pro LVS 5 – 6), 26, 27 (pro LVS 4), 28 (pro LVS 4 – 5), 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 (pro LVS 4 – 5), 31, 39 (pro LVS 4), 40 (pro LVS 4), 41 (pro LVS 4 – 5)
Období E	PLO 1 (mimo LVS 8), 2, 3, 4, 5, 6, 7 (mimo LVS 5 – 6), 8, 9, 10, PLO 11 (do LVS 7), 12 (do LVS 5), 13 (pro LVS 5), 14 (do LVS 6), 15, 16, 18, 19, 20, 21 (do LVS 5), 22 (pro LVS 5), 23 (do LVS 6), 24, 25 (pro LVS 5 – 6), 26, 27 (do LVS 5 – 6), 28 (LVS 4 – 6), 29, 31, 40 (do LVS 5), 41 (pro LVS 4 – 5)

Zdroj: (Pretel, 2011)

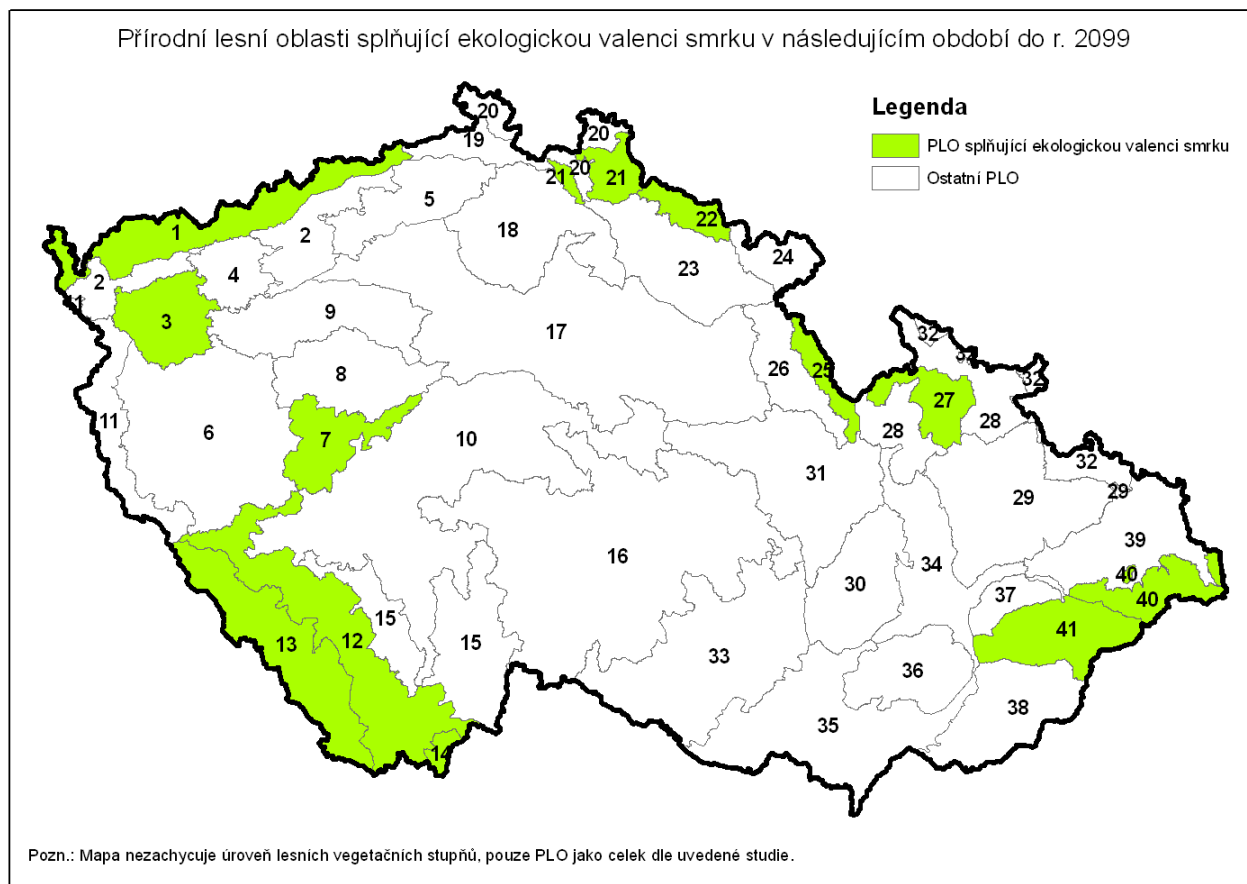
Pozn.: Období: B – 1991-2009, C – 2010-39, D – 2040-69, E – 2070-99

Ekologickou valenci pro smrk splňují v obdobích C – E následující LVS v PLO. Jedná se především o horské PLO od LVS 6 výše (viz obrázek 24):

- PLO 1 (pro LVS 8), 3 (pro LVS 7), 7 (pro LVS 5 – 6), 12 (pro LVS 6), 13 (pro LVS 6 – 8), 14 (pro LVS 7), 21 (pro PLO 6 – 8), 22 (pro LVS 6 – 8), 25 (pro LVS 7), 27 (pro LVS 7 – 8), 40 (pro LVS 6 – 7), 41 (pro LVS 6).

Provedené analýzy ukazují na výrazné snížení rozlohy s vhodnými podmínkami pro růst smrku ztepilého v období C (2010–2039) na 67,2 % současné plochy, v období D (2040–2069) na téměř polovinu (53,8 %) a v extrémním období E (2070–2099) již jen na třetinu (34,1 %). To se projeví ve zhoršeném zdravotním stavu porostů s převahou smrku ztepilého v těchto oblastech.

Obrázek 24 PLO splňující ekologickou valenci smrku v obdobích C-E (bez zahrnutí podrobnosti LVS)



Zdroj: (Podle dat Pretel, 2011)

Pozn.: Období: C – 2010-39, D – 2040-69, E – 2070-99

4.1.2.2.2 Posun lesních vegetačních stupňů

V rámci studie je na základě průběhu stresových faktorů od roku 1961 do roku 2099 předpokládáno, že zejména v období D a E se výrazně posune vegetační stupňovitost do nižších poloh, resp. k paraklimaxu či pseudozonální vegetaci, přičemž průběh rychlosti posunu LVS na úroveň pseudozonální vegetace má progresivní charakter.

V současných podmínkách jsou lesní porosty v nižším vegetačním stupni často vystaveny vyšší evapotranspiraci v porovnání se srážkami, což stromy řeší ze zásob vody ze zimního období. Dle klimatických scénářů se dá předpokládat, že se tento trend bude prohlubovat. K tomuto bude přispívat vyšší teplota a menší množství srážek v jarním a letním období. Tímto se pravděpodobně vytvoří méně příznivé podmínky pro vysoký les, což může vést k expanzi xerothermní křovinné vegetace – jedná se zejména o oblast jižní Moravy. Tato skutečnost současně povede k posunu vhodných podmínek pro růst jednotlivých druhů stromů. Slovenští autoři ve studii „Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch“ předpokládají do konce 21. století vytvoření vhodných podmínek pro růst dubu až v dnešním IV. lesním vegetačním stupni. Dále se předpokládá, že buk jako dominantní dřevina tohoto stupně bude trpět přísuškou, hlavně na minerálně chudých a mělkých půdách (SHMU, 2011). Dále budou vytvořeny podmínky pro růst stromů ve vyšších nadmořských výškách, čímž dojde k potlačení porostů kosodřeviny – toto se týká zejména Krkonoš, Šumavy, Králického sněžníku a Jeseníků.

4.1.2.2.3 Extrémní klimatické události

V důsledku změn klimatu se očekává častější výskyt vichřic, které mohou v nepravidelných časových intervalech poškozovat lesní porosty. Toto riziko se opět nejvíce týká mělce kořenících smrků na nepůvodních stanovištích, které jsou k podobným událostem méně odolné. Jako další očekávané důsledky změn klimatu je ve slovenské studii uváděn častější výskyt poškození stromů těžkým mokřým sněhem a námrazou, což se týká především mladších přehuštěných porostů, nárůst škod způsobených záplavami při přivalových deštích a celkové poškození mechanické stability lesních porostů.

4.1.2.2.4 Vliv klimatické zátěže na kritické zátěže dusíku a acidity

V posledních dvaceti letech je hodnocen zdravotní stav lesních ekosystémů pomocí metodologie tzv. kritických zátěží lesních půd okyselujícími látkami. Účelem je stanovení pravidel, jejichž cílem je zachovat vstupy kyselé atmosférické depozice pod úrovněmi, které poškozují lesní ekosystém. Tradičně je lesní ekosystém považován za ohrožený, když atmosférická depozice dusíku a síry překračuje kritické zátěže dusíku a síry (acidity). Když kritické zatížení kyselou depozicí v půdě překročí množství okyselujících látek, které je ekosystém schopen absorbovat, potom se předpokládá potenciální změna zdravotního stavu lesa. Čím je větší překročení kritické zátěže acidity kyselou atmosférickou depozicí sloučenin síry a dusíku, tím větší je riziko poškození lesního ekosystému.

Změna klimatu působí přímo (prostřednictvím změn v suchu a teplotních cyklů) a nepřímo (působení hmyzu, nemoci, požáry) na zdraví lesního ekosystému a na úrovně kritických zátěží tohoto ekosystému a může přímo a nepřímo měnit parametry lesního ekosystému, které se používají v jednoduché hmotové bilanci pro stanovení kritických zatížení acidity.

Dlouhodobé (tj. delší než dva roky) suchu může způsobit narušení ekosystému, které potom mají potenciálně výrazně nižší úrovně kritických zátěží. Snížení množství srážek by mohlo způsobit posun směrem k více otevřeným, proti suchu odolným lesům (Hansen et al., 2001). Vzhledem k poklesu hustoty stromů se požadavky na spotřebu a příjem dusíku ze strany vegetace snižují. Proto se úroveň kritické zátěže pro ekosystém, který přijímá méně srážek, pravděpodobně sníží. Naopak úrovně kritických zátěží by se mohly zvýšit, pokud klimatické změny způsobí zvýšení množství srážek spolu s posunem směrem k více hustým lesům s vyššími nároky na dusík. Dlouhodobé srážky mohou změnit cyklus dusíku. Dřeviny adaptované na průměrnou půdní vlhkost mají tendenci být více náročné na dusík (Watmough, Dillon, 2004), a to potenciálně zvyšuje úroveň kritických zátěží.

4.1.3 Stanovení indikátorů

4.1.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné roční teploty
- Průměrné letní teploty
- Počet ledových dnů
- Délka období sucha
- Letní srážkové úhrny
- Počet lesních požárů

4.1.3.2 Indikátory dopadové

4.1.3.2.1 Překročení kritických zátěží dusíku

Jako dopadový indikátor pro oblast lesního hospodářství je navržen indikátor překročení kritických zátěží dusíku.

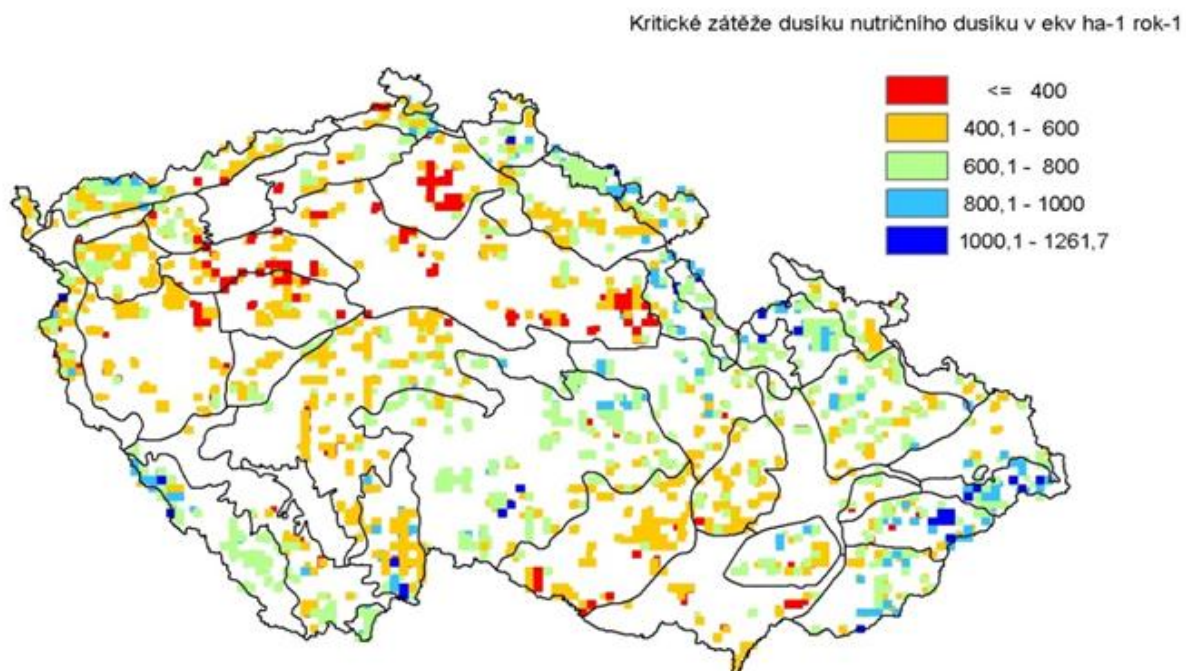
Předpokládaný časový trend ve vývoji překročení kritických zátěží dusíku

Se změnami klimatu souvisejí změny biogeochemických procesů v lesních ekosystémech a následně také hodnocení kritických zátěží (Skořepová, 2007). V budoucím období bude vyšší evapotranspirace, která bude mít za následek menší odtoky vody do podzemních částí ekosystémů. Rychlost immobilizace dusíku v půdní organické hmotě, která je již za současného stavu u lesních půd velmi nízká (poměr C/N je zpravidla nižší než 25), bude ještě nižší se vzrůstem teploty. V tomto případě dojde ke snížení hodnot kritických zátěží. Naproti tomu lze předpokládat, že zvýšením teploty se zvýší také rychlost spotřeby dusíku vegetací a lesními porosty (Posch et al., 1999). Tento předpoklad je možné podpořit také nárůstem rychlostí zvětrávání bazických kationů se zvýšením teploty. Tím poklesne také toxicita Al^{3+} půdního roztoku, daná jak poměrem Ca/Al, tak i poměrem P/Al. Do jaké míry se však vliv teploty na zvýšení produkce lesních ekosystému uplatní, závisí také na množství srážek a vlhkosti půd, která pravděpodobně poklesne v důsledku vyšší evapotranspirace (Skořepová, 2007).

Časový vývoj změn lesních ekosystémů byl hodnocen pomocí modelu VSD (Skořepová, 2005). Pro vstupní data byla použita databáze pedologických rozborů lesních půd z ÚHÚL, Brandýs nad Labem (Skořepová, Fottová, 2004). Databáze lesních půd obsahovala 2257 lokalit. Přepočtení půdních charakteristik byl proveden podle UBA (2004), ionto-výměnné konstanty byly odvozeny z manuálu pro dynamické modelování (Posch et al., 2003). Databáze vstupních údajů umožnila výpočty kritických zátěží podle kritéria maximální koncentrace Al^{3+} v roztoku ($0,02 \text{ ekv m}^{-3}$).

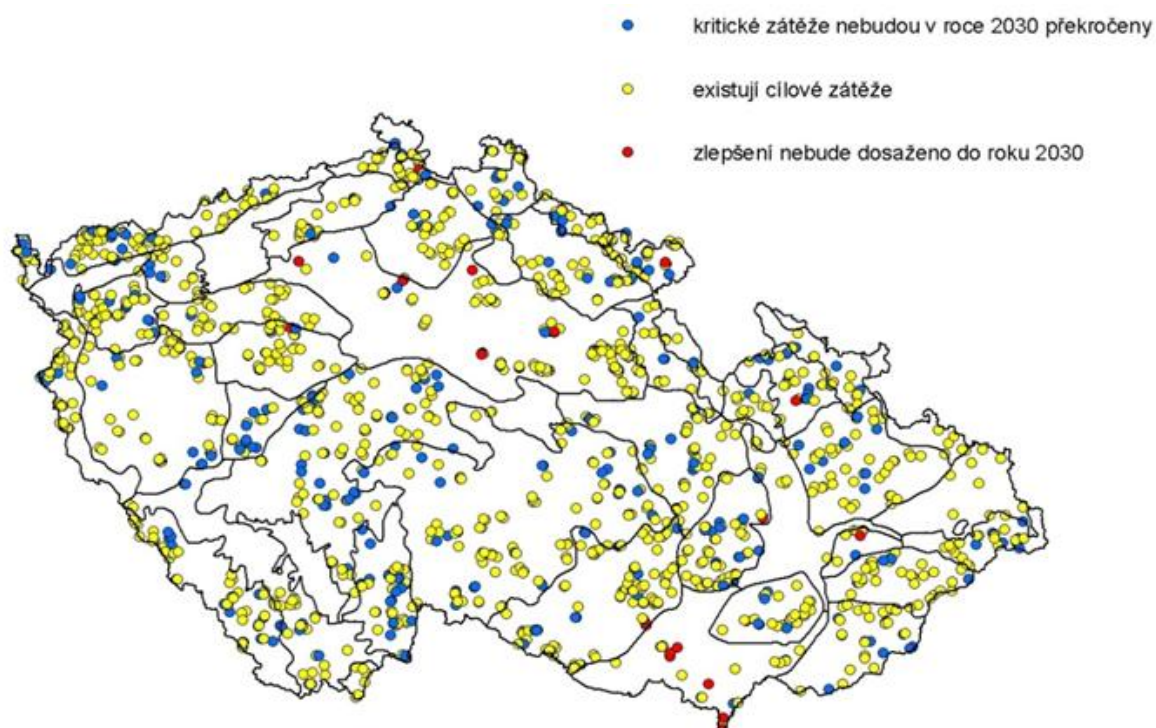
Kritické zátěže pro nutriční dusík jsou uvedeny na následujícím obrázku (Skořepová, 2005). Na dalších obrázcích jsou žlutě označené lokality s předpokládanými cílovými zátěžemi, tj. případy, kdy atmosférická depozice okyselujících sloučenin v ovzduší je vyšší než kritická zátěž a u nichž se předpokládá revitalizace do roku 2100 (a méně). Modře jsou označeny lokality, ve kterých je předpokládaná atmosférická depozice nižší než kritické zátěže. Za předpokladu atmosférické depozice (stanovené Protokolem o snížení acidifikace, eutrofizace a přízemního ozonu (UNECE, 1999)) bude stav lesních ekosystémů do roku 2050 o málo uspokojivější než do roku 2030. Červeně označené body znamenají, že revitalizace u nich do daného roku nebude možná. Podobný stav lze očekávat také do roku 2100.

Obrázek 25 Kritické zátěže nutričního dusíku pro lesní půdy



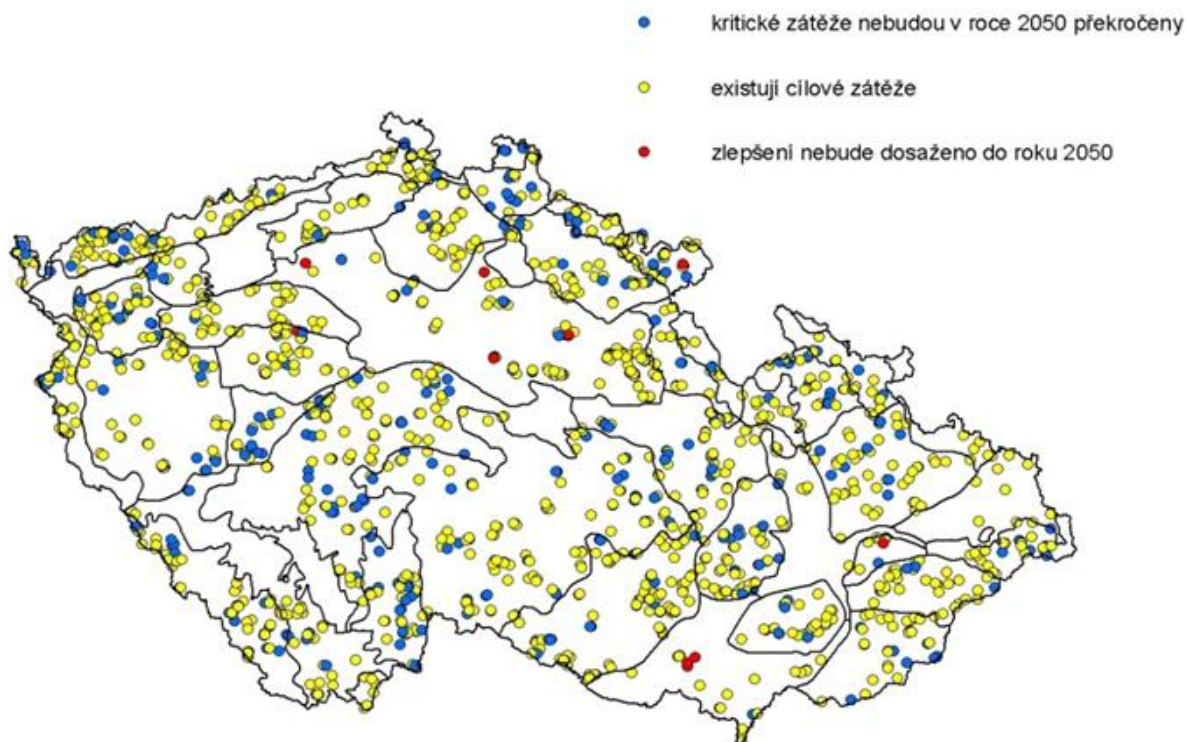
Zdroj: (Skořepová, 2005)

Obrázek 26 Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy do roku 2030



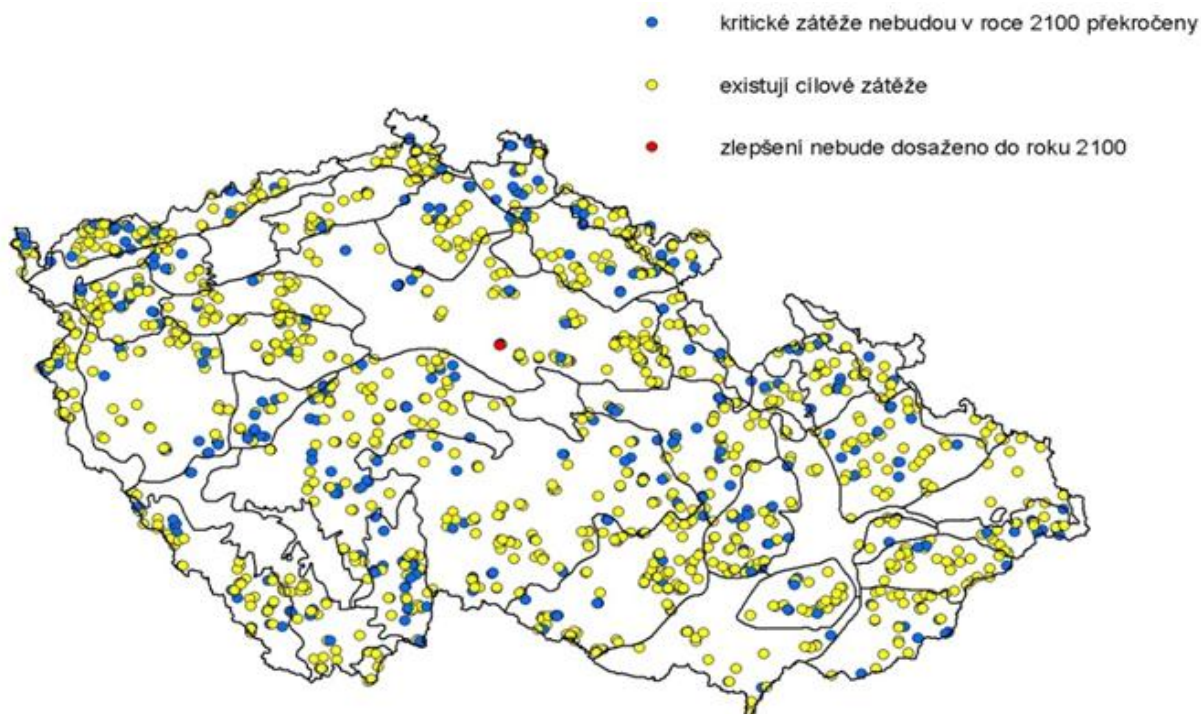
Zdroj: (Skořepová, 2005)

Obrázek 27 Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy do roku 2050



Zdroj: (Skořepová, 2005)

Obrázek 28 Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy k roku 2100



Zdroj: (Skořepová, 2005)

4.1.4 Vhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.1.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti lesních ekosystémů pomocí indikátoru kritické zátěže

- Na základě současných znalostí teplotních závislostí biogeochemických procesů poklesnou také hodnoty kritických zátěží nutričního dusíku u lesních ekosystémů. Skutečná depozice dusíku do lesních ekosystémů je velmi pravděpodobně vyšší, než stanovují používané modelové výpočty. O kolik, případně kolikanásobně, nelze dosud s jistotou určit.
- Za předpokladu atmosférické depozice (stanovené Protokolem o snížení acidifikace, eutrofizace a přízemního ozonu) budou do roku 2030, 2050 a 2100 v mnoha lokalitách ve všech přírodních lesních oblastech překročeny kritické zátěže nutričního dusíku, v několika lokalitách nebude revitalizace lesních ekosystémů možná. Stav lesních ekosystémů do roku 2050 a do roku 2100 bude z hlediska překročení kritických zátěží nutričního dusíku jen málo uspokojivější než do roku 2030 (Skořepová, 2005).
- Výsledky případové studie (Zapletal, Pretel et al., 2012) pro smrk ztepilý v lokalitě Bílý Kříž (Moravskoslezské Beskydy) ukazují, že dojde dle modelových předpokladů ke snížení překročení fyto toxického kritického prahu stomatálním tokem ozonu, i když dojde ke zvýšení průměrné koncentrace ozonu na pozadí v lokalitě Bílý Kříž ve vegetačním období kolem roku 2030. V tomto období ovlivněném klimatickou změnou se zvýšením koncentrace ozonu o 2 ppb dojde k zvýšení překročení kritické koncentrace 5000 ppbh. K dalšímu zvýšení překročení kritické koncentrace 5000 ppbh dojde v důsledku zvýšení průměrných koncentrací ozonu na pozadí v tomto období.

4.1.4.2 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

(podle Novotný, 2014)

Jehličnaté porosty

Smrkové porosty ve vyšších polohách jsou v současné době limitovány zejména silně acidifikovanými půdami. Vzhledem k pomalému rozkladu nadložního organického horizontu mohou trpět nedostatkem bazických prvků. Vzhledem k dobré dostupnosti dusíku se tak kombinuje velmi dobrý přírůst s viditelnými projevy chřadnutí.

Smrkové porosty nižších vegetačních stupňů (3. – 5. LVS) jsou v současné době nejvíce ovlivněny kombinací sucha a nedostatečné výživy vzhledem k acidifikaci svrchních minerálních horizontů. Jednoznačným cílem hospodaření by měla být změna druhové skladby. V rozsáhlejších komplexech smrku v I. a II. věkové třídě je možné uvažovat o chemické melioraci – dodání bazických prvků by mohlo posílit vitalitu porostů a prodloužit jejich životnost. Vždy je však současně nutné zohlednit také rizika možného negativního dopadu chemické meliorace na ostatní složky ekosystému, jako je např. půdní biota. Vzhledem k výraznému vlivu biotických faktorů však není efekt meliorací jistý a měl by být nejprve ověřen formou poloprovozních pokusů. V těchto podmínkách je riziko vysoké depozice dusíku a následného vyplavování nitrátů vyšší, než v horských polohách.

Dalším rizikem je zrychlený rozklad nadložní organické vrstvy v prosvětlených a rozpadajících se porostech, při kterých mohou z ekosystému unikat jak nitráty, tak důležité živiny, dosud v této vrstvě imobilizované. Ty, ani v těchto podmínkách, často nemohou být nahrazeny z minerální části půdního profilu. S ohledem na úbytek iontů je v citlivých oblastech vhodné zbytkovou biomasu ponechávat namísto odstraňování, protože v případě jejího odstraňování v půdě chybí a ve výsledku dochází k okyselení půdy.

V rámci studie „Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost“ (ÚHUL, ČGS, 2009) byly identifikovány tři kategorie lokalit z hlediska sběru lesních těžebních zbytků (LTZ), a to lokality s rizikem přijatelným, rizikem podmíněně přijatelným a rizikem

nepřijatelným. Lokality, kde bylo definováno riziko podmíněně přijatelné, zahrnují převážně hospodářství kyselých stanovišť nižších až vyšších poloh v 1. až 6. lesním vegetačním stupni. Do této kategorie bylo zařazeno i hospodářství lužních stanovišť v cílovém hospodářském souboru 19. Přijatelnost sběru je na těchto lokalitách podmíněna nutností ponechat na plochách po těžbě 40 % LTZ z celkového vytěženého objemu. Lokality, kde bylo definováno riziko nepřijatelné, zahrnují ostatní cílové hospodářské soubory, které nesplnily kritéria odolnosti proti riziku nutriční degradace a acidifikace. Jedná se především o stanoviště exponovaná, nepříznivá, nepříznivě ovlivněná vodou nebo lokality v horských polohách. Riziko sběru LTZ je nepřijatelné a tudíž je nutné na plochách po těžbě ponechávat veškerou hmotu LTZ. (ÚHUL, ČGS, 2009)

Borové porosty z pohledu poutání dusíku a zabezpečení výživy nepředstavují prioritní problém vzhledem k hlubšímu kořenovému systému a nízké náročnosti na živiny. Také hlouběji kořenící jehličnany jako je jedle, modřín či douglaska jsou spíše stabilizujícím prvkem a z hlediska zkvalitnění koloběhu živin je vhodné uvažovat o zvýšení jejich zastoupení.

Listnaté porosty

V listnatých porostech je menší riziko aktuálního nedostatku bazických prvků, pokud není nedostatek bazických kationtů v celém profilu prokořenění. Tato situace se ovšem může vyskytovat překvapivě často.

Smíšené porosty

Jednotlivě či skupinovitě smíšené porosty listnáčů a jehličnanů představují (ve vhodných stanovištních podmínkách) zřejmě optimální stav, který umožňuje druhům s odlišnou architekturou korunové vrstvy i kořenů a odlišnými nároky lépe využít možnosti daného stanoviště. Koloběh živin je dostatečně dynamický a nadložní organický horizont si uchovává potenciál zásobárny živin. Na druhou stranu je nutné přiznat, že smíšené porosty jsou z hlediska ekologie jednotlivých druhů prozkoumány daleko méně než porosty jednodruhové.

4.1.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 14 Lesní hospodářství – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			PravxZavxZranit
1	se v důsledku KZ zvedne průměrná roční teplota o 3°C	v případě smrku ztepilého	Nevhodné podmínky pro pěstování smrku, především v 3.-5. LVS a omezené podmínky v 6. LVS	5	4	4	80
		při zachování stávající skladby lesních porostů	Posun vegetačních pásů - chřadnutí lesních porostů na nevhodných stanovištích (zejména v nižších LVS) se souvisejícími negativními ekonomickými dopady	4	4	3	48
		při zachování stávající skladby lesních porostů	Lepší podmínky pro šíření škůdců lesních dřevin severním směrem a do vyšších poloh	3	3	3	27
		při zachování současného stavu mysliveckého hospodaření	Přemnožení zvěře - zhoršení současného již nevyhovujícího stavu - vyšší náročnost přirozené obnovy, negativní ekonomické dopady	2	2	3	12
2, 9, 15.5	se díky suchu a vyšším letním teplotám zvýší četnost a dopady lesních požárů?	při zachování současného způsobu lesního hospodářství	Ohrožení lesních porostů, majetku a obyvatel požáry se souvisejícími negativními ekonomickými dopady	2	3	2	12
2, 6, 9	se zvednou letní teploty až o 4°C, sníží množství srážek v létě až o 20 % a zvýší se četnost období sucha	v případě smrku ztepilého	Chřadnutí smrkových porostů, vyšší citlivost k napadení škůdci - vyšší mortalita, omezení podmínek pro pěstování, ekonomické škody	4	4	4	64
		při současné acidifikaci lesních půd	Překročení kritických zátěží - další zhoršení zdravotního stavu lesních porostů (zejména jehličnatých), negativní ekonomické dopady	3	4	4	48
		při zachování stávající skladby lesních porostů	Chřadnutí stávajících lesních porostů, negativní ekonomické dopady	4	3	3	36
		současně s lepšími podmínkami pro šíření škůdců?	Vyšší zranitelnost stávajících lesních porostů a mortalita, negativní ekonomické dopady	3	3	3	27
15.4	zvýší výskyt vichřic	v kombinaci s dalšími projevy změn klimatu	Vyšší poškození oslabených lesních porostů	2	2	2	8

4.1.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie**Tabulka 15 Lesní hospodářství – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie**

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Vytvoření podmínek nepřijatelných pro pěstování smrku ve 3.-5. LVS a omezení pěstování smrku v 6 LVS. Chřadnutí smrkových porostů vlivem působení souvisejících biotických a abiotických faktorů.	Adaptační strategie na dané riziko reaguje dostatečně.	Postupná redukce stanovištně nevhodných dřevin (především smrk) v nižších polohách/nevyhovujících PLO (zejména 3. a 4. LVS) a postupný převod těchto porostů na porosty stanovištně vhodných dřevin. Náhrada stanovištně nevyhovujících porostů směsí dřevin s podílem zpevňujících a melioračních dřevin ve smrkových porostech vyšším jak 50 %. Postupný převod holosečného způsobu hospodaření na podrostní a výběrný - za účelem pěstování bohatě strukturovaných lesů – zvýšení nákladů na těžbu bude kompenzováno nižšími náklady na obnovu a vyšší stabilitou porostů.
Chřadnutí lesních porostů vlivem posunu lesních vegetačních stupňů.	Reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření	Cílené pěstování druhů vhodných pro budoucí podmínky uváděné v klimatických scénářích. Zavádění smíšených porostů s více druhy dřevin. Cílená redukce stanovištně nevhodných dřevin. V rámci lesnické typologie posoudit možné změny lesních vegetačních stupňů. Snížit obmýtí u dřevin nejvíce ohrožených klimatickou změnou. Umožnit obhospodařování lesů ve tvaru lesa nízkého a středního.
Překročení kritických zátěží souvisejících s acidifikací půd – chřadnutí lesních porostů.	Reaguje částečně prostřednictvím některých opatření	Přístup k vápnění a hnojení lesních porostů - V hospodářských lesích omezovat využívání těžebních zbytků a zajistit jejich ponechávání v lesních porostech. Současně zvážit koncept chemických meliorací doplňujících bazické prvky za současného zohlednění potenciálních rizik na ostatní složky ekosystému. Přístup k vytváření smíšených porostů - nalezení vhodných způsobů přeměny současných porostů na porosty více odolné ke změnám klimatu. Vytváření bezzásahových území a cílený monitoring probíhajících procesů. Omezení nadměrného odebrání živin z lesních půd - ponechávání těžebních zbytků v porostech, odkorňování hroubů v porostech, zákaz pálení klestu, ponechávání určitého podílu dříví k zetlení. Zpřesnění modelových výpočtů - studie provedené v rámci projektu ForSoil ukázaly na možné podhodnocování dat o vstupu dusíku do lesních ekosystémů. Snížení vstupu dusíku a dalších okyselujících látek do lesních ekosystémů. Prohloubení výzkumu vlivu přízemního ozonu na lesní ekosystém.
Šíření lesních škůdců do vyšších poloh a výskyt nových druhů škůdců.	Reaguje dostatečně	Zajistit výzkum v oblasti lesních škůdců , u kterých existuje v budoucnu možnost jejich rozšíření do ČR.
Přemnožení zvěře a omezení přirozené obnovy lesních porostů	Reaguje dostatečně	x
Zvýšený výskyt lesních požárů	Reaguje prostřednictvím	x

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
	ostatních opatření	
Poškození lesních porostů vlivem vichřic, případně jiných meteorologických jevů (mokrý sníh atp.)	Reaguje dostatečně	x

Další návrhy na doplnění opatření

- Podpora výzkumu v oblasti lesního hospodářství a souvisejících oblastech: ochrana lesa (šíření chorob a škůdců lesních dřevin), ekologie lesa (acidifikace...) lesnická genetika, pěstování lesa (pěstební přístupy obnovy a výchovy lesa při vytváření smíšených porostů), lesnická typologie.

4.2 ZEMĚDĚLSTVÍ

Dopady měnícího se klimatu v sektoru zemědělství jsou spojena především se zvyšující se teplotou. Především nižší oblasti budou stále častěji ohrožené epizodami zemědělského sucha s výraznými dopady na formování výnosotvorných prvků jednotlivých plodin a následně na velikost a kvalitu výnosů. Jejich produkční potenciál se bude trvale snižovat oproti vyšším nadmořským výškám. Vyšší teploty způsobí dřívější začátek vegetační sezóny, což otevře delší okno pro vpády studeného vzduchu a poškození jarními mrazíky nejen v oblasti ovocnářství a vinohradnictví. V případě, že budou teplejší zimy, nedojde k akumulaci vody ve sněhu, ale k jejímu odtoku, v teplejších zimách se více vody vypaří a následkem toho může být neúplné jarní nasycení půdního profilu, což povede k předčasnému vyčerpání vody vegetací a znásobení sucha zapříčiněného vyšší teplotou v jarních měsících. Dalším prekurzorem vyššího výskytu sucha bude i očekávaná změna ve variabilitě srážek, kdy ubývá především v jarním a letním období počet srážkových dnů, zatímco se zvyšuje intenzita jednotlivých srážek. Pěstování plodin v nižších nadmořských výškách bude výrazně ohroženo především na vysychavých a lehkých půdách.

Měnit se budou i podmínky v jednotlivých výrobních oblastech, kdy vyšší primární zemědělská produkce se bude posunovat do vyšších nadmořských výšek, neboť v nejnižších polohách bude přibývat suchých půdně vlhkostních (hydrických) režimů. Poklesne produkční potenciál kukuřičné i řepařské výrobní oblasti a vzroste v oblastech obilnářské a bramborářské, kde kromě sněhové pokrývky zabraňující vyzimování ozimů bude i relativní dostatek srážek v jarním období.

Kromě porušení vodní bilance je velkým rizikem polní výroby výskyt teplomilných chorob a škůdců ať již z pohledu její větší klimatické niky (zabírají vyšší nadmořské šířky) jak důsledek dostatku potravy a vyšších teplot umožňující jejich rozmnožování, počtu generací jako odraz rychleji dosažené teplotní sumy a výskytu invazivních druhů jako důsledku vyšší průměrné teploty.

V oblasti živočišné výroby se projevuje jako největší zatížení zvyšující se počet několika za sebou jdoucích tropických dnů, což způsobuje teplotní stres projevující se např. u skotu nižší dojivostí i hmotnostními přírůsty. Tyto klimatické podmínky jsou ale mimořádně nepříznivé i pro akvakultury a tradiční způsoby chovu ryb tak nepochybně budou výrazně ovlivněny.

4.2.1 Úvod a kontext

Evropa patří v globálním měřítku mezi největší producenty potravin a dalších zemědělských komodit. Evropa dlouhodobě produkuje přibližně 1/5 světové produkce masa a 1/5 celkového objemu obilnin, z tohoto množství přibližně 80 % produkce pochází z členských zemí Evropské Unie. Produktivita evropského zemědělství (zvláště pak západní části dnešní EU) je vysoká a průměrné výnosy v zemích EU přesahují o cca 60 % celosvětový průměr. Hydrologické poměry Evropy jsou velmi rozmanité a výrazně ovlivňují evropské zemědělství, přičemž existují značné rozdíly ve využívání vodních zdrojů v zemědělství jak mezi regiony tak mezi jednotlivými státy EU. V současné době je 30 % veškeré sladké vody v Evropě využíváno v zemědělství, zejména pro závlahy (Flörke a Alcamo, 2004). Zatímco na severu EU činí spotřeba závlahové vody pouhá 4 % celkové spotřeby, v jižní Evropě odpovídá zemědělství až za 44 %. Očekává se, že toto množství v jižní Evropě vzroste na více než 53 % v nejbližších 20 letech (Flörke a Alcamo, 2004). Podle názoru některých odborníků se zemědělské systémy v rámci EU, zejména v Evropě západní a střední, vyznačují postupným snižováním své citlivosti k sezónním výkyvům teplot a srážek (např. Chloupek *et al.* 2004). Autoři této studie tvrdí, že citlivost v posledních dekádách postupně klesá díky novým možnostem zemědělců ovlivňovat produkční proces pěstebními opatřeními, využitím moderní techniky, volbou odrůd i optimalizací výživy rostlin (např. Olesen a Bindi (2002). Přesto sezónní a mezisezónní variabilita meteorologických prvků zůstává hlavním faktorem ovlivňujícím výnos, což např. dokazuje výrazné kolísání výnosů hlavních plodin na území ČR v posledních letech. Význam ročníkové variability klimatických podmínek je obvykle nejvíce patrný v regionech, které jsou pro rostlinnou produkci marginální z pohledu nadmořské výšky, zeměpisné šířky, kvality půdy či vláhové bilance (např. Reilly a Schimmelpfennig, 1999; Darwin a Kennedy, 2000).

4.2.1.1 Agroklimatické podmínky ČR v evropské perspektivě

Nejvyšších výnosů obilnin i okopanin je dlouhodobě dosahováno v západní Evropě a nejnižších v Evropě jižní. V rámci geografických regionů ovšem existují výrazné rozdíly, kdy země bývalého tzv. socialistického bloku nadále vykazují nižší úroveň produkce než země původních 15 členských zemí EU. Současné s těmito změnami si nelze nevšimnout zvýšení meziroční variability výnosů např. v Německu, Španělsku a Řecku, které je spojováno s výrazným vlivem klimatických podmínek - výskyt sucha, povodní, horkých vln, problémy s přezimováním ozimých plodin. Tyto závěry podporuje mj. i práce Lobella a Fielda (2007), jenž poukazuje na kauzální souvislost mezi globálním nárůstem teplot a kolísáním výnosů v jednotlivých zemědělských oblastech světa. Obdobně i dramatický nárůst výnosů a pěstební plochy kukuřice na zrna v Belgii je také dáván do souvislosti s postupným zvýšením teplot a prodlužující se vegetační sezónou (Olesen, 2008). Většina oblastí, kde se kukuřice v Belgii pěstuje, se doposud nacházela na periférii klimaticky vhodné oblasti. Naopak v případě tradičních evropských producentů této plodiny např. Francie a Itálie je výrazné zpomalení růstu produktivity způsobeno nejen zrychlením vývoje v podmínkách vyšších teplot, ale i vyšší frekvencí výskytu sucha. Přestože velká část ploch kukuřice na zrna je v obou zemích pod závlahou (Olesen, 2008), výpadky závlah způsobené nedostatkem závlahové vody vedou v extrémně suchých letech k propadům výnosů a vyšší výnosové variabilitě.

Vlivem agroklimatických podmínek na pěstování vybraných plodin v jednotlivých oblastech Evropy se zabývají práce Olesena (2008) a Trnky (2009). Parametry byly definovány na základě detailního dotazování přibližně 50 expertů a pracovních skupin z 26 evropských zemí a následně kvantitativně vyhodnoceny pomocí stupnice uvedené, viz tabulka 16. Na rozdíl od podobných analýz prováděných v minulosti, byly odpovědi vztaženy na jednotlivé environmentální zóny, tedy agroklimaticky relativně homogenní oblasti (obrázek 29), nikoliv na území jednotlivých států nebo správních jednotek. Při pohledu na výsledky (obrázek 30) nepřekvapí, že v severněji položených oblastech s výraznou amplitudou délky dne a celkově nižšími teplotami (ALN, BOR a NEM) je délka vegetační sezóny faktorem, který pěstování některých plodin buď zcela vylučuje, nebo výrazně omezuje. Tento vliv však neuplatňuje pouze v severních oblastech, ale u některých plodin (vinná réva či travní porosty), také v horských regionech jižní Evropy (např. MDM).

Tabulka 16 Škála pro posouzení agroklimatických limitů pro jednotlivé environmentální zóny

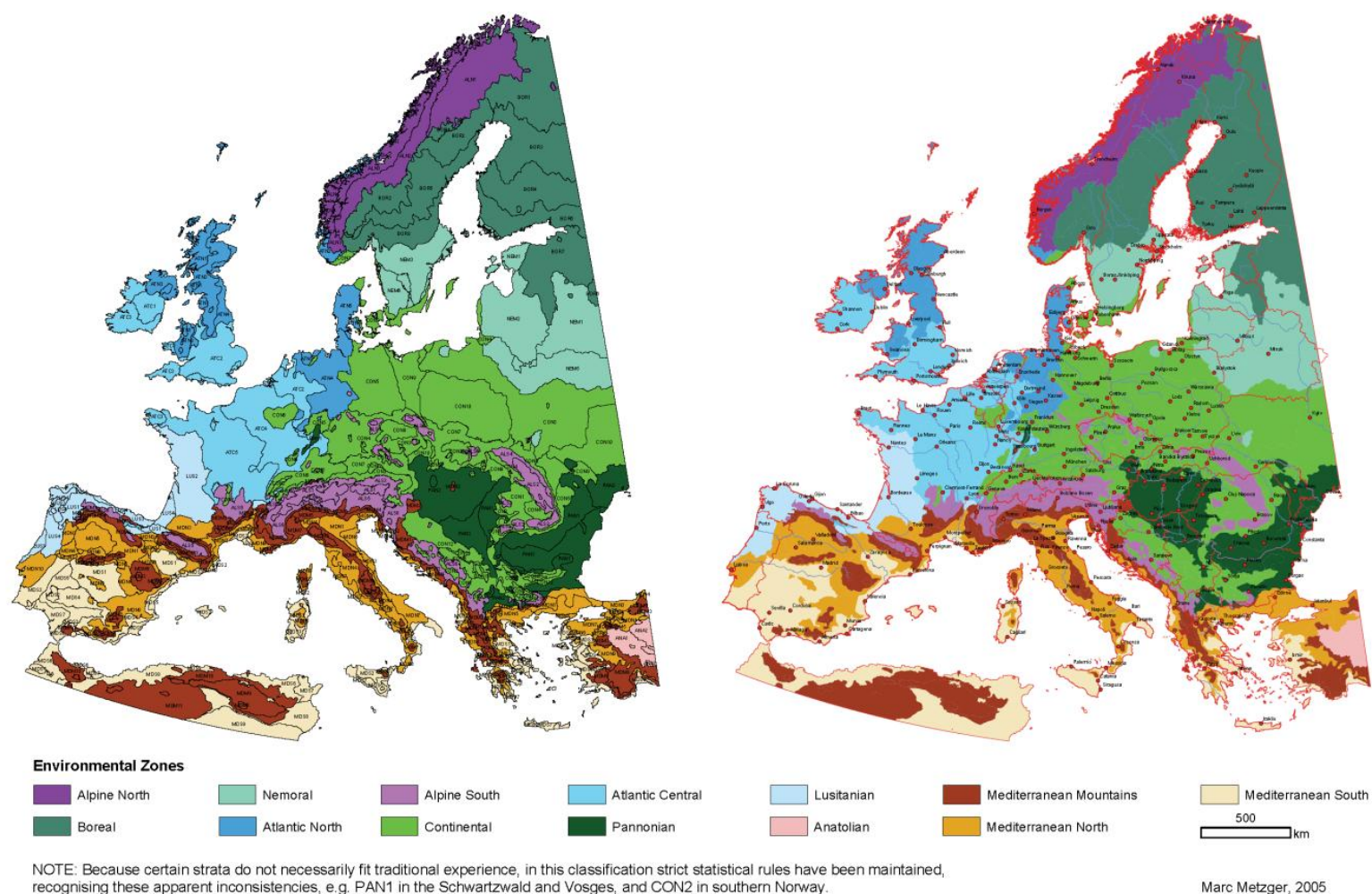
Skóre	Popis
NA	Nelze aplikovat (např. plodina není pěstována).
NI	Data nejsou k dispozici.
0	Faktor neomezuje produkci dané plodiny.
1	Faktor velmi malého významu, vyskytuje se vzácně a neovlivňuje produkci na regionální úrovni.
2	Faktor malého významu, objevuje se příležitostně, vzácně ovlivňuje produkci na regionální úrovni.
3	Faktor významný. Objevuje se pravidelně s příležitostným, obvykle malým vlivem na regionální produkci.
4	Faktor velkého významu. Objevuje se často, má citelný vliv na regionální produkci dané plodiny.
5	Faktor zásadního významu. Objevuje se téměř každý rok, zásadní vliv na regionální produkci.

Výskyt pozdních mrazů (na jaře), případně časných mrazů (na podzim), výrazně ovlivňuje pěstování kukuřice na zrna a vinné révy v chladnějších zónách oblasti jejich pěstování (NEM, ATN a CON – význam zkratk vysvětlen pod obrázkem níže). V případě vinné révy je limitující faktor mrazů patrný i u zón s výraznějším vlivem kontinentálního klimatu (PAN). Výskyt srážek v obdobích hlavních polních prací (setí/sklizeň) představuje výrazně limitující faktor všech oblastí s oceánským klimatem, zejména pak ALN a BOR. Setí a sklizeň obilnin, i produkce píce (zejména sena) bývá srážkami negativně ovlivněna v oblastech ATN a ALS. Naopak v zónách se středomořským typem klimatu (MDN, MDS) se s tímto problémem setkáme pouze výjimečně vzhledem k ročnímu rozložení srážek. Poškození ozimých plodin během přezimování (v důsledku holomrazů nebo naopak vyležením a následným napadením oslabeného porostu chorobami a škůdci), je považováno za zásadní problém u ozimé pšenice a trvalých travních porostů zejména v zónách ALN a BOR a v některých letech se s ním setkáváme i v ATN. Problémy při přezimování omezují pěstování sledovaných ozimých plodin ve všech zónách vyskytujících se na území

České republiky tj. PAN, NOC a ALS. Povodně a stagnace vody na pozemcích je významným limitujícím faktorem v oblastech ALN, BOR, ATN a MDM, zvláště v případě luk a obilnin. Zajímavá je přítomnost tohoto jevu i v oblasti PAN, což pravděpodobně způsobuje výraznější promrzání půdy, která na jaře obtížně absorbuje vodu ze srážek a tajícího sněhu. Vinná réva, pokud je v ohrožené zóně pěstována (např. PAN či MDM), čelí tomuto problému jen výjimečně. Vinice zde totiž leží velmi často na svahu, obvykle na lehkých a propustných půdách, které povrchový či podpovrchový odtok vody usnadňují. Poškození porostů krupobitím je typicky lokálního charakteru a ekonomicky významnější v případě kukuřice a zejména vinné révy a dalších trvalých kultur (např. ovocných sadů). Ze všech zkoumaných oblastí byl výskyt krupobití hospodářsky důležitý v oblasti PAN zejména na Balkánském poloostrově, kde představuje jeden z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících rostlinou produkci, vinařství a ovocnářství. Jev, se kterým se setkáváme ve všech oblastech, a s výjimkou vinné révy u všech plodin je sucho. Za relativně nízkou zranitelností vinné révy stojí mimořádná odolnost této plodiny ve srovnání např. s obilninami nebo trvalými travními porosty. Je překvapivé, že sucho ovlivňuje jak typicky suché a teplé regiony (MDM a MDS) tak oblasti horské (MDM a ALS) i severně položené zóny s dlouhodobě pozitivní vodní bilancí (ALN, BOR a NEM). Důsledky sucha pak bývají často zhoršeny výskytem extrémně vysokých teplot, které se jako limitující faktor projevují zejména v oblastech s velmi teplým létem (MDS a PAN).

Z prezentovaných výsledků (obrázek 30) vyplývá, že oblasti spadající do regionu CON (kam patří i naprostá většina území ČR) jsou vybranými agroklimatickými faktory ovlivněny relativně méně než většina jiných zón. Ze třinácti oblastí pouze zóny ATC a LUS a zčásti ATN vykazují lepší souhrnné výsledky. Z evropského pohledu patří tedy naše území mezi oblasti agroklimaticky příznivé, až velmi příznivé pro produkci hlavních polních plodin nicméně během několika posledních desetiletí dochází ke změnám klíčových klimatických parametrů. Tyto změny postupují pomalu, nicméně už nyní významně ovlivňují i zemědělskou produkci a již řadu let můžeme na našem území vysledovat např. postupné pronikání plodin (ale také škůdců) z nížin do vyšších nadmořských výšek.

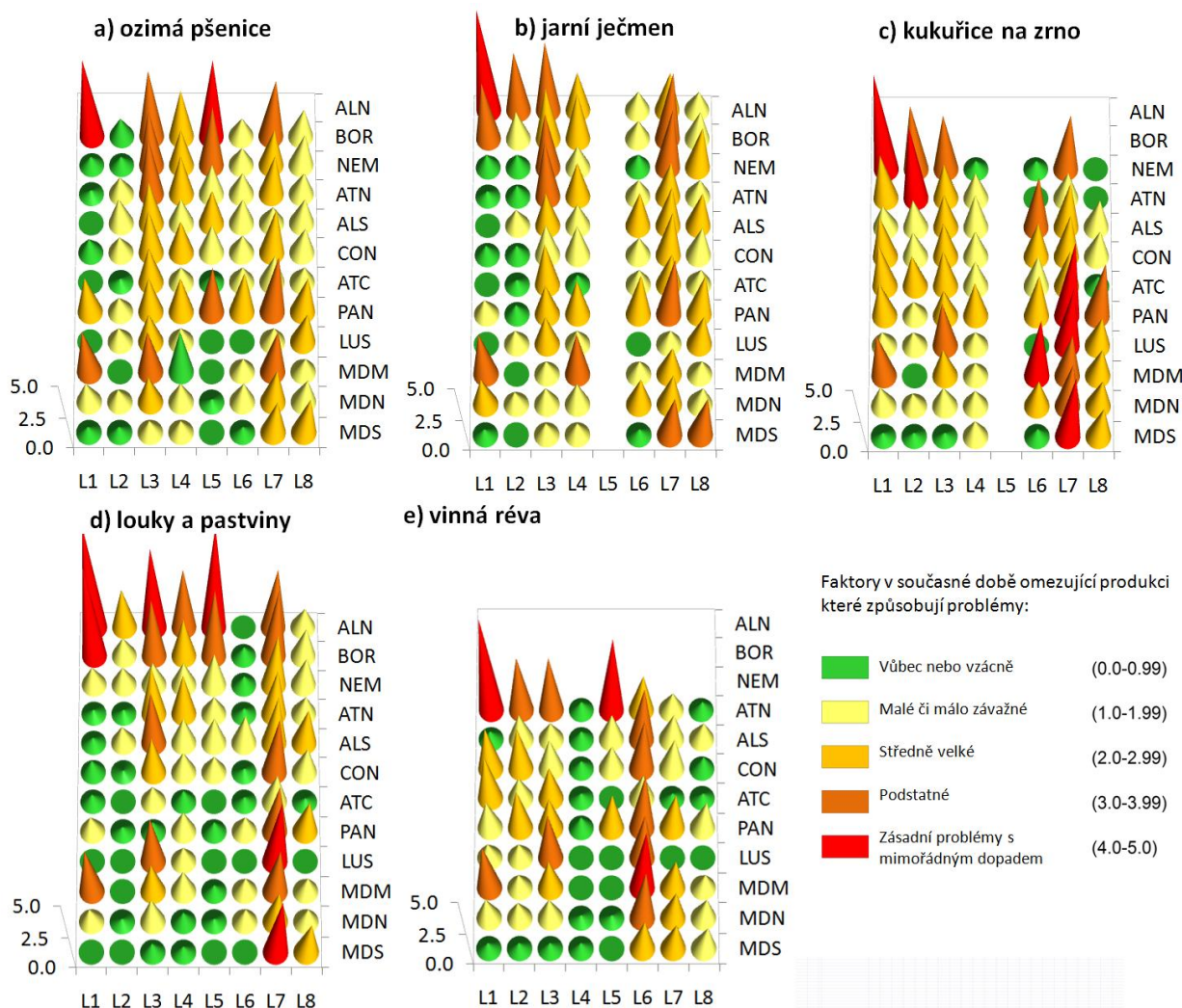
Obrázek 29 Rozdělení území Evropy do environmentálních zón



Zdroj: (Metzger, 2005)

Pozn: Vlevo je základní mapa s podrobnějším členěním na jednotlivé homogenní environmentální regiony. Tato mapa poukazuje na výraznou variabilitu i v rámci jednotlivých environmentálních zón. Vpravo je pak pro přehlednost mapa zón environmentálních zón relativně k hranicím států a významných center.

Obrázek 30 Agroklimatické faktory považované respondenty za limitující pro pěstování vybraných plodin pro 13 definovaných zón v rámci Evropy



Zdroj: (Podle Olesena et al., 2008)

Legenda: ALN = Alpine North; BOR = Boreal; NEM = Nemoral; ATN = Atlantic North; ALS = Alpine South; CON = Continental; ATC = Atlantic Central; PAN = Panonian; LUS = Lusitanian; ANA = Anatolian (není uvažován); MDM = Mediterranean Mountains; MDN = Mediterranean North; MDS = Mediterranean South
 L1: Vegetační doba; L2: Pozdní mrazy; L3: Srážky během setí/sklizně; L4: Povodně či stagnace vody; L5: Problematické přezimování; L6: Krupobití; L7: Sucho; L8: Teplotní stres.

Míra významu jednotlivých faktorů sahá od 0 (bez významu) do 5 (limitující faktor zásadního významu) dle tabulka 16. Podle Olesena (2008).

4.2.1.2 Základní údaje o stavu zemědělství v ČR

Zemědělský půdní fond představoval k 31. 12. 2013 podle evidence katastru nemovitostí celkem 4 219,9 tis. ha, tj. 53,5 % z rozlohy státu. Z toho je asi 3,5 mil. ha obhospodařovaná zemědělská půda a z ní asi 2,5 mil. ha je půdy orné. Koncem roku 2013 bylo ve strukturální zemědělské statistice ČSÚ evidováno přes 48 tis. subjektů a v nich bylo zaměstnáno 103,5 tis. pracovníků. Z celkové sklizňové plochy obilovin v ČR v roce 2013, tj. 1 413,1 tis. ha, zaujímaly největší podíl pšenice (829,4 tis. ha, tj. 58,7 % celkové plochy) a ječmen (349,0 tis. ha, 24,7 %). Třetí nejvýznamnější obilovinou byla kukuřice na zrno s výměrou 96,9 tis. ha, podílející se 6,9 % na celkové ploše obilovin. Přitom kukuřice na siláž a na zeleno se pěstovala na cca 230 tis. ha. Cukrová řepa pro výrobu cukru se v ČR v roce 2013 pěstovala na ploše 52,7 tis. ha, brambory a 29,3 tis. ha. Z olejnin dominuje z 94 % řepka olejná a v roce 2013/14 se pěstovala v ČR na rekordně rozsáhlé produkční ploše 418,8 tis. ha. Významnější jsou plochy chmele 4 319 ha, zeleniny 12 600 ha, vinic 16 600 ha, sady 16 700 ha, a především trvalé travní porosty asi na

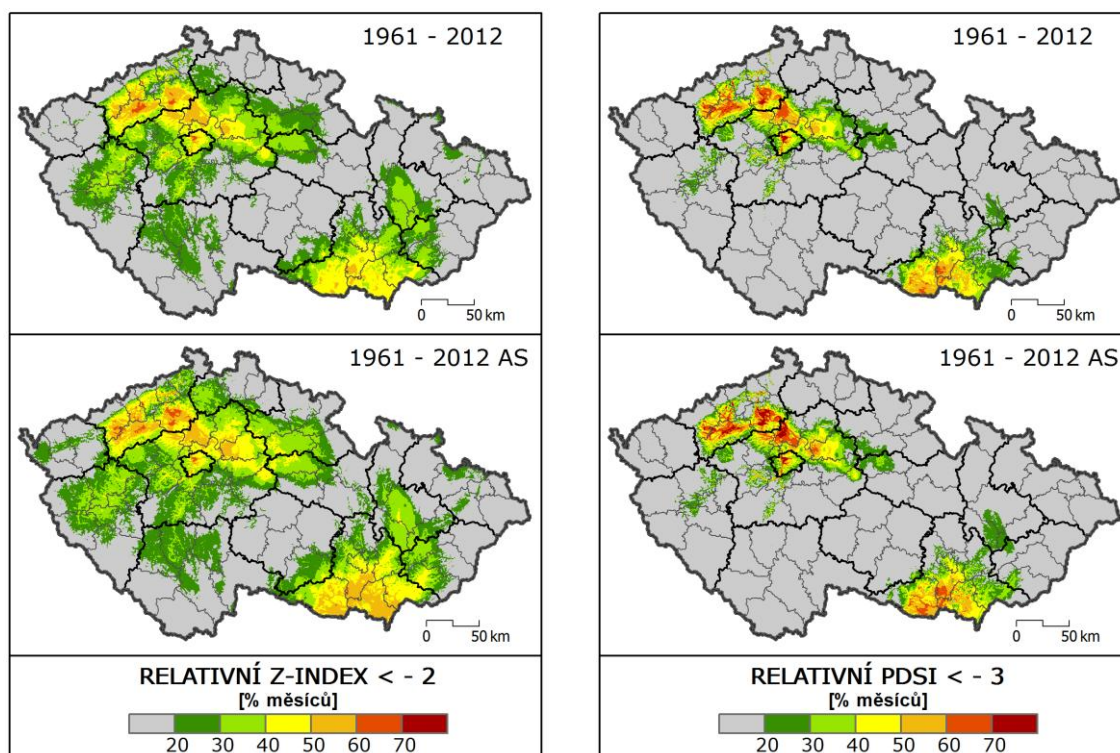
1 mil. ha. V živočišné výrobě jsou stavy skotu na 1 352,8 tis. ks, stavy prasat asi 1 600 tis. ks. Podle Soupisu hospodářských zvířat k 1. 4. 2013 jsou stavy drůbeže na 23,3 mil. ks. Zemědělství se podílí i na obnovitelných zdrojích energie, z nichž mírně klesá podíl biomasy (62 %), a to především díky růstu podílu bioplynu na cca 12 %. Podíly ostatních druhů obnovitelné energie se udržují na více méně stejné úrovni, u fotovoltaických systémů došlo k poklesu podílu jimi vyrobené elektrické energie a u kapalných biopaliv na celkové energii z OZE.

Podíl zemědělství na HDP má od roku 1989 setrvale klesající trend, ještě v roce 2000 činil 3 % HDP (včetně lesnictví a rybolovu), v současné době cca 1,8 % (včetně lesnictví a rybolovu). Samotné zemědělství dosahuje asi 0,6 % podílu HDP. Podíl zemědělství na celkové zaměstnanosti vykazuje rovněž setrvalý pokles na nynějších cca 2 % (přibližně 103 tis osob – asi pětina stavu roku 1989).

4.2.1.3 Pozorované změny klimatických a agroklimatických podmínek

Změny teplot a srážkových úhrnů bezprostředně ovlivňují podmínky pro zemědělské hospodaření, a pokud k takovým změnám vskutku dochází, měla by se projevit změna i v dalších klimatických a agroklimatických charakteristikách a zejména by měla být patrná odezva v přirozených i řízených ekosystémech. Problematika změn teplotního a srážkového chodu je však složitější a liší se v jednotlivých ročních obdobích. Pokud se zaměříme na období od dubna do června, které je z pohledu tvorby výnosu naprosté většiny plodin klíčové, zjistíme, že teploty a srážky se mění dokonce výrazněji než v celoročním průměru. To se poměrně významně projevuje v dynamice půdní vlhkosti, což je pro zemědělskou produkci klíčový faktor. Jedním z nástrojů, které lze využít pro ilustraci změn půdní vlhkosti je využití tzv. indexů sucha. Pro tuto analýzu byla využita tzv. relativní modifikace indexů sucha (Dubrovský, 2009). Nejvíce jsou suchými epizodami postihovány okresy jižní Moravy (zejména Znojmo, Břeclav, Hodonín a Brno-venkov) a dále pak středních a severozápadních Čech (zejména v okresy Mělník, Kladno, Nymburk, Litoměřice a Louny) viz obrázek 31. Suché epizody v této oblasti se vyznačují nejen vysokou četností krátkodobých epizod (více než 80 během 52 let), ale v porovnání se zbytkem území i podstatně větší intenzitou, perzistencí a poměrně dlouhým trváním. Naopak v oblasti pohraničních pohoří a Českomoravské vrchoviny jsou suché epizody zaznamenávány jen sporadicky. Jejich výskyt však nelze zcela vyloučit ani v těchto polohách. Jedná se ovšem jen o epizody krátké a nepřilíhající intenzivní, které zřídka dosahují hodnot relativního Z-indexu $< -1,25$. Mezi nížinné oblasti s relativně malou pravděpodobností výskytu suchých epizod patří také Ostravsko a okolí Moravské brány a také jižní a západní Čechy. Naopak toto neplatí v případě produkčních oblastí Hané a východních Čech, které patří k nejproduktivnějším územím v ČR. Zatímco tato území nebyla považována za území ohrožovaná suchem, tato situace se v průběhu posledních 50 let poměrně zásadně změnila. To dokládá obrázek 32, který zachycuje vývoj podílu měsíců spadajících do epizod sucha po jednotlivých dekadách. Z obrázku je zřejmý výskyt krátkodobých intenzivních epizod sucha v období dubna-září v 60. a 70. letech na Hané a na východě Čech v maximálně 20-30% vegetačních sezón. Jednalo se přitom zejména o jeho druhou polovinu, tedy období července až září, které je z pohledu produkce většiny plodin méně významné. V období 2001-2012 se již intenzivní epizody sucha postihovaly 30-50 % sezón s výrazným nárůstem patrným zejména v období května a června. Přes jisté zpomalení dynamiky nárůstu suchem ohrožených území v posledním sledovaném období (2001-2012) pokračoval trend rozšiřování suchem ohrožených oblastí.

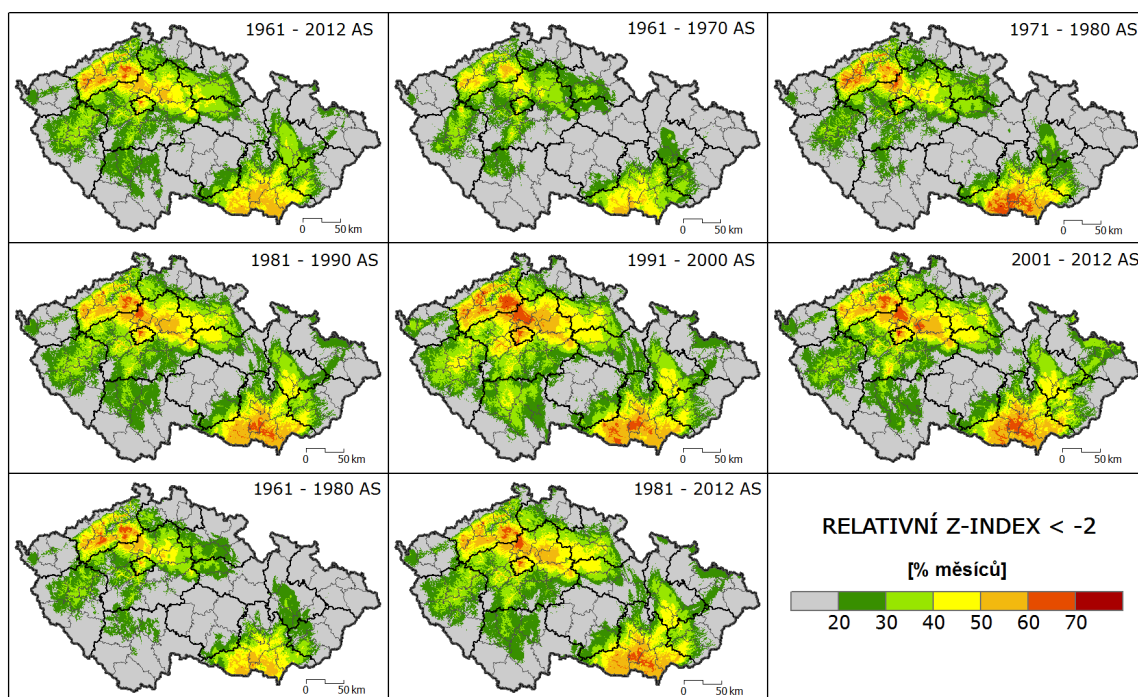
Obrázek 31 Percentuální podíl měsíců s výskytem intenzivní (a horší) suché epizody



Zdroj: (Brázdil, 2015)

Pozn: Vlevo na základě relativního Palmerova Z-indexu a vpravo na základě Palmerova indexu intenzity sucha. Horní dvojice map reprezentuje celý rok a dolní dvojice pak vegetační období tj. duben-červen. Hodnoty reprezentují období let 1961-2012.

Obrázek 32 Percentuální podíl měsíců s výskytem suché epizody (intenzivní sucho a horší tj. rZindex < -2) podle relativního Palmerova Z-indexu v období dubna-září mezi léty 1961-2012

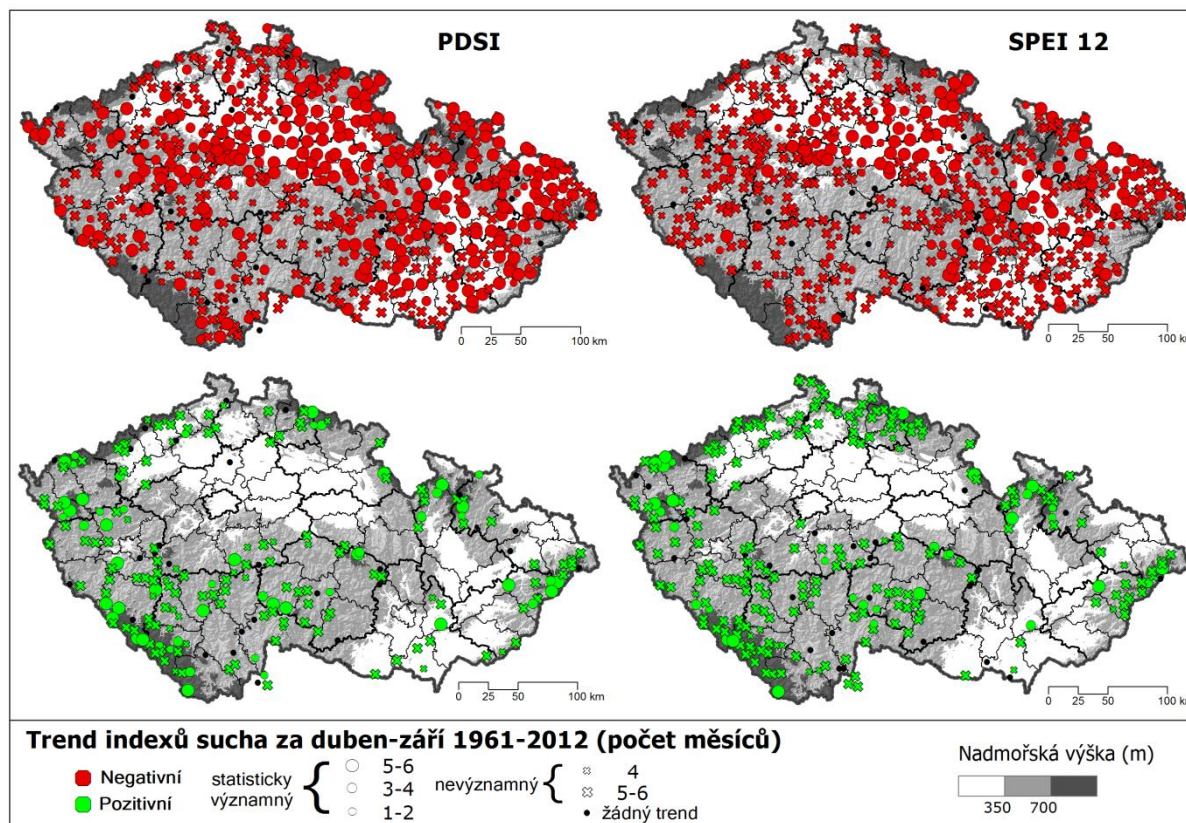


Zdroj: (Brázdil, 2015)

Analýza časových řad srážkových anomálií (s využití standardizovaného srážkového indexu – SPI) pro různá časová období neprokázala podstatné změny v období 1961–2012 a na naprosté většině stanic nebyl zjištěn statisticky významný trend, který by svědčil o tendenci k poklesu či nárůstu hodnot SPI, čímž byly potvrzeny analýzy období 1961–2000 (Trnka, 2009). Naproti tomu analýzy Z-indexu, PDSI a SPEI pro 1 a 12 měsíců, tedy indexů, které by vedle srážkových úhrnů i průměrnou měsíční teplotu vzduchu resp. potenciální evapotranspiraci, ukázaly statisticky významný trend na poměrně značném počtu stanic. Jak v případě krátkodobých epizod sucha (Z-index, SPEI-1 měsíc), tak i v případě epizod dlouhodobých (PDSI, SPEI 12 měsíců), je zřejmá tendence ke statisticky významnému poklesu hodnot indexů, zejména v posledních 20 letech sledovaného období. V období od dubna do září výrazně dominuje tendence k poklesu hodnot PDSI (viz obrázek 33). Na 43 % hodnocených lokalit byl prokázán alespoň v jednom měsíci trend k nižším hodnotám PDSI (tedy většímu suchu), zatímco pouze 7 % byl zjištěn trend k vyšším hodnotám indexu nejméně v jednom měsíci. Celkem 61 % zaznamenalo v šesti měsících pokles hodnot PDSI. V případě SPEI-12 měsíců jsou výsledky méně výrazné nicméně velmi podobné jako v případě PDSI.

Obrázek 33 rovněž dokumentuje poměrně výraznou konzistenci a prostorovou homogenitu trendů s praktickou absencí pozitivních trendů na stanicích s nadmořskou výškou pod 350 m n.m. Vysoká frekvence výskytu trendů k většímu suchu v oblasti středních a východních Čech a také Jihomoravského, Olomouckého a Moravskoslezského kraje velmi dobře koresponduje s mapami relativních indexů, viz obrázek 31 a obrázek 32.

Obrázek 33 Počet měsíců ve vegetačním období (duben–září) s negativním/pozitivním trendem Palmerova indexu intenzity sucha (PDSI) a standardizovaného srážkově evapotranspiračního indexu (SPEI) pro 12-měsíců.



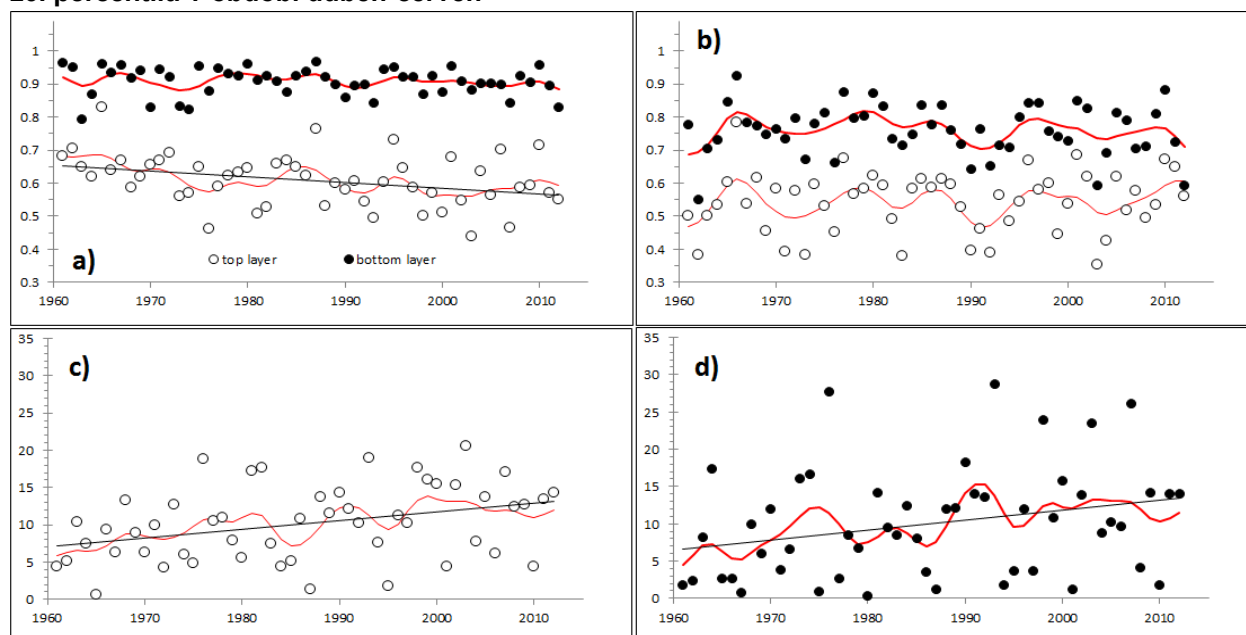
Zdroj: (Brázdil, 2015)

Legenda: Pozitivní trend PDSI a SPEI značí trend k vyšší půdní vlhkosti v daném měsíci, zatímco negativní trend značí tendenci k poklesu půdní vlhkosti a tedy k vyšší četnosti/intenzitě sucha. Body značí výskyt nejméně jednoho měsíce se statisticky signifikantním trendem na 5% hladině významnosti. Křížky označují výskyt tendence, která není statisticky signifikantní. Na konkrétní stanici se mohou v určitých případech v některých měsících projevit trendy k vyššímu výskytu sucha a v jiných trendy opačné.

Pozn: Hodnocení trendů bylo provedeno odděleně pro jednotlivé měsíce v roce v období 1961–2012.

V případě hodnocení epizod sucha na základě indexů sucha je patrný trend k častějším/intenzivnějším epizodám sucha. Nicméně s ohledem na způsob výpočtu indexů, je velmi obtížné tento trend verifikovat pomocí měřených dat. Zároveň při výpočtu indexů sucha nejsou plně zohledněny podmínky lokality (zejména půdní typ, geomorfologie terénu a také dynamika vegetačního krytu). Proto byla v této kapitole jako indikátor výskytu sucha použita půdní vlhkost, vypočtená na základě postupu představeném v práci Trnky (2014), který všechny uvedené faktory (a řadu dalších) v co největší možné míře zahrnuje. Obrázek 34a ukazuje na pokles průměrné zásoby vody v povrchové vrstvě na území ČR v první polovině vegetačního období o cca 10 % v období 1961-2012, přičemž tato změna je statisticky významná ($p = 0,014$). Je tedy zřejmé, že půdní profil jako celek obsahuje podstatně méně vody v období od dubna do června, než tomu bylo v 60. letech minulého století, a tento trend je velmi robustní a projevuje se na velké části území. Naopak jak dokládá obrázek 34b, ve druhé polovině vegetačního období (červenec-září), nelze žádný významný trend vysledovat. Období od dubna do června vykazuje výraznou tendenci k vyšší meziroční variabilitě, a to zvláště v případě povrchové vrstvy zejména ve východní části České republiky. I když se trendy vývoje obsahu dostupné půdní vláhy liší pro jednotlivé části roku, jsou koherentní právě pro období od dubna do června. Obrázek 34c, d ukazuje, že se zvyšuje podíl území postižený výrazným nedostatkem půdní vláhy a tento nárůst je statisticky významný jak pro povrchovou ($p = 0,01$) tak podpovrchovou vrstvu ($p = 0,047$) půdy. Zatímco v 60. letech bylo suchem v dané sezóně ovlivněno v průměru 6,3-7,2 % území, pak v první dekádě tohoto století se velikost suchem zasaženého území prakticky zdvojnásobila na 12,3-12,6 %. Z našich analýz vyplývá, že neroste ani tak frekvence výskytu suchých epizod, ale tyto epizody mají tendenci být delší a ovlivňovat větší plochu.

Obrázek 34 a-b) Průměrné relativní nasycení půdy (%) vypočtené jako průměrná hodnota pro celé území ČR v letech 1961 a 2012; c-d) podíl dnů, během nichž vlhkost půdy byla nižší než hodnota 10. percentilu v období duben-červen



Zdroj: (Trnka, 2014a)

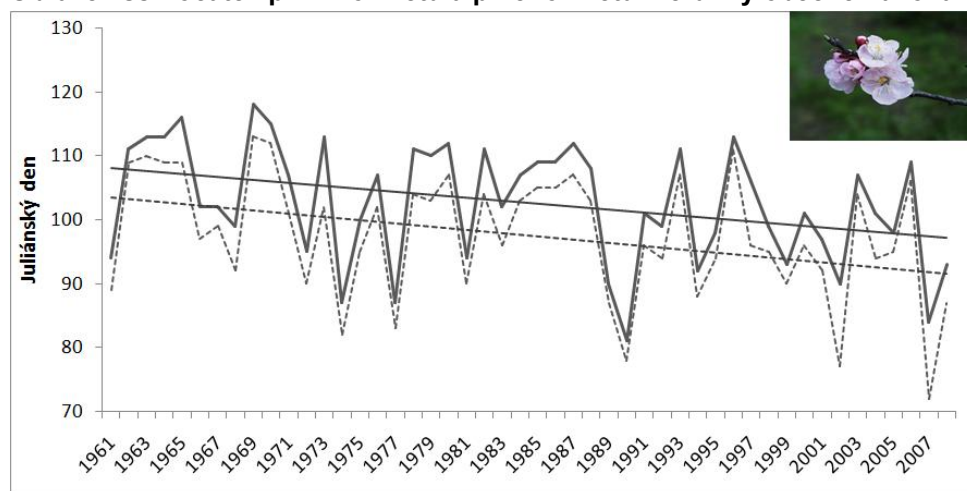
Pozn. a) se vztahuje k období od dubna do června b) se vztahuje k období od července do září c) pro svrchní vrstvu 0-0,4 m d) pro vrstvu 0,4-1,3 m

Výše (obrázek 33, obrázek 34) bylo dokumentováno, jak se změny klimatických podmínek mohou promítnout do zásoby dostupné vody v půdě během vegetační sezóny. Doposud jsme se ale nevěnovali druhému efektu nárůstu teplot, a to jejich vlivu na nástup, délku trvání a časování fenologických fází. Pokud totiž přijmeme za prokázaný fakt, že dochází k nárůstu teplot, tento trend se musí projevit (a lze jej nezávisle ověřit) v nástupech a trvání fenologických fází, pokud je budeme zkoumat v dostatečně dlouhém časovém období. A vskutku existuje celá řada prací, které dokládají posun nástupu fenologických fází nejen u rostlin, ale i u ptáků a dalších druhů na většině území Evropy. Pro oblast Moravy shrnuje tyto trendy práce Bauera et al. (2009) a následně Bauera et al. (2014), ze které vyplývá,

že mezi léty 1961-2014 došlo zejména v důsledku nárůstu teplot vzduchu ke statisticky významnému posunu v datu rašení listů celé řady stromů, keřů i bylin – viz také prioritní oblasti Biodiverzita a Lesní hospodářství.

Fenologickou odezvu na probíhající změnu klimatických podmínek není bohužel možné zaznamenat přímo v agrosystémech, a to z celé řady důvodů. Předně většina činností spojených s pěstováním polních plodin i trvalých kultur nezávisí pouze na průběhu počasí, ale např. i na použité technice, momentální potřebě zemědělce i dni v týdnu. Nástup vývojových fází kulturních polních plodin je pak výrazně modifikován odrůdovou skladbou a její změnou v několika posledních desetiletích. Zároveň je třeba si uvědomit, že tyto změny jsou rozloženy takřka do padesáti let a jak je vidět z analýzy volně rostoucích rostlin v jejich přirozeném prostředí doposud zaznamenaný posun fenofází činí přibližně 30 % rozsahu přirozené mezi-sezónní variability. Proto je velmi obtížné tyto změny zaznamenat v agrosystémech, kde se navíc setkáváme s vlivem dalších faktorů. Jednou z mála možností, jak prokázat změny v nástupu fenologických fází v agrosystémech, je v případě trvalých kultur, tedy např. ovocných stromů. Obrázek 35 zachycuje datum prvního a plného květu meruňky obecné (*Prunus armeniaca*) na lokalitě Lednice. Z pozorování v sezónách 1961-2008 vyplývá posun prvního květu o cca 12 a plného květu o 11 dní, což odpovídá posunu o 25,1 resp. 22,9 dnů za století.

Obrázek 35 Počátek prvního květu a plného květu meruňky obecné na lokalitě Lednice



Zdroj: (Bauer, 2014)

Pozn: první květ (přerušovaná linie), plný květ (plná linie)

4.2.1.4 Rizika změny klimatu pro zemědělství ve středoevropských souvislostech

Současné klimatické scénáře pro Evropu vykazují pro střednědobý výhled (2030) nárůst teploty pro celé území stejně jako pro všechna roční období. V letním období se nárůst teploty projevuje především na jihu Evropy (zejména jižní poloostrovy), zatímco na severu směrem ke Skandinávii se dají očekávat spíše teplejší zimy. V oblasti střední Evropy a České republiky lze pozorovat nárůst jarních a letních teplot více než zimních a podzimních. Z pohledu srážek je situace obdobná z pohledu změny severojižního gradientu, kdy na severu Evropy je očekáváno spíše více srážek (od 60 rovnoběžky severněji) a na jihu (od 40 rovnoběžky jižněji) méně. Střední Evropa ležící v pásmu střídání obou vlivů, což bude přinášet velmi srážkově nevyrovnaná období. Navíc lze očekávat, že v oblasti České republiky by měly srážky klesat v létě, mírně růst na jaře, mírně klesat v zimě, zatímco na podzim budou změny nevýznamné.

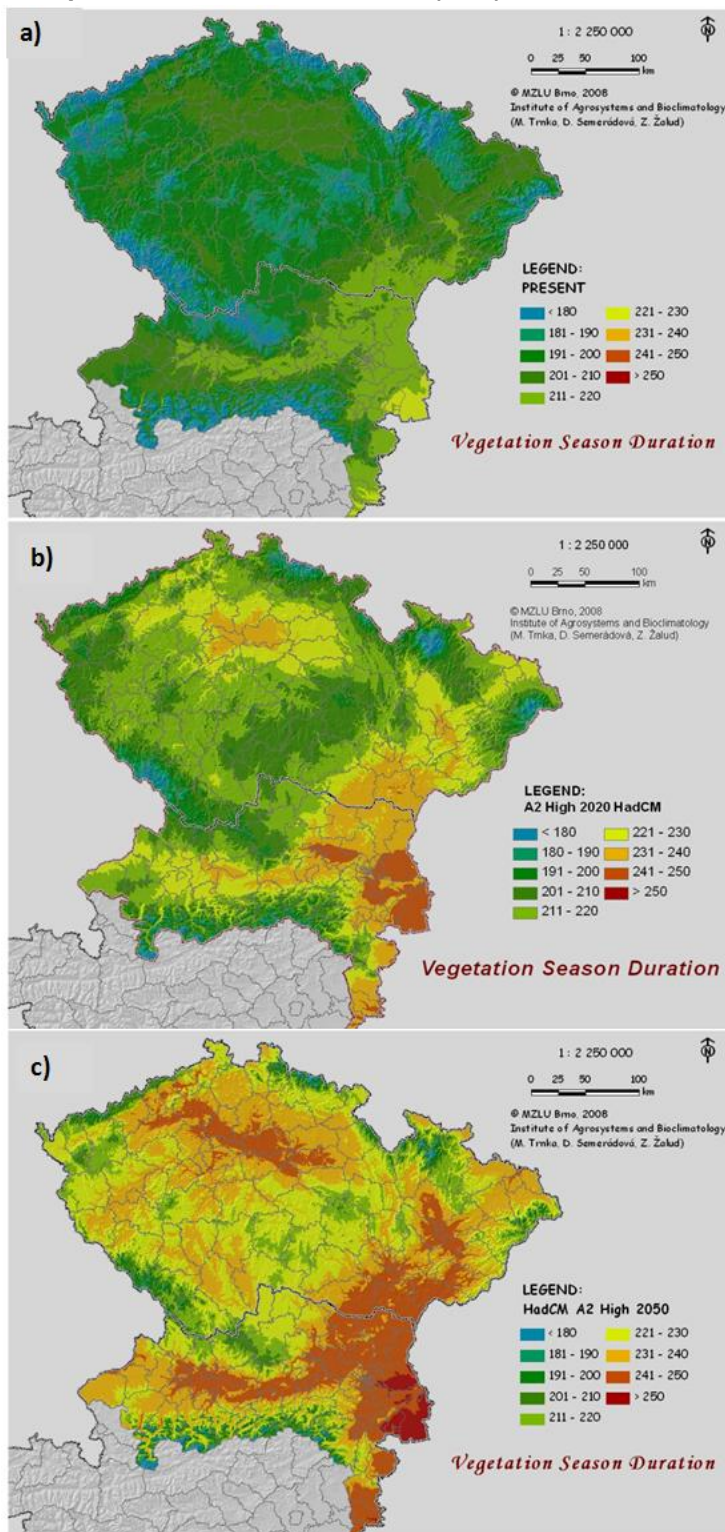
Zdokumentované oteplení (teplota vzduchu) na území České republiky činí za období 1981 – 2005 asi 1°C. Dopady lze pozorovat především v primární produkci rostlinné výroby, a to jednak přímým ovlivněním růstu a vývoje rostlin (např. změna trvání fenologických fází, výskyt chorob a škůdců) a následně změnou agroklimatických (stanovištních) podmínek (např. posunu výrobních oblastí, výskytu

sucha). Výchozí příčinou zvyšování teploty je zvyšování hladiny oxidu uhličitého a jeho schopnost absorbovat dlouhovělné záření zemského povrchu. Tento plyn je však zásadní pro život rostliny, neboť je zdrojem uhlíku, který rostlina asimiluje procesem fotosyntézy. Koncentrace CO_2 není pro tento proces optimální a při jeho zvyšování dojde i k vyššímu nárůstu biomasy. Podle experimentálních výzkumů reagují rostliny typu C_3 na nárůst o každých 100 ppm vyšší tvorbou biomasy v řádu až deseti procent, zatímco u rostlin C_4 je nárůst biomasy minimální. Faktem nicméně je, že dlouhodobé studie ukazují na to, že efektivita fotosyntézy u rostlin vystavených vyšším koncentracím CO_2 rychle klesá. Pozitivním, fyziologicky podmíněným jevem u rostlin vegetujících v podmínkách vyšší koncentrace CO_2 , je zvýšení využitelnosti vody rostlinou, což však ostře kontrastuje s její očekávanou sníženou dostupností. Další teplotní vzestup by měl vytvořit dostatečné teplotní zajištění pro pěstování teplomilných kultur i v dosud chladnějších oblastech, tedy ve vyšších nadmořských výškách.

Očekávaný nárůst teplot logicky povede k výraznému prodloužení vegetačního období, a to o 10 až 21 dní do roku 2020 (obrázek 36b) a o více než jeden měsíc v horizontu roku 2050 (obrázek 36c) ve srovnání s obdobím 1961-1990, za předpokladu vývoje emisí podle emisního scénáře A2 (do roku velmi podobný vývoji podle scénáře A1B použitým ve studii Pretla (2011)). Tuto změnu lze nejlépe demonstrovat na příkladu posunu délky vegetačního období na jižní Moravě a v oblasti vrcholových partií Českomoravské vysočiny. Na základě použitého scénáře klimatické změny, založeného na kombinaci GCM modelu HadCM a emisního scénáře A2, by délka vegetačního období okolo r. 2050 byla ve Žďárských vrších rovna současné délce vegetačního období v oblasti Břeclavska. Dojde-li k nárůstu emisí v mezích scénáře B1, což se prozatím jeví velmi nepravděpodobné, byly by výsledné změny podstatně menší, ale přesto v řádu týdnů. Prodloužení vegetační sezóny již ostatně bylo ve fenologických měřeních diagnostikováno (např. Piao, 2007; Linderholm, 2008). V našich podmínkách je prodloužení vegetační sezóny přibližně symetrické - rozděleno shodně mezi jaro a podzim. Nárůst teplot s sebou ale přinese i zvýšení sum efektivních teplot, jež povede ke zkrácení fenologických fází rostlin (např. plnění zrna) s nepříznivými vlivem na tvorbu výnosu (Lobell, 2007). Tyto změny již ovlivňují a nadále významně ovlivní i životní cykly škůdců a jejich predátorů, jak ukazuje příklad zavíječe kukuřičného (např. Trnka, 2007) a dalších škůdců či vektorů chorob (např. Kocmánková, 2008).

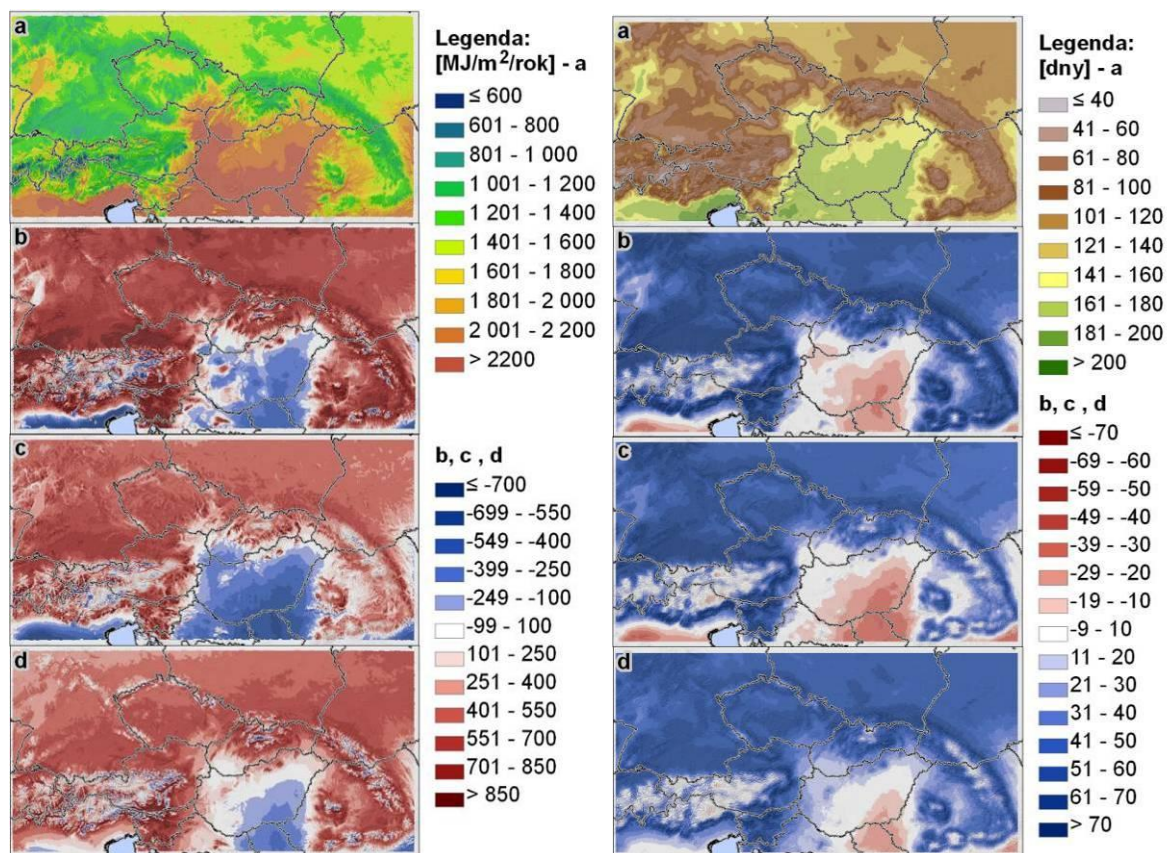
Samotná **délka vegetačního období**, tak jak je definována (obrázek 36), nemusí znamenat zlepšení podmínek pro rostlinnou produkci. Jako vhodnější se jeví kombinace více ukazatelů, např. ve formě **efektivní sumy globální radiace (EGR)** nebo **efektivní délky vegetačního období (EDVO)**. EGR je sumou globální radiace za období bez sněhové pokrývky, kdy průměrná teplota vzduchu je trvale vyšší než 5°C a minimální teplota neklesá pod -2°C a aktuální evapotranspirace dosahuje alespoň 40 % úrovně evapotranspirace referenční (tedy je splněn předpoklad, že rostliny netrpí kritickým nedostatkem půdní vláhy). Je zřejmé, že změna klimatu pozitivně ovlivní hodnotu EGR i EDVO, a to jednak zvýšením počtu dní s teplotou vyšší než 5°C a v některých oblastech i zvýšením globální radiace, které souvisí s nižším výskytem oblačnosti spojené s poklesem srážek zvláště v letních měsících. Pokles srážek ale zároveň zvyšuje riziko nedostatku vláhy, což se na hodnotě EGR projeví negativně. Jak dokládá obrázek 37, v současných klimatických podmínkách je nejvyšší hodnota EGR (a tedy i potenciální produktivita) na jihu a jihovýchodě modelovaného území. Změna klimatu pak zjevně přinese pozitivní změnu EGR a tedy zvýšení potenciální produktivity, zejména v Německu, Polsku, částech Rakouska, Slovenska a České republiky a naopak výrazný pokles v oblasti Panonské nížiny, zejména v Maďarsku, severním Srbsku a Chorvatsku a stejně tak na jihu Slovenska a východě Rakouska. V kontextu sousedních států jsou změny očekávané pro naše území veskrze pozitivní. To ostatně dokumentují i změny EDVO, kde do roku 2050 lze na našem území očekávat výrazné prodloužení efektivní vegetační sezóny zejména ve výše položených oblastech. Na druhé straně je nutné poukázat na riziko mírného poklesu průměrné délky EDVO na jihovýchodní Moravě (alespoň dle scénářů vycházejících z modelu HadCM a ECHAM), které souvisí s výrazným nárůstem vodního deficitu. Další nárůst teplot pak povede spíše ke snižování sum EGR a EDVO v souvislosti s prohlubujícím se vodním deficitem. V zásadě lze ale říci, že na většině našeho území, včetně hlavních zemědělských oblastí, má zvýšení teplot o $2-3^\circ\text{C}$ pozitivní dopad na průměrný produkční potenciál, což ale automaticky neznamená, že bude možné tohoto potenciálu využít (např. s ohledem na nevyhovující terénní a půdní podmínky v oblastech s nejvyšším nárůstem EGR a EDVO). V některých oblastech domény (viz obrázek 37) lze díky nárůstu vodního deficitu v letních měsících očekávat rozdělení vegetační sezóny (pokud nebudou k dispozici závlahy) na jarní a podzimní část, přičemž využití půdy v letních měsících bude ve většině let problematické.

Obrázek 36 Odhadovaná průměrná délka vegetační sezóny při realizaci emisního scénáře SRES-AS a použití GCM modelu HadCM (4AR)



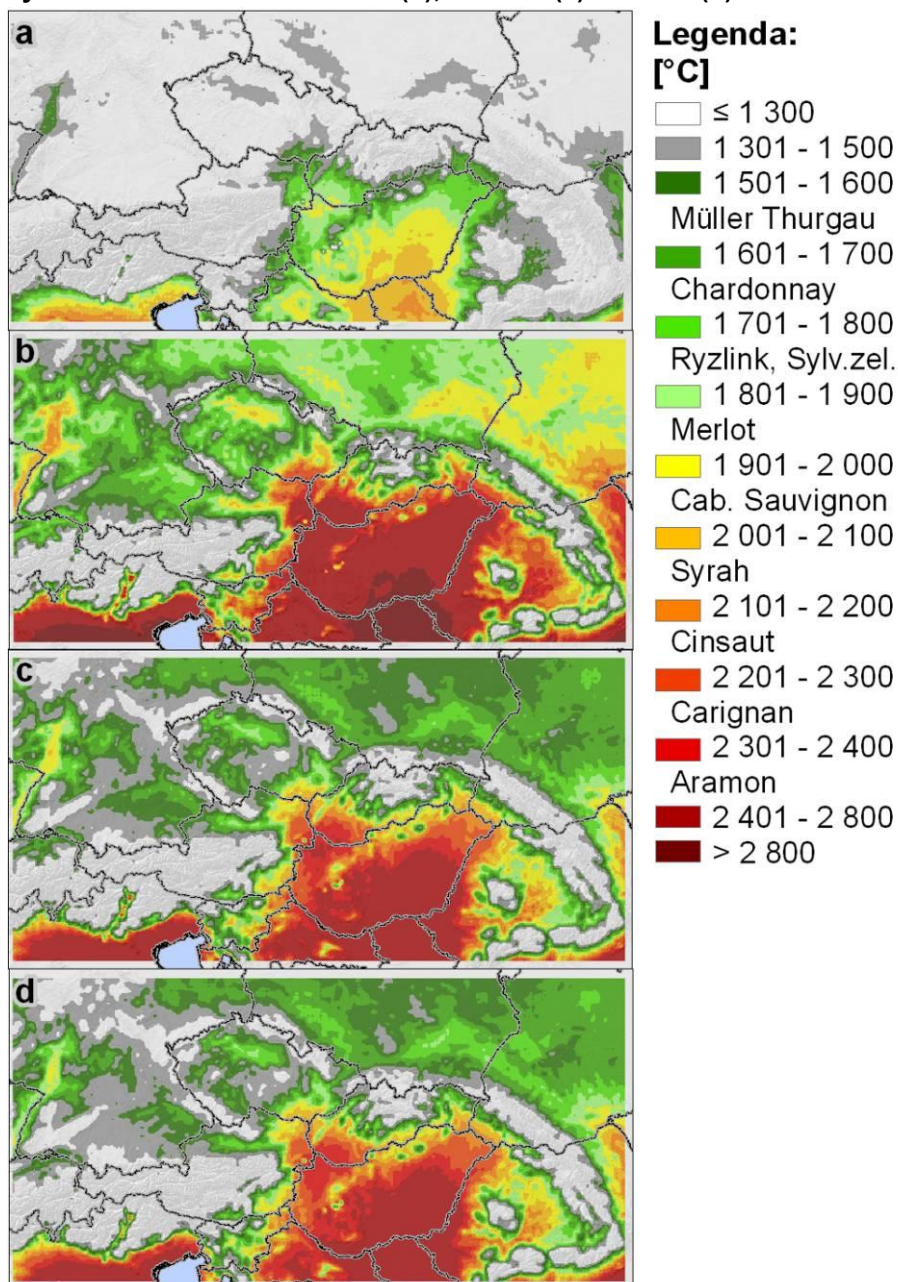
Pozn: a) kontrolní období (1961-1990); b-c) horizont roku 2020 resp. 2050
délka vegetační sezóny je definovaná jako souvislé období bez sněhové pokrývky, ve kterém je průměrná teplota vzduchu trvale vyšší než 5°C a minimální teplota neklesá pod -2°C.

Obrázek 37 Vlevo: Efektivní suma globální radiace (EGR); vpravo: efektivní délka vegetačního období (EDVO) pro referenční klimatické podmínky (1961-1990) a pro horizont roku 2050 (SRES-A2, vysoká citlivost klimatického systému) na základě výsledků GCM modelu HadCM, ECHAM a NCAR



Jedním z velmi často používaných agroklimatických indexů je tzv. **Huglinův index** (Huglin, 1978), který byl původně vyvinut pro klasifikaci vinařských oblastí ve Francii. Pro svoji jednoduchost je často aplikován ve studiích zabývajících se dopady změny klimatu na potenciál pěstování vinné révy v rámci celé Evropy (např. Stock, 2005; Eitzinger, 2009), byť se svojí konstrukcí hodí do oblastí maritimního klimatu. Jeho hlavním nedostatkem je, že nedokáže postihnout řadu důležitých limitujících faktorů (např. chod minimálních teplot v zimních měsících, srážkové a terénní poměry). Na druhé straně neexistuje žádná vhodná alternativa a index přes svoje nedostatky poměrně dobře postihuje prostorové rozmístění současných vinařských oblastí, a proto je použit i v této knize. Plocha oblastí s teplotními podmínkami splňujícími nároky vinné révy bude na území ČR (a celé střední Evropy) narůstat (obrázek 38). Vzhledem k tomu, že území ČR leží v současnosti na samé severní hranici areálu, půjde o změny zásadního charakteru a zároveň dojde pravděpodobně k nárůstu meziroční variability hodnot Huglinova indexu, což zákonitě povede k vyšší variabilitě v kvalitě jednotlivých ročníků. Tyto skutečnosti si v příštích 40 letech nejspíše vynutí nejen přechod na jiný sortiment odrůd, ale nejspíše i celkovou změnu charakteru vinařství ve střední Evropě. Posun severní hranice pěstování vinné révy byl už podrobně analyzován řadou prací a např. Moisselin (2001) ve své práci udává posun této hranice o 180 km při zvýšení průměrné roční teploty o 1°C. Tyto údaje souhlasí i s výsledky zkoumání historických areálů pěstování vinné révy (např. Legrand, 1978 či Eitzinger, 2009).

Obrázek 38 Hodnoty Huglinova indexu vyznačující oblasti potenciálně vhodné pro pěstování vinné révy (na základě maximálních a průměrných teplot) pro (a) referenční klimatické podmínky (1961-1990) a pro horizont roku 2050 (SRES-A2, vysoká citlivost klimatického systému) na základě výsledků GCM modelů HadCM (b), ECHAM (c) a NCAR (d)



Pozn.: Přirazení hodnot konkrétním odrůdám vychází z práce Schultze (2006).

4.2.2 Dopady predikovaných scénářů změn klimatu v ČR

4.2.2.1 Časový průběh dopadů změny klimatu během roku

Dopady změny klimatu lze a bude na zemědělství možné pozorovat v podmínkách České republiky v průběhu celého roku.

V zimních měsících pozorujeme a nadále lze očekávat zvláště ve středních a nižších polohách úbytek trvání sněhové pokrývky, což zásadně ovlivňuje především přezimování polních plodin, které jsou v případě výskytu holomrazů (došlo k poklesu teploty vzduchu pod bod mrazu a současně absentuje sněhová pokrývka) postiženy vymrzáním, neboť nejsou chráněné izolačními vlastnostmi sněhové pokrývky. I když se v zimě očekává pokles četnosti výskytu ledových (teplota celodenně pod 0 °C) i arktických (teplota celodenně pod -10 °C) dnů, nelze jejich výskyt vyloučit. A v této souvislosti je nutné podotknout, že již 5 cm sněhu výrazně snižuje působení nízkých teplot a 20 cm vysoká sněhová pokrývka prakticky eliminuje účinky i silných mrazů. Především u pšenice ozimé a řepky ozimé je možné pozorovat regionální postižení, kdy buď voda v rostlině zamrzne, zvětší svůj objem a roztrhne buněčná pletiva či zamrzne voda v půdě, následně dojde k jejímu pohybu a poškození kořenového systému či při častějším střídání vyšších a nižších teplot k vytahování rostlin. Kromě toho, že v zimním období jsou patrné poklesy srážkových úhrnů (např. Krkonoše, Českomoravská Vysočina, Beskydy až o 20 %), přichází díky vyšším teplotám více srážek ve formě kapalné než pevné, což způsobuje nižší akumulaci vody ve sněhové pokrývce a nedostatek vody, která se z ní potenciálně může uvolnit na začátku vegetačního období. Klesají a budou klesat průtoky našich řek, snižuje se transport vody do níže položených území, kde z ní díky zvyšování hladiny podzemní vody těží zemědělství i ovocnářství. Všechny tyto důsledky lze v posledních letech pozorovat nejen v zemědělsky intenzivních oblastech, např. Polabí či jižní a střední Moravy. Zima bez sněhu či s kratší dobou trvání a samotnou nižší výškou sněhové pokrývky se stává prvním předpokladem jarního sucha.

Vyšší teploty v zimě jsou spojené s přezimováním (diapauzou) škůdců, kdy některé typy jsou napadeny predátory a prakticky se v daném roce neobjeví. Existuje poměrně rozšířená představa, že teplé zimy podporují rozvoj škůdců. Ve střední Evropě je to až na výjimečné případy právě naopak. Převážná většina středoevropských škůdců přečkává zimu ve stadiu diapauzy, kterou musí absolvovat při dostatečně nízké teplotě, často pod bodem mrazu, a po dostatečně dlouhou dobu. Pro jejich zdárný vývoj je proto nejvhodnější dlouhá mrazivá zima se sněhovou pokrývkou a mírnými výkyvy teplot. Teplá zima bez mrazů nebo delší období s teplotami nad 10 °C vedou k vysoké mortalitě různých vývojových stadií škůdců. Ta není způsobena jen nevhodnou teplotou pro průběh diapauzy, ale také např. vysokými ztrátami energie, rozvojem patogenů škůdců a větší dostupností predátorům. Pokud se klimatická změna projeví nástupem bezmrazových zim, bude většina středoevropských škůdců ovlivněna negativně a význam některých může klesat. Zimním oteplením budou pozitivně ovlivněny nemnohé druhy, pro které není zimní klidové období nezbytnou součástí vývoje, při ochlazení pouze snižují aktivitu. Bezmrázové zimy mohou pozitivně ovlivnit i některé migranty, kteří k nám dosud většinou pronikají jen sezonně.

Mírnější zimy i snížená půdní vlhkost nemá významnější vliv na přežití půdních fytopatogenních organismů, které tvoří speciální struktury nebo silnostěnné spory, pomocí kterých přečkávají období s nepříznivými podmínkami po dlouhé období i několika let v půdě (sklerocia; chlamydospory a oospory). Mezi ně patří některé druhy zařazené do rodů např. *Botrytis*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* aj. U druhů přezimujících na hostitelských rostlinách nebo jejich zbytcích a tvořících primární inokulum na napadených rostlinných pletivech (r. *Alternaria*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Erysiphe* aj.) se projevuje vyšší škodlivost vlivem lepších podmínek přezimování. Výskyt mírných zim povede k rozšíření přezimujících druhů plevelů v ozimých plodinách např. blínu černého (*Hyoscyamus niger*). Vyšší konkurenční schopnost v zimním období je novým prvkem, který může výrazně ovlivnit kvalitu přezimování ozimých plodin a jejich růst v jarním období.

Jaro je roční období, které je z **pohledu zemědělství nejvýznamnější**, realizuje se v něm nejvíce agrotechnických zásahů, kumuluje se řada polních prací a současně probíhá intenzivní růst a vývoj. V jarní období pozorujeme zvyšování teploty, což má za následek dřívější nástup velkého (průměrná

denní teplota vzduchu je vyšší než 5 °C) ale i hlavního (průměrná denní teplota vzduchu je vyšší než 10 °C) vegetačního období. Velké vegetační období bude v nižších polohách začínat již počátkem března a končit v poslední dekádě října. Vyšší teploty vzduchu dovolí dřívější setí a následně ovlivní růst a především vývoj plodin tak, že budeme stále častěji pozorovat dřívější vzházení a nástupy dalších fenofází včetně fyziologické zralosti. Oproti současnému stavu by období zrání kolem roku 2050 mohlo být uspíšeno v nižších polohách (do 400 m n. m.) o 10 – 14 dnů, ve vyšších o 15 – 20 dnů. Zrychluje se dosažení teplotních sum jako podmínka dosažení jednotlivých fenologických fází. Na rozdíl od jiných sektorů (např. stavebnictví) není dřívější zahájení vegetačních období vždy pozitivní. Časně se vyvíjející vegetace především v oblasti vinohradnictví a ovocnářství je vystavena vyššímu riziku vpádů studeného vzduchu (advekční mrazíky) nebo radiačnímu ochlazení. Na základě ubývajících vlhkosti půdy, které je způsobena jednak menší zásobou vody ve sněhové pokrývce, ale také právě dřívější aktivitou vegetace a vyšší potřebou vláhy na transpiraci, dochází a bude docházet k častějšímu výskytu jarního sucha. Sucho v období jara bude podpořeno i přímým vzestupem teploty, kdy dochází jednak ke zvýšení neproduktivní evaporace, ale i k zesílení vzestupných konvekčních proudů a mění se rozložení srážek (mírný nárůst) v tomto pro rostliny klíčovém období. Právě časný začátek jara v kombinaci se suchem povede k pěstování suchovzdorných odrůd či přímo plodin (čirok, proso) stejně jako vyšší výsadbě teplomilných odrůd vinné révy, zvláště pak odrůd červených, a to i přes riziko jarních mrazíků. V kontextu přezimování a následné jarní aktivity chorob a škůdců je nutné zmínit jarní kumulaci abiotických a biotických stresů. Je zřejmé, že suchem či mrazíky oslabené a poškozené porosty jsou následně snazším cílem veškerých patogenů. Snižuje se nejen odolnost samotných plodin či dřevin, ale i účinnost ochranných prostředků jako jsou např. fungicidy a insekticidy.

V letním období jsou dopady spojené především s nárůstem teploty, úbytkem srážek a změny jejich rozložení (obdobně jako v jarním období více přívalů) a výskytem hydrometeorologických extrémů. Nástup teplejších, leč povětšinou sušších ročníků znamená vyšší riziko výskytu sucha během letních měsíců a problémy s obděláváním půdy na konci léta i v oblastech, kde jsme těmto problémům doposud nemuseli čelit. Zvyšující se počet letních a tropických dnů a s nimi spojených horkých vln ohrožuje na konci jara a v létě veškeré polní plodiny a to i v situaci, kdy je v půdě relativně dostatek vláhy. Ta se však díky klimatickým podmínkám snižuje a obdobně jako v období jarním pozorujeme nárůst agronomického (zemědělského) sucha, jehož definice je spojena s půdní vlhkostí. Prakticky se jedná o nedostatek vláhy pro rostliny. Dopady sucha na plodiny budou stále častěji příčinou vysoké variability výnosů a regionálních výnosových propadů. Jednou z příčin budou i nižší průtoky řek ovlivňující hladinu podzemní vody a nižší stavy vodních nádrží, které by byly potenciálním zdrojem pro závlahy. Právě v době jejich nejvyšší potřeby bude logicky nejméně disponibilní voda. Odhlédneme-li od neutěšeného stavu současného stavu meliorační sítě, je zřejmé, že to mohou být v budoucnu právě závlahy, které posunou zemědělské podniky postižované suchem z červených čísel. Samozřejmě se stanou úsporné kapkové závlahy pro ovocnáře, vinohradníky a zelináře. O velkoplošných závlahách vzhledem k množství vody uvažovat nelze. Důsledkem pro zemědělskou prvovýrobu bude i stále vyšší počet soudních sporů, kde jsou předmětem dopady sucha. Tuto skutečnost si uvědomuje i vládní administrativa, což dokazuje v této oblasti vysoká aktivita Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí. Reakcí je i příprava tzv. Fondu nepojistitelných rizik, do kterého bude moci vstoupit každý zemědělský subjekt a jehož cílem bude za 50 % účasti státu poskytnout ochranu jednak před suchem ale i druhým nepojistitelným nepříznivým klimatickým jevem, a to srážkami v době sklizně. Právě intenzivní srážky související s vyšší variabilitou podnebí (střídání sucho x povodně) budou na konci jarního, ale především v letním období příčinou problémů se sklizní, které se mohou vyskytnout prakticky na celém území České republiky.

Podzimní období je významné z pohledu sklizně některých plodin (např. některé ovoce, vinná réva, kukuřice na zrna) a zakládání porostů ozimých obilnin. Pokud se zamyslíme nad změnou klimatu a dopady do zemědělství, jedná se o roční období, které bude relativně nejméně ovlivněno. Podzim se stane v nejnižších polohách součástí velkého vegetačního období a prodlouží se v jeho rámci počet dnů umožňující růst a vývoj především ozimů. V současné době se v průběhu podzimu projevuje spíše nárůstem srážek, které však na rozdíl od letních nemají přívalový charakter, zvýšení teploty sice vyvolá vyšší potenciální i aktuální evapotranspiraci, ale dopady už nemohou mít vzhledem k potřebám rostlin takový vliv jako v období jarním a časně letním.

4.2.2.2 Problematika výnosů

Obecně je v důsledku měnícího se klimatu ovlivňován široký komplex mechanismů a procesů určujících úroveň výnosů v rámci rostlinné výroby. Kombinují se zde jak pozitivní, tak negativní vlivy, jejichž poměr a význam se bude dále vyvíjet. Mezi pozitivní faktory můžeme zařadit například vzrůstající úroveň atmosférické koncentrace CO_2 stimulující fotosyntézu a vedoucí k efektivnějšímu hospodaření rostlin s vodou (tzv. WUE). Dále také možnost vyšších sum teplot či delšího vegetačního období. Na druhé straně mezi negativa patří větší pravděpodobnost výskytu a intenzity sucha, rychlejší vývoj vegetace (to se projeví kratší dobou k tvorbě biomasy v případě stávajících odrůd), vyšší riziko stresu vysokými teplotami v průběhu citlivých vývojových fází, vyšší riziko výskytu povodní či negativně působících intenzivních srážkových situací. Dále předpokládáme změnu průměrné úrovně výnosů pro pšenici ozimou a ječmen jarní na základě aplikace vybraného růstového modelu pro období okolo roku 2050. Při uvážení možných klimatických podmínek i pozitivního vlivu vyšší koncentrace CO_2 lze pro obě významné obiloviny předpokládat nárůst průměrných výnosů až o 1,5 (ječmen j.) a 2,0 (pšenice oz.) tun na hektar v některých regionech. Nicméně u hodnocení pozitivního vlivu CO_2 je třeba značné míry opatrnosti, protože se ukazuje, že polní plodiny nebudou schopné trvale vyšší intenzitu fotosyntézy udržet. Proto je třeba brát v úvahu i scénář, kdy přímý vliv CO_2 (stimulace fotosyntézy a zvýšení WUE) nezapočítáme anebo vezmeme v úvahu pouze částečně. V takovém případě pak můžeme očekávat pokles výnosů pšenice ozimé a zčásti i ječmene jarního na většině orné půdy (v některých regionech i o více než jednu tunu na hektar). V případě produkce pícnin na orné půdě a trvalých travních porostů i déle zrajících okopanin (např. brambory a řepa) se bude negativně projevovat případný nedostatek vláhy v létě předvídaný některými modely a i zde je otázka potenciální redukce výnosů.

Dále je zřejmé, že situace bude v jednotlivých regionech odlišná, přičemž bude docházet k nárůstu významu nepříznivých situací v již suchých a teplých regionech, zatímco v chladnějších regionech budou příznivější podmínky. Zvýhodněny budou teplomilné plodiny a odrůdy. Současně je pro očekávané scénáře predikován nárůst ročníků s dramatickými propady výnosů. Záchranou pro půdu nebude v některých letech díky nedostatku vody ani pěstování meziplodin. Ty mohou díky spotřebované půdní vláze způsobit problém následující cílové plodině. Ve vyšších polohách je očekáván nárůst průměrné úrovně výnosů nejvýznamnějších plodin. Situace na jednotlivých pozemcích pak bude ovlivněna stávajícími půdními vlastnostmi z hlediska retenční kapacity, celkové úrodnosti půdy, případně charakterem terénu. Výsledky uvedených analýz vycházejí z předpokladu udržení kvality půd ve stejném stavu jako v současnosti. Pokud by však došlo ke zhoršení půdních vlastností lze očekávat negativní vliv na budoucí výnosy. V důsledku změny dostupnosti půdní vláhy pak v některých oblastech bude problematická i stabilní produkce trvalých travních porostů.

Z výsledků nedávných studií rovněž vyplývá, že lze očekávat nárůst meziroční variability výnosů zemědělských plodin díky zvýšené frekvenci a intenzitě nepříznivých situací pro rostlinou produkci jako jsou významné epizody sucha, výskyt stresu vysokými teplotami v citlivých vývojových fázích, poškození nízkými teplotami apod. Toto se v konečném důsledku může projevit až fatálními následky v případě některých sezón a regionů. Je otázkou, do jaké míry dokáží růstové modely přesně predikovat dopady těchto velmi negativních budoucích situací (vzhledem k problematické kalibraci za současných podmínek). Situaci je možné do jisté míry predikovat pomocí hodnocení agroklimatických podmínek a výskytu nepříznivých situací.

Otázkou zůstává, jak významný bude tlak chorob a škůdců, které pro prognózy budoucích výnosů zatím rovněž nejsou přímo zahrnuty. Trendy však lze usuzovat na základě výskytu příznivějších podmínek (vč. klimatických) pro daný patogen. Další neznámou z hlediska budoucnosti jsou vlastnosti nových odrůd. I přes svá omezení hraje modelování budoucích agroklimatických podmínek bezesporu nezastupitelnou úlohu v definování nejvýznamnějších očekávaných rizik, na která by výzkum, vývoj (včetně šlechtitelských aktivit - odolnost k suchu, odolnost k vysokým teplotám) a praxe (např. využití lokálních závlah, větší zastoupení teplomilných plodin – kukuřice, slunečnice, sója) měli reagovat.

4.2.2.3 Posun výrobních oblastí - produktivita regionů

Jedním z projevů je evidentní posun výrobních oblastí tak, jak je definoval Němec (2001). Dopady globální klimatické změny na agroklimatické podmínky v ČR způsobí ústup agroklimatických podmínek vymezující pícninářskou a obilnářsko-bramborářskou výrobní oblast, a to ústupu zásadnímu a dramatickému. Současně s tím se bude zvětšovat plocha s podmínkami oblasti řepařské a kukuřičné (podle některých odhadů až na 4/5 území). Na území jižní Moravy se již v horizontu příští dekády začínají objevovat agroklimatické podmínky, charakterizované velmi vysokou teplotní sumou nad 10°C v kombinaci s výrazným vodním deficitem, tedy podmínky, jež z našeho území doposud neznáme a bude tak nutné nalézt vhodné pojmenování těchto výrobních oblastí (pokud bude podobný typ klasifikace vůbec smysluplné používat). Na první pohled je změna v agroklimatických podmínkách relativně příznivá, neboť zóny se suboptimálními teplotami (pícninářská a obilnářsko-bramborářská) jsou střídány oblastmi s lepším klimatem řepařské výrobní oblasti. Zároveň ale dochází k „pronikání“ kukuřičné výrobní oblasti a sušších agroklimatických režimů do klíčových oblastí střední Moravy a Polabí, kde se v současnosti setkáváme téměř s optimální kombinací klimatických a půdních podmínek pro bez-závlahové zemědělství tj. řepařskou výrobní oblastí na kvalitních půdách. Oblasti, ve kterých dochází k přechodnému zlepšení agroklimatických podmínek, se co do kvality půdy nemohou s oblastí Hané ani Polabí měřit. Nástup teplejších, leč povětšinou sušších ročníků znamená vyšší riziko výskytu sucha během letních měsíců a problémy s obděláváním půdy na konci léta i v oblastech, kde jsme těmto problémům doposud nemuseli čelit. Pěstování plodin bez využití závlah se postupně bude stávat v oblastech úvalů a Podunajské nížiny nerentabilní za předpokladu realizace v současnosti uznávaných scénářů vývoje budoucího klimatu. Na druhé straně lze očekávat, a současné výsledky tomu nasvědčují, že oblasti doposud produkčně okrajové (např. Českomoravská vrchovina) budou z této změny do jisté míry profitovat, neboť odpadne řada klimatických limitů pro pěstování zemědělských plodin. Co však musíme vzít v úvahu, je fakt, že naplněním výše uvedených odhadů dojde k posunu agroklimatických podmínek, který nemá minimálně v novodobých dějinách zemědělství na našem území obdoby. Změna nastane nikoli během vzdálených desítek let, ale spíše následujících dekád. Využití vymezení výrobních oblastí pro projekci potenciálních důsledků změny klimatu umožňuje velmi efektivně zachytit hlavní charakter očekávaných změn klimatu na zemědělskou výrobu a v hlavních rysech souhlasí s pozorovanými změnami v ČR v posledních 15 letech.

4.2.2.4 Dopady na půdu

Půda je v zemědělství základní a nenahraditelný výrobní prostředek. Jakékoliv změny v jejím složení se okamžitě projeví na polní produkci. Kromě dopadů sucha jako pravděpodobně nejvýznamnějšího očekávaného projevu změny klimatu na produkci je třeba zmínit druhý nejvýznamnější dopad, a to zvyšující se erozi půdy. V případě, že se nebudou důsledně aplikovat protierozní opatření, lze očekávat při vyšším výskytu intenzivních srážek často dopadající na vyschlou půdu, výrazně intenzivnější erozní projevy. Tomu často napomáhá monotónnost a jednostranná zaměřenost naší rostlinné výroby, kdy například pěstování kukuřice pro bioplynové stanice je realizováno v nevhodných (kopcovitých oblastech). Probíhající a očekávané změny v následujících oblastech souvisejí s kvalitou půdy:

Teplotně vlhkostní režim: Půdně vlhkostní (hydrické) režimy popisují přítomnost nebo absenci půdní vody dostupné pro rostliny ve specifických půdních horizontech v průběhu definovaných období. K tomuto účelu byl ve spolupráci Mendelovy univerzity v Brně a Centra výzkumu globální změny AV ČR vyvinut model SoilClim, který byl následně aplikován na území ČR. Analýza půdního klimatu vychází z denních pozorovaných meteorologických dat z období 1961-2000 na 125 stanicích v ČR a 20 stanic v Rakousku. Z celkového počtu 12 půdně klimatických režimů se na našem území v období 1961-2000 vyskytovalo 6 a jejich detailnější popis zobrazuje následující tabulka (tabulka 17).

Tabulka 17 Popis základních kritérií pro definici půdně klimatického vlhkostního režimu

Režim	Základní popis vlhkostních klimatických režimů s výskytem na území ČR
Perudický	Rozdíl mezi dlouhodobými průměry srážek a referenční evapotranspirací je ve všech měsících včetně letních vyšší než 0 mm
Typický udický	Rozdíl mezi ročním úhrnem srážek a referenční evapotranspirací se pohybuje mezi 175-449 mm a současně počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je alespoň 330.
Subhumidně udický	Rozdíl mezi ročním úhrnem srážek a referenční evapotranspirací je menší než 175 mm a současně počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je alespoň 330.
Suchý tempudický	Počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, se pohybuje mezi 171 a 229.
Vlhký tempustický	Počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je menší než 270. Současně je podíl suchých dnů s půdní teplotou (v hloubce 0,5 m) nad 5°C k celkovému počtu dní s teplotou půdy nad 5°C menší než 50 %, přičemž nejdelší zaznamenané období s kritickým nedostatkem vláhy po letním slunovratu nepřekročilo 45 dní.
Typický tempustický	Počet dní, ve kterých je půdní profil nasycen na více než 2/3 své retenční schopnosti, je menší než 270. Současně podíl suchých dnů s půdní teplotou (v hloubce 0,5 m) nad 5°C k celkovému počtu dní s teplotou půdy nad 5°C je menší než 50 % přičemž nejdelší zaznamenané období s kritickým nedostatkem vláhy po letním slunovratu bylo delší než 45 dní.

Dominantním režimem v tomto období byl tzv. suchý tempudický režim (49 % území), který se vyznačuje příznivými vlhkostními poměry po většinu roku. Tento režim pokrýval spolu s dalšími dvěma relativně vlhkými půdně klimatickými režimy tj. subhumidně udickým (27 %) a perudickým (22 %) naprostou většinu území. Je faktem, že v oblastech s perudickým půdně klimatickým režimem se nacházejí pramenné oblasti většiny našich řek. Naopak relativně suché tempustické režimy reprezentovaly v období 1961-2000 méně než 2 % území a defacto zahrnovaly pouze nejsušší části jižní Moravy. Je třeba ale zdůraznit, že i některé oblasti v severozápadních Čechách (Žatecko, Lounsko a Rakovnícko) se hodnotám tempustického režimu výrazně blíží, zejména pokud uvažujeme období 90. let minulého století. Z časového hodnocení je patrná tendence k nárůstu výskytu sušších půdně klimatických režimů. Tento trend je vysledovatelný na většině našeho území v posledních 50 letech a nabývá potenciálně velmi znepokojivých rozměrů v relativně blízké budoucnosti. Při udržení současného tempa růstu emisí tzv. skleníkových plynů (zejména CO₂) lze realisticky očekávat zvýšení globální teploty o 2°C oproti období 1961-2000 v horizontu roku 2050. V současné době existuje více než 30 globálních cirkulačních modelů, z nichž modely HadGE (Velká Británie) a MPEH5 (Německo) se výhledově jeví jako modely dobře vystihující dlouhodobé chování klimatického systému ve střední Evropě, přičemž třetí zvolený model reprezentuje tu skupinu modelů, které jsou z pohledu vodní bilance pro střední Evropu pozitivnější. Jak vidno, všechny modely se shodují na zásadní redukci rozsahu perudického a vlhkých udických půdně klimatických režimů. Frekvence perudického režimu se snižuje na polovinu až jednu patnáctinu současných hodnot. Současně klesá frekvence subhumidně udického režimu na 1/3 až 1/2. Výrazný nárůst zaznamenává zejména typický tempustický režim, který v současné době zaujímá méně než 1 %. Právě tento režim se podle modelu HadGE stává dominantní (56 %) zatímco podle odhadů zbývajících 2 modelů by dominantním režimem měl být suchý tempudický půdně klimatický režim (51-54 %).

Navíc v regionech, které již v současnosti vnímáme jako suché, zásadně narůstá pravděpodobnost výskytu sezónního vyčerpání dostupné půdní vláhy (v letních měsících), jež je poměrně typické pro středomořské klima. Evidentní a všem scénářům společný je úbytek rozsahu perudického režimu, což se jeví jako problematické pro horní toky všech našich řek. Bez ohledu na použitý cirkulační model se suché půdně klimatické režimy nacházejí na jihovýchodě a severozápadě ČR. Obecně platí, že oblast severních Čech a zejména střední a severní Moravy se jeví být ohrožena méně, než jih území.

Z půdních procesů se očekává zvýšení mineralizace, a to díky vyššímu vysušování půdního profilu, zvýšení provzdušení a oxidaci půdního materiálu. Tento proces však bude částečně kompenzován hromaděním půdní organické hmoty díky vyšší koncentraci CO₂ a současného zvýšení teploty. Zvýší se i fotosyntéza a dojde ke zvýšení růstového indexu a účinnosti využití vody vegetací. Půdní struktura se bude měnit především v epipedonech (vrchních horizontech) a bude výrazně závislá na množství uhlíku.

Všeobecně se předpokládá mírné zvýšení pedokompakcí, v těžkých půdách tvorba krust a povrchových trhlin. V aridních oblastech může dojít v endopedonech k intenzivnější tvorbě tvrdých panů (kalcikový a petrokalcikový horizont). Mezi nejodolnější půdy vůči klimatické změně budou patřit nejkvalitnější zemědělské půdy s černickým horizontem, jako jsou černozemě (na nekonvexních lokalitách) a černice. Nejvíce mohou být měněny půdy texturně lehké s nestabilní půdní strukturou, nízkou kationtovou výměnnou kapacitou, nízkou infiltrační schopností a mělkým humusovým horizontem (regozemě, litozemě a arenické subtypy). V důsledku klimatické změny bude dominovat velmi pomalý retrogradální vývoj půd a půdních katén. Nelze očekávat změnu půdních jednotek a zásadní změny pedogenetických procesů. Identifikovat bude možné změny hydrologického režimu (tak jak bylo popsáno v úvodu kapitoly), částečné změny fyzikálně chemického režimu.

4.2.2.5 Erozní projevy a degradace půdy

Vodní eroze: Lze očekávat změny nejen v četnosti výskytu erozně nebezpečných dešťů, ale též v sezonalitě jejich výskytu v jednotlivých měsících, vydatnosti, intenzitě a době trvání. Z hlediska ohrožení půd vodní erozí by mohlo být naopak příznivé mírné oteplení prostředí a nižší intenzita sněhových srážek. Rychlé tání sněhu v předjarním období má totiž na erozní procesy značný vliv. Kromě změny intenzity a množství srážek mohou mít klimatické změny vliv i na jednotlivé faktory, které erozi ovlivňují (např. vliv na vegetační kryt a vlastnosti půd). Nejvíce bude očekávanou klimatickou změnou ovlivněna pravděpodobně vlhkost půdy, která má vliv na infiltrační schopnost půdy a tím i na povrchový odtok.

Větrná eroze: Ze sledování meteorologických údajů vyplývá, že rychlost větru na našem území se ve sledovaném období (od roku 1961) nezvyšuje (Brázdil, 2008). Svou roli zde však hraje zvyšování teploty prostředí. Toto zvýšení potvrzuje rostoucí lineární trend průměrných měsíčních teplot vzduchu za sledované období 1961 až 2006 u všech analyzovaných klimatologických stanic. Teplota vzduchu ovlivňuje evapotranspiraci, a tím i vlhkost půdy. Obecně lze konstatovat, že čím nižší je vlhkost půdy, tím větší je její náchylnost k větrné erozi. Je tedy zřejmé, že dopad očekávané klimatické změny se projeví na výrazném rozšíření půd ohrožených větrnou erozí.

Kromě změny půdních teplotně vlhkostních režimů a eroze se budou měnit i vlastnosti půd jako je např. jejich utužení, dehumifikace, acidifikace či zasolování.

4.2.2.6 SWOT analýza dopadů na agrosystémy a rámec možných adaptačních opatření

SWOT analýza dopadů změny klimatu v oblasti zemědělství členěná podle nadmořské výšky

Méně než 400 m n. m.

- Silné stránky – kvalitní půdy, silná zemědělská tradice, vhodné podmínky pro agroturistiku
- Slabé stránky – nedostatek srážek, silná větrná a vodní eroze, závlahové systémy na hranici životnosti, zanášení vodních nádrží sedimenty a eutrofizaci vod spláchnutými živinami, malý počet mokřadů a vodních nádrží či ploch, malá výsadba větrolamů
- Příležitosti - delší vegetační sezóna, možnosti rozšíření pěstování teplomilných plodin a odrůd, zavedení mikrozávlah, realizace pozemkových úprav
- Hrozby – vysoká variabilita výnosů, narůstající sucho, absence sněhové pokrývky, výskyt silných holomrazů, zničující jarní mrazy, výskyt invazivních chorob a škůdců, vyšší počet letních dní s dopadem na fenologii a výnos polních plodin, vyšší počet tropických dní s dopadem na zdraví a živočišnou výrobu, snížení hladin vodních ploch a omezení průtoků řek s dopadem na chov ryb, vyšší riziko požárů, frustrace ze zemědělských výsledků a riziko opuštění půdy, zvýšení nezaměstnanosti,

400-800 m n. m.

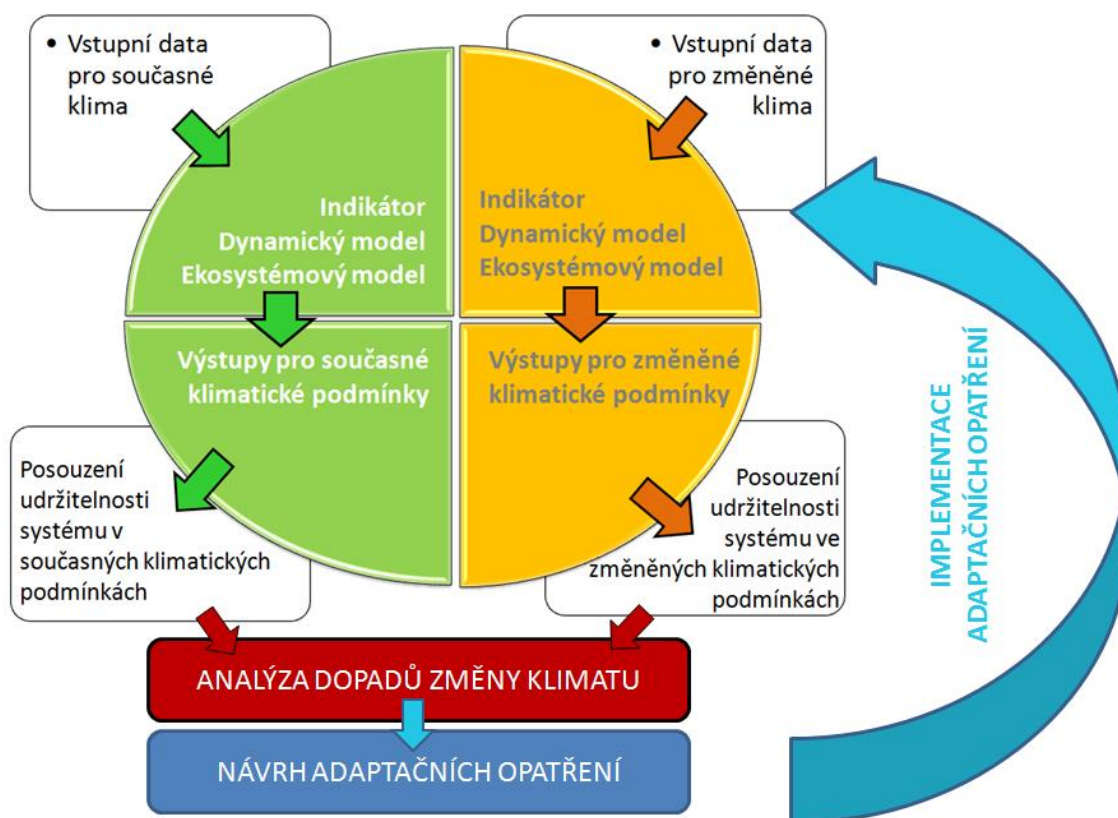
- Silné stránky – relativní dostatek srážek, pro ozimy důležitý výskyt sněhové pokrývky, nižší výskyt vln veder,
- Slabé stránky – méně kvalitní půda, vodní i větrná eroze,
- Příležitosti - delší vegetační sezóna, zvýšení výnosů polních plodin, možnosti rozšíření pěstování teplomilných plodin a odrůd, zvýšení obsahu organických látek v ornici a zlepšení kvality humusu, možnost pěstování rychle rostoucích dřevin a bylin, potenciál na chov dobytka,
- Hrozby – narůstající sucho, zvyšující se dehumifikace půd v důsledku porušení vodního režimu půdy, silnější vodní eroze, vyšší riziko požárů,

Nad 800 m n. m.

- Silné stránky – kladná vodní bilance a dostatek srážek, klimaticky podmíněný potenciál agroturistiky
- Slabé stránky – méně kvalitní půda, vodní eroze, citlivost vůči větrným bouřím,
- Příležitosti – pěstování polních plodin s kratší vegetační dobou, rozvoj agroturistiky
- Hrozby – snižující se doba trvání sněhové pokrývky, kalamitní rozšíření chorob a škůdců, vyšší hrozby požárů vegetace, zvýšené větrné kalamity

Při adaptační analýze, která je součástí některých běžících projektů, je nezbytné vzít v úvahu i možnosti adaptační analýzy a posoudit přínos jednotlivých adaptačních opatření na zajištění udržitelnosti zkoumaných procesů. Zjednodušeně lze základní metodu práce shrnout diagramem (obrázek 39). Uvedený postup (s nezbytnou mírou modifikace) je univerzálně aplikovatelný a bývá používán takřka ve všech studiích zabývajících se touto problematikou.

Obrázek 39 Schéma základní metodiky analyzující dopady změny klimatu na udržitelnost jednotlivých funkcí (systému) a posouzení možností adaptačních opatření



Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

Úvodem je nutné zdůraznit, že **realizace většiny adaptačních opatření je užitečná i bez dopadů změny klimatu, jde o zlepšení kvality naší krajiny a jejích ekosystémových služeb**. Skutečností je, že 88 % naší krajiny (10 % jsou zastavěné a ostatní plochy, 2 % jsou vodní plochy) obhospodařují zemědělské (53 %) a lesnické (34 %) společnosti. Právě ty společně se správci vodohospodářské soustavy nesou největší výkonnou odpovědnost za to, jak naše krajina vypadá, jak se vyvíjí a jak si plní své ekosystémové funkce. To, že primární funkcí pro drtivou většinu společností je funkce produkční (ať již se jedná o rostlinné komodity či dřevo), je zřejmé. Důkazem je často až výhradní pěstování tržně zajímavých plodin, ať již pšenice, řepky či kukuřice pro bioplynové stanice nebo v lesnictví pěstování a opětovná výsadba komerčně úspěšného smrku. Je třeba říci, že v současné době se k nápravě podnikají poměrně razantní a ekonomicky orientované kroky. Např. nové dotační nástroje pro program rozvoje venkova jsou směřovány nejen na konkurenceschopné zemědělství a lesnictví, ale i zlepšování životního prostředí a krajiny či rozvoje životních podmínek. Konkrétně se jedná o programy zahrnující agroenvironmentálně-klimatická opatření, předcházení eroze půdy, zachování a zvýšení biologické rozmanitosti či dokonce podpora ukládání a pohlcování uhlíku v zemědělství a lesnictví.

4.2.3 Stanovení indikátorů

4.2.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto, přičemž podtržené jsou v dalším textu blíže komentovány:

- Průměrné roční teploty
- Průměrné letní teploty
- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Počet ledových dnů
- Trvání sněhové pokrývky
- Délka období sucha
- Jarní srážkové úhrny
- Letní srážkové úhrny
- Podzimní srážkové úhrny
- Počet dnů se srážkami nad 20 mm

Aby byla tato práce v souladu se současnými trendy a kompatibilní se scénáři použitými v 5. hodnotící zprávě IPCC (AR5), byly zvoleny emisní scénáře RCP 4.5 a RCP 8.5. Na základě detailní analýzy dostupných GCM modelů použitými v AR5 byly z databáze CMIP5 (Taylor et al., 2012) vybrány 3 GCM modely, které poměrně dobře reprezentují spektrum očekávaných změn. Jedná se o modely uvedené v následující tabulce (tabulka 18). Jedná se o originální výpočty na základě nejnovějších dat nedostupných v době zpracování předchozích analýz dopadu změn klimatu (např. studie Pretela, 2011) a je třeba je brát jako zásadní doplnění existujících podkladů. Tato analýza bude v krátké době doplněna o výsledky celého reprezentativního portfolia GCM a RCM modelů (www.klimatickazmena.cz) zpracované pro území ČR.

Tabulka 18 Přehled GCM modelů použitých pro přípravu scénářů změny klimatu v této studii

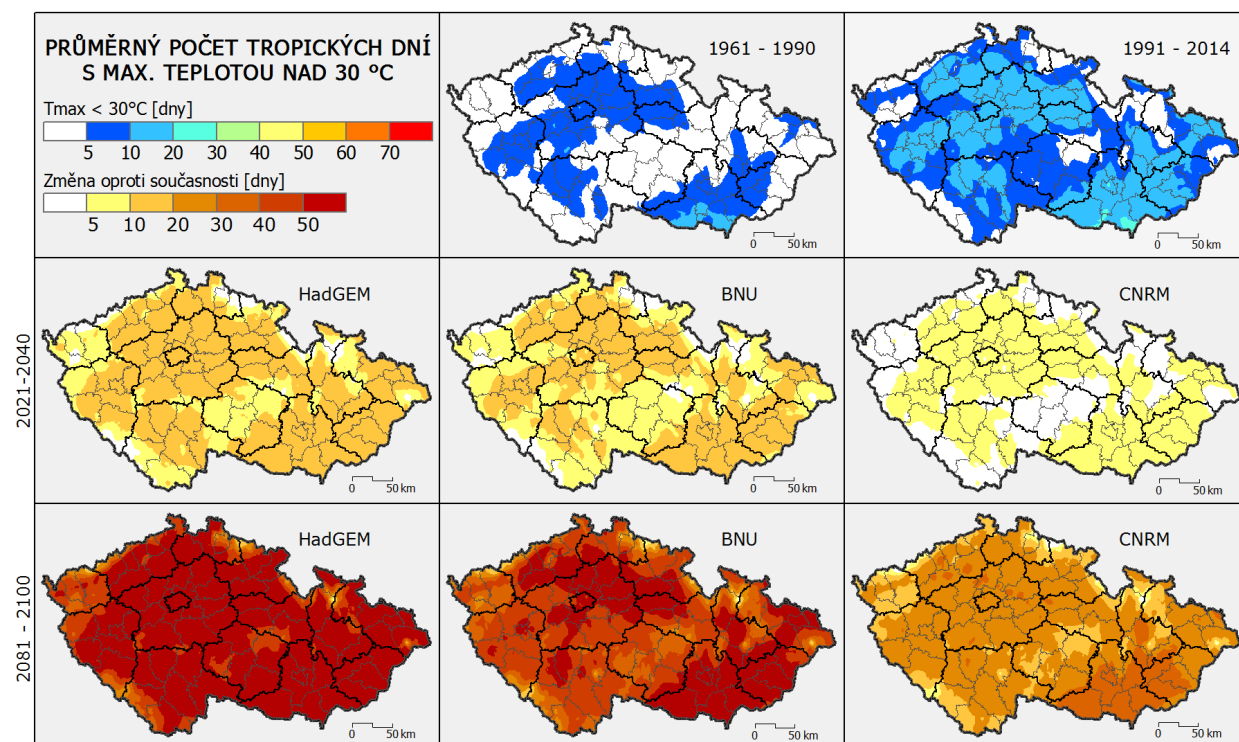
Centrum provozující model	Země	Oficiální zkratka v AR5
CNRM-GAME & Cerfacs	Francie	CNRM-CM5
UK Meteorological Office	Velká Británie	HadGEM2-ES
Beijing Normal University	Čína	BNU - ESM

4.2.3.1.1 Počet tropických dní, tj. dní s teplotou $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$

Autoři této kapitoly využili při zpracování indikátoru „Počet tropických dní“ vlastních modelů a výpočtů. V jiných částech studie jsou využívány výstupy ze studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011) nebo „Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Belda, 2015).

Trendy v počtu tropických dní jsou zřejmé a vysoce signifikantní, a to již mezi obdobími 1961-1990 a posledními 24 lety (1991-2014). Nárůst četnosti tropických dní je v průměru téměř dvojnásobný mezi oběma obdobími, a podle prezentovaných závěrů (obrázek 40 a tabulka 19) bude i nadále pokračovat rychlým tempem. Nárůstu nejsou a nebudou ušetřeny ani střední a vyšší polohy a stoupá výrazně incidence tropických dní v měsících jako je květen, kdy mají vysoké teploty potenciál napáchat výrazné škody na řadě zemědělských plodin i trvalých kultur.

Obrázek 40 Průměrný počet dní s denní maximální teplotou > 30°C v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5.



Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

Tabulka 19 Průměrný počet dní s denní maximální teplotou > 30°C v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.

RCP 4.5					
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	4,00	8,88	19,25	21,10	33,75
BNU			17,60	18,05	29,15
CNMR			14,10	12,70	20,10
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. Výšku do 400 m n. m.					
HadGEM2	6,03	12,08	24,30	26,10	40,70
BNU			22,05	22,80	35,50
CNMR			17,90	16,45	24,95
RCP 8.5					
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	4,00	8,88	20,85	28,10	66,80
BNU			18,85	23,35	56,50
CNMR			14,70	15,25	33,85
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. Výšku do 400 m n. m.					
HadGEM2	6,03	12,08	26,05	34,20	75,25
BNU			23,50	28,95	64,35
CNMR			18,70	19,30	40,25

Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

4.2.3.1.2 Trvání sněhové pokrývky

Délka trvání sněhové pokrývky je indikátorem naznačujícím možnosti pěstování (a zejména úspěšného přezimování) klíčových plodin, jakými jsou v současnosti pšenice ozimá či řepka ozimá. Současně je vhodným indikátorem signalizujícím charakter počasí v zimním období, a to jak z pohledu teplot, tak z pohledu srážek. Mezi léty 1961-1990 a 1991-2014 se počet dní se sněhovou pokrývkou dramaticky snížil na prakticky celém území, ale zvláště v nadmořských výškách nad 400 m.n.m. Změny tohoto indikátoru jsou a zejména ještě budou dramatické. Při realizaci emisního scénáře RCP 8.5 by během tohoto století poklesl průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou vyšší než 3 cm čerstvého sněhu (což je minimum pro její protektivní funkci) na přibližně jednu desetinu současných hodnot i méně. V tomto ukazateli panuje mezi třemi použitými GCM modely velmi dobrá shoda.

Podrobné charakteristiky indikátoru jsou uvedeny v kapitole 4.11 Návrhy indikátorů – souhrn.

4.2.3.2 **Indikátory dopadové**

Hlavním úkolem rostlinné produkce je produkovat v dostatečném množství kvalitní potraviny a krmiva a rovněž suroviny pro různá odvětví průmyslu včetně výroby energie. Způsob hospodaření na půdě a pěstování polních plodin i dalších kultur tak ovlivňují energo-materiálové toky řízených ekosystémů, mají přímý vliv na vzhled krajiny i na okolní ekosystémy. Zvýšená variabilita výnosů polních plodin v posledních letech indikuje malou homeostázi agrosystémů na orné půdě v ČR. Lze usuzovat, že je to výsledek dlouhodobého (více jak 15 let) působení nízkých dávek živin v minerálních a organických hnojivech, relativně nízkých dávek pesticidů, především fungicidů a důsledek nevhodné struktury plodin – snížení ploch dobrých předplodin (okopanin, luskovin a víceletých píceň).

Negativní efekty těchto faktorů jsou zesilovány extrémními změnami počasí (vysoké teploty a sucho, příválové deště, holomrazy a další anomálie v průběhu počasí), jejichž frekvence se v posledních letech zvyšuje. Lze předpokládat, že uvedené trendy hodnot indikátorů produktivity a stability produkce u řízených ekosystémů na orné půdě budou pokračovat také v následujících letech.

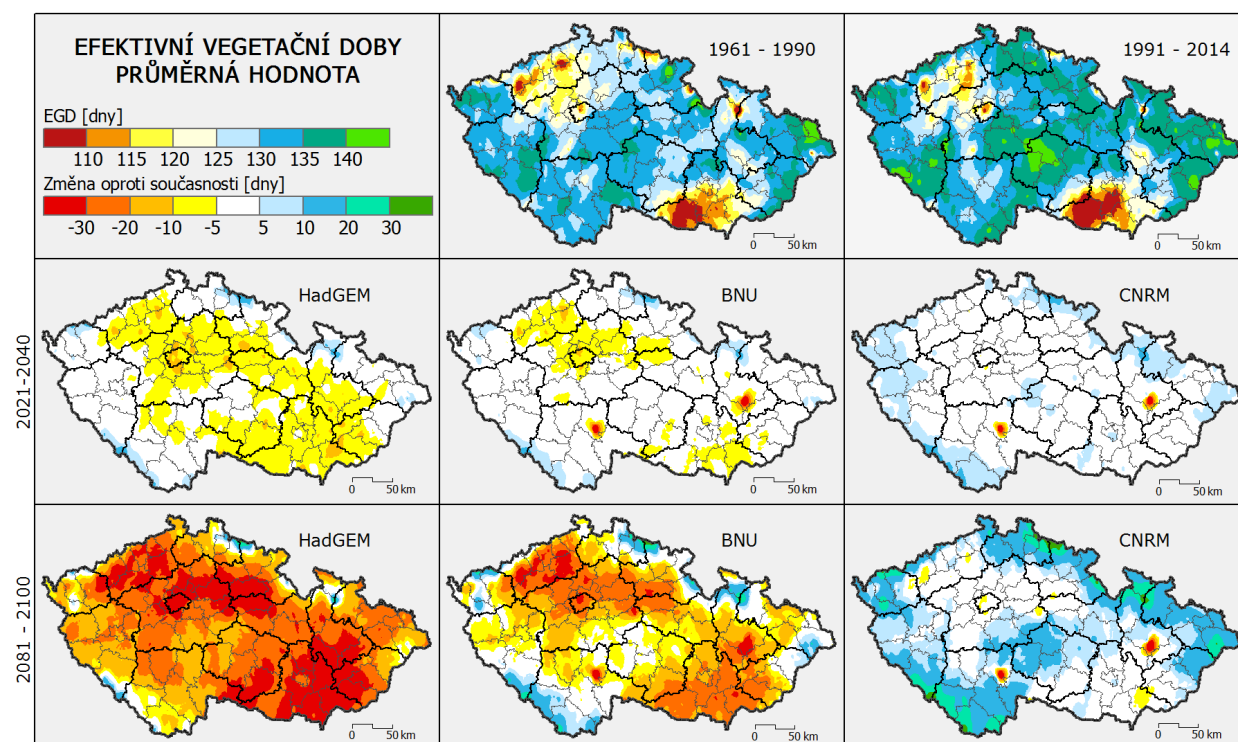
Současně je evidentní, že hodnoty agrometeorologických předpokladů produkce se budou výrazně měnit. Z celé řady potenciálních indikátorů, které byly vyhodnocovány a zčásti představeny výše, byly jako dopadové zvoleny následující:

- 1) **Efektivní délka vegetačního období = EDVO, jako indikátor potenciální produkce;**
- 2) **Stres nedostatkem vláhy v povrchové vrstvě půdy (0-40 cm), jako indikátor zemědělského sucha;**

4.2.3.2.1 Efektivní délka vegetačního období= EDVO

Efektivní délka vegetačního období je jedním z indikátorů, který můžeme použít pro vyhodnocování produkční schopnosti území z pohledu zemědělské výroby. Jak dokládá obrázek 41, mezi léty 1961-1990 a 1991-2014 došlo k poměrně výraznému snížení EDVO v oblasti jižní Moravy a severozápadních Čech. Přes nárůst teplot, který obecně potenciálně trvání vegetační doby a tedy i EDVO prodloužil (viz obrázek 36) se EDVO na řadě míst snižuje. Ke snížení došlo v nižších polohách v oblastech s podprůměrnými srážkovými úhrny a bylo tedy způsobeno zvýšením nedostatku vláhy (např. obrázek 32). Naopak ve vyšších polohách se průměrná hodnota EDVO zvýšila (tabulka 20) právě v důsledku vyšších teplot, přičemž srážky byly stále ještě dostatečné, aby udržely zásobu vody v půdě na dostatečné úrovni. Tabulka 20 dokládá, že změny jsou významné jak v celé ČR, tak zejména v oblastech ČR s nadmořskou výškou nižší než 400 m n. m (tedy v oblasti, kde se nachází většina našich nejproduktivnějších regionů). Je třeba upozornit na značnou variabilitu mezi použitými modely. Zatímco modely HadGEM2 a BNU předvídají pro zemědělské oblasti spíše snížení EDVO, model CNRM ukazuje opačnou tendenci. Předchozí verze modelu CNMR byla řídicím modelem pro většinu analýz provedených Pretlem et al. (2011) a je zřejmé, že tento model postihl pouze jednu možnou tendenci vývoje agroklimatických podmínek. Tabulka 20 uvádí časovou dynamiku změn a trendy v období referenčním (1961-2014), a očekávaný výhled pro 3 časová období.

Obrázek 41 Efektivní délka vegetačního období v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5



Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

Tabulka 20 Efektivní délka vegetačního období v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.

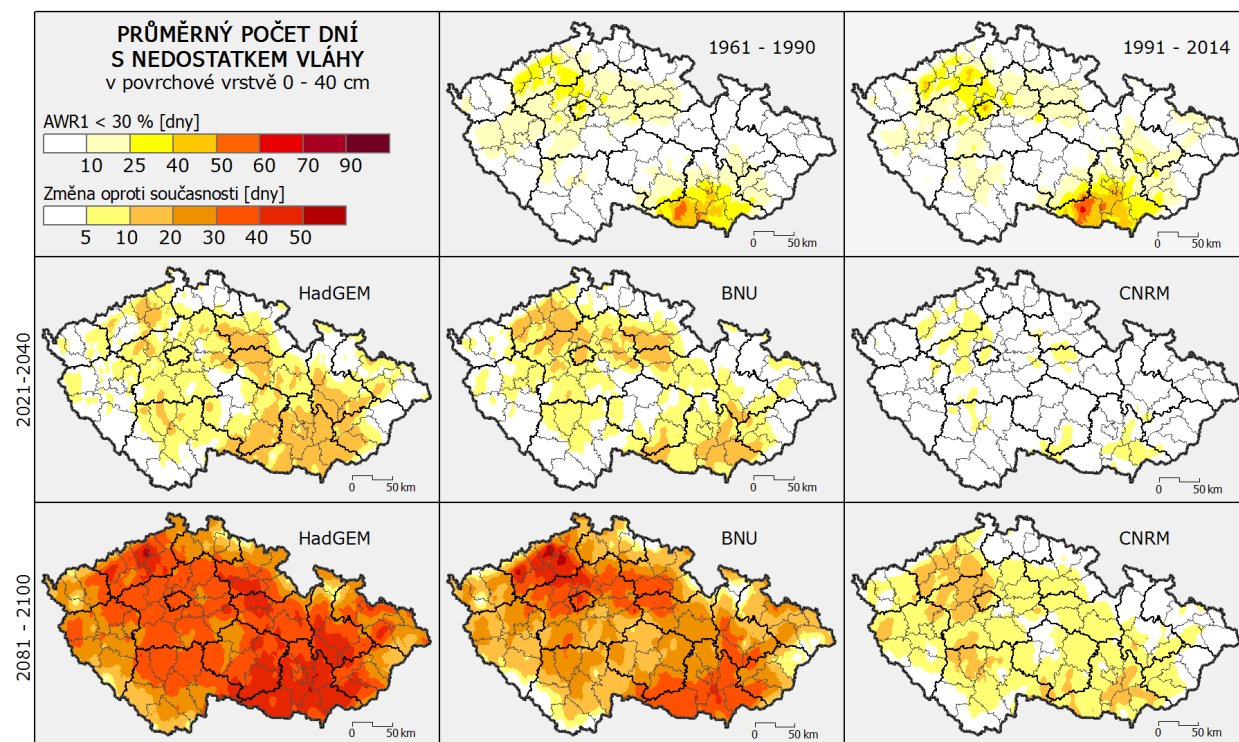
RCP 4.5					
Změna mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	130,23	134,04	131,40	127,65	125,75
BNU			133,85	131,50	132,75
CNMR			137,70	136,90	140,30
Změna mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. výšku do 400 m n. m.					
HadGEM2	128,17	132,17	126,85	122,45	119,40
BNU			129,15	126,10	125,65
CNMR			133,55	132,85	134,95
RCP 8.5					
Změna mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	130.23	134.04	130.85	125.15	112.70
BNU			133.80	131.25	127.10
CNMR			137.85	138.55	143.55
Změna mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. výšku do 400 m n. m.					
HadGEM2	128,17	132,17	125,95	119,15	103,35
BNU			128,80	124,45	114,60
CNMR			133,70	133,55	135,85

Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

4.2.3.2.2 Stres nedostatkem vláhy v povrchové vrstvě půdy (0-40 cm)

Počet dní s nedostatkem vláhy v povrchové vrstvě je indikátorem vhodnosti/nevhodnosti území pro produkci plodin bez využití závlah. Jak ukazuje obrázek 42 a tabulka 21 došlo mezi období 1961-1990 a 1991-2014 ke zvýšení počtu dní (řádově o 1,5 dne), nicméně některé modely GCM odhadují, že počet suchých dní by v poměrně krátkém časovém horizontu mohl narůst až několikanásobně. Nedostatek vláhy by pochopitelně postihl nejen polní plodiny, ale indikátor lze použít pro odhad změn produkčních podmínek, například pro trvalé travní porosty či trvalé kultury (např. sady či vinice). Relativně nejmenší změnu oproti současnosti lze odhadnout při realizaci GCM modelu CNMR, který se od odhadu HadGCM a BNU liší podstatně vyššími úhrny srážek.

Obrázek 42 Průměrný počet dní s nedostatkem vláh vyvolávajícím stres suchem (v povrchové vrstvě 0-40 cm) v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5.



Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

Tabulka 21 Průměrný počet dní s nedostatkem vláh vyvolávajícím stres suchem (v povrchové vrstvě 0-40 cm) v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.

RCP 4.5					
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	6,87	8,13	14,05	17,00	22,65
BNU			12,80	14,10	18,00
CNMR			10,45	11,00	12,40
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. výšku do 400 m.n.m					
HadGEM2	11,37	12,92	21,20	24,20	31,05
BNU			20,05	21,35	27,50
CNMR			16,00	15,65	18,30
RCP 8.5					
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	6,87	8,13	14,90	20,95	40,90
BNU			13,20	16,45	28,85
CNMR			10,70	11,70	14,70
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. výšku do 400 m.n.m					
HadGEM2	11,37	12,88	22,05	28,50	50,05
BNU			20,85	24,80	40,25
CNMR			16,35	16,70	20,30

Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

4.2.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.2.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti zemědělských ekosystémů pomocí zvolených indikátorů

- Je evidentní, že existuje riziko snížení potenciální produktivity klíčových zemědělských oblastí v ČR, neboť v důsledku nedostatku vláhy klesá efektivní délka vegetační sezóny. Naopak ve vyšších polohách s relativním dostatkem vláhy hodnota roste, ale zemědělská produkce ve vyšších polohách nebude schopna v dlouhodobém časovém horizontu vykrývat výpadky nižších poloh. Výsledná hodnota indikátoru je poměrně dosti citlivá na volbu klimatického modelu, nicméně významná část modelů signalizuje riziko poklesu produktivity a tento fakt některé z předchozích studií zanedbaly.
- Změny v délce trvání sněhové pokrývky jsou zásadní a nepříznivé pro produkci ozimých plodin. Ačkoliv krátké trvání sněhové pokrývky umožní použít některé alternativní postupy, zůstává naše území zranitelné při výskytu extrémně nízkých teplot v zimních měsících bez přítomnosti sněhové pokrývky.
- Riziko výskytu sucha obecně stoupne, a to podle některých scénářů i několikanásobně. To v kombinaci s výše uvedenými změnami podvazuje produkční schopnost zvláště těch regionů, které dnes spadají do kukuřičné a řepařské výrobní oblasti.
- Počet extrémně teplých dní se zvýší dramaticky a riziko negativních dopadů pro zemědělské plodiny i hospodářská zvířata a akvakultury je vysoké. Navíc na rozdíl od nedostatku vláhy není zvýšení počtu extrémně teplých dní řešitelné u polních kultur technickými opatřeními. Dramaticky se zvyšuje riziko výskytu dní s maximem vyšším než 35°C a také riziko vysokých teplot již v měsíci květnu.

4.2.4.2 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

U všech zvolených indikátorů pozorujeme negativní změny v oblasti jižní Moravy a středních a severozápadních Čech, v případě sněhové pokrývky také významněji ve vyšších polohách. Zde se i dopady projeví nejdříve a s vyšší intenzitou. Nicméně obrázek 32 a obrázek 33 dokládají, že právě tyto regiony jsou nejvíce ohrožené suchem a toto riziko dále zesílí. Kombinace zvýšené pravděpodobnosti výskytu extrémně vysokých teplot a zimního období prakticky bez sněhové pokrývky může vést ke zvýšené variabilitě výnosů. Ostatně tyto tendence jsou patrné už dnes (např. Trnka, 2015 a obrázek 19). Naopak ve středních a vyšších polohách je možné očekávat zejména v nejbližším hodnoceném horizontu (2021-2040) v některých ohledech i zlepšení podmínek pro zemědělské hospodaření. Bohužel tyto regiony se svými půdními vlastnostmi a často i konfigurací terénu nemohou vyrovnat potenciální výpadek produkce v nižších nadmořských výškách. Navíc hospodaření v těchto oblastech je ovlivněno i vyšším výskytem trvalých travních porostů s půdoochrannou a retenční funkcí a přeměna na ornou půdu by byla dlouhodobě neudržitelná a v rozporu s udržitelným hospodařením.

4.2.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 22 Zemědělství – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost scénáře	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
1	Postupný nárůst průměrné roční teploty (až přes 3°C)	při současném způsobu zemědělského hospodaření	Prodloužení vegetačního období. Tzv. velké vegetační období na celém území ČR delší o více než jeden měsíc (prodloužení symetricky rozloženo mezi jaro a podzim), nemusí však znamenat lepší podmínky pro rostlinnou produkci	4	1	1	4
		za současného stavu zemědělské krajiny	Zvýšení možného (potenciálního) výparu (v podobě evapotranspirace) z území. Prohloubení deficitu vodní bilance s výsledkem četnějších a intenzivnějších epizod sucha v rámci vegetační doby (s negativními dopady zejména v nížinách)	4	4	4	64
		při současném způsobu zemědělského hospodaření	Výrazné snížení rozlohy oblastí odpovídajících agroklimatickými podmínkami obilnářsko-bramborářské a pěstinnářské výrobní oblasti. Na většině území agroklimatické podmínky odpovídající kukuřičné výrobní oblasti. V nížinách výskyt nezvykle teplých a suchých podmínek.	4	3	3	36
		a nárůstu koncentrací CO ₂	Při zohlednění přímého vlivu vyšší koncentrace CO ₂ v atmosféře lze očekávat stagnaci nebo mírný nárůst průměrných výnosů ječmene jarního a pšenice ozimé. V kombinaci s výskytem dalších agroklimatických faktorů lze očekávat nárůst rozdílů mezi jednotlivými ročníky.	4	3	3	36
		při současném způsobu zemědělského hospodaření	Nové invazní druhy chorob a škůdců, vyšší počet generací stávajících škůdců a jejich posun do vyšších nadmořských výšek	4	2	2	16
2	Postupný výraznější nárůst jarních a především letních teplot (až o cca 4 °C)	za současného poklesu letních srážek	Riziko vážného poškození obilnin v citlivých fázích růstu (např. období okolo kvetení), riziko stresu vysokými teplotami u plodin s dobou vegetace během letních měsíců (pícniny, kukuřice, řepa...)	4	4	4	64
		za současných podmínek péče o hospodářská zvířata	Stres chovaných zvířat vysokými teplotami (stáje i pastviny), snížení užitkovosti zvířat	3	3	3	27

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost scénáře	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
3, 14	Postupné zvyšování tepl. maxim a minim (až o 3-4 °C), Prodlužování četnosti a délky vln veder	při současném způsobu zemědělského hospodaření a využití stávajících plodin	Stres vysokými teplotami, nárůst rizika poškození obilnin v citlivých fázích růstu (např. období okolo kvetení)	4	4	4	64
5	Výrazně se snižující počet mrazových a ledových dní	při současném způsobu zemědělského hospodaření	Menší riziko poškození plodin mrazy a holomrazy, které by díky absenci sněhové pokrývky mohly škodlivě působit častěji.	3	2	1	6
			Menší riziko poškození porostů mrazy	3	2	3	18
6	Postupný pokles srážek v letním období (20 %)	při pěstování stávajících zem. plodin	Nedostatek půdní vláhy pro růst plodin s dobou vegetace v letních měsících (např. kukuřice, řepa, píceiny)	3	4	4	48
9, 15.3	Prodlužování období sucha zejména v letním období, Dlouhodobé období sucha	při pěstování stávajících zem. plodin	Díky vyššímu stresu suchem propady výnosů zemědělských plodin. Nížiny budou patřit mezi častěji postižené oblasti. Problém s přípravou půdy a zakládání porostů ozimů. Problematické zakládání porostů meziplodin.	4	4	5	80
		v oblasti rostlinné výroby	Pravděpodobný nárůst potřeby závlahové vody pro eliminaci výnosových ztrát	3	3	4	36
		při současném způsobu zemědělského hospodaření	V případě nízkých vlhkostí půdy je problematické zpracování půdy. Vzroste riziko větrné eroze během zpracování půdy i mimo operace.	4	3	3	36
12	Snížení průtoků ve vodních tocích v letním období	za současného nárůstu teplot	V případě potřeby závlahové vody vznik rizika její nedostupnosti.	3	4	3	36
13	Zvyšování četnosti dnů s vyššími srážkami (přívalové srážky)	při současném způsobu zemědělského hospodaření a nevyhovujícího stavu zemědělské krajiny	Narůstající riziko odnosu půdy na svažitých pozemcích bez patřičných protierozních opatření	4	4	5	80
			Poškození porostů na orné půdě v důsledku přívalových dešťů a krupobití (např. poléhání, poškození listového aparátu, pokles kvality produkce)	4	3	4	48

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost scénáře	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
			Poškození porostů v důsledku krátkodobého i dlouhodobého zaplavení pozemků. Snížení přístupnosti pozemků.	3	4	4	48
			V důsledku přívalových srážek bude narůstat riziko vyplavování živin z půdy	2	2	2	8

4.2.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

4.2.6.1 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření

Adaptační strategie doporučuje celou řadu adaptačních opatření v souvislosti s řešením negativních dopadů změny klimatu do oblasti zemědělství. Důraz je sice v úvodu kladen na flexibilní a šetrné využívání území, zavádění nových technologií stejně jako diverzifikace zemědělství. Nicméně konkrétní opatření jsou pak dále rozváděna zejména s důrazem na udržení půdní úrodnosti. V případě udržení produkční schopnosti území je pak adaptační strategie podstatně méně konkrétní. Strategie současně neřeší potenciální ohrožení produkční úrovně, a přestože je bere v úvahu a navrhuje „diverzifikaci“ zemědělské výroby a expanzi zemědělských subjektů do jiných činností, nelze pominout reálné riziko vyšší výnosové variability na hospodaření těchto subjektů.

Opatření navržená v Adaptační strategii pokrývají řadu predikovaných dopadů klimatické změny, nicméně v některých ohledech postrádají konkrétní (funkční) návrhy, které by zajistily udržitelnou zemědělskou produkci. Níže v tabulce je seznam hlavních identifikovaných rizik a k nim je uvedeno vyhodnocení dostatečnosti opatření z Adaptační strategie.

Tabulka 23 Zemědělství – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Zvýšení počtu tropických dní – riziko pro správný vývoj a růst rostlin a riziko poklesu výnosu.	AS reaguje podporou výzkumu nových genetických zdrojů, a zčásti nezmiňuje nutnost potřeby hledání nové plodinové struktury.	Je nezbytné klást větší důraz na nejen růst diverzity používaných odrůd i plemen, ale i plodinové struktury.
Zvýšení počtu tropických dní – riziko pro hospodářská zvířata (teplotní stres zvláště pro vysoko-užitková plemena) a akvakultury (zejména chov ryb v rybnících s nízkým průtokem a nemožností regulace teploty vody)	AS reaguje podporou výzkumu nových genetických zdrojů, nicméně otázku případné nutnosti zavádění chovu nových druhů ryb a odolnějších plemen skotu a/nebo stavební modifikaci existujících budov/nádrží, aby vyhovovaly očekávaným podmínkám, nezmiňuje.	Zavádění chovu nových druhů ryb a odolnějších plemen skotu. Stavební modifikace existujících budov/nádrží.
Snížení zásoby vody v půdě – bude docházet k výraznému snížení disponibilní vody v půdním profilu	AS riziko vnímá, nicméně navrhovaná opatření doposud postrádají provázanost na další sektory.	AS postrádá požadavek na bilanci dostupných vodních zdrojů a kvantifikaci disponibilní vody např. pro závlahy. Nutné pro specifikaci komplexu vhodných opatření.
Riziko výskytu extrémně suchých období – devastující epizody sucha na velkém území	AS upozorňuje na riziko výskytu zemědělského sucha, nicméně větší pozornost je třeba věnovat devastujícím epizodám. Důsledky pro potravinovou bezpečnost a ekonomickou stabilitu sektoru jsou zmiňovány nepřímo.	V AS chybí v oblasti zemědělství strategie proti suchu. Tuto oblast je vhodné podrobněji rozpracovat
Zvýšení erozního ohrožení půdy a zintenzivnění dopadu eroze na vodní zdroje	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Zkrácení doby přítomnosti sněhové pokrývky, omezení jejího ochranného vlivu a současně nárůst rizika jarního sucha	AS tuto skutečnost zmiňuje jako riziko.	Je třeba upozornit, že pěstování ozimých plodin (které bude v podmínkách bez sněhové pokrývky riskantnější) je často zmiňováno jako opatření proti dopadům zemědělského sucha.

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Pokles počtu produktivních dní - riziko snížení produkční schopnosti území a celkové výnosové úrovně.	AS riziko poklesu zemědělské produkce nezmiňuje a nenabízí tedy ani adresná adaptační opatření.	Nenavržena
Zvýšení teplot a sum efektivních teplot – riziko pro výskyt vyššího počtu generací některých škodlivých činitelů, výskyt nových škodlivých činitelů	AS na toto riziko reaguje dostatečně.	x
Celková změna agrometeorologických podmínek – nutnost hledání nových způsobů organizace rostlinné a návazné živočišné výroby (nové osevní postupy, zdroje krmiv apod.)	AS nezmiňuje riziko zneplatnění současných agrotechnických postupů, provázanosti rostlinné a živočišné výroby a osevních postupů.	Zavádění nových plodin a plemen Budování zpracovatelských kapacit a vytvoření odbytových předpokladů.

4.2.6.2 Závěrečné zhodnocení Adaptační strategie

Jak naznačuje tabulka výše, Adaptační strategie zmiňuje řadu opatření použitelných při adaptaci na klimatickou změnu. Nicméně je třeba upozornit, že v případě zemědělské výroby je návrh směrů adaptací orientován především na ochranu zemědělského půdního fondu a ekosystémové služby s výjimkou produkční funkce. Strategie klade důraz na **principy udržitelného hospodaření**. S tím nelze než souhlasit, ale je třeba akcentovat i udržitelnost produkční schopnosti, jako předpoklad ekonomické udržitelnosti hospodaření. Tento bod bychom rádi akcentovali s tím, že je nezbytné legislativně provázat jednotlivé podpůrné i výzkumné programy v sektoru zemědělství, tak aby přinášely komplexní řešení, která budou fyzikálně, biologicky, ekonomicky i sociálně udržitelná. To nějak nesnižuje význam usilovat o směřování hospodařících subjektů k dodržování pravidel ochrany půdy, zlepšování její úrodnosti, zvyšování retenční schopnosti atp. Pokud bude zajištěna legislativní podpora realizace promyšlených adaptačních opatření doplněná o vzdělávání, dají se rizika spojená s dopady změny klimatu do zemědělství snížit, nicméně pravděpodobně ne odstranit.

4.3 VODNÍ REŽIM A VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

Již v současnosti je možno na některých povodích v České republice sledovat negativní dopady změny klimatu na vodní hospodářství, a to v podobě výrazného poklesu odtoku.

Příčinou tohoto negativního jevu je průběžné zvyšování teploty vedoucí k růstu evapotranspirace, jež je sice na většině území kompenzována růstem srážek, nicméně v některých (zatím omezených) oblastech k této kompenzaci nedochází.

Projekce klimatických modelů naznačují, že v budoucnu se tyto oblasti budou rozšiřovat. Co se týče nejbližší budoucnosti (období do roku 2039) lze konstatovat, že projektované změny odtoků jsou značně nejisté, ale dá se předpokládat růst zimních odtoků a pokles odtoků v ostatních ročních obdobích. Z hlediska změn roční bilance jsou projekce odtoků nejisté i ve vzdálenější budoucnosti, ale pravděpodobnost snižování letních a podzimních odtoků se výrazně zvyšuje (Pretel, 2011).

Malé průtoky, snížení rychlosti proudění vody a zvýšená teplota vody způsobí, že voda bude mít v řekách a vodních nádržích delší dobu zdržení a bude se více prohřívat, což jsou obecně hlavní důvody snížení kvality povrchových vod.

Očekávané změny hydrologického cyklu a jakosti vody představují nebezpečí porušení funkce vodohospodářské infrastruktury a zřejmě povedou ke zvýšeným nárokům na odběry. Rostoucí požadavky na vodní zdroje mohou vést ke střetům zájmů mezi odběrateli i ke střetům se zájmem ochrany vodních ekosystémů a ekosystémů vázaných na vodní prostředí (MŽP, 2015).

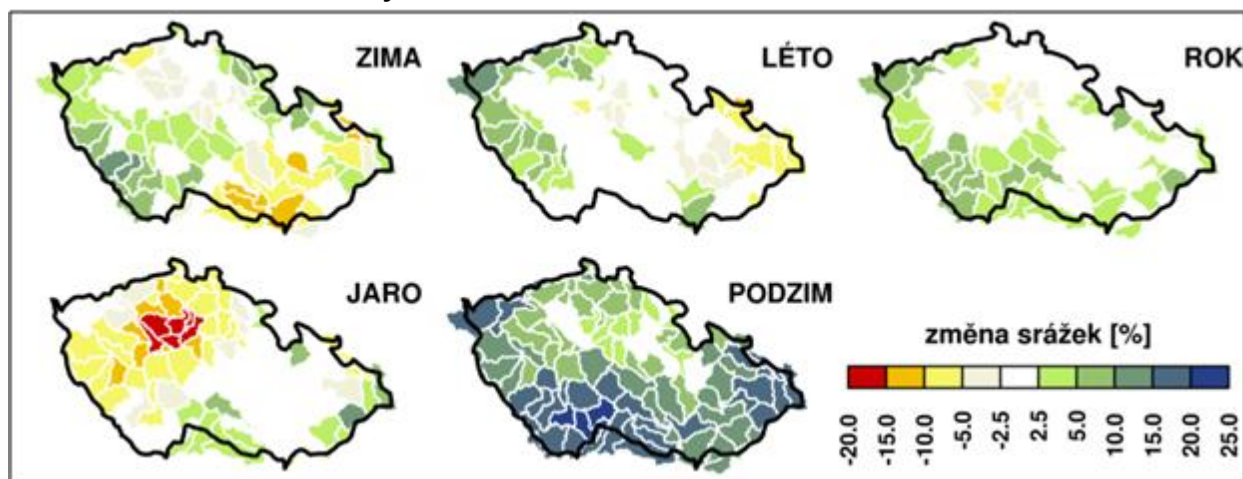
4.3.1 Úvod a kontext

Změny klimatu ovlivňující hydrologický režim lze v České republice pozorovat již řadu let. Nejmarkantnější jsou změny patrné na teplotách vzduchu, které např. mezi obdobími 1961-1980 a 1981-2005 vzrostly v ročním průměru o cca 0,6-1,2 °C. Tyto změny jsou nejvíce patrné v letním období na jihu a jihovýchodě ČR, v zimě a na jaře zejména v západní části republiky. Naopak na podzim dochází pouze k minimálním změnám.

Teplota je zásadní faktor ovlivňující hydrologickou bilanci zejména z toho důvodu, že s rostoucí teplotou roste potenciální evapotranspirace (a pokud je v povodí dostupná voda i územní evapotranspirace). Dochází tedy k rychlejšímu úbytku vody z povodí. Pozorovaný růst teploty vede k růstu potenciální evapotranspirace v ročním průměru řádově o 5–10 %, stejný růst lze konstatovat i pro jaro a léto. K nejvýraznějšímu růstu evapotranspirace dochází v zimě, a to až o více než 20 %, což je způsobeno větším počtem dní s kladnými teplotami vzduchu (Pretel, 2011).

Růst potenciální evapotranspirace je ale na velké části našeho území kompenzován růstem srážek (viz následující obrázek). V roční bilanci činí tento nárůst až 10 %. V ročním chodu můžeme konstatovat výraznější nárůst u podzimních srážek (až 20 %, zejména v jižní části ČR). Výjimkou je oblast středních Čech, kde namísto zmiňovaného růstu srážek, dochází k jejich poklesu, na jaře až o 20 %. Z rozdílu změn srážek a potenciální evapotranspirace je zřejmé, že v roční bilanci dochází na velké části našeho území k účinné kompenzaci růstu potenciální evapotranspirace zvýšenými srážkami. Nicméně ve střední části ČR se nacházejí povodí, pro která toto neplatí, což vede k dlouhodobě pasivní hydrologické bilanci.

Právě v těchto oblastech se již projevují negativní dopady změn klimatu v podobě nedostatku vodních zdrojů v některých letech. Příkladem mohou být povodí Rakovnického potoka, Srpiny, Blšanky a další. V současnosti jde zejména o povodí přirozeně chudá na srážky, nicméně v budoucnu (naplní-li se projekce klimatických modelů) můžeme očekávat podobné problémy i v jiných oblastech České republiky (Pretel, 2011).

Obrázek 43 Pozorované změny srážek mezi obdobími 1961–1980 a 1981–2005

Zdroj: (Pretel, 2011)

4.3.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu na vodní režim v ČR

Podstata možných změn hydrologické bilance na našem území je známa již řadu let. Vyplyvá z projekcí srážek a teplot pro Evropu, tj. postupné zvyšování teplot během celého roku a pokles letních, růst zimních a stagnace ročních srážek (Christensen, 2007). Přesné posouzení přímých důsledků klimatické změny na změny vodního režimu je zatím ještě zatíženo nejistotami, neboť skutečný stav je výraznou regionální proměnnou (MŽP, 2015).

Podrobnější informace o jednotlivých složkách hydrologické bilance jsou uvedeny v kapitole 2.2.1. Níže uvádíme krátké shrnutí.

Dle ČHMÚ in MŽP (2015) patří mezi nejmarkantnější změny klimatu růst teplot vzduchu (viz předchozí kapitola). V roce 2011 ČHMÚ nasimulovalo dle regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ vývoj klimatu v krátkodobém (2010 – 2039) a střednědobém (2040 – 2069) časovém horizontu. Vývoj klimatu uvádí tabulka 24.

Tabulka 24 Změny průměrné sezónní teploty v krátkodobém a střednědobém horizontu v porovnání s referenčním obdobím 1961 – 1990 podle simulace regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ pro scénář A1B

Teplota (°C)	Časový horizont	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Rok
	2010 - 2039	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1
	2040 - 2069	2,6	2,7	1,9	1,8	2,2

Zdroj: (MŽP, 2015)

Z výše uvedeného vyplývá exponenciální růst teplot pro naše území. Srůstem teploty souvisí růst evapotranspirace, která se podílí na vodním režimu území. Vývoj a predikci potenciální evapotranspirace na území ČR dokládá tabulka 25.

Tabulka 25 Dlouhodobé měsíční a roční úhrny potenciální evapotranspirace travního porostu [mm] v referenčním a ve scénářových obdobích

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961-1990	7	11	25	51	76	84	88	76	49	31	16	11	524
2010-2039	9	13	27	54	83	81	96	83	53	34	15	11	559
2040-2069	9	14	32	64	89	87	104	96	60	33	17	13	617
2070-2099	10	15	36	67	88	92	117	110	67	35	18	13	669

Zdroj: (MŽP, 2015)

Vyšší evapotranspirace může vést k vyššímu úhrnu srážek, které se však dle modelů budou v rámci ČR vyznačovat velkou prostorovou variabilitou. Vývoj srážkových úhrnů předkládá tabulka 26.

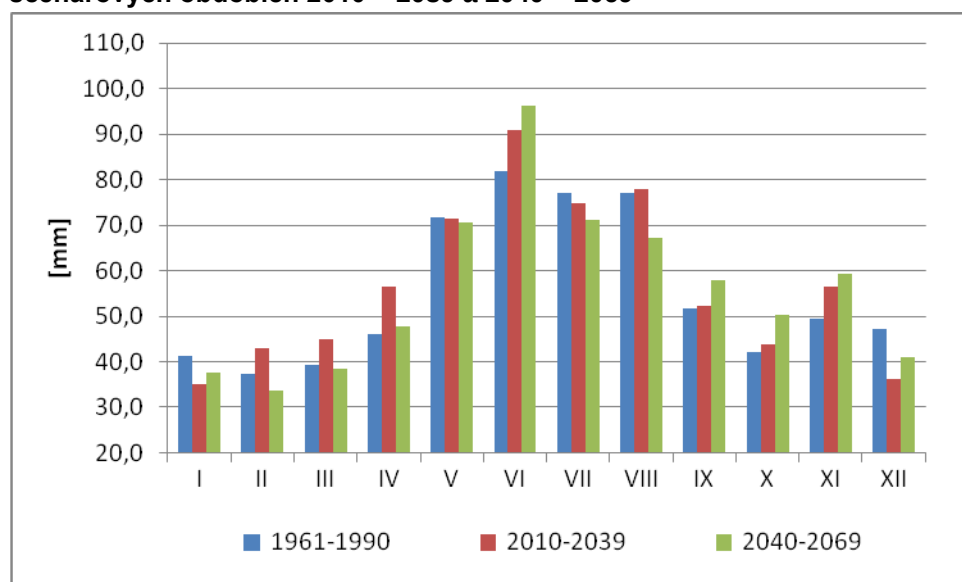
Tabulka 26 Změny průměrných srážek v krátkodobém a střednědobém horizontu v porovnání s referenčním obdobím 1961 – 1990 podle simulace regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ pro scénář A1B

Časový horizont	Srážky	Jaro	Léto	Podzim	Zima	Rok
2010 - 2039	Srážky (podíly úhrnů)	1,10	1,03	1,07	0,91	1,03
	Srážky (%)	10	3	7	-9	3
2040 - 2069	Srážky (podíly úhrnů)	1,00	0,99	1,17	0,89	1,01
	Srážky (%)	0	-1	17	-11	1

Zdroj: (MŽP, 2015)

Z tabulky výše lze vyčíst trend zvyšování podzimních a snižování zimních srážek, v dlouhodobém horizontu dojde k úbytku srážek letních. Celkově by mělo dojít k vzrůstu ročních srážkových úhrnů, dle Pretela (2011) i Hanela (2011) až o 10 %. Rozložení srážek v různých časových horizontech uvádí obrázek 44.

Obrázek 44 Průměrný měsíční úhrn srážek na území ČR v referenčním období 1961 – 1990 a ve scénářových obdobích 2010 – 2039 a 2040 – 2069



Zdroj: (Pretel, 2011)

Hlavní rysy ročního chodu srážek zůstávají zachovány (maximum v létě, minimum v zimě), dochází však k redistribuci měsíčních srážkových úhrnů během roku.

U změn úhrnů srážek v období 2010 – 2039 je situace složitá. Ve většině uzlových bodů modelu je v zimě simulován pokles budoucích srážek (v závislosti na konkrétní lokalitě do 20 %), na jaře jejich zvýšení (od 2 do cca 16 %), v létě a zejména na podzim se situace na různých částech našeho území liší – na podzim najdeme na několika místech slabý pokles o několik procent, jinde zvýšení až o 20 – 26 %, v létě převládá slabý pokles, místy (např. západní Čechy) naopak zvýšení až o 10 %. Zároveň je patrná poměrně výrazná prostorová proměnlivost změn, je tudíž možné, že případný klimatický signál může být v tomto blízkém období překryt projevy přirozených (meziročních) fluktuací srážkových úhrnů (MŽP, 2011).

Podle Hanela (2011) využívajícího model ENSEMBLES má naopak v časových horizontech 2025, 2055 a 2085 dojít ke vzrůstu zimních srážek, shoduje se ve vzrůstu jarních a úbytku letních srážek (viz tabulka

27). Vyšší poklesy letních srážek jsou předpokládány na jihu a východě našeho území (většinou 5–10 %, na východě i 15 %), ale prostorové rozložení změn srážek je nejasné.

Tabulka 27 Průměrné změny srážek (%) pro ČR v souboru klimatických modelů projektu ENSEMBLES

Srážky	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
2025	4,83	1,32	2,79	5,75	3,35
2055	8,05	5,21	-1,9	6,19	3,94
2085	13,74	9,71	-6,61	7,51	5,49

Zdroj: (Hanel, 2011)

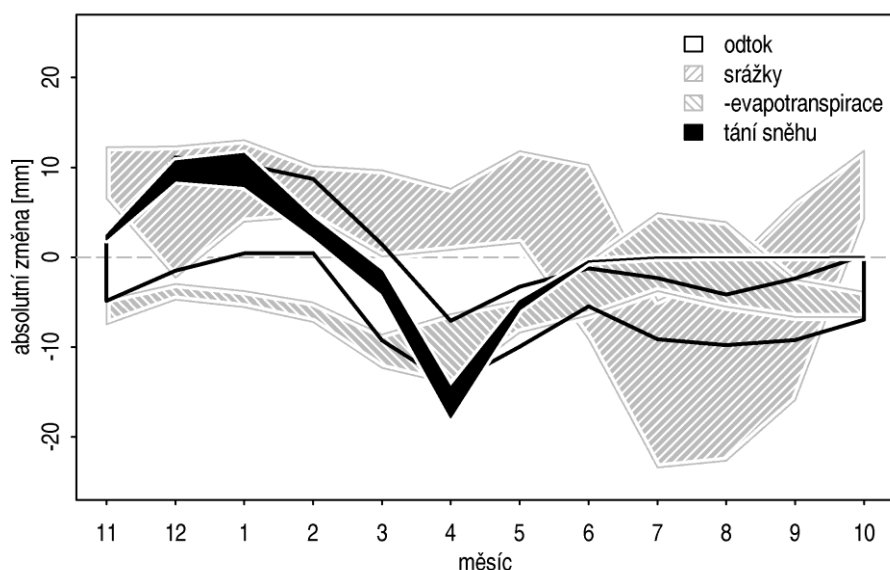
Dle Beldy (2015), který taktéž studoval rozložení srážek v obdobích 2015 – 2039 a 2040 – 2060 vůči simulaci historického období 1971 – 2000, ukazují výsledky pro obě studovaná období nevýrazný nárůst celkových srážek. Rozdíly mezi jednotlivými oblastmi ČR jsou malé a nejistoty vyjádřené jako směrodatné odchylky výsledků jednotlivých modelů dosahují hodnoty těchto rozdílů. Nejvyšší nejistoty se objevují v oblastech nejvyššího vzrůstu srážek – v oblasti Krušných hor a okolí, Krokonoš, Jeseníků, Hanušovické vrchoviny, Moravskoslezských Beskyd a Šumavy.

Jak bylo uvedeno výše, z rozdílu změn srážek a potenciální evapotranspirace je zřejmé, že **na několika místech ČR může docházet k pasivní hydrologické bilanci**. Jedná se zejména o oblast středních Čech. **Naopak pro převážnou část území převažují zvyšující se srážkové úhrny.**

Modelováním dopadů změn klimatu na hydrologický režim se zabýval Hanel (2011), a to pomocí hydrologického modelu BILAN na 250 povodích v ČR.

Poloha České republiky v oblasti přechodu mezi předpokládaným růstem srážek na severu a jejich poklesem na jihu Evropy přispívá k nejistotě odhadu změn roční bilance srážek, respektive odtoku a ostatních složek hydrologického cyklu. Nerovnoměrné rozložení projektovaných změn srážek během roku patří mezi jevy společné pro velkou řadu simulací klimatických modelů. Princip změn hydrologické bilance je demonstrován pro časový horizont 2085 na následujícím obrázku (obrázek 45).

Obrázek 45 Odhad změn vybraných složek hydrologické bilance [mm] v Evropě pro časový horizont roku 2085. Polygony ohraničují oblast, v níž leží projektované změny pro všechna uvažovaná povodí

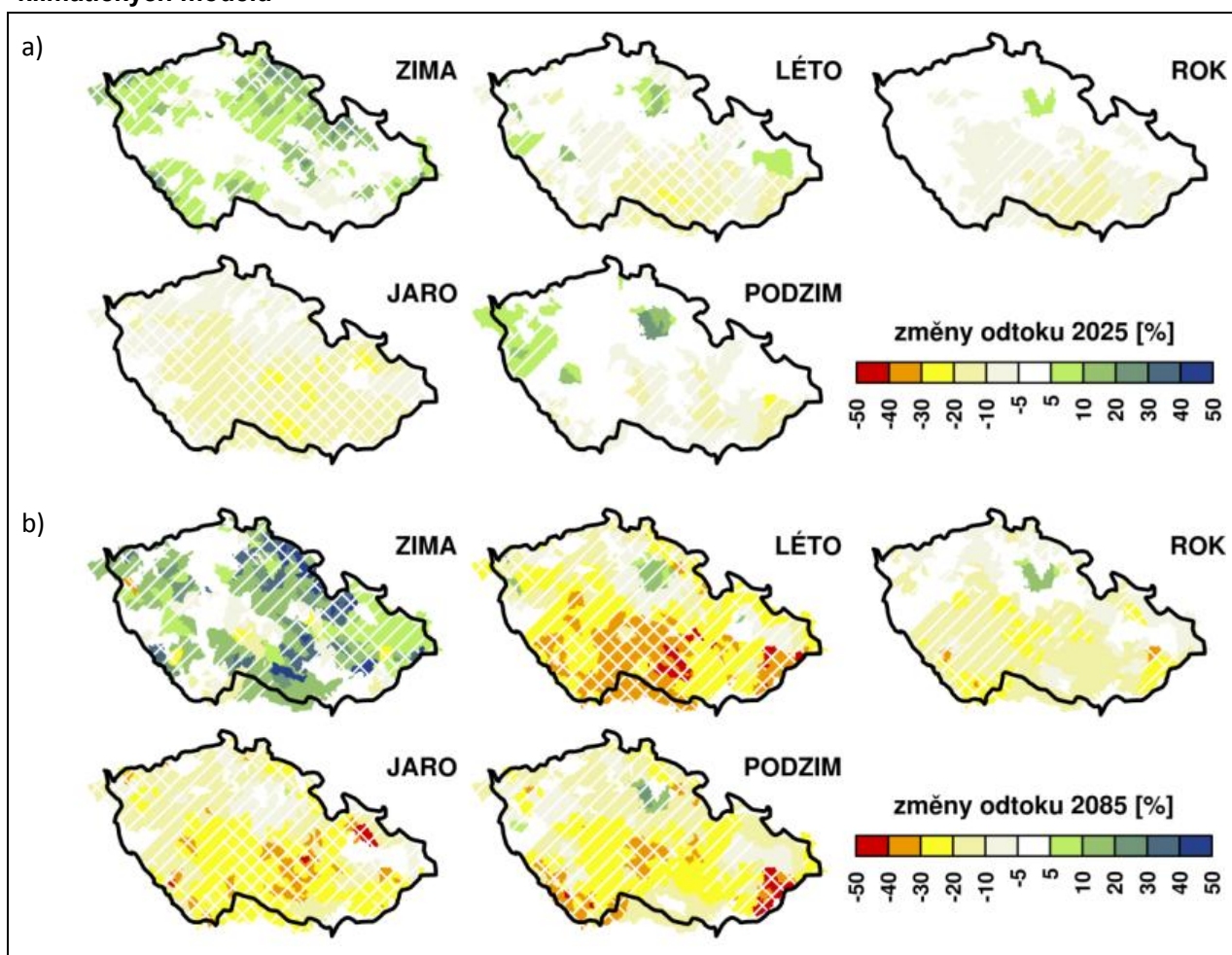


Zdroj: (Christensen, 2007)

Odhad změn je reprezentativní i pro ostatní časové horizonty a může být shrnut následovně: V období od začátku podzimu do začátku léta dochází k růstu srážek, jenž je doprovázen řádově stejným růstem

územní evapotranspirace způsobeným růstem teplot. V letním období dochází k poklesu srážek a v důsledku úbytku zásob vody v povodí nemůže docházet k výraznému zvyšování územní evapotranspirace. Důležitým faktorem ovlivňujícím změny odtoku je posun doby tání v důsledku vyšší teploty přibližně z dubna na leden-únor. Změny odtoku v období leden-květen jsou tedy dominantně určeny právě odlišnou dynamikou sněhové zásoby, změny v letním období zejména úbytkem srážek. Průměrné změny odtoku z ensamble regionálních klimatických modelů pro jednotlivá roční období pro časové horizonty 2025 a 2085 znázorňuje obrázek 46.

Obrázek 46 Odhad změn odtoku pro období (a) 2011–2039 a (b) 2070–2099 v ČR dle ensamble klimatických modelů



Zdroj: (Pretel, 2011)

Pozn.: Jednoduchým šrafováním jsou znázorněna povodí, pro která více než 9 modelů z 15 indikuje stejné znaménko změny, dvojité šrafování odpovídá povodím, pro něž více než 12 modelů vykazuje souhlasné změny

Změny odtoků jsou konzistentní pro všechny časové horizonty – zpravidla můžeme konstatovat růst odtoků v zimním období a jejich pokles po zbytek roku a pro velkou část našeho území i v roční bilanci. K větším poklesům zpravidla dochází v jižní polovině našeho území. Mírně se vymyká nejbližší časový horizont (obrázek 46a), pro který se i v letním období a na podzim vyskytují povodí, na kterých odtoky stagnují, případně výjimečně dokonce rostou. **V roční bilanci můžeme dle simulací klimatických modelů pro období 2025 očekávat stagnaci odtoků v severní a západní části našeho území a pokles (většinou do 10 %) v jižní a jihovýchodní části republiky.**

Dle Soukalové (2015) se nedostatek srážek v podzemních vodách projevuje s určitým zpožděním. V sezonním i mnohaletém kolísání hladiny podzemní vody se neprojevuje výrazný vliv aktuálních srážek, nýbrž akumulace srážek z předcházejícího období. Mezi lety 1980 – 2010 se zvýšila velikost územního výparu cca o 20 %. To se na některých povodích projevilo znatelným zmenšením základního odtoku

(množství podzemních vod, které je součástí povrchového odtoku) přibližně o 1/3 (Soukalová, 2015). Je tedy patrné, že trend podzemních vod je neméně příznivý.

Je nutno uvést, že výše uvedené odhady (Christensen, 2007) nejsou zcela v souladu s pozorovanými změnami. To může být způsobeno jednak nedokonalostí klimatických modelů, druhým vysvětlením je, že odhadované změny klimatu pro toto období nejsou natolik výrazné (růst ročních srážkových úhrnů kolem 3 % a teplot kolem 1°C), aby nemohly být převáženy přirozenou variabilitou srážek a teplot. Pro časové horizonty 2055 a 2085 (výsledky jsou do značné míry srovnatelné, proto je ilustrujeme na obrázku pouze pro vzdálenější období) je možno jasně rozlišit **období růstu odtoků v zimě (většinou 5–10 %, místy až 20 %) a poklesu v ostatních obdobích, nejvíce v létě (20–40 %), v roční bilanci zpravidla 5–20 %**. Rozdíly mezi horizonty 2055 a 2085 nejsou tak významné jako mezi horizonty 2025 a 2055, což je pravděpodobně způsobeno množstvím emisí odhadovaným dle použitého emisního scénáře.

Obrázek zároveň šrafováním vymezuje povodí, pro která se v 9 (jednoduché šrafování) respektive v 12 (dvojitě šrafování) simulacích klimatických modelů shodne na znaménku změny. Je evidentní, že zejména změny roční bilance odtoku jsou pro všechny časové horizonty na většině území relativně nejisté.

Nejistota v roční bilanci odtoku pochází z různých zdrojů. Jednak modelování klimatu samo o sobě zahrnuje řadu nejistot spojených zejména s počátečními a okrajovými podmínkami klimatických modelů (emisní scénář, množství dopadajícího slunečního záření apod.) a s jejich strukturou a parametry (Tebaldi, C., 2007). Při použití výstupů klimatických modelů pro hydrologické modelování se k těmto nejistotám přidávají další – zejména nejistoty spojené s volbou metody pro převedení výstupu klimatického modelu do měřítka jednotlivých povodí (downscaling), metodikou tvorby scénářů změn klimatu a strukturou hydrologického modelu a jeho parametry (Pretel, 2011).

Dle Fottové (2011) lze k roku 2085 při zvýšení teplot a většinou mírných změnách srážkových úhrnů předpokládat snížení odtoků, a to nejzřetelněji u malých povodí v níže položených pahorkatinách, zejména v pramenných oblastech, kde lze očekávat vysychání toků v letních a podzimních měsících.

Modelováním odtoků pro jednotlivá povodí se zabýval Hanel (2011), viz tabulka 28. Dle Hanela je pro roční bilanci podstatné, dochází-li v simulacích ke zvýšení zimních odtoků – pokud ano, nedochází zpravidla k výraznému poklesu ročních odtoků a naopak.

Tabulka 28 Změny základních složek hydrologické bilance [mm/rok] podle souboru klimatických modelů pro jednotlivé oblasti povodí pro časový horizont 2085

Oblast povodí	Srážky	Výpar	Odtok	Odtok (%)
horní a střední Labe	37,03	62,17	-24,08	-7,95
horní Vltava	24,59	69,18	-41,69	-16,59
Berounka	35,68	59,67	-22,92	-10,42
dolní Vltava	22,82	51,77	-26,54	-17,48
Ohře a dolní Labe	41,52	61,45	-19,09	-5,57
Odra	11,09	59,37	-47,46	-7,85
Morava	16,89	54,68	-36,77	-8,96
Dyje	22,49	49,98	-26,63	-11,19

Zdroj: (Hanel, 2011)

V oblasti povodí horního a středního Labe, Berounky, Ohře a dolního Labe a Odry lze očekávat růst zimních odtoků řádově do 25 %, v kombinaci s nepříliš výrazným poklesem odtoku v letním a podzimním období, lze očekávat roční pokles odtoků o cca 10 %. Pro oblast povodí Moravy a Dyje se očekává výrazný růst zimních odtoků (až 40 %), který do značné míry kompenzuje relativně výrazný pokles letních a podzimních odtoků (roční pokles odtoků o cca 10 %). V oblasti povodí horní Vltavy a dolní Vltavy by k růstu zimních odtoků nemělo docházet, což v kombinaci s letním a podzimním poklesem odtoku vede v roční bilanci k poklesům blízkým 20 %. Letní a podzimní poklesy jsou zpravidla obdobné (v jednotlivých

povodích do 40 %), nejnižší v oblasti povodí Ohře a dolního Labe, Berounky, nejvyšší v oblastech povodí horní Vltavy a dolní Vltavy a Odry (Hanel, 2011).

Důsledky výše uvedených změn mohou být následující. Navýšením zimních odtoků může vzrůst riziko v podobě zvýšeného výskytu **jarních povodňových situací**, na druhou stranu velké povodně z tání sněhu jsou vlivem menší akumulace sněhu málo pravděpodobné. Nedostatek zásob vody v letních měsících vede k útlumu územní evapotranspirace a s ní spojeného efektu ochlazování vzduchu, to může vést k další **propagaci sucha, vlnám veder či k nebezpečím vzniku lesních požárů**. Dle Beldy (2015) by se měl počet horkých vln v období 2015 – 2039 zvýšit o 1 až 2, v období 2040 – 2060 až o 2 až 4. Nižší schopností půd absorbovat vodu **v letních měsících** lze očekávat intenzivnější srážkové epizody v podobě **přivalových srážek**.

Nerovnoměrné rozložení srážek povede na několika místech k dlouhodobé pasivní hydrologické bilanci a tedy k **lokálnímu poklesu zásob vodních zdrojů** (viz kapitola 4.3.1). Hlavní problém představuje zmenšení zásob ve sněhové pokrývce a posun tání směrem do zimy. Tím dojde ke snížení dotace podzemních vod a k **poklesu průtoků** zejména v málovodných obdobích na přechodu léta a podzimu, což bude mít dopad na vydatnost dostupných vodních zdrojů (MŽP, 2011). Dle Beldy (2015) je v období 2040 – 2060 předpokládán až třetinový pokles množství sněhu.

Vývoj průměrných průtoků sledoval Fiala (2011). Signifikantně zvětšující se průtoky byly pozorovány v měsících lednu, únoru a březnu na horních tocích na Šumavě, v Krkonoších, Orlických horách a Jeseníkách. Naopak nižší průtoky lze obecně pozorovat v měsících květnu a červnu, což je zřejmě způsobeno zmenšujícími se srážkami v květnu a teplými zimami bez sněhu. Trend poklesu jarních a růstu zimních průtoků potvrdily další hydrologické studie (Střeštík, 2002; Kliment, 2008). Dle Fialy (2011) **převažují v řadách průměrných ročních průtoků stanice bez trendu, případně dochází k mírnému poklesu**. Ze 148 stanic bylo zjištěno 12 se signifikantním trendem, a to převážně klesajícím u stanic v povodí Odry a Bečvy (Kulasová, 2008 in Fiala, 2011). Simulace modelem SWIM, který byl použit Fottovou (2011), ukázaly, že do roku 2050 by mělo na všech středně velkých sledovaných povodích dojít k poklesu průměrných měsíčních průtoků.

Problematikou vlivu klimatické změny na konkrétní povodí a možnými adaptačními opatřeními se zabývala studie „Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulační schopnosti v povodí Rakovnického potoka“ (VUV, 2011), kdy právě v povodí Rakovnického potoka je předpokládána do budoucna záporná hydrologická bilance. Studie podrobně popisuje stávající situaci v daném povodí, analyzuje příčiny projevujících se změn (snížení průtoků) a predikuje budoucí vývoj. V návaznosti na toto je zde navržen komplexní systém adaptačních opatření, který by měl zmírnit negativní důsledky změn klimatu. Mezi adaptační opatření, která jsou zde navrhována, patří např. i akumulační nádrže, změny kultur, technická a protierozní opatření nebo převody vod mezi povodími. Studie díky své podrobnosti a komplexnosti může sloužit jako vhodný modelový příklad pro řešení obdobných problémů v dalších povodích, ve kterých se předpokládá postupný nárůst teplot a evapotranspirace, který nebude kompenzován nárůstem srážek. (Horáček, 2011)

4.3.2.1 Závěr

Již v současnosti je možno na některých povodích v České republice sledovat negativní dopady změny klimatu v podobě výrazného poklesu odtoku. Příčinou tohoto negativního jevu je průběžné zvyšování teploty vedoucí k růstu evapotranspirace, jež je sice na většině území kompenzována růstem srážek, nicméně v některých (zatím omezených) oblastech k této kompenzaci nedochází. Příkladem mohou být povodí Rakovnického potoka, Srpiny nebo Blšanky.

Projekce klimatických modelů naznačují, že v budoucnu se tyto oblasti budou rozšiřovat. Co se týče nejbližší budoucnosti (2011–2039), lze konstatovat, že projektované změny odtoků jsou značně nejisté, nicméně indikují tendence typické pro projekce pro konec 21. století, a to zejména růst zimních odtoků a pokles odtoků v ostatních ročních obdobích. Z hlediska změn roční bilance jsou projekce odtoků nejisté i ve vzdálenější budoucnosti, nicméně pravděpodobnost snižování letních a podzimních odtoků se výrazně zvyšuje (Pretel, 2011).

Jak píše Pretel (2011), dosažené výsledky predikce v oblasti povodní bohužel nelze považovat za dostatečně robustní. Naopak v oblasti průtokových minim dosažené výsledky umožňují zobecnění na širší území za předpokladu vývoje klimatu podle scénářů předpokládajících zvýšený výskyt období malých průtoků v letním půlroce a další nárůst odtoku v zimním půlroce v oblastech, kde se vyskytuje trvalejší sněhová pokrývka.

V případě vyhodnocení pozorovaných klimatických a průtokových řad platí, že ke změnám v chodu těchto měřených prvků dochází velmi pomalu a ve většině případů, v kratších časových řadách (25 let), je trend zanedbatelný nebo neprokazatelný. V delších časových řadách (50 let) je patrný mírný přesun podílu srážek do zimního období a kontinuální růst teploty vzduchu, což má za následek růst podílu odtoku ze sněhové pokrývky a pokles odtoku v letním období (Pretel, 2011).

Jak je naznačeno výše, v případě výskytu povodní z tání sněhu mohou v budoucnu působit dva protichůdné faktory, nárůst zimních (sněhových) srážek na straně jedné a teplejší zimy s menšími podmínkami pro akumulaci sněhu na straně druhé. Současné zimy jsou pravidelně přerušovány jedním či více obdobími oblevy, kdy sněhová pokrývka z nižších poloh mizí. Velké povodně z tání sněhu, které se vyskytovaly zhruba do poloviny minulého století, jsou tak již daleko méně pravděpodobné.

V posledním období byly významné jarní povodně zaznamenány v roce 2000 v povodí Jizery a horního Labe a v roce 2006 spíše v povodích moravských řek (MŽP, 2011).

Nejistoty klimatických modelů vycházející především z chodu srážek mohou vyvolávat i protichůdné predikce pro hydrologickou bilanci našeho území. Klimatické modely se však shodují na růstu průměrných teplot a potenciální evapotranspirace, což může vyvolávat extrémní situace v podobě sucha či povodní.

4.3.3 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu na vodní hospodářství v ČR

Voda je s klimatem komplikovaně propojena velkým množstvím souvislostí a cyklů zpětné vazby, takže každá změna v klimatickém systému má za následek změny v hydrologickém cyklu. Obecně oteplování zvětšuje schopnost vzduchu zadržovat vodu a umocňuje vypařování.

To vede k většímu množství vlhkosti ve vzduchu, zvýšené intenzitě koloběhu vody v přírodě a změnám rozložení, frekvenci a intenzitě srážek.

Následkem těchto změn je ovlivnění časového a prostorového rozložení sladkovodních zdrojů, a na nich závislých socio-ekonomických aktivitách.

Teoreticky jsou všechny prvky kvalitativního a kvantitativního stavu vody podle Rámcové směrnice o vodách citlivé na změnu klimatu. Zjednodušeně lze říci, že změna klimatu ovlivňuje následující proměnné:

- dostupnost vody (říční toky a hladina podzemní vody);
- poptávku po vodě (zvláště při maximální poptávce během suchých období);
- intenzitu a frekvenci povodní a suchých období a stav vysokého nebo nízkého průtoku;
- kvalitu povrchové vody, což zahrnuje teplotu, živiny a obsah dalších znečišťujících látek;
- biodiverzitu vodních systémů;
- kvalitu podzemní vody.

Vybrané národní a evropské výzkumné aktivity poskytují pouze omezené empirické údaje, které by na dopady jednoznačně poukázaly, a to kvůli obtížnosti odlišení vlivů klimatických faktorů od ostatních vlivů. Na druhé straně mnohé naznačuje, že sladké vody, které jsou již ovlivněny lidskými aktivitami, jsou velmi náchylné na dopady změny klimatu a že změna klimatu může v dlouhodobém pohledu významně ztížit pokusy o obnovu dobrého stavu některých vodních útvarů.

4.3.3.1 Dostupnost vody a poptávka po vodě

Na základě výše popsaných predikcí vývoje klimatu lze předpokládat, že v budoucnu může docházet k závažnějším změnám v roční a sezónní dostupnosti vody. Může dojít k omezení vodních zdrojů, navíc se očekává, že vyšší teploty způsobí zvýšenou poptávku po vodě, zvláště na zavlažování a zásobování měst. To povede k nárůstu konkurence o dostupné zdroje. Kromě povrchových zdrojů lze očekávat i změny vydatnosti podzemních zdrojů (EEA, 2008).

Dle Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2013 (MZe, 2014b) pokračuje pokles spotřeby pitné vody dané efektivnějším využíváním pitné vody a zvyšující se cenou vodného. Celorepublikově představuje pokles fakturované vody oproti loňskému roku 3l/os za den, pokles vody fakturované domácnostem pak 1l/os za den. Z Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací území ČR (2010 - 2015): "Dostatečná kapacita současných zdrojů pitné vody a stagnující, či spíše klesající potřeby vody, nevyvolávají významné požadavky na vyhledávání dalších zdrojů podzemní a povrchové vody." V současnosti probíhá v gesci České geologické služby projekt Rebilance zásob podzemních vod, jehož úkolem je přehodnotit přírodní zdroje podzemních vod ve vybraných hydrogeologických rajonech (cca třetina území ČR) a metodicky připravit základ pro systémové a pravidelné přehodnocování zdrojů podzemních vod v ČR v budoucích letech. Projekt řeší akutní nedostatek zdrojů podzemních vod v těch oblastech ČR, kde je v současnosti množství využitelných podzemních vod limitováno.

Na území ČR je přibližně 80 % využitelného množství podzemních vod soustředěno na zhruba 30 % plochy (česká křídová pánev, východní Čechy na pomezí s Moravou, jižní Čechy – třeboňská a českobudějovická pánev). Tato území tedy musí být o to více chráněna před nadměrnými odběry a jinými činnostmi, které by mohly ohrozit jejich množství a kvalitu.

Z predikcí uvedených v kapitole výše vyplývá celkový růst srážek, zároveň je však v některých oblastech, které se i v současnosti vyznačují sušším klimatem (viz výše), predikován jejich pokles. Do budoucna je tedy potřebné klást důraz především na suchem a snižujícím se množstvím zdrojů ohrožené regiony.

Problém potenciálních nižších průtoků do budoucna (viz výše), především v letních měsících, může znamenat komplikace pro hydroenergetiku a vodní dopravu. V Ročních zprávách o provozu elektrizační soustavy ČR (2014) vydávané ERÚ lze sledovat trendy výroby elektrické energie vodními elektrárnami. Za období 2005 – 2014 nelze pozorovat signifikantní trend úbytku či zvýšení vyrobené energie. V roce 2014 ERÚ zaznamenal oproti roku 2013 díky extrémně nízkým hladinám vodních toků pokles výroby elektřiny brutto u velkých vodních elektráren nad 10 MW pokles o 40 %. Lze předpokládat, že rok 2015 nebude pro hydroelektrárny příznivější.

Splavnost od vodního díla Ústí nad Labem – Střekov po Přelouč na Labi a po Třebenice na Vltavě je zajištěna soustavou vodních děl, která tvoří plně fungující systém, nezávislý na vnějších přírodních podmínkách. Na regulovaném úseku od Střekova po státní hranici ČR/SRN je však plavební provoz závislý na vodních stavech podle aktuálních průtoků a na celkové vodohospodářské situaci celého povodí řeky Labe a Vltavy (MZe, 2014). Již dnes mnohdy ponor plavidel neodpovídá zajištěnému vodnímu stavu v daném úseku a plavidla s větším ponorem již tímto úsekem nemohou plout. Tento stav se dle modelů ročního poklesu odtoků bude zhoršovat.

4.3.3.2 Povodně a suchá období

Prognózy říkají, že spolu se zintenzivněním koloběhu vody se zvýší četnost a frekvence povodňových událostí, ačkoli odhady změn zůstávají značně nejisté. Je zvláště pravděpodobné, že budou častější přívalové/bleskové povodně a záplavy urbanizovaného území způsobené intenzivními lokálními srážkami. Předpovědi napovídají, že oteplování bude mít za následek menší akumulaci sněhu během zimy, a tudíž nižší riziko časných jarních povodní (EEA, 2008). Předpovědi také napovídají, že jarní povodňové období (spojené s táním sněhu) se odehraje dříve. Na podzim se může zvýšit riziko povodní kvůli omezenému nahromadění vody (akumulace sněhu).

Předpovídá se také, že změna klimatu způsobí zvýšení četnosti a intenzity suchých období v mnoha evropských oblastech, což bude mít za následek vyšší teploty, snížení srážek v létě a delších a častějších suchých období (EEA, 2008).

Modelové simulace pro ČR v období 2010 – 2039 neposkytují dle MŽP (2011) jednoznačné výsledky pro následné změny související se změnami srážkového režimu (četnosti povodní a výskyt sucha). Získané

signály jsou nejednoznačné a objevují se v hodnocených profilech jak nárůsty, tak i poklesy velikosti modelovaných povodní. Tato nejednoznačnost je způsobena protikladným působením vlivu méně častých, ale extrémnějších srážek, a menšího průměrného počátečního nasycení půdy (v důsledku vyšší potenciální evapotranspirace a delšího období výskytu suchých epizod v letním půlroce).

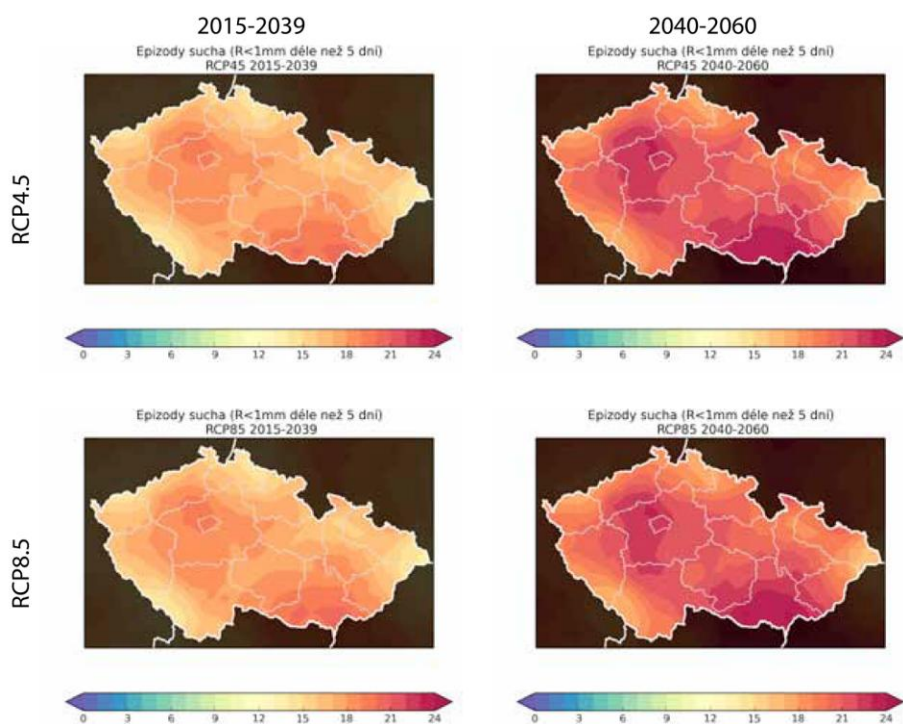
Dle Fottové (2011) je pro účely hodnocení dopadů klimatických změn na hydrologický režim, zejména v souvislosti s extremizací hydrologického cyklu naprosto nezbytné mít k dispozici kontinuální měření za co nejdelší dobu. Mezi lety 2007 – 2011 byla v rámci projektu Fottové (2011) vybudována monitorovací síť, jejímž účelem bylo zpřesnit dosavadní odhady dopadu klimatické změny na látkovou a hydrologickou bilanci a extrémní hydrologické jevy. Dle Fottové by se mělo v monitoringu prostřednictvím dané sítě pokračovat i nadále.

Pro předpověď a modelování vzniku extrémních hydrologických jevů může být dle Fottové (2011) použit model RETU. Ten umožňuje v měřítku hodin a dnů předpovědět a modelovat např. bleskové povodně z přívalemých dešťů.

Pretel (2011): „Výskyt období s nedostatkem vody je podle dosud provedených výzkumů očekáván s větší pravděpodobností, než zvětšení intenzity a četnosti přívalemých srážek, které jsou příčinou povodní.“

Suchem se může rozumět sucho meteorologické, hydrologické, zemědělské nebo socioekonomické. Pro modelaci sucha v období 2015 – 2039 a 2040 – 2060 použili Belda (2015) definici sucha jako epizodu, kdy jsou denní srážky nižší než 1 mm po dobu delší než pět dní. Grafy pro daná období ze dvou klimatických modelů (RCP4.5 a RCP8.5) jsou znázorněny níže (obrázek 47).

Obrázek 47: Počet epizod sucha pro scénáře RCP4.5 a RCP8.5. Absolutní počty pro simulace budoucích období 2015 – 2039 a 2040 – 2060



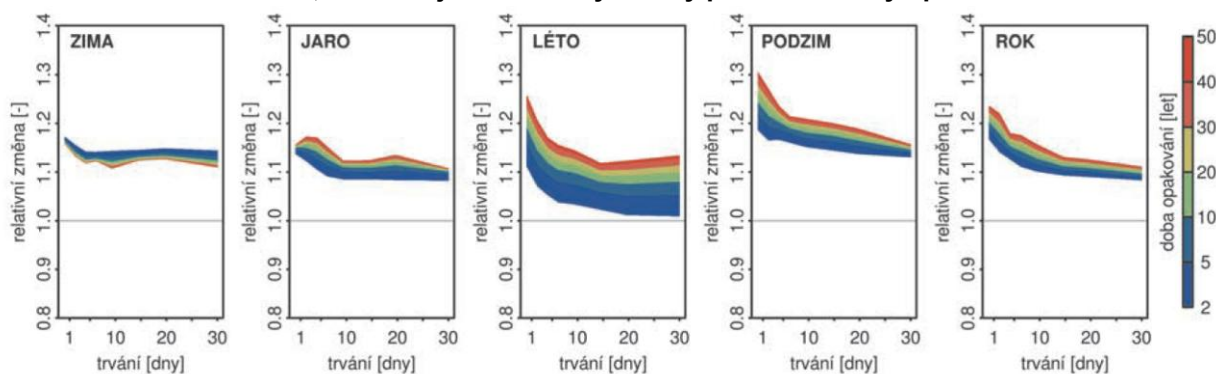
Zdroj: (Belda, 2015)

Výsledky ukazují poměrně výrazný nárůst počtu epizod sucha pro obě studovaná období a pro oba scénáře. Pro období 2015 – 2039 výsledky indikují nárůst počtu epizod sucha na celém území ČR a 1 – 3 epizody (z původního počtu cca 12 – 15), v období 2040 – 2060 pak o 4 – 7 epizod ve srovnání s historickým obdobím (1971 – 2000). Tento nárůst se ukazuje zejména v oblastech, kde je indikován vyšší počet epizod sucha již v současnosti, tedy hlavně **na území Jihomoravského kraje (oblast přibližně na jih od Brna) a dále severozápadní části Středočeského kraje s přesahem k Berounu na jihu a k Lounům a povodí dolní Ohře na severozápadě** (Belda, 2015).

Hrozba sucha dle MZe a MŽP (2015) vyplývá také z neutěšeného stavu krajiny, a to i v poslední době, následkem orientace zemědělské rostlinné výroby na technické plodiny, které vedou ke zhoršování úrodnosti půdy a ke zvyšování nadměrné eroze. Opatřeními proti suchu se má zabývat dlouhodobá strategie proti suchu, která bude vycházet ze schváleného materiálu „Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody“ (MZe, 2015).

Změnami sezónních (tj. jaro, léto, podzim, zima) a ročních (tj. v průběhu celého roku) jednodenních až 30denních srážkových extrémů (déletrvajících) se zabýval Hanel a Buishand (2012). Z použitého modelu vyplynulo, že pro všechny uvažované doby trvání a opakování dochází k růstu srážkových extrémů ve všech ročních obdobích. **Růst je nejvýraznější pro jednodenní srážkové extrémy (cca 20 – 30 %, viz obrázek 48), zejména v létě a na podzim, a také pro roční srážkové extrémy.** Pro extrémy delšího trvání jsou změny buď víceméně stejné (zima a jaro), nebo nižší (léto, podzim a roční maxima) než pro jednodenní extrémy. Kromě léta a krátkodobých srážkových extrémů na podzim není velký rozdíl mezi změnami srážkových extrémů pro různé doby opakování (tj. méně extrémní srážky rostou stejně jako velmi extrémní srážky).

Obrázek 48: Změny srážkových extrémů v souboru klimatických modelů pro sezónní a roční maxima trvání 1 až 30 dní; barevně jsou odlišeny změny pro různé doby opakování

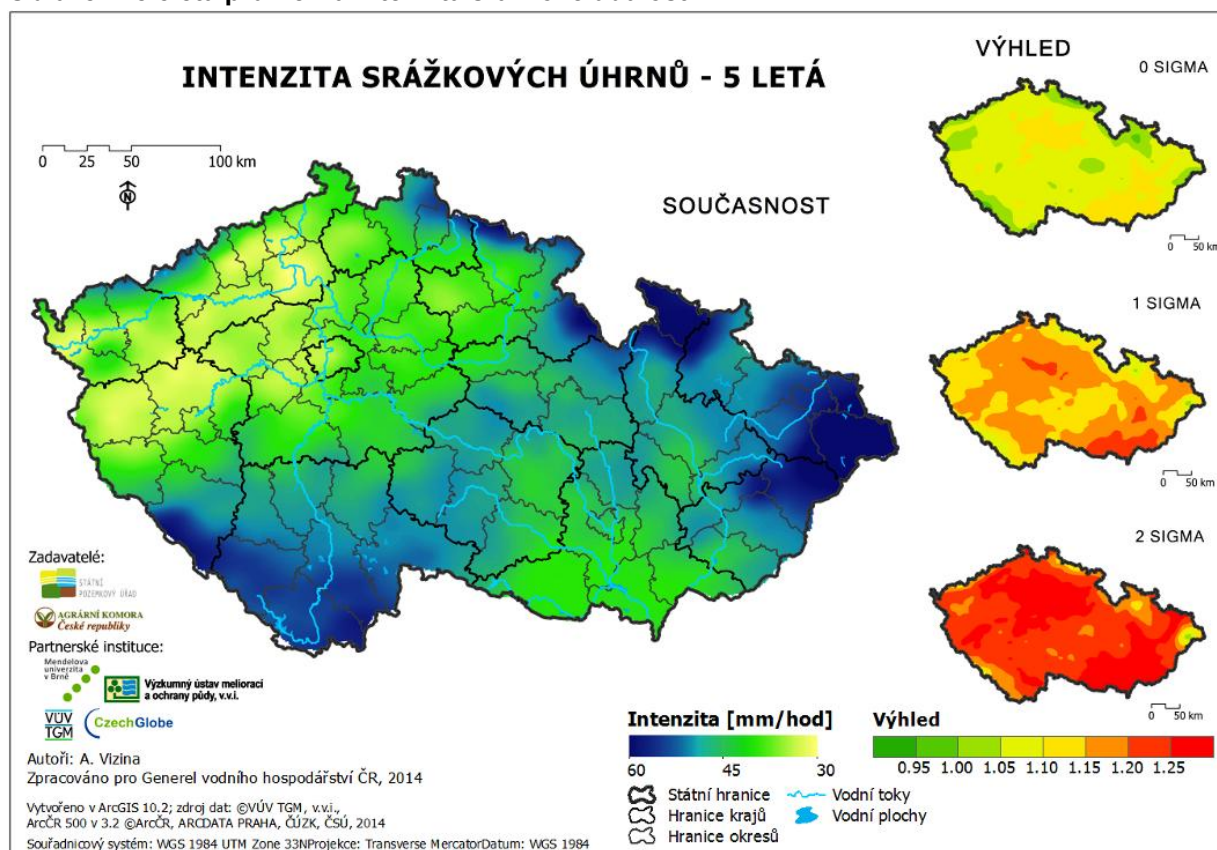


Zdroj: (Hanel, 2011)

Nicméně nejistota odhadů změn srážkových extrémů je ještě vyšší než nejistota odhadů změn průměrných srážek, jelikož je nutno uvažovat i nejistoty spojené s odhadem extrémů (Hanel, 2011).

Níže je mapa 5leté intenzity srážkových úhrnů pro současné a výhledové podmínky (2020-2050, viz obrázek 49) tak, jak ji uvádí Trnka (2015) v Generelu vodního hospodářství krajiny České republiky. Tyto intenzity by měly vypovídat o vývoji extrémních srážkových událostí. Simulace byla provedena ve třech variantách. Varianta 0 SIGMA reprezentuje střed ensemblu klimatických modelů a varianty 1 SIGMA a 2SIGMA odpovídají extrémnějším dopadům. Současnost je zde prezentována v absolutních hodnotách v mm.hod^{-1} , výhledová období relativní změnou (scénář/současnost), kdy změny pro variantu 0 SIGMA se pohybují v rozmezí 0,92-1,15 a vyšší hodnoty se nacházejí v Polabí a na Jižní Moravě (Trnka, 2015). V těchto lokalitách se tedy dá očekávat větší výskyt nebezpečných intenzivních srážek.

Obrázek 49 5letá průměrná intenzita srážkové události



Zdroj: (Trnka., 2015)

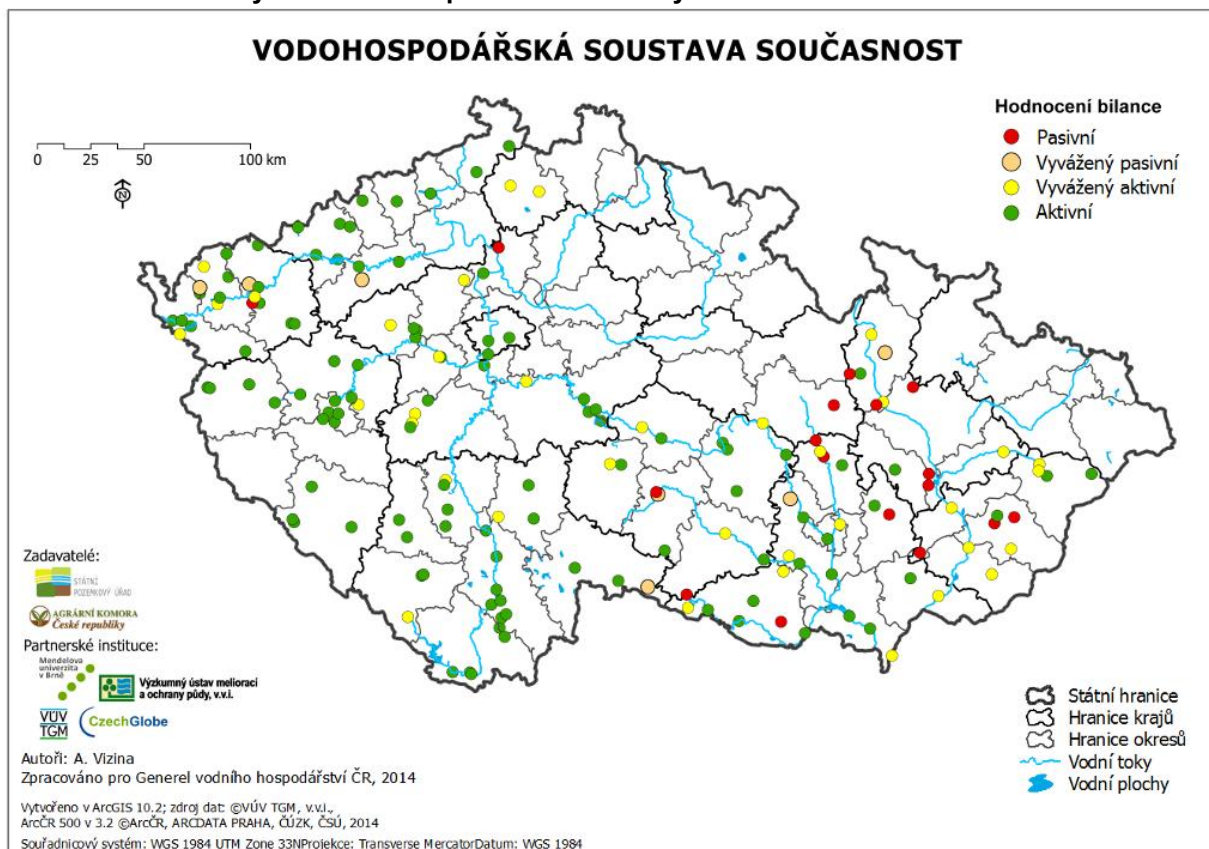
4.3.3.3 Prostorové rozložení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu

Trnka (2015) také uvádí vyhodnocení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu. Toto vyhodnocení bylo vytvořeno na základě dostupných projektů zabývajících se dopady klimatické změny na vodohospodářskou soustavu a na základě simulačního modelu vodohospodářských soustav. Výsledky ukazují na rozkolísanost průtoků, hlavně minimálních, které často nebudou dosahovat potřebných ekologických minimálních hodnot, což přinese vážné problémy v oblasti ochrany kvality vod způsobené především zhoršením podmínek pro ředění zbytkového znečištění vypouštěného z čistíren odpadních vod.

Trnka (2015) konstatuje, že nepříznivé dopady klimatické změny na hydrologický režim v povodí nebude v mnoha případech v dostatečné míře možné vyřešit případnou změnou manipulačních pravidel pro řízení odtoku. Pokud taková situace nastane, bude ji možné řešit nebo zmírnit její dopady pouze realizací dalších opatření, při samozřejmém předpokladu racionalizace ve sféře užívání vody a vytvoření podmínek pro optimalizaci vodního režimu krajiny.

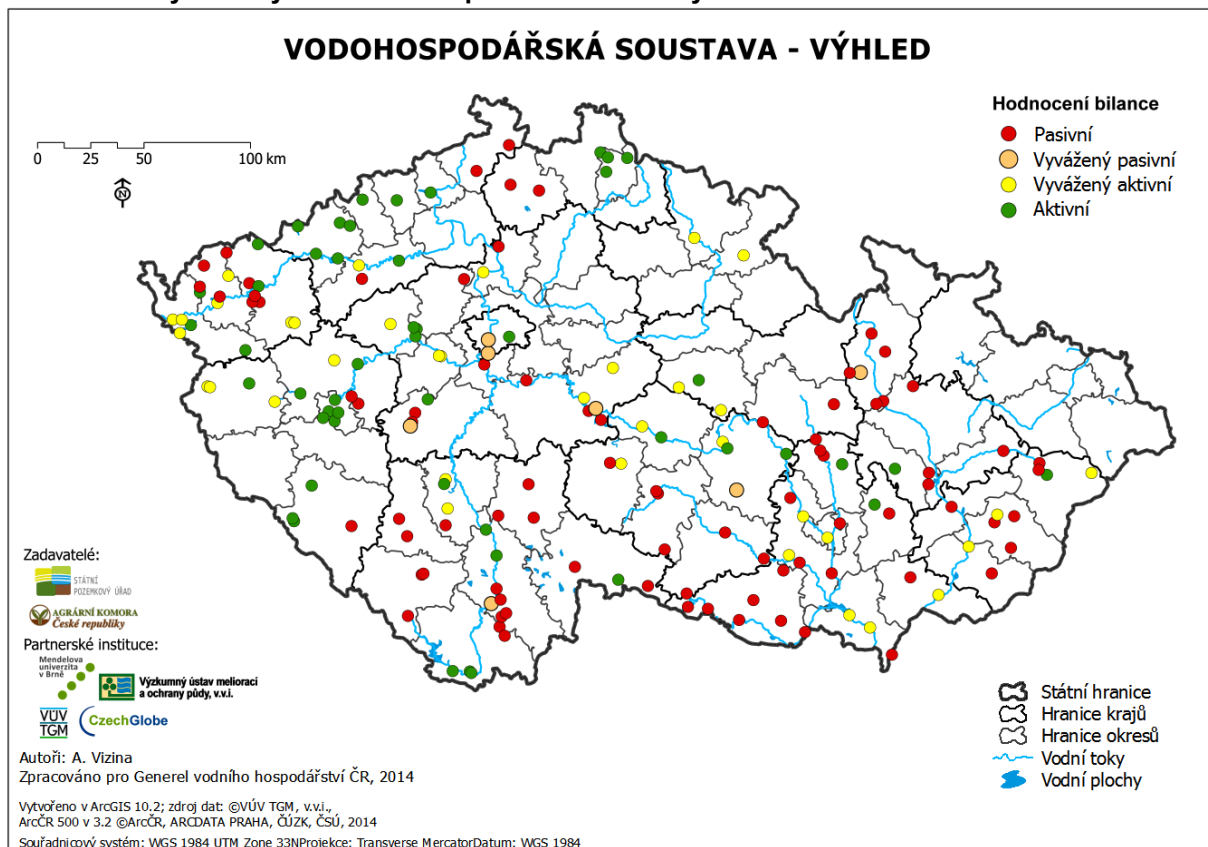
Graficky je rozbor znázorněn pro současný stav (viz obrázek 50) a pro výhledový stav (viz obrázek 51) a je vidět, že problémy zřejmě postihnou celé území ČR.

Obrázek 50 Současný stav vodohospodářské soustavy



Zdroj: (Trnka., 2015)

Obrázek 51 Výhledový stav vodohospodářské soustavy k období 2071-2100



Zdroj: (Trnka., 2015)

4.3.3.4 Kvalita vody a biodiverzita ve vodních systémech

Jakost vody může být ovlivněna změnou teploty a srážek (EEA, 2008). Nárůst teploty vody ovlivní rychlost biogeochemických a ekologických procesů, které určují jakost vody. To může mít za následek:

- **Snížení obsahu kyslíku;**
Nárůst teploty proudící vody i vody v nádržích snižuje koncentraci nasycení kyslíkem a zvyšuje rychlost biologické respirace, což může mít za následek snížení koncentrace rozpuštěného kyslíku, zvláště v obdobích nízkých letních průtoků a ve spodních vrstvách jezer. Vyšší teplota a nižší koncentrace kyslíku má vliv na studenovodní druhy, jako jsou lososovité ryby, a může omezit jejich přirozené prostředí.
- **Menší ledovou pokrývku** – časnější lámání ledu a delší období bez ledu v řekách a jezerech;
- **Stabilnější vertikální stratifikaci a menší promísení vody v hlubokých jezerech**, což v důsledku ovlivní kyslíkové podmínky v hlubokých vodách, oběh živin a společenství planktonu
- **Eutrofizaci;**
Teplejší klima by obecně mohlo zvýšit zatížení povrchové a podzemní vody živinami. Vyšší teploty zvýší mineralizaci a uvolňování dusíku, fosforu a uhlíku z organické půdní hmoty a větší intenzita dešťových srážek podpoří odplavování a erozi, což bude mít za následek intenzivnější transport znečišťujících látek. Na druhou stranu by vyšší deficit půdní vlhkosti snížil mineralizaci. Navíc se očekává, že se zvýší uvolňování fosforu ze sedimentů ze dna nádrží, a to kvůli klesajícím koncentracím kyslíku ve spodních vodách.
- **Změnu v načasování období květu řas a přibývání květů škodlivých řas;**
- **Změnu stanovišť a rozmístění vodních organismů;**
Geografické rozmístění vodních organismů je částečně kontrolováno teplotou. Vyšší teploty vody mohou vést ke změnám v rozmístění (druhy se stěhují na sever a do vyšších poloh), a mohou dokonce vést k vyhynutí některých vodních druhů. Podle předpovědí ve středozemní oblasti zmizí mnohé občasné vodní ekosystémy, zatímco stálé se budou redukovat.
- **Změnu kvality a kvantity sedimentu, způsobenou klimatem;**
Sedimenty jsou nedílnou součástí přirozených vodních ekosystémů, poskytují substrát pro organismy a mají zásadní roli (např. v oběhu živin). Nicméně některé znečišťující látky se na sediment mohou sorbovat. Změny způsobené klimatem v extrémních podnebních podmínkách (a spojené s procesy, jako jsou proudění a eroze) mohou odhalit a znovu uvést do pohybu znečišťující částice spojené se sedimentem nebo mohou způsobit masivní odplavování erodované půdy s vysokou energií nebo znovu uvolněného sedimentu, který následně ovlivňuje vodní ekosystémy.

Z výše uvedeného vyplývají dopady klimatických změn na 1) kvalitu vody a s tím související zintenzivnění úprav vody pro lidskou potřebu a na 2) biodiverzitu, v podobě potenciálních změn v druhovém složení vodních organismů (souvisejících např. se zvýšenou koncentrací znečišťujících látek, změnou kyslíkového režimu aj.).

- 1) Vzhledem k predikovaným nižším odtokům a tedy vyšším koncentracím znečišťujících látek lze očekávat větší důraz na úpravy vod, lze očekávat posun surové vody z kategorií A1 směrem k A3 (viz vyhláška č. 428/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů). Dle Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací ČR (2010 – 2015) jsou aktuálním problémem technicky zastaralé úpravní vody, které mají za sebou často 30 a více let provozu. Taktéž je důležité doplnění technologie úpraven vody o nové technologické stupně. Úpravní vody, které byly v době výstavby koncipovány jako jednostupňové, pouze s pískovou filtrací, je třeba v současnosti rozšířit na dvoustupňové úpravní vody, příp. technologii doplňovat o ozonizaci a filtraci granulovaným aktivním uhlím. Mění se i pohled na hygienické zabezpečení pitné vody, které je doplňováno UV zářením a příp. i chloraminací (MZe, 2010).
- 2) Změny pH dané vyšší rozpustností látek při vyšší teplotě, urychlení a posílení procesu eutrofizace zvýšením metabolismu vodních organismů a zvýšením počtu autotrofních organismů,

nižší obsah kyslíku daný intenzivním spotřebováváním kyslíku, může v letních měsících znamenat masivní úhyn vodních organismů. Očekávaný přírůstek teplých dní může počet těchto stavů zvýšit.

Výše uvedené procesy mají na vodní organismy druhově selektivní účinek. Problém tkví v tom, že většina vzácných a ohrožených vodních organismů v ČR jsou stenoekní a nejsou tolerantní k výše uvedeným podmínkám. Tím je například celý řád obojživelníků, ohrožené a zákonem chráněné druhy ryb (mihule, vranky, střevle potoční, mník jednovousý, piskoř pruhovaný aj.) či některé druhy korýšů (korýši periodických tůní – listonozi, žábronožky). Obecně lze předpokládat růst populací druhů typických pro organicky znečištěné vody (nitěnky, pakomáři) a úbytek druhů chladnějších, prokysličených a méně úživnějších vod (viz výše).

Ovlivnitelným parametrem pro zpomalení výše popsaného negativního trendu je množství živin N a P a dalších znečišťujících látek ve vodách. Naším cílem pro snížení dopadů klimatických změn na život ve vodách by tedy mělo být účinné snižování množství vnosu těchto látek.

4.3.3.5 Kvalita podzemní vody

Dá se předpokládat, že útvary podzemní vody budou zranitelnější vůči znečištění kvůli méně časté obměně a zrychlenému odtoku. Zranitelnost podzemních vod vyplývá z pomalého pohybu vod, jejich nižší samočistící schopnosti a tedy existence znečišťujících látek v podzemních vodách i po několik generací.

Podobně se očekává, že vyšší intenzita a frekvence povodní a častější extrémní srážky zvýší zatížení vody znečišťujícími částicemi (organická hmota, živiny a nebezpečné látky), které se vymývají z půdy, a přetokem splaškových systémů do vodních celků (Pracovní skupina Komise EU, 2009). To opět souvisí se zvýšeným tlakem na úpravu vod (viz výše).

Na rozdíl od ceny povrchové vody, která je každoročně uváděna ve věstníku Ministerstva financí a která může reagovat na situaci v povodí, cena za odběr podzemní vody je fixně stanovena zákonem (příloha č. 2 zákona č. 254/2001 Sb., v platném znění), od 70. let minulého století nezměněna. Je tudíž otázkou, zda by se výše zmíněným trendům neměla přizpůsobovat také cena za odběr podzemních vod, která může být pro kvalitu podzemních vod účinnou ochranou.

4.3.4 Stanovení indikátorů

4.3.4.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné roční teploty
- Průměrné letní teploty
- Průměrné zimní teploty
- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Počet ledových dnů
- Délka období sucha
- Jarní srážkové úhrny
- Letní srážkové úhrny
- Podzimní srážkové úhrny
- Počet dnů se srážkami nad 20 mm

4.3.4.2 Indikátory dopadové

Problematika vodního hospodářství přímo souvisí se změnami klimatu. Z tohoto důvodu je v kategorii klimatické indikátory obsaženo velké množství indikátorů. Pro hodnocení dopadů změn klimatu jsou zde navrženy další dva indikátory:

- **Průměrné roční průtoky ve vybraných profilech vodních toků**
- **Maximální a minimální měsíční průtoky ve vybraných profilech vodních toků**

Průměrný roční průtok patří k základním hydrologickým charakteristikám toků. Výše průtoků je dána zejména výší srážkových úhrnů a výparem a charakterizuje stav vodní bilance v daném povodí. Režim maximálních a minimálních měsíčních průtoků dává přehled o rozptylu hodnot odtoku v průběhu jednotlivých měsíců.

Studie nenavrhuje konkrétní vodní toky, povodí ani hlásné profily pro sledování tohoto indikátoru. Je to dáno skutečností, že měření průtoků na vodních tocích probíhá standardně a kontinuálně v gesci ČHMÚ na většině významnějších vodních toků v ČR a data je možno průběžně sledovat a vyhodnocovat celoplošně.

S ohledem na danou problematiku je při případném výběru konkrétních toků pro hodnocení indikátoru vhodné zaměřit se na vodní toky v regionech nejvíce ohrožovaných suchem, jako jsou Jižní Morava, Střední Čechy – Rakovnicko – Lounsko) a na nich sledovat vývoj indikátoru. V případě Středních Čech se jedná např. o Rakovnický potok, pro který byla zpracována podrobná studie „Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulací schopnosti v povodí Rakovnického potoka“ (VUV, 2011) a který je ohrožen deficitem vodní bilance. V této oblasti jsou stejným problémem ohroženy také povodí Blšanky a Srpiny, které jsou také vhodné pro podrobnější hodnocení. Další oblastí je Jižní Morava, kdy jako vhodná se jeví vybraná menší povodí v povodí Dyje, která nejsou významněji ovlivněna přítomností vodních nádrží.

Předpokládaný trend srážek je v ročních hodnotách v příštích dvou scénářových obdobích spíše stabilní s předpokládaným poklesem až ke konci 21. století, s ohledem na vyšší teploty a vyšší výpar se dá predikovat postupný pokles průtoků.

4.3.5 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.3.5.1 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu pomocí zvolených indikátorů

Z predikcí uvedených výše vyplývá, že v některých oblastech, které se i v současnosti vyznačují sušším klimatem, je predikován i do budoucna jejich pokles. Ze studie Pretla (2011) současně vyplývá, že výskyt období s nedostatkem vody je očekáván s větší pravděpodobností, než zvětšení intenzity a četnosti přívalových srážek, které jsou příčinou povodní. Do budoucna se tedy z pohledu změn klimatu jeví jako nejvyšší riziko zvyšující se sucho. Nejvýznamnějším indikátorem jsou tedy srážkové úhrny, ať již úhrny ročních srážek, tak i sezónní. S tímto souvisí i dopadový indikátor zabývající se průtoky ve vodních tocích.

Pro nejbližší budoucnost (tj. do r. 2039) lze konstatovat, že projektované změny odtoků jsou značně nejisté, nicméně indikují tendence typické pro projekce pro konec 21. století, a to zejména růst zimních odtoků a pokles odtoků v ostatních ročních obdobích. Z dlouhodobějšího pohledu (do konce 21. stol) se pravděpodobnost snižování letních a podzimních odtoků se výrazně zvyšuje.

4.3.5.2 Identifikace nejzranitelnějších regionů

Z předchozích analýz vyplývá, že jednou ze zranitelných oblastí je oblast středních Čech, kde namísto zmiňovaného růstu srážek dochází k jejich poklesu, na jaře až o 20 %. Právě ve střední části ČR se

nacházejí povodí, kde nevyrovnaný úhrn srážek a evapotranspirace vede k dlouhodobě pasivní hydrologické bilanci a projevují (a budou projevovat) se zde negativní dopady změn klimatu v podobě nedostatku vodních zdrojů v některých letech. Příkladem mohou být povodí Rakovnického potoka, Srpiny, Blšanky a další. Jedná se o povodí přirozeně chudá na srážky. V budoucnu v případě naplnění projekcí je zde předpoklad rozšíření tohoto problému i do jiných oblastí České republiky. Vyšší poklesy letních srážek jsou předpokládány na jihu a východě našeho území (většinou 5–10 %, na východě i 15 %), ale prostorové rozložení změn srážek je nejasné. Pro období do r. 2025 můžeme očekávat stagnaci odtoků v severní a západní části našeho území a pokles (většinou do 10 %) v jižní a jihovýchodní části republiky.

Dle predikcí uvedených výše se dále předpokládá poměrně výrazný nárůst počtu epizod sucha. Pro období do r. 2039 výsledky indikují nárůst počtu epizod sucha na celém území ČR o 1–3 epizody, v období do r. 2060 pak o 4 – 7 epizod ve srovnání s obdobím 1971 – 2000. Tento nárůst se ukazuje zejména v oblastech, kde je indikován vyšší počet epizod sucha již v současnosti, tedy hlavně na území Jihomoravského kraje (oblast přibližně na jih od Brna) a dále severozápadní části Středočeského kraje s přesahem k Berounu na jihu a k Lounům a povodí dolní Ohře na severozápadě (Belda, 2015).

4.3.6 Souhrn – What if analýza

Tabulka 29 Vodní hospodářství – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavxZranit
1, 2, 3, 4, 6, 9, 14	se v důsledku KZ zvýší průměrné roční teploty (až o 3°C) a letní teploty až o 4°C, sníží se množství srážek v létě až o 20 % a zvýší se četnost období sucha, zvýší se četnost a délka veder	za současné úrovně znečišťování povrchových vod	Nárůst průměrné roční teploty vody - rychlejší průběh většiny nežádoucích chemických reakcí a bakteriálních procesů	5	4	4	80
		při nesnižující se spotřebě vody	Snížení zásoby vody v půdě	4	4	4	64
		x	Útlum evapotranspirace, omezení efektu ochlazování vzduchu	4	3	3	36
		x	Větší výskyt srážkových extrémů	3	4	4	48
6, 12, 15.3	poklesnou srážky a průtoky v tocích v letním období	za současné úrovně znečišťování vod	Delší doba zdržení vody v tocích a nádržích, zvýšení teploty vody, snížení kvality vody	3	4	3	36
			Nežádoucí stabilnější vertikální stratifikace a menší promísení vodního sloupce, negativní ovlivnění kyslíkových podmínek ve vodách, oběhu živin a společenství planktonu	4	3	3	36
			Snížení kvality a změna kvantity sedimentu negativně ovlivňující vodní ekosystémy a kvalitu vody	2	2	3	12
			Snížení kvality podzemních vod a zvýšení jejich zranitelnosti vůči znečištění	3	3	3	27
		x	Snížení počtu dnů, kdy jsou vodní cesty splavné	4	2	2	16
		při zachování minimálních průtoků	Omezení hydroenergetického využití toků a nádrží	4	2	2	16
		při stávajícím způsobu zemědělského hospodaření	Zvýšení nároků na odběry vody především pro zemědělskou závlahu	3	2	2	12

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavxZranit
7	zvýší se množství a intenzita srážek na jaře (cca 10 %) a na podzim (až 20 %)	za současného nevyhovujícího stavu zemědělské krajiny	Zvýšení erozního ohrožení půdy a zintenzivnění dopadu eroze na vodní zdroje	3	4	4	48
13; 15.1	zvýší se výskyt přívalových srážek a povodní velkého rozsahu	x	Zvýšení ohrožení lidských životů, zvýšení nákladů na realizaci retenčních nádrží a případnou likvidaci povodňových škod	3	4	4	48
15.4	zvýší se výskyt extrémních meteorologických jevů (bouře, větrné smrště, ledovky, kroupy ...)	x	Ohrožení vodohospodářské infrastruktury, zvýšení nákladů na údržbu a likvidaci škod	3	2	4	24
5	sníží se počet mrazových a ledových dní, naroste množství zimních srážek a zvýší se počet výskytů povodní z tání sněhu	x	Zvýšení ohrožení lidských životů, zvýšení nákladů na likvidaci povodňových škod	3	4	4	48

4.3.7 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie**4.3.7.1 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření**

Adaptační strategie uvádí doporučení a charakteristiku adaptačních opatření v souvislosti s vodním režimem v krajině a vodním hospodářstvím. Ve strategii jsou uvedena jak opatření koncepčního rázu (např. doporučení k implementaci nebo zdůraznění opatření v plánovacích materiálech), tak i konkrétní typy adaptačních opatření (např. revitalizace vodních toků či obnova zaniklých mokřadních ploch). Bylo zjištěno, že opatření navržená v Adaptační strategii by v podstatě mohla postihnout celou širší predikovaných dopadů klimatické změny. Níže v tabulce je seznam hlavních identifikovaných rizik a k nim je uvedeno vyhodnocení dostatečnosti opatření z Adaptační strategie.

Tabulka 30 Vodní hospodářství – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Nárůst průměrné roční teploty vody - rychlejší průběh většiny chemických reakcí	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Snížení zásoby vody v půdě	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Útlum evapotranspirace, omezení efektu ochlazování vzduchu	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Větší výskyt srážkových extrémů	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Delší doba zdržení vody v tocích a nádržích, zvýšení teploty vody, snížení	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Stabilnější vertikální stratifikace a menší promísení vodního sloupce, ovlivnění	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Změna stanovišť a rozmístění vodních organismů	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Změna kvality a kvantity sedimentu ovlivňující vodní ekosystémy a kvalitu vody	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Snížení kvality podzemních vod a zvýšení jejich zranitelnosti vůči znečištění	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Snížení počtu dnů, kdy jsou vodní cesty splavné	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Omezení hydroenergetického využití toků a nádrží	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x
Zvýšení nároků na odběry vody především pro zemědělskou závlahu	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Zvýšení erozního ohrožení půdy a zintenzivnění dopadu eroze na vodní	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Zvýšení ohrožení lidských životů, zvýšení nákladů na realizaci retenčních nádrží a	AS reaguje na riziko dostatečně.	x
Ohrožení vodohospodářské infrastruktury, zvýšení nákladů na údržbu a likvidaci škod	AS reaguje nepřímo prostřednictvím ostatních opatření.	x

4.3.7.2 Závěrečné zhodnocení Adaptační strategie

Jak naznačuje tabulka výše, adaptační strategie zmiňuje všechna hlavní opatření použitelná při adaptaci na změnu klimatu.

Jako nejpodstatnější se ovšem jeví především bod uvedený ve Strategii, který doporučuje **koncepční a legislativní přípravu na zvládání negativních dopadů změny klimatu**. Tento bod bychom rádi akcentovali s tím, že je nezbytné legislativně zajistit větší váhu stávajících plánovacích dokumentů tak, aby tyto následně zlepšily prosaditelnost přípravy a realizace konkrétních adaptačních opatření. V současné době existuje několik strategií a plánovacích dokumentací, které ale nejsou závazné nebo není závazné řešení opatření sloužících ke zvládání rizik spojených se změnou klimatu (např. územní plány či koncepce uspořádání krajiny). Pokud bude zajištěna legislativní podpora realizace adaptačních opatření doplněná o osvětovou činnost a adekvátní nastavení dotačních titulů, dá se předpokládat minimalizace rizik spojených s dopady změnou klimatu na vodní hospodářství.

4.4 BIODIVERZITA A EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY

Bez ohledu na dosavadní nejistoty v našem poznání vlivu klimatické změny na biodiverzitu panuje obecná shoda na těchto jejích přímých nebo nepřímých vlivech:

- 1) změna areálu druhů (v dlouhodobém měřítku zánikem vhodných biotopů stejně jako jejich rozšířením);
- 2) modifikace fenofází druhů (v našich podmínkách se projevujícího především prodloužením vegetačního období);
- 3) změna ekologických vazeb (kompozice druhů) prostřednictvím změny klimatických faktorů. Tento dopad je velmi komplexní a z hlediska možného vyhodnocení doposud příliš složitý na predikci. Často má změna kompozice druhů nepředvídatelný dopad na kvalitu celého ekosystému.

Změna kompozice druhů je již znatelná u biotopů. Je však zatím spíše než změnou povětrnostních vlivů způsobena plošnou eutrofizací území. To umožňuje šíření tzv. generalistů (druhů se širokou přizpůsobivostí na životní podmínky). Klimatická změna naopak negativně ovlivňuje druhy vzácné, se specifickými nároky na životní prostředí.

Významným negativním faktorem změny klimatu je vedle přímého vlivu na biodiverzitu časté zvýšení schopnosti šíření invazních nepůvodních druhů.

I když se mohou zdát výše uvedené očekávané změny jen dílčí, je třeba brát v úvahu složité biologické vazby biodiverzity a jejich citlivost na změnu klimatických podmínek. Díky tomu může mít klimatická změna mnohem větší dopad, než je možné analyzovat na základě současných, tj. dílčích, dat.

4.4.1 Úvod a kontext

Česká republika je z hlediska biodiverzity poměrně bohaté území. To je dáno nejen geologicky velmi různorodým podložím a stejně tak variabilní geomorfologií, ale především lidskou činností. Biodiverzita je v našich podmínkách vázána především na tradiční způsob hospodaření, a to jak na zemědělských plochách, tak v lesích a vodních plochách. Ten vytvořil z naší krajiny poměrně různorodou mozaiku stanovišť, která umožňuje existenci vysokého počtu druhů a vegetačních jednotek (biotopů). Doposud vysoká míra biodiverzity v našich podmínkách je tedy do významné míry podmíněná vlivem člověka. Zároveň je třeba vzít v úvahu fakt, že stav přírody není statický, a neustále se v reakci na veškeré okolní podmínky proměňuje / vyvíjí. To znamená, že neexistuje definice příznivého stavu přírody jako biodiverzity (celku). Takový stav lze definovat jen na úrovni nižších jednotek – především druhů a biotopů. To doposud znatečně omezuje naši schopnost rozpoznat vliv klimatické změny na biodiverzitu, a především oddělit tento vliv od dalších, způsobovaných lidskou činností.

Přesto je do určité míry vliv klimatické změny odfiltrovat od dalších vlivů, a odhadovat charakter jeho působení. Jedná se především o změny v rozšíření druhů, a druhové sklady biotopů. Areály druhů se rozšiřují na sever (či do vyšších nadmořských výšek), a druhová skladba biotopů se mění ve prospěch teplomilných druhů. Dalším jasným ukazatelem je změna fenologických fází rostlin (prodlužování vegetačního období). Zároveň je třeba brát v úvahu stále chybějící limitní hodnoty pro přežívání podstatné části druhů. Klimatická změna je tedy může zásadně negativně ovlivnit přesto, že nejsme schopni tuto skutečnost na základě současných poznatků popsat.

Vliv klimatické změny nemusí mít z hlediska biodiverzity jen negativní efekt. V některých případech může zlepšit podmínky pro existenci vybraných fenoménů. Obecně je však celkový vliv těžko predikovatelný. Jasnější prognózy se týkají vlivu klimatické změny na ekosystémové služby, tj. využívání přírodních zdrojů společností. Koncept ekosystémových služeb je založen spíše než na

využívání biodiverzity na ostatních přírodních zdrojích (vodě, půdě, apod.). Z toho důvodu jsou ekosystémové služby popisovány tématicky i v ostatních kapitolách.

Česká republika má poměrně detailní data o stav biodiverzity především na úrovni druhů a biotopů. Ty proto byly využity pro níže popsanou analýzu. Zvolený postup vychází z mezinárodních standardních přístupů, tj. zaměřuje se na změny areálu druhů, a na možné ovlivnění skladby a výskytu biotopů. Pro analýzu byly vybrány fenomény s předpokladem dostatečné citlivosti na v našich podmínkách očekávanou klimatickou změnu, což analýza u většiny z nich potvrdila. Samostatně se věnujeme sledování fenologických fází rostlin jako jednomu z možných indikátorů dopadů změn.

4.4.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

4.4.2.1 Výběr fenoménů

Česká republika je v oblasti biodiverzity jednou z nejlépe prozkoumaných evropských zemí (pokud ne nejvíce). Vděčí za to přípravou na vstup do EU, kterého využila nejen ve vztahu k mezinárodním povinnostem, ale i národním potřebám. Díky tomu má k dispozici detailní data o rozšíření a kvalitě přírodních a přírodě blízkých biotopů a druhů. Vedle toho jsou k dispozici také podrobná data využití krajinného pokryvu. To poskytuje poměrně konzistentní základ pro dále popsané analýzy.

Analýza byla zpracována společností DHP Conservation s.r.o. na základě v současnosti používaných přístupů v zahraničí, a zároveň po rešerši v ČR dostupných dat. DHP Conservation přímo spolupracuje s Mezinárodním svazem ochrany přírody (International Union for Conservation of Nature - IUCN), která určuje standardy ochrany přírody i v oblasti klimatické změny.

Z hlediska hodnocení vlivů klimatické změny na biodiverzitu se analýza soustředí na analýzu dopadů samostatně na přírodní biotopy a na volně se vyskytující druhy (rostlin i živočichů). Výběr biotopů a druhů byl vybrán s ohledem na jejich předpokládanou citlivost na klimatickou změnu. Jedná se o dostatečně popsané fenomény, pro které lze stanovit hodnotitelné indikátory. Základní ukazatele byly: jejich citlivost na změnu teploty (především vysokohorské specializované fenomény), snížená schopnost reagovat na změny srážkových poměrů. Původní výběr byl širší s tím, že analýza ve svém průběhu ukázala, které fenomény je vhodné z důvodu neprůkaznosti vyřadit. Pro hodnocení vlivů klimatických změn na vnitrodruhovou diverzitu není bohužel k dispozici dostatek použitelných dat. **Ekosystémová diverzita klimatickou změnu odráží**, ale doposud nedostatečně. Úroveň zvolených biotopů je naopak dostatečně specifická, a umožňuje uchopitelnou práci a prezentaci reálných trendů. To je také úroveň, kterou teď např. IUCN používá při tvorbě červených seznamů ekosystémů, které jsou v evropských poměrech vnímány především jako biotopy či typy přírodních stanovišť.

Z relevantních procesů, způsobených především klimatickou změnou, vybrali autoři níže uvedené:

- a) kontinuální zvyšování průměrné teploty,
- b) zhoršující se sněhové podmínky (zmenšující se vrstva sněhu a zkracující se doba jejího trvání) v horských polohách,
- c) zvyšování frekvence nadprůměrných průtoků v řekách v období příválových dešťů.

Ad a) Předpokládané zvýšení průměrné teploty se bude regionálně významně lišit. Výrazně větší oteplení je očekáváno v nížinách zároveň se změnou srážkových poměrů.

Ad b) Tento aspekt se týká především „horských ostrovů“ a na ně vázaných ohrožených biotopů a druhů. Úbytek sněhu v podstatě ohrožuje jejich výskyt v našich podmínkách.

Ad c) Většina biotopů je vázána na určitou stálou hladinu podzemní či povrchové vody (s různými nároky dle svého charakteru). Obecně jim v krátkodobém či střednědobém horizontu nevádí její úbytek. Zásadní vliv však (především v nivách řek) může mít frekvence nadprůměrných průtoků, která dle předpokladu mění odolnost, jejich kompozici, popřípadě i výskyt. Jinými slovy jsou biotopy výrazně více náchylné na, byť krátkodobé, zvýšení vodní hladiny než na její snížení.

Uvedené faktory jsou zvoleny tak, aby odpovídaly specifickým přírodním podmínkám v ČR.

Na tyto faktory budou reagovat následující přírodní fenomény:

Biotopy a na ně vázané druhy rostlin

Celá ČR je pokryta tzv. vrstvou mapování biotopů, která v měřítku 1:10 000 zaznamenává výskyt a kvalitu (druhovité složení) všech přírodních a přírodě blízkých biotopů. Tento zdroj informací byl základem pro analýzu předpokládaného dopadu klimatické změny na jejich současný stav. Dále byly zjišťovány datové zdroje zajišťující dlouhodobé datové řady umožňující vyhodnocovat trendy populací vybíraných druhů. Pro stanovení jejich indikačních vlastností byla provedena literární rešerše a konzultace s předními českými odborníky.

1. Subalpínské biotopy, závislé na vrstvě a délce trvání sněhové pokrývky (kódy dle Katalogu biotopů ČR)

- A3 Sněhová vyležiska
- A4.1 Subalpínské vysokostébelné trávníky
- A4.2 Subalpínské vysokobylinné nivy
- A4.3 Subalpínské kapradinové nivy
- A5 Skalní vegetace sudetských karů
- A8.1 Subalpínské křoviny s vrbou laponskou (*Salix lapponum*)
- R1.5 Subalpínská prameniště

Následující výpis vyjmenovává vzácné druhy vázané na místa s dlouho vytrvávající sněhovou pokrývkou (chionofyty), či na místa zásobovaná vodou z tajícího sněhu. Některé z nich jsou navíc výrazně chladnomilné (psychrofyty). Kódy za názvy značí stupeň zákonné ochrany (dle vyhl. č. 395/1992 Sb., v aktuálním znění): *Anemone narcissiflora* C1, *Carex capillaris* C1, *Delphinium elatum* C2, *Dianthus superbus* subsp. *alpestris* C1, *Gnaphalium supinum* C1, *Hedysarum hedysaroides* C1, *Minuartia corcontica* C1, *Salix herbacea* C1, *Salix lapponum* C1, *Saxifraga oppositifolia* C1.

2. Subalpínské biotopy, závislé na pohybu sněhových mas (okraje lavinových drah)

- A8.2 Vysoké subalpínské listnaté křoviny

Druhy, které jsou svým výskytem vázány na lavinové dráhy, či jejich okraje, jsou konkurenčně slabé, proto jim tato narušovaná stanoviště vyhovují: *Agrostis alpina* C1, *Helianthemum grandiflorum* subsp. *grandiflorum* C1, *Laserpitium archangelica* C1, *Prunus padus* subsp. *borealis* C1, *Thymus pulcherrimus* subsp. *sudeticus* C1.

3. Biotopy poříčních tůní středních a dolních částí vodních toků a toků samotných, které mohou být disturbovány při povodňových stavech

- V1 Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod
- V2 Makrofytní vegetace mělkých stojatých vod
- V4 Makrofytní vegetace vodních toků.

Druhy citlivé na disturbance vodního prostředí (některé z nich jsou z ČR v současnosti známy jen v několika málo populacích): *Hydrocharis morsus-ranae* C2, *Potamogeton perfoliatus* C2, *Potamogeton praelongus* C1, *Salvinia natans* C1 (uvažováno jen pro výskyty na Moravě), *Utricularia vulgaris* C1

Druhy živočichů

Vzhledem k poměrně malé rozloze České republiky vůči velikostem areálů některých druhů živočichů a jejich pohyblivosti (např. ptáci), a tedy možnostem nějakou změnu na našem území zaznamenat, je ve vybraných případech nutné zabývat se i změnou početnosti coby jemnější charakteristiky s areálem těsně související. Ačkoliv se změnou areálu obecně rozumí posun v horizontální rovině (v souvislosti s klimatickou změnou v Evropě a jejím teplotním gradientem zejména latitudinální), v případě ČR je třeba se zabývat i altitudinálním posunem, který je do jisté míry lokální analogií změn latitudinálních (tj. změnou výskytu dle nadmořské výšky). Kromě těchto spíše odvozených vztahů je samozřejmě zásadní vliv teploty na početnost některých druhů.

V analýze druhů živočichů jsou kombinovány výše popsané přístupy. Je pracováno se základním předpokladem, že klimatická změna se bude projevovat zejména zvýšenou teplotou, a to především na jaře (v hnízdním období) a v době zimování. Druhy jsou voleny s ohledem na jejich indikační vlastnosti ve vztahu k adaptačním opatřením (viz dále) a dostatečný stupeň poznání a související existenci dostatečných datových řad. Z toho důvodu se jedná pouze o ptáky.

Výběr druhů je následující: *Acrocephalus arundinaceus*, *Alcedo atthis*, *Anthus spinoletta*, *Ciconia ciconia*, *Dendrocopos syriacus*, *Ficedula albicollis*, *Ficedula hypoleuca*, *Locustella luscinioides*, *Luscinia svecica svecica*, *Merops apiaster*, *Phylloscopus trochilus*, *Prunella modularis*, *Pyrrhula pyrrhula*, *Regulus regulus*, *Saxicola torquata*, *Streptopelia decaocto*, *Troglodytes troglodytes*, *Turdus merula*.

Pro účel studie naopak nebyly použity druhy bezobratlých, jejichž výskyt se rozšiřuje z jihu, jako jsou vážka červená (*Crocothemis erythraea*), která se v souvislosti s oteplováním šíří na sever, jak je dokladováno např. z Německa, kde se již vyskytuje ve všech spolkových zemích. Některé z těchto druhů mohou negativně ovlivňovat autochtonní druhy a společenstva, jako bourovčík jižní (*Thaumatopoea pityocampa*), který se v důsledku klimatické změny také šíří i do severnějších oblastí, hojně se vyskytuje např. i v okolí Paříže a existují obavy z pronikání bourovčíka do Velké Británie. U nás je zatím rozšířen sporadicky, ale vzhledem k omezování teplotního limitu jeho rozšíření může brzy v borových lesích působit znatelné škody. Existují také druhy, které se díky klimatickým změnám již na našem území plošně rozšířily, jako křižák pruhovaný (*Argiope bruennichi*), který je původně subtropický pavouk z oblasti Středomoří, který u nás i v dalších zemích mírného pásma díky vlivu klimatické změny zdomácněl.

Dopady klimatické změny na obojživelníky nebyly v podmínkách střední Evropy potvrzeny. Vlivy lze předpokládat na rybí společenstva, jedná se ale o sekundární vliv dopadu změn hydrologických podmínek, které jsou řešeny v dalších kapitolách studie.

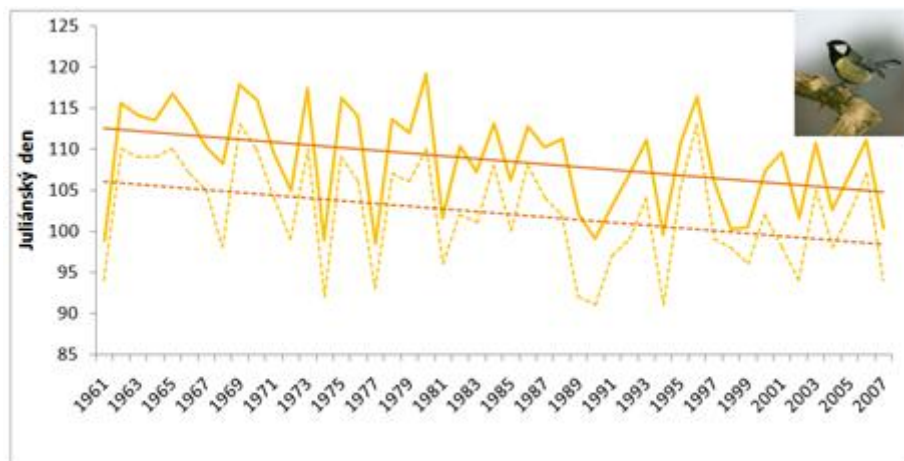
Klimatická změna se projevuje také v případě možností přežívání nepůvodních invazních druhů. Želva nádherná vytváří v rámci areálu rozšíření řadu poddruhů, nejznámější je *Trachemys scripta elegans* představující jeden z nejchovanějších druhů sladkovodních želv na světě. Nepůvodní populace želv žijí a někdy se i úspěšně množí zejména v oblastech s teplým podnebím, záznamy reprodukce se rozšiřují ze Středomoří směrem na sever. Jako indikační druhy pro adaptační opatření ale invazní druhy také nebyly zvoleny. Přesto lze do budoucna o vyhodnocení změn rozšíření invazních druhů živočichů pro získání doplňujících informací uvažovat. V případě druhů rostlin je možné využít výsledky výzkumného projektu VaV-SPII2d1/37/07 „Dynamika šíření invazních druhů rostlin v ČR za různých scénářů globální klimatické změny“.

Možné je také sledovat změnu vzájemných vztahů mezi druhy. Z pohledu klimatické změny je možné sledovat vývoj termínu kladení vajíček píďalky podzimní (*Operophtera brumata*) v souvislosti s růstem živných dřevin, jako je dub letní. Také bělásek řepový (*Pieris rapae*) proměnil v uplynulých desetiletích rozšíření v závislosti na živných rostlinách. Tyto druhy taktéž nebyly z výše uvedených důvodů pro účel studie využity.

Se změnou klimatu, především teplot, souvisí i změny vývojových fází u živočichů a rostlin. Studie dokládají posun nástupu fenologických fází nejen u rostlin, ale i u ptáků a dalších druhů na většině území Evropy. Pro oblast Moravy shrnuje tyto trendy práce Bauera et al. (2009) a následně Bauera et al. (2014). Z těchto prací vyplývá, že mezi léty 1961-2014 došlo zejména v důsledku nárůstu teplot

vzduchu ke statisticky významnému posunu v datu prvního sneseného vejce. V případě sýkory koňadry (*Parus major*) byl mezi léty 1961-2007 zaznamenán na 3 lokalitách na jižní Moravě (Lanžhot, Vranovice, Lednice) posun v datu prvního sneseného vejce v populaci v průměru o 7,6 dne. U později hnízdícího lejska bělokřehého (*Ficedula albicollis*) byl tento posun dokonce 8,2 dne – viz obrázek 52. Obdobné jevy jsou uvedeny pro některé druhy stromů a keřů také v kapitole Lesní hospodářství a Zemědělství.

Obrázek 52 Nástup vybraných vývojových fází na lokalitě Lednice na Moravě v letech 1961-2007



Zdroj: (Bauer, 2014)

Pozn: Je zachyceno pro: sýkora koňadra – první vejce v populaci (přerušovaná linie), průměrné první vejce v populaci (plná linie); Detailní popis dat a jejich interpretace Bauer (2014).

4.4.2.2 Proces analýzy

Výše vybrané fenomény byly rozděleny do čtyř skupin, a to dle klimatické charakteristiky, která je pravděpodobně především ovlivní: teplota, mráz, povodně, sucho. Teplotou se myslí její průměrná roční hodnota. Mráz je charakteristika, důležitá pro vybrané druhy z hlediska jejich fenologického vývoje, a tím i pro vybrané biotopy a jejich skladbu. Zároveň počet mrazových dní ovlivňuje délku či existenci sněhové pokrývky. Hodnota povodně indikuje území, kde může vzhledem k očekávanému nárůstu těchto úkazů dojít k ovlivnění biotopů i druhů. V tomto případě se však může jednat i o pozitivní efekt. Sucho je regionální a rozšiřující se významnou charakteristikou již dnes, a to především v nížinných oblastech.

Rozdělení fenoménů dle jejich použití v analýzách je uvedeno v následujících tabulkách (tabulka 31 a tabulka 32):

Tabulka 31 Rozdělení fenoménů dle jejich použití (biotopy)

Biotop	Teplota	Mráz	Povodně	Sucho
A3 Sněhová vyležiska	0	1	0	1
A4.1 Subalpínské vysokostébelné trávničky	0	1	0	1
A4.2 Subalpínské vysokobylinné nivy	0	1	0	1
A4.3 Subalpínské kapradinové nivy	0	1	0	1
A5 Skalní vegetace sudetských karů	0	1	0	1
A8.1 Subalpínské křoviny s vrbou laponskou (<i>Salix lapponum</i>)	0	1	0	1
R1.5 Subalpínská prameniště	0	1	0	1
A8.2 Vysoké subalpínské listnaté křoviny	0	1	0	1
V1 Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních	0	0	1	1

Biotop	Teplota	Mráz	Povodně	Sucho
stojatých vod				
V2 Makrofytní vegetace mělkých stojatých vod	0	0	1	1
V4 Makrofytní vegetace vodních toků	0	0	1	1

Tabulka 32 Rozdělení fenoménů dle jejich použití (druhy)

Druh	Teplota	Mráz	Povodně	Sucho	Živočich	Rostlina
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Agrostis alpina</i>	1	0	0	1	0	1
<i>Alcedo atthis</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Anemone narcissiflora</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Anthus spinoletta</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Carex capillaris</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Ciconia ciconia</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Delphinium elatum</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Dendrocopos syriacus</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Dianthus superbus</i> subsp. <i>alpestris</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Ficedula albicollis</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Ficedula hypoleuca</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Gnaphalium supinum</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Helianthemum grandiflorum</i> subsp. <i>grandiflorum</i>	1	0	0	1	0	1
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	0	0	1	1	0	1
<i>Laserpitium archangelica</i>	1	0	0	1	0	1
<i>Locustella luscinioides</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Luscinia svecica svecica</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Merops apiaster</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Minuartia concontica</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	0	0	1	1	0	1
<i>Potamogeton praelongus</i>	0	0	1	1	0	1
<i>Prunella modularis</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Prunus padus</i> subsp. <i>borealis</i>	1	0	0	1	0	1
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Regulus regulus</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Salix herbacea</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Salix lapponum</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Salvinia natans</i>	0	0	1	1	0	1
<i>Saxicola rubicola</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Streptopelia decaocto</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Thymus pulcherrimus</i> subsp. <i>sudeticus</i>	1	0	0	1	0	1
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Turdus merula</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Utricularia vulgaris</i>	0	0	1	1	0	1

Rozdělení do skupin není jediným možným, jedná se o expertní vyhodnocení autorským týmem. V rámci dalších analýz je možné například hodnotit také vliv povodní a sucha na rákosníka velkého stejně jako vliv změn počtu mrazových dní na lindušku horskou nebo na slavíka modráčka.

Pro každou z předpokládaných charakteristik byl vyhodnocen areál souhrnně pro celou skupinu. Použitá data bohužel neumožňují více detailní přístup, který ale není vzhledem k podrobnosti celé studie nutný. Výjimku tvoří biotopy s ohledem na charakteristiku „mráz“.

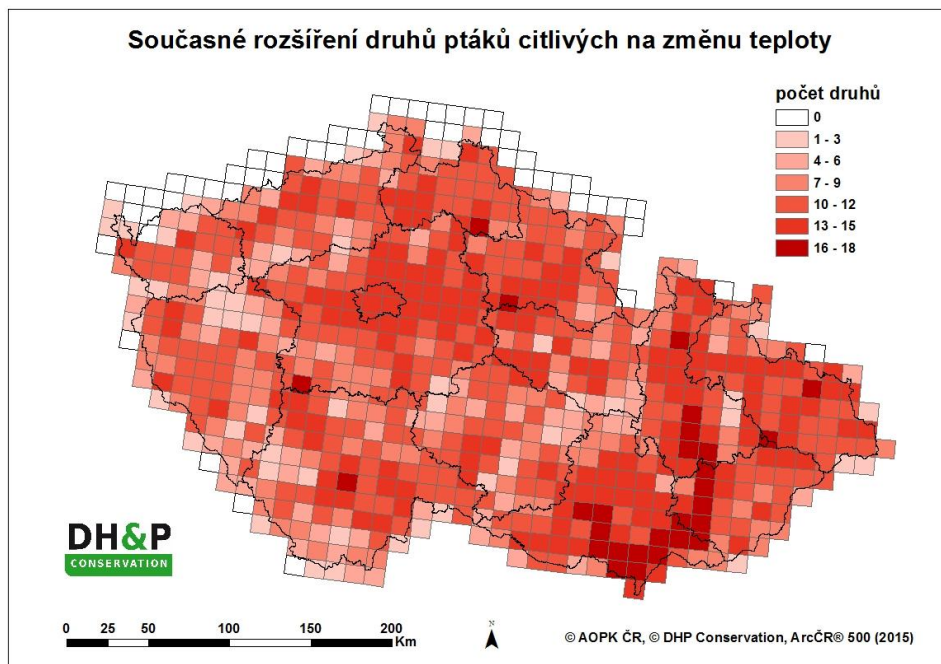
4.4.2.3 Výsledky analýzy

Veškeré výsledky jsou pro přehlednost uvedeny především formou mapových výstupů (obrázek 53 až obrázek 63) s komentářem. Vzhledem k neexistenci obecně přijatelných limitů (thresholds), které by značily hranici, za kterou je možné zaznamenat změnu v rozšíření či biologii fenoménů, uvádíme v následujících výstupech současné rozšíření fenoménů, citlivých na danou klimatickou charakteristiku. Výjimku tvoří biotopy, u kterých lze predikovat změnu v rozšíření vzhledem ke změně teplot.

Mapa rozlišuje stupněm barvy počet druhů/biotopů, které jsou závislé na změnách dané klimatické charakteristiky, konkrétně jejich počet v daném biogeografickém čtverci.

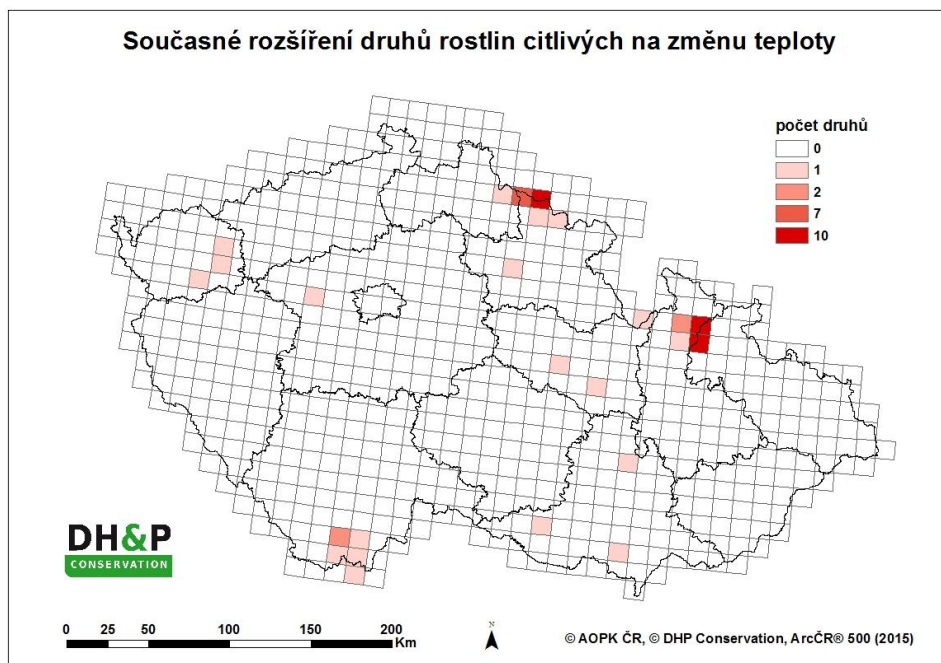
Teplota

Obrázek 53 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na změnu teploty



Rozšíření druhů ptáků, citlivých na změnu teploty, je v ČR plošné, tj. nevyhraněné. Výjimku tvoří nejteplejší region ČR, tj. Jižní Morava především v okolí větších toků. To ukazuje, že změna teploty bude mít spíše obecný dopad na většinu druhů ptáků s tím, že ty budou přirozeně vzhledem ke své mobilitě posouvat areály svého výskytu.

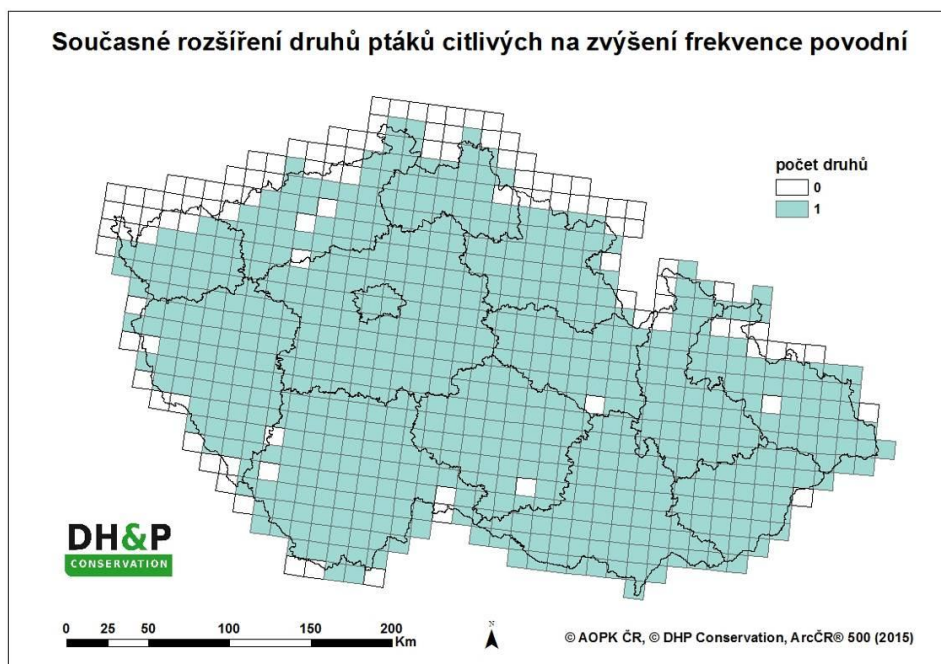
Obrázek 54 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na změnu teploty



Pro analýzu byly záměrně vybrány (stejně jako u druhů ptáků) druhy, u kterých se předpokládá významná citlivost na teplotní změny. Ta se dle uvedené mapy prokázala především u vysokohorských fenoménů.

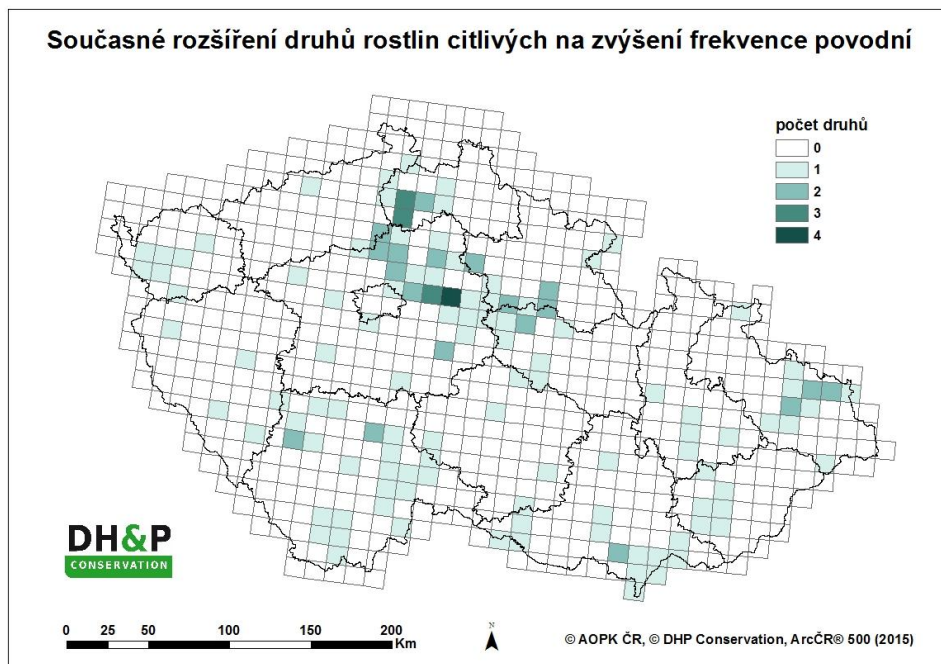
Povodně

Obrázek 55 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na zvýšení frekvence povodní



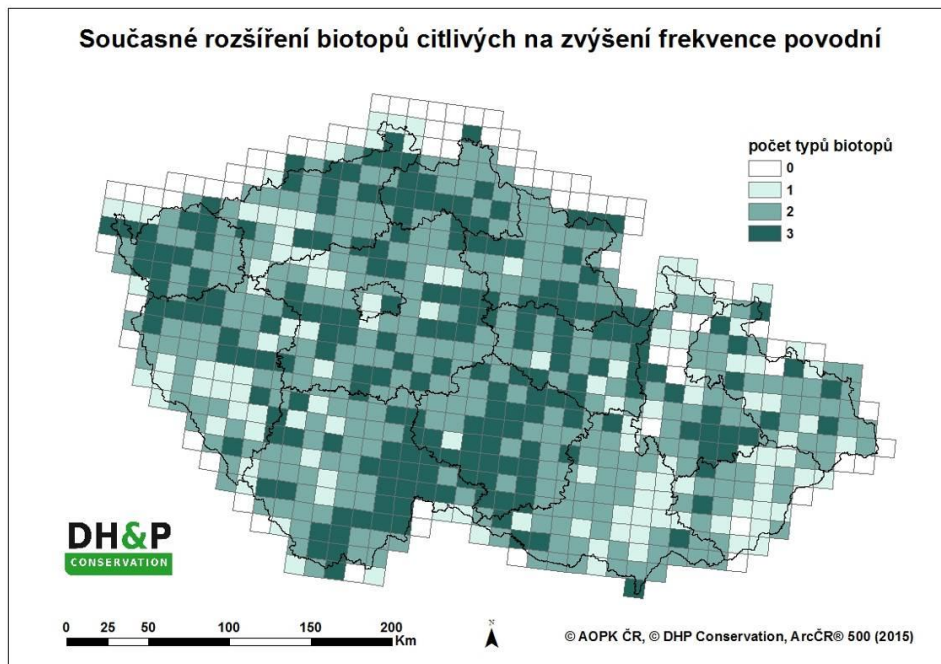
Vzhledem k výsledkům, zobrazeným na mapě, je patrné, že citlivost druhů ptáků na zvýšení frekvence povodní nebyla prokázána.

Obrázek 56 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na zvýšení frekvence povodní



Druhy rostlin, citlivé na zvýšení frekvence povodní, se dle analýzy vyskytují především na středním toku Labe, tedy v místě pravidelných záplav. Výsedeček analýzy je však v tomto případě poznamenán nedostatkem dat. Výskyt citlivých druhů se dá logicky předpokládat i na jiných místech republiky, kde však data evidentně nejsou k dispozici.

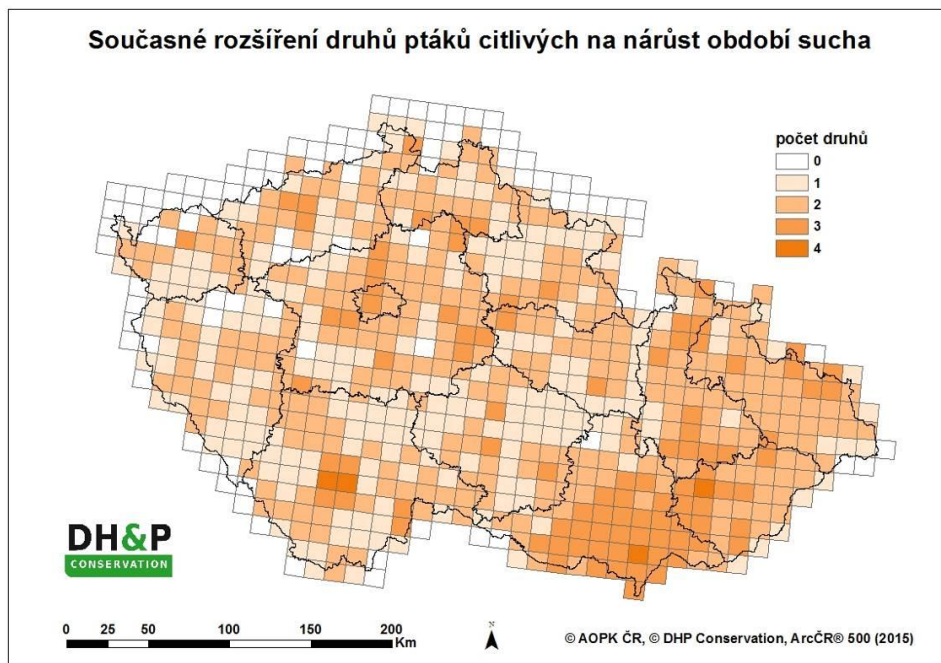
Obrázek 57 Současné rozšíření biotopů citlivých na zvýšení frekvence povodní



Biotopy s předpokladem zvýšené citlivosti na povodně jsou v ČR rozšířeny plošně. Jedná se tedy o obecnou potenciální hrozbu bez možnosti specifického určení konkrétních dopadů. Zároveň toto obecné rozšíření biotopů předznamenává jejich schopnost se s vlivy takové změny prostředí vyrovnat.

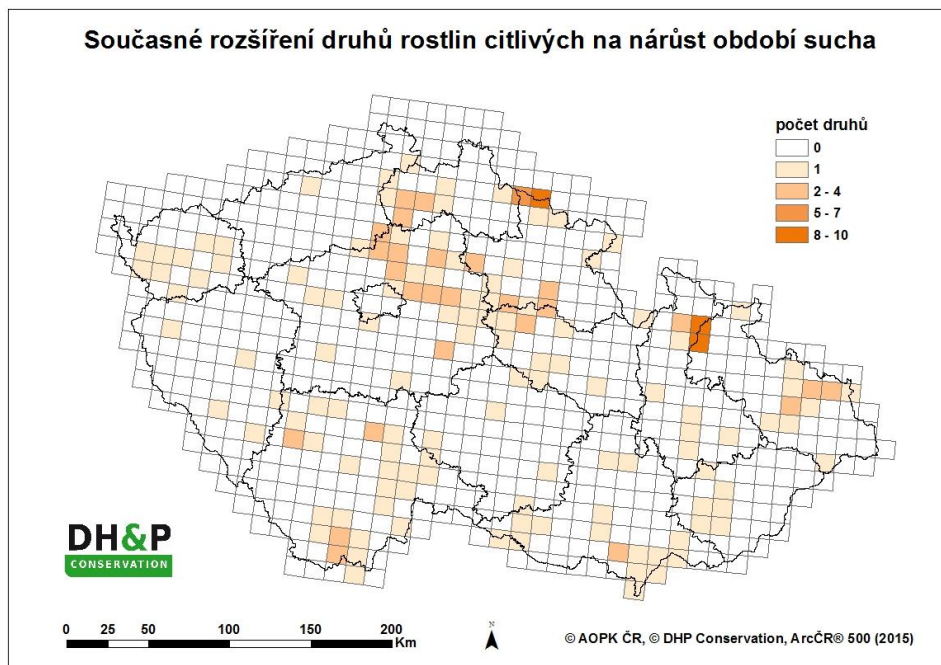
Sucho

Obrázek 58 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na nárůst období sucha



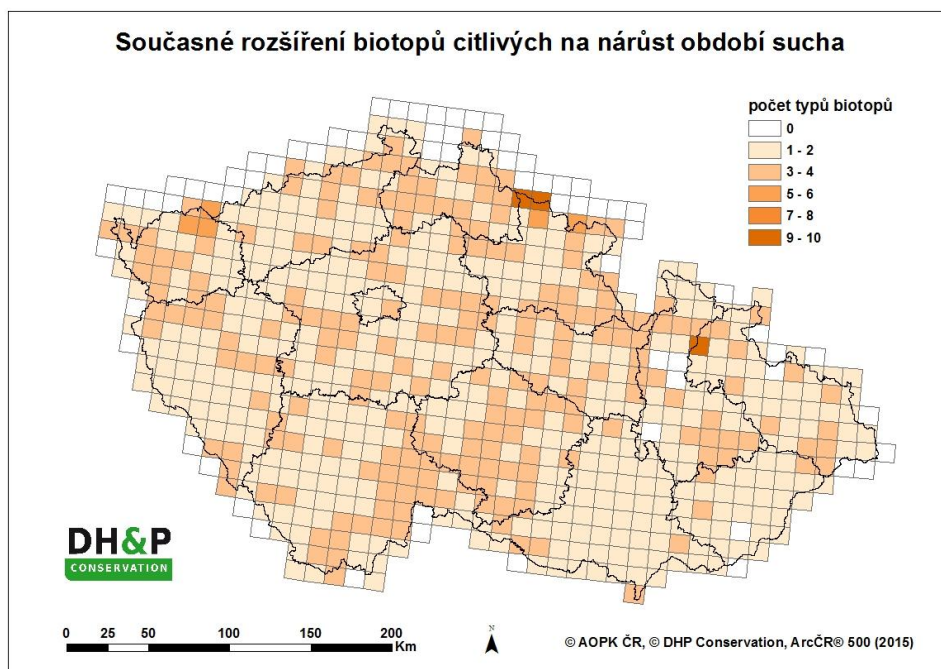
Výsledky, zobrazené v mapě, určují jako centrum výskytu druhů ptáků, citlivých na nárůst sucha, Jižní Moravu jako nejteplejší a nejsušší region v ČR. I zde je však rozšíření analyzovaných druhů plošné, tj. konkrétní ohrožení výskytu uvedených fenoménů na území státu z hlediska předpokládaných dopadů klimatické změny nehrozí. Dá se předpokládat změna v areálu rozšíření, kterou však nelze konkrétně určit.

Obrázek 59 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na nárůst období sucha



Stejně jako v případě citlivosti druhů rostlin na teplotu (obrázek 54), i zde se z hlediska vybraných druhů projevuje jasné ohrožení ve vysokohorských oblastech. Je zde jasná korelace mezi změnou teploty a srážkových poměrů, a tyto od sebe nelze odělit. Jejich vliv se pravděpodobně kumuluje.

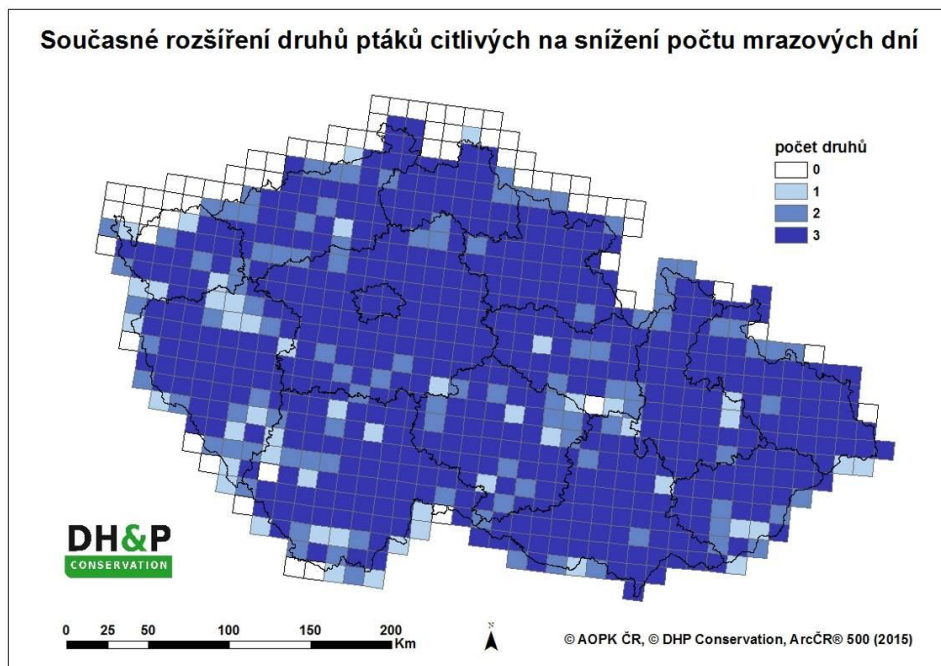
Obrázek 60 Současné rozšíření biotopů citlivých na nárůst období sucha



Na rozdíl od nízké citlivosti biotopů na změnu srážkových poměrů (obrázek 57), jejich citlivost na změnu teploty je prokazatelná, a soustředěná do nejvyšších nadmořských výšek státu.

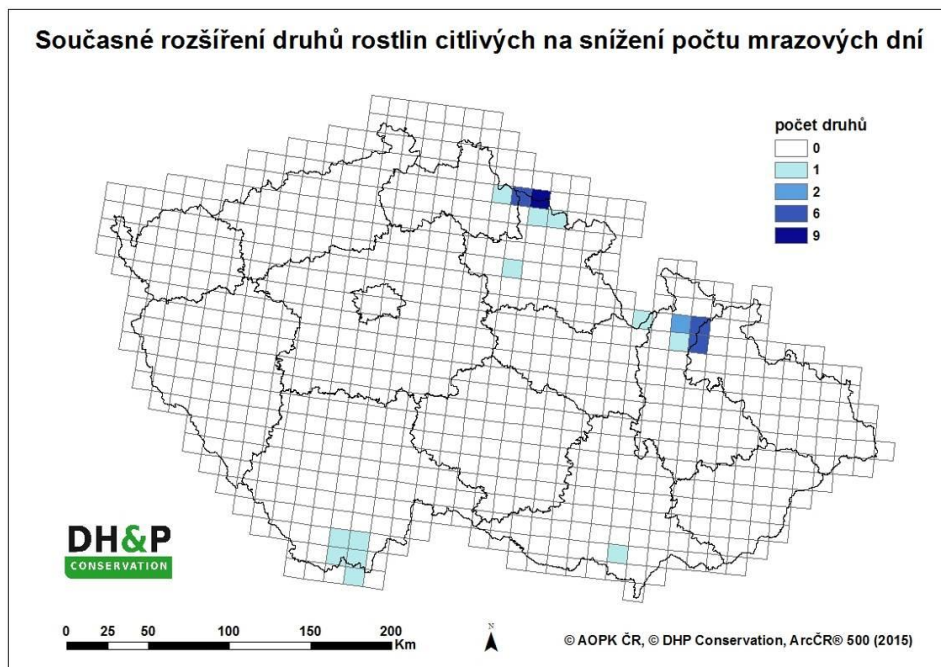
Mráz

Obrázek 61 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na snížení počtu mrazových dní



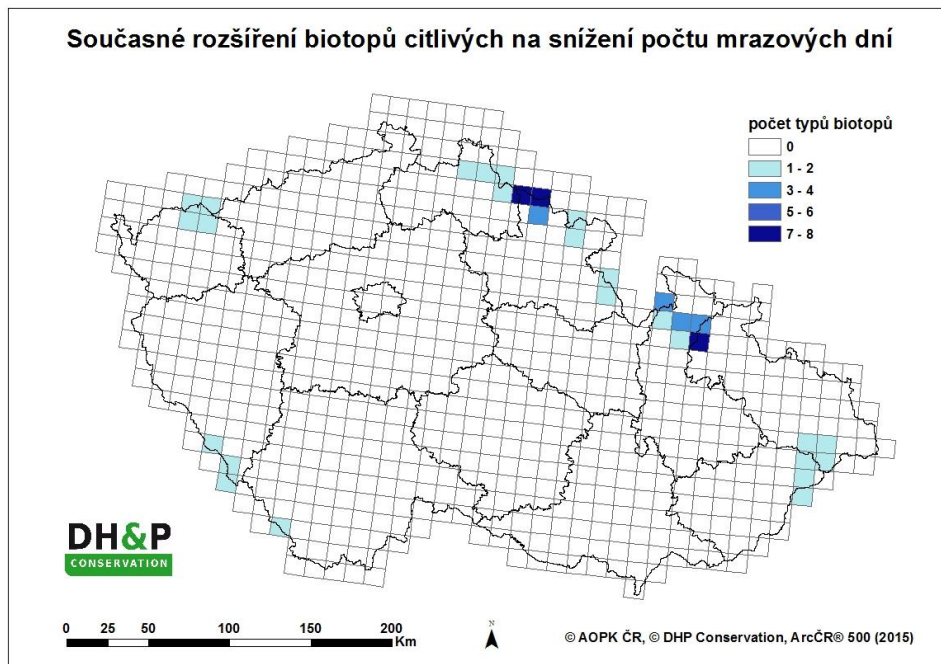
Výsledky analýzy nevykazují žádné druhy ptáků, které by byly specificky na snížení počtu mrazových dní citlivé.

Obrázek 62 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na snížení počtu mrazových dní



Rostliny, u kterých je snížení počtu mrazových dní v roce rizikem pro jejich výskyt, jsou soustředěny do vysokohorských oblastí.

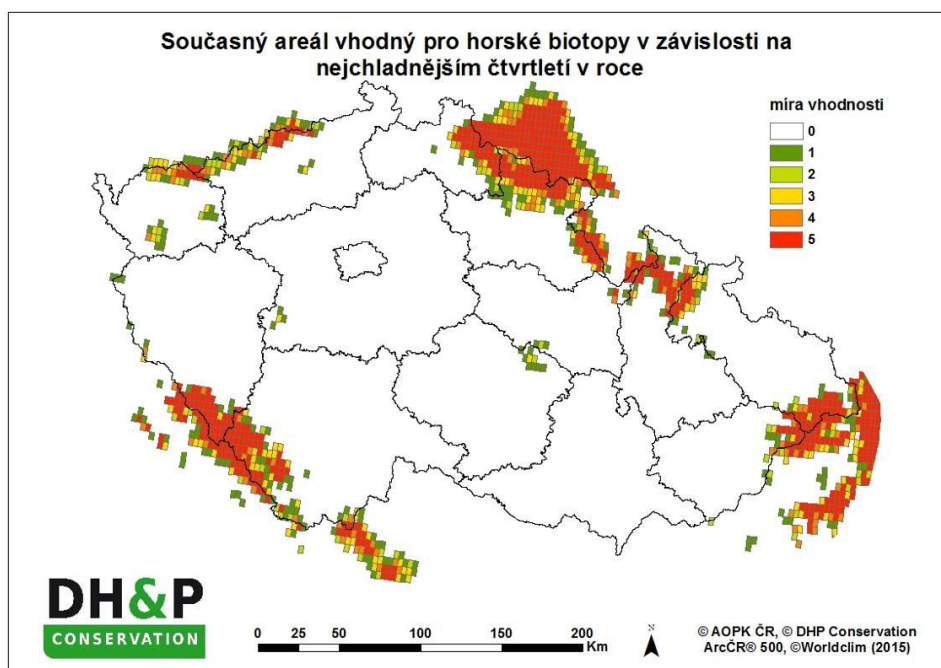
Obrázek 63 Současné rozšíření biotopů citlivých na snížení počtu mrazových dní



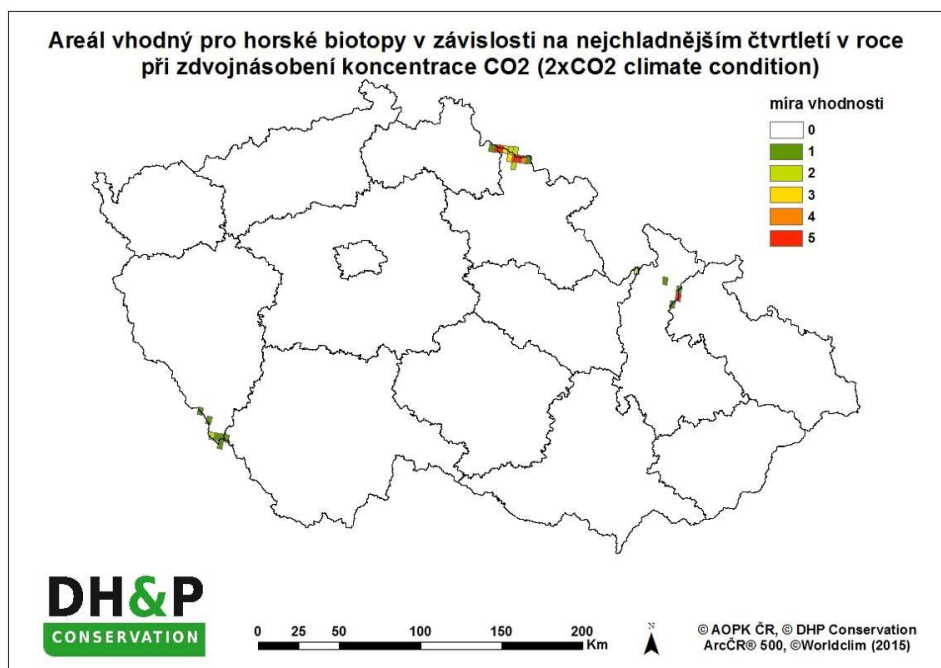
Stejně jako u druhů rostlin, biotopy citlivé na snížení počtu mrazových dní jsou v ČR soustředěny pouze do nejvyšších horských poloh. Jedná se o specifické biotopy úzce vázané na extrémní podmínky.

Na rozdíl od předchozích příkladů, u **biotopů vázaných na horské prostředí** a tím i **počet mrazových dní** (včetně sněhové pokrývky) je možné analyzovat predikci změny vhodného areálu, založený na změně koncentrace CO_2 v atmosféře. Jako cílový stav pro predikci změny rozšíření biotopů byl zvolen stav při dosažení dvojnásobného množství CO_2 v atmosféře. K jeho naplnění existují čtyři základní scénáře (křivky růstu koncentrací skleníkových plynů), které byly použity IPCC pro 5. hodnotící zprávu AR5. Ekvivaletní stav pro Pretela je přibližně období 2040–2069 s předpokládaným nárůstem průměrné roční teploty o cca 2°C . Při modelování byl použit dataset Bioclim, který obsahuje pro naše účely nejvhodnější proměnnou, kterou je průměrná denní teplota nejchladnější kontinuálně probíhající čtvrtiny roku. Predikce změny rozšíření biotopů v závislosti na průměrné roční teplotě byla provedena na základě aktuálních scénářů klimatické změny v ČR (Pretel, 2011). Na obrázcích níže (obrázek 64 až obrázek 67) jsou uvedeny oba výstupy. Mapy ukazují přibližnou změnu (zmenšení vhodného areálu) při použití změny teplot v nechladnějším měsíci v roce, a v nejchladnějším čtvrtletí.

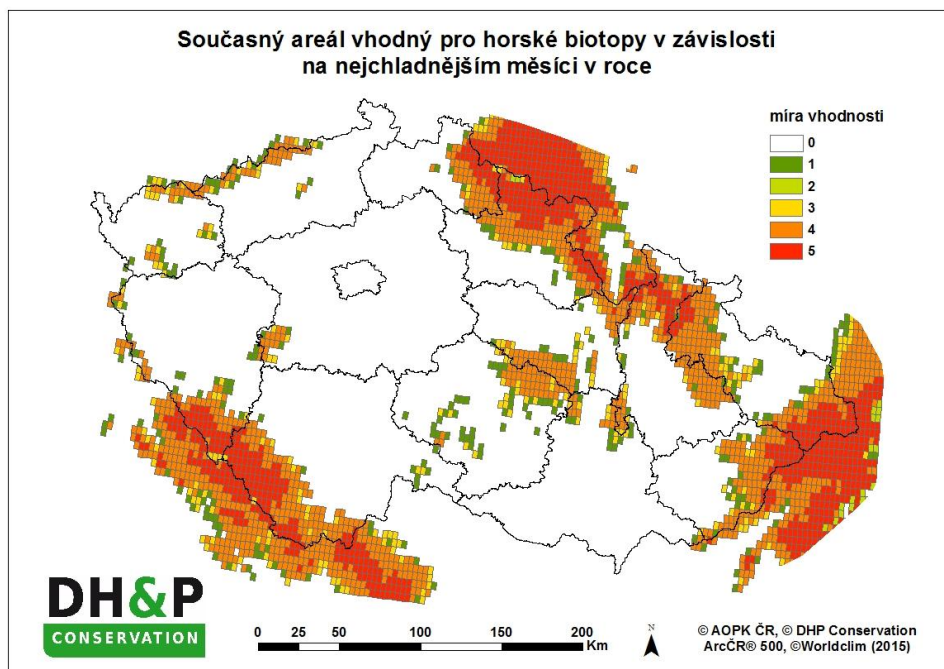
Obrázek 64 Současný areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším čtvrtletí v roce



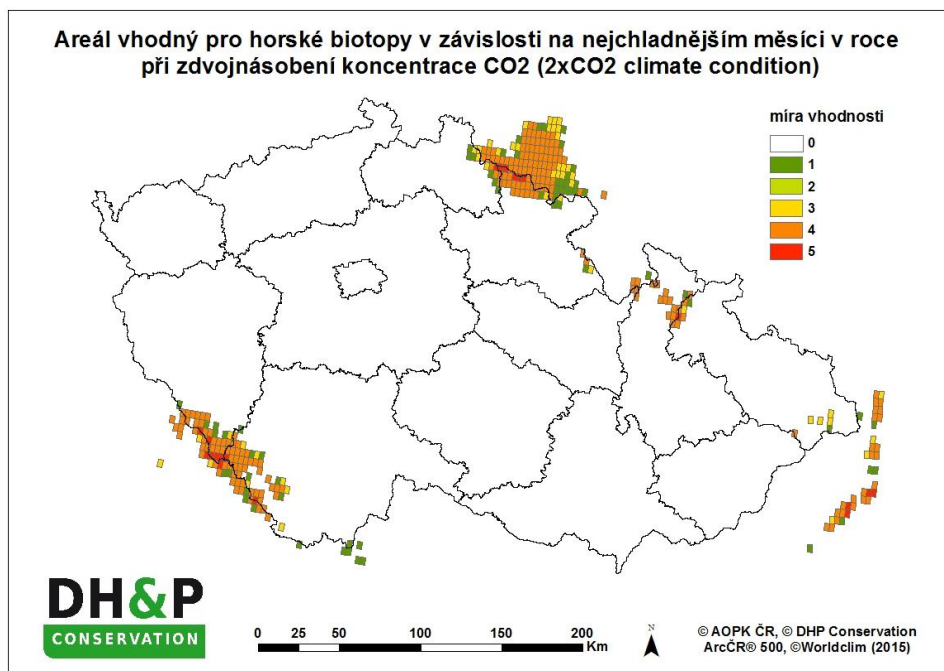
Obrázek 65 Areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším čtvrtletí v roce při zdvojnásobení koncentrace CO₂ (2xCO₂ climate condition)



Obrázek 66 Současný areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším měsíci v roce



Obrázek 67 Areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším měsíci v roce při zdvojnásobení koncentrace CO₂ (2xCO₂ climate condition)



V případě modelu 2xCO₂ se jak hodnoty pro periodu měsíce, tak i čtvrtletí v podstatě shodují. Oba modely pak zároveň předpovídají, že při současném trendu s největší pravděpodobností dojde k zániku vybraných horských biotopů v ČR. Model dle Pretela to plně potvrzuje.

4.4.2.4 Hlavní předpokládané dopady - shrnutí

Hlavní předpokládané dopady uvádíme dle analyzovaných klimatických charakteristik:

Teplota: zatímco u ptáků se nejvíce druhů citlivých na zvýšení teploty koncentruje v současných **nejteplejších regionech (Jižní Morava)** a nárůst teplot je zde pro ně pozitivní, analyzované nejvíce ohrožené druhy jsou vázány především na **vrcholky horských oblastí – přirozeného alpského bezlesí**.

Povodně: u této charakteristiky se její vliv jak na druhy, tak biotopy, jeví jako neprůkazný. Na počátku analýzy jsme předpokládali, že je možné vymezit oblasti, ve kterých dojde k významnému potenciálnímu ovlivnění biotopů a druhů. Analýza však ukázala, že takové ovlivnění je díky současnému charakteru povodní (od lokálních, až po regionální či celostátní) je možné prakticky kdekoli v ČR (obrázek 55, obrázek 56, obrázek 57). Výjimku tvoří rostliny, vázané na vodu, a v případě našeho státu také na určitou část Labe. Zde však nastává druhá neznámá, tj. zda povodně v konečném důsledku jsou pro druhy a biotopy jen negativní, nebo naopak mohou působit i pozitivně. Dle našeho názoru je možné obojí. Proto nebyla tato část analýzy pro svou neprůkaznost dále interpretována.

Sucho: u druhů ptáků je vliv této charakteristiky patrný **na jižní Moravě**, na biotopy a druhy rostlin bude mít pravděpodobně významný vliv **v horských oblastech** (v alpském pásmu). V tomto případě je sucho spojeno s předpokládaným snížením srážek i vzdušné vlhkosti.

Mráz: stejně jako v případě sucha je na druhy ptáků vliv této charakteristiky na jejich stav neprůkazný. Na biotopy a druhy rostlin bude mít pravděpodobně významný vliv **v horských oblastech (v alpském pásmu)**. V tomto případě je sucho spojeno s předpokládaným snížením srážek i vzdušné vlhkosti. Pro zpřesnění uvádíme, že v případě nejchladnějšího čtvrtletí se jedná o průměrnou teplotu, zatímco u nejchladnějšího měsíce o minimální teplotu (průměrná teplota nejchladnějšího měsíce není k dispozici).

Předpokládaná klimatická změna bude mít vliv na biotopy a druhy významné z hlediska biologické rozmanitosti, vliv především v horských oblastech, kde dojde k největší změně prostředí, a tím pravděpodobně i zániku daných fenoménů. Vlivy v ostatních částech ČR jsou na biodiverzitu neprůkazné, a to ze dvou důvodů:

- 1) Rozšíření a kvalitu výskytu či populací ovlivňuje stále více činnost člověka v krajině spíše než klimatická změna;
- 2) Na podporu druhů a biotopů významných z hlediska biodiverzity v ČR jsou cíleně prováděna opatření, která mohou vliv klimatické změny do značné míry zmírnit (v některých případech plně).

I proto z analýzy vychází jako nejohroženější skupina fenoménů biotopy v horských oblastech. Tam je ovlivnění změn člověkem nemožné, a to vzhledem k jejich úzké vazbě na specifické podmínky prostředí, především svázané s dlouhým obdobím nízkých teplot. Takové podmínky nedokážeme simulovat.

4.4.3 Stanovení indikátorů

4.4.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné roční teploty
- Počet ledových dnů
- Déka období sucha
- Počet dnů se srážkami nad 20 mm

4.4.3.2 Indikátory dopadové

Pro ucelený návrh indikátorů na národní úrovni byla nejdříve provedena rešerše existujících přístupů na globální a evropské úrovni.

Na globální úrovni jsou centrální sadou indikátorů pro měření úspěšnosti při ochraně biodiverzity a ekosystémových služeb tzv. indikátory Aichi cílů, které vznikají v rámci Úmluvy o biologické rozmanitosti. Informace o nich jsou dostupné na www.bipindicators.net. Celou sadu a rozlišení zaměření indikátorů podle skupin zobrazuje obrázek 68.

Obrázek 68 Indikátory Aichi cílů

GOALS		TARGETS					
A	Address the underlying causes of biodiversity loss by mainstreaming biodiversity across government and society	1	2	3	4		
		Awareness of BD values	Integration of BD values	Incentives	Use of nat. resources		
B	Reduce the direct pressures on biodiversity and promote sustainable use	5	6	7	8	9	10
		Loss of habitats	Sust. fisheries	Areas under sust. mgt.	Pollution	IAS	Vulnerable eco.
C	To improve the status of biodiversity by safeguarding ecosystems, species and genetic diversity	11	12	13			
		Protected areas	Preventing extinctions	Agricultural BD			
D	Enhance the benefits to all from biodiversity and ecosystem services	14	15	16			
		Essential eco. services	BD & carbon stocks	ABS implementati			
E	Enhance implementation through participatory planning, knowledge management and capacity building	17	18	19	20		
		NBSAPs	Trad. knowledge	BD knowledge	Resource mobilization		

Jak je z něj patrné, žádný z indikátorů není zaměřen na vliv klimatické změny přímo, ovšem některé z nich její vlivy berou v potaz. To se týká i dalších sad indikátorů, vyvíjených na regionálních či národních úrovních.

Evropská komise (konkrétně Evropská agentura pro životní prostředí) vyvíjí od roku 2005 tzv. SEBI indikátory ([Streamlining European Biodiversity Indicators](#)) (EEA, 2010). Tato sada se z hlediska svého zaměření významně překrývá s Aichi indikátory. V této je však na rozdíl od předchozí jeden z indikátorů zaměřen na klimatickou změnu, a to prostřednictvím sledování trendu populací ptáků ([SEBI 011](#)). Indikátor je založen na změnách ve velikosti populací a areálu druhů. Dosavadním výstupem je, že klimatická změna má jak pozitivní, tak negativní efekt. Negativní efekt (zmenšování populací či areálu) je však pozorován třikrát častěji. Vyhodnocení použití těchto indikátorů na národní úrovni shrnuje [Zpráva o naplňování cíle 2010 v ochraně biodiverzity v ČR](#), vydaná MŽP v roce 2011.

Často se ve spojitosti se sledováním trendů biodiverzity a zároveň i vlivu klimatické změny zmiňuje možné využití tzv. [červených seznamů](#), metodicky vyvíjených Světovým svazem ochrany přírody (International Union for Conservation of Nature – IUCN). Vzhledem k jejich pojetí však neexistuje postup, jak je pro účely této studie využít. Jsou založeny především na biologických charakteristikách, a další vlivy neberou dostatečně v potaz. V určitém smyslu lze zobrazit vliv klimatické změny formou kategorizace druhů vzhledem k jejich citlivosti na změny teploty a povětrnostních vlivů. Ovšem vzhledem ke složitosti ekologických vazeb mezi druhy není možné vliv klimatické změny dostatečně odlišit od ostatních vlivů.

IUCN ale zároveň vyvíjí tzv. trait-based approach (ve volném překladu „přístup založený na charakteristikách/vlastnostech“) s cílem indikovat které druhy jsou z hlediska svých biologických a ekologických charakteristik na klimatickou změnu nejvíce náchylné. Tento přístup je však stále ve vývoji, a jeho dosavadní výsledky nelze interpretovat s větší jistotou.

V Evropě jsou národní sady indikátorů vyvinuty v některých státech: Rakousku (neexistuje anglická verze), Švýcarsku, Velké Británii (a samostatně Skotsku), a v některých dalších. V podstatě všechny vycházejí ze struktury SEBI indikátorů. Zajímavým příkladem je tzv. [Norwegian Nature Index](#). Jak už z názvu vyplývá, je primárně zaměřen na ochranu přírody, ovšem vzhledem ke specifickému klimatu Norska jeho výsledky lépe ukazují vliv změny klimatu na biodiverzitu. V tomto případě se jedná především o hrožení bioty v horských oblastech výrazným zvyšováním jejich teploty.

Norwegian Nature Index je pravděpodobně nejvíce vyvinutým systematickým přístupem ke sledování biodiverzity. Index se skládá z 309 samostatných indikátorů, zaměřených na jednotlivé složky mořských i suchozemských ekosystémů. Bez ohledu na to není ve výsledcích schopen dostatečně odlišit změny, způsobené, lidskými aktivitami, od vlivu klimatické změny. (NINA, 2010)

Z předchozí rešerše vyplývá, že žádný obecně přijatelný přístup při sledování klimatické změny a jejích dopadů formou ucelené sady indikátorů v oblasti biodiverzity neexistuje. Pro české podmínky proto navrhuje následující sadu indikátorů, která by měla vyhovovat našim podmínkám a informacím, které jsou k dispozici:

- **Areál a distribuce v rámci výškového gradientu vybraných biotopů a druhů rostlin a živočichů**
- **Početnost vybraných druhů rostlin a ptáků**
- **Fenologie vybraných druhů rostlin a živočichů**

4.4.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.4.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu

- 1) **Areál a distribuce v rámci výškového gradientu vybraných biotopů a druhů rostlin a živočichů:** Vzhledem k pravidelnému „Sledování biotopů a druhů“, koordinovaném Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR, je možné sledovat poměrně exaktně nejen výškový gradient rozšíření, ale i změny ve vymezení areálu. Tento indikátor svými výsledky pokrývá původní návrh MŽP na indikátor „změny ve vegetačních pásmech“, a zároveň dává podrobnější informaci nejen pro biotopy, ale i pro druhy. Výběr biotopů je možný pro veškeré přírodní a polopřírodní. U druhů je třeba provést selekci ve spolupráci s AOPK ČR dle existence a kvality dat. Vzhledem k náročnosti vyhodnocování však doporučujeme vybrat maximálně 10 biotopů, 10 druhů rostlin a pokračovat ve sledování druhů ptáků (populací ca. 4 horských druhů a plošného sledování běžných druhů pro zjištění altitudinálních posunů). Je nutné indikátor vyvinout pro více druhů jako složený (indikátor založený na jednom druhu postrádá vzhledem k zavádějící nepřesnosti význam) a současně navrhnout metodické řešení sběru a vyhodnocování dat. Úvaha nad výběrem by měla být plně v režii MŽP a instituce, která bude sledování provádět nebo přímo koordinovat.

Časový interval vyhodnocování: 6 let, a to vzhledem k pravidelnému sběru dat.

Vyhodnocení zranitelnosti: je různé pro každý biotop a druh, tj. určení je možné provést až po finalizaci seznamů.

- 2) **Početnost vybraných druhů rostlin a ptáků:** tento indikátor by se měl opírat o seznam druhů, uvedených a použitých pro analýzy v rámci této studie (viz předchozí podkapitoly). Tyto druhy jsou citlivé na různé projevy klimatické změny.

Časový interval vyhodnocování: 6 let, a to vzhledem k pravidelnému sběru dat.

Vyhodnocení zranitelnosti: je různé pro každý biotop a druh, tj. změny je nutné sledovat průběžně. V současné době není možné vzhledem k nedostatkům existujících modelů určit

- 3) **Fenologie vybraných druhů rostlin a živočichů:** změny ve fenologických fázích organismů jsou velmi důležité pro zachycení rychlosti dopadů klimatické změny a možných následků jak pro druhy, tak následně i složení společenstev. Takto navržený indikátor rozšiřuje původní návrh MŽP z rostlin i na živočichy, u kterých je takové změny také možné a vhodné sledovat. Samotný výběr fenoménů však závisí na dohodě s příslušnými institucemi (obdobně jako u předchozích). Např. sledování fenologických fází ovocných dřevin prováděl ČHMÚ, ale tuto aktivitu již ukončil. Fenologie dřevin je výborným ukazatelem klimatických změn, neboť se v jejím případě snadněji odfiltrují ostatní vlivy. Pro zahájení sledování pomocí tohoto indikátoru je především nutné zajistit, aby vybrané instituce veřejné správy z pověření MŽP sledování zahájily a dlouhodobě zajistily (ne formou projektu, ale dlouhodobé podpory z rozpočtu státu).

Časový interval vyhodnocování: každoročně včetně vyhodnocování

Vyhodnocení zranitelnosti: je třeba určit po analýze s ostatními změnami u daných druhů (změny areálu, změny ve velikosti populací). Samotná změna ve fenologických fázích je obvykle součástí většího počtu souvisejících změn.

4.4.4.2 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

V našich podmínkách jsou z hlediska biodiverzity **jednoznačně nejohroženějšími regiony vysokohorské polohy – alpské a subalpské polohy nad horní hranicí lesa**. Důvodů k tomu je několik: jedná se o malé rozlohy, klimatické podmínky jsou zde velmi specifické, a vyskytující se biotopy a druhy jsou na ně vázány jako specialisté. I malý nárůst teploty či změna jiných podmínek zde tedy může znamenat zánik druhů či biotopů pro území ČR.

Vysokohorské klima a dopady jeho změny na místní biodiverzitu fakticky ovlivnit nelze, maximálně lze implementovat speciální opatření na ochranu vybraných fenoménů. To už se dnes díky pokrytí těchto ploch zvláště chráněnými územími děje a není proto navrhováno tyto již stanovené a dostatečně financované priority ještě více upřednostňovat.

Druhým nejvíce ohroženým regionem je jižní Morava, a to díky předpokládané kombinaci nárůstu teploty se snížením srážkových úhrnů. Zároveň je však v tomto případě třeba přiznat, že vlivů, které ohrožují stabilní výskyt předmětných fenoménů v tomto regionu, je více, a jsou především způsobeny intenzivní zemědělskou a lesnickou činností.

4.4.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 33 Biodiverzita – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost scénáře	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické projevy	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
1; 2; 14	porostou teploty až o 3 stupně Celsia	s biotopy subalpínského a alpínského pásma	Zánik podmínek pro jejich výskyt (např. A3 sněhová výležiska, - A4.1 subalpínské vysokostébelné trávničky, A4.2 subalpínské vysokobylinné nivy)	4	5	4	80
		s druhy s výskytem ve vyšších polohách (subalpínské a alpínské pásmo)	Zánik podmínek pro jejich pravidelný hnízdní výskyt (např. <i>Luscinia svecica svecica</i>), popřípadě jejich výskyt u nás (kompletní zánik vhodných biotopů)	4	5	3	60
5	se sníží počet mrazových dní	za současného zkrácení délky vegetačního klidu	Změna přirozené druhové skladby ve smyslu jejího ochuzení v horských vegetačních pásmech.	3	3	3	27
8; 13; 15.1	se zvýší četnost povodní	ve vodních ekosystémech s důrazem na toky	Dopady budou pravděpodobně pozitivní v případě, že průběh bude podobný těm s dosavadním. Vodní fenomény jsou na takové situace dobře adaptované a povodně mohou zlepšit podmínky pro jejich rozvoj. Jediným potenciálním negativem může být významně dlouhodobé zvýšení vodní hladiny, které je však nepravděpodobné.	4	4	1	16
6; 9; 12; 15.3	dojde k nárůstu období sucha	ve stojatých vodách vyjma produkční rybníky	Může dojít k vysychání. To představuje významné ohrožení pro existenci makrofyt a potenciálně bezobratlých.	4	4	3	48
		vodní toky	Omezení průtoků, až kritické na druhy a společenstva při stávajícím nakládání s vodami (vodní elektrárny, nádrže, závlahy, zasněžování, rybníkářství apod.)	4	4	4	64

Poznámky k souhrnné „what if“ analýze:

- Zániku podmínek pro výskyt se týká jen subalpínského a alpínského pásma, protože tyto biotopy zaniknou (nemohou nikam „stoupnout“); u ostatních biotopů druhů či biotopů samotných nedojde s největší pravděpodobností k zániku, ale k posunu areálu do vyšších nadmořských výšek.

- *Nepůvodní druhy a jejich vliv není možné analyzovat z hlediska klimatické změny. Jejich výskyt je vázán na aktivity člověka, a jejich chování v našich podmínkách je vždy jiné než v původních oblastech.*
- *Vodní ekosystémy budou bezesporu reagovat na změny hydrologických podmínek, jak je uvedeno výše. Vliv prostého zvýšení teplot bude mít pravděpodobně význam také, ale tento sám o sobě nelze spolehlivě předpovědět. Lesy jsou suchem odpovídajícím modelům klimatické změny v zásadě oslabené, ale ne ohrožené. Jejich resilience je v tomto směru velká.*
- *Mokřady nejsou podle zvažovaných scénářů obecně významně ohrožené. Na rozdíl od rybníků je jejich periodické vysychání ve většině případů přirozený proces.*
- *V případě ovlivnění stojatých vod nárůstem období sucha jsou hodnoceny jen plochy, které nejsou uměle udržovány na vyšší provozní hladině, jako jsou v tabulce zmíněné produkční rybníky. Manipulace s vodou na produkčních rybnících na druhou stranu přímo ovlivňuje drobné vodní toky, které jsou v případě suchých období zasaženy nejcitelněji (extrémní nárůst teploty vody, změny fyzikálně-chemických parametrů, omezení průtoků a výpar z vodní hladiny s ovlivněním níže ležících částí toků atd.)*

4.4.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

4.4.6.1 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření

Na identifikovaná rizika adaptační opatření jako navržený celek (celkem 7 opatření) odpovídají dostatečně.

4.4.6.2 Návrhy na doplnění adaptačních opatření

Návrhy jsou dobře zaměřeny na hlavní problémy a výše uvedená analýza to potvrzuje. Určitou výtkou může být jejich vysoký počet a obecné zaměření. Pro úspěšnost při limitovaných kapacitách (finančních, expertních) doporučujeme vybrat určitou část opravdu prioritních opatření, a těmi se zabývat v první řadě. Navrhujeme na tento seznam zařadit tato opatření z Adaptační strategie: 3.5.3.2 (obnova ekosystémů), 3.5.3.6 (ochrana cílových biotopů a druhů), a 3.5.3.4 (propojenost krajiny).

Zároveň doporučujeme jako opatření přijmout **změny ve využívání pozemků záplavových území** pro zajištění protipovodňové ochrany vhodné pro ohrožené druhy a přírodní stanoviště. Podporována by měla být společenstva vodních toků (náplavy, proudy) a jejich aluvií (luhy, vlhké louky, tůně). V souvislosti s vodním prostředím navrhujeme zajištění prostupnosti vodních toků, a to především s ohledem na zajištění průchodnosti pro na vodu vázané druhy. Zajištění průchodnosti přiměřeně zvyšuje jejich schopnost vyrovnat se s dopady klimatické změny (rozšířením jejich potenciálního areálu).

Vysokohorské klima a dopady jeho změny na místní biodiverzitu fakticky ovlivnit nemůžeme, maximálně můžeme implementovat speciální opatření na ochranu vybraných fenoménů. A to už se dnes díky pokrytí těchto ploch velkoplošnými zvláště chráněnými územími děje, nenavrhujeme tyto již stanovené a dostatečně financované priority ještě více upřednostňovat.

Výsledky na datech založené analýzy je třeba brát jako dílčí, odpovídající stavu našeho poznání. K dopadům klimatické změny je však třeba přistupovat preventivně, protože ta může ovlivnit mezidruhové vazby a tím i celkovou strukturu krajiny způsobem, který nejsme na základě současného poznání schopni určit. Proto také výše doporučujeme prioritizovat opatření, zvyšující ekologickou stabilitu krajiny (tj. její schopnost resilience). Zároveň je nutné snižovat fragmentaci prostředí, a to jak suchozemského, tak vodního. S vysokou jistotou předpokládáme změnu areálu druhů, které může současná fragmentace negativně ovlivnit. Musíme tedy zabezpečit, aby byly druhy při změně podmínek schopni přirozeně migrovat do jiných vhodných území. Proto je např. nutné obnovit migrační prostupnost toků, které v současném stavu takovou přirozenou adaptaci druhů znemožňují.

Z hlediska strategického však doporučujeme (i v budoucích strategických dokumentech) oddělit ekosystémové služby a biodiverzitu do samostatných kapitol nebo ekosystémové služby pojímat jako součást více kapitol (zejména týkajících se zemědělství, lesnictví a vodního hospodářství). Důvodem je odlišné pojetí a to, že biodiverzita (ani ekosystémová diverzita) s ekosystémovými službami a priori nesouvisí. To ukazují následující volné definice.

Biodiverzita má mnoho různých definic, z nichž lze jednoduše použít např. „rozmanitost života“. V pojetí této studie vnímáme biodiverzitu jako přirozenou rozmanitost především na úrovni druhů a biotopů (jemněji definovaných součástí ekosystému). Obecně se za další významnou úroveň považuje i genová, ta však není z hlediska zaměření studie důležitá. Biodiverzita má hodnotu sama o sobě. Biodiverzita není ekosystémová služba, ale ekosystémové služby (s dalšími přírodními zdroji) zprostředkovává.

Ekosystémové služby jsou přínosy, které lidé získávají od ekosystémů, tj. mají vliv na životní úroveň společnosti. Do ekosystémových služeb řadíme dle ekonomického názvosloví, jak "služby", tak i "statky". Služby se rozdělují do čtyř základních kategorií: zásobovací, regulační, kulturní, a podpůrné. Ekosystémové služby jsou námi vytvořeným konceptem, jehož pomocí provádíme peněžní či jinak ekonomicky vyhodnotitelnou kvantifikaci služeb poskytovaných společností přírodou (přírodními zdroji). Míra a kvalita poskytování ekosystémových služeb se odvíjí od kondice přírody. Biodiverzita a zdravý ekosystém je základní podmínkou pro to, abychom mohli z přírody ekosystémové služby získávat. Je

však třeba poznamenat, že přírodní zdroje mají svou inherentní hodnotu samy o sobě, a proto je jejich peněžní vyhodnocení takřka nemožné. Biodiverzita a její hodnota není součástí hodnocení ekosystémových služeb.

4.5 ZDRAVÍ A HYGIENA

Četnější výskyt povodní, ať už v důsledku zvýšených stavů vodních toků nebo přívalových srážek, bude představovat zvýšené nebezpečí úrazu, úmrtí nebo poškození majetku.

Předpokládá se zvýšení úmrtnosti v letním období díky zvyšující se četnosti a intenzitě vln veder především u náchylnějších skupin populace, jako jsou např. senioři. Současně se v důsledku tohoto jevu zvýší četnost příjmů do nemocnic díky zhoršení zdraví obyvatel s chronickými nemocemi všech věkových skupin.

Naopak dojde ke snížení úmrtnosti v zimním období z důvodů menšího výskytu mrazů.

Dá se předpokládat zlepšení podmínek pro množení choroboplodných zárodků v prostředí. Bude proto potřebné stanovit přísnější hygienický dozor včetně vyšetření kontaminace surovin a produktů u výrobců potravin a pitné vody.

Dojde ke zlepšení podmínek pro rozšíření tropických komárů, klíšťat a dalšího hmyzu, který v domácím prostředí může sloužit jako přenašeč infekcí.

Díky prodlužujícím se a častějším obdobím sucha bude docházet k ohrožení zásob pitné vody. Bude nutné řešit šetření s vodou a zbytečné používání pitné vody. Kromě bakteriální a virové kontaminace může nastat i kontaminace pitné vody pesticidy s dopady na zdraví odparem a snižováním zásob vody v přehradách.

Časným nástupem jara se prodlouží pylová sezóna a astmatici budou mít delší období, kdy bude docházet ke zhoršování zdravotního stavu a nutné léčbě.

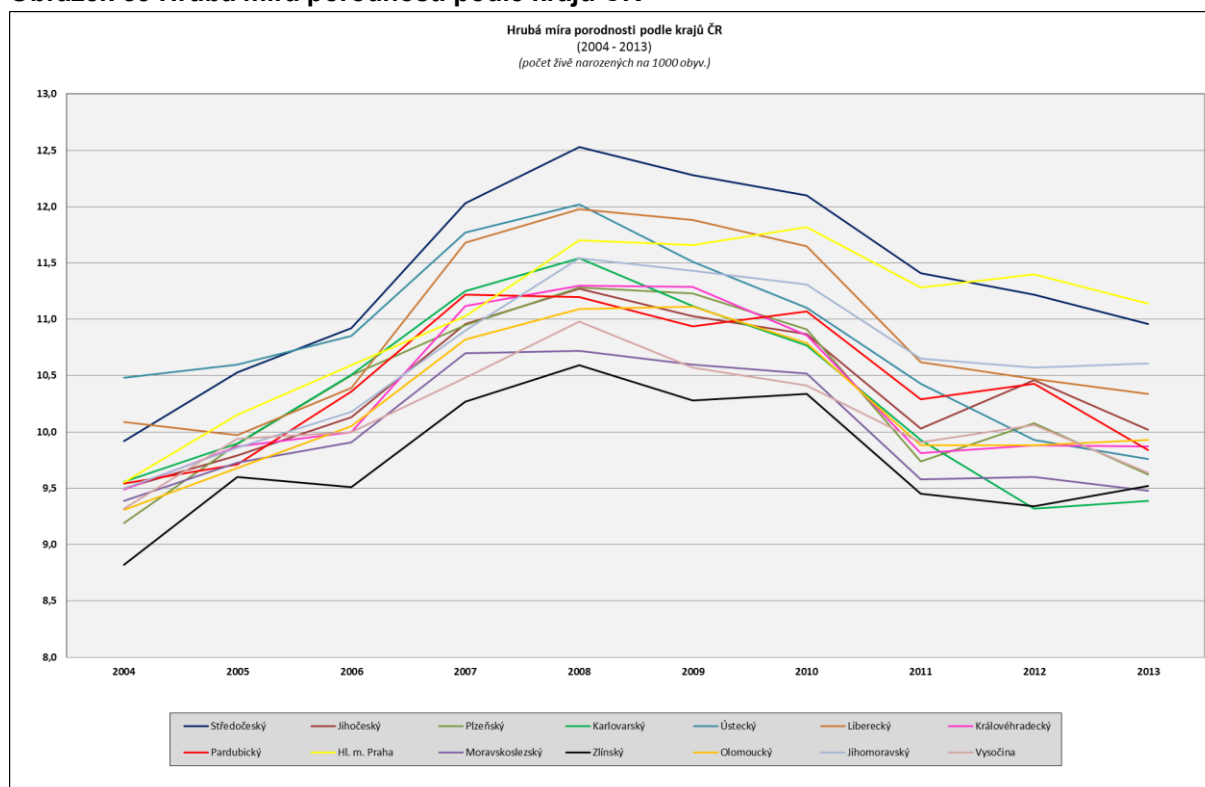
Díky intenzivnějšímu slunečnímu záření budou probíhat v atmosféře intenzivněji fotochemické reakce, které povedou ke zvýšení koncentrací ozónu a aerosolových částic a bude ovlivněno lidské zdraví. Dojde ke zvýšení příjmů do nemocnic a úmrtnosti.

S klimatickými změnami se budou dostávat do České republiky migranti, kteří mohou být nosiči infekcí a chronických nemocí.

4.5.1 Úvod a kontext

V České republice žilo v roce k 31. 12. 2014 celkem 10 538 275 obyvatel. Absolutní počet zemřelých meziročně kolísá, v roce 2012 činil 108,2 tisíce, v roce 2013 109,2 tisíce a v roce 2014 105,7 tisíc osob. Kojenecká úmrtnost je v ČR tradičně dlouhodobě nízká, v roce 2014 byla 2,4 promile. Naděje dožití u chlapců narozených v roce 2014 je 75,8, u žen 81,7 let. Tento parametr neustále roste.

Odhad velikosti populace ČR exponované v budoucnu změně klimatu je velmi problematický a závisí na celé řadě faktorů. Velikost budoucí vulnerabilní populace seniorů lze odhadnout lépe, vulnerabilní populace v druhém a třetím období predikce klimatických změn bude tvořena dětmi narozenými v současné době. Podle křivek porodnosti (viz obrázek 69) lze říci, že druhá vysoká populační vlna reprodukce dětí narozených poválečným „baby boomers“ odezněla v roce 2012 a děti narozené v této vlně budou na konci století exponovány významné změně klimatu. Nejvyšší počet obyvatel ve věku 65 a více let se očekává v 50. letech 21. století, kdy by mohl být až dvojnásobný ve srovnání se současným stavem. Podle střední varianty demografické prognózy zpracované Českým statistickým úřadem stoupne podíl osob ve věku 65 a více let k 1. 1. 2051 z 16,8 % k 1. 1. 2013 na 32,5 %. Relativně nejrychleji se přitom bude zvyšovat počet osob nejstarších. Počet osob starších 85 let v roce 2013 byl 0,2 mil., v roce 2060 se přepokládá nárůst na 0,8 mil., to je 4 krát více. Současná společnost je charakteristická rychle se měnící demografickou situací a prodlužováním lidského věku. Střední délka života neboli naděje dožití se prodlužuje pokročilým zdravotnictvím, zdravou stravou, podpůrnou infrastrukturou, ekonomikou, kvalitnějším životním prostředím. O kvalitě života a zdraví však vypovídá jiný ukazatel – zdravá délka života – délka života prožitá ve zdraví. V tomto směru je situace v ČR víceméně srovnatelná s průměrem EU, v České republice se udává u mužů 62, 3 let a 64, 1 let u žen (rok 2012). Jsou však země, kde jsou udávány roky prožité ve zdraví o 9 let vyšší při porovnání s Českou republikou, u mužů je to Norsko – 71,9 let, u žen je to Malta – 72,2 let) (MPSV, 2013).

Obrázek 69 Hrubá míra porodnosti podle krajů ČR

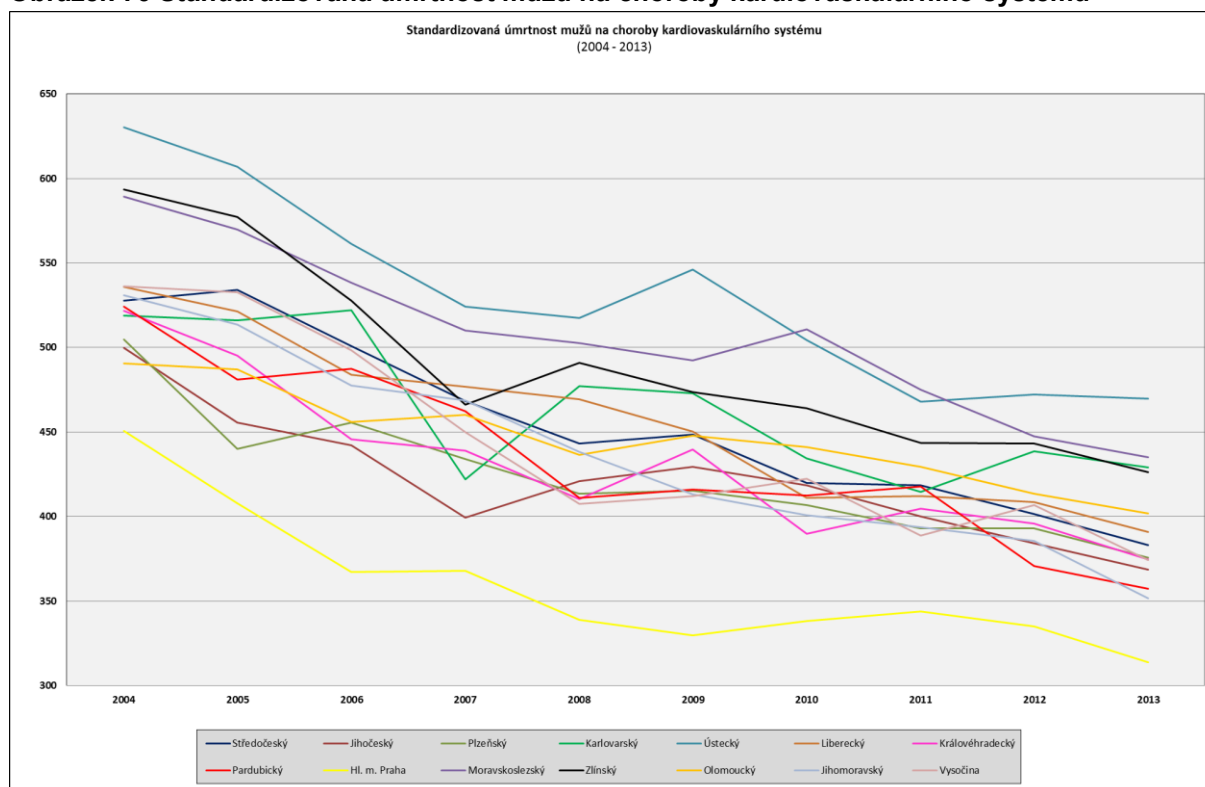
Zdroj: (ČSÚ, 2014)

4.5.1.1 Zdravotní stav obyvatelstva

Zdraví je stav duševní fyzické psychické a sociální pohody, není jen absencí fyzické nemoci (WHO, 1946). Důležitým faktorem, který bývá z hlediska zdraví podceňován je tzv. „well-being“ – tedy „pohoda“ jako výsledné působení řady faktorů a podmínek. Zdravotní stav obyvatelstva je určován souhrnem přírodních, životních a pracovních podmínek a způsobem života dle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění. Indikátory zdravotního stavu jsou incidence a prevalence nejzávažnějších nemocí a incidence úmrtí na všechna onemocnění a na hlavní příčiny smrti.

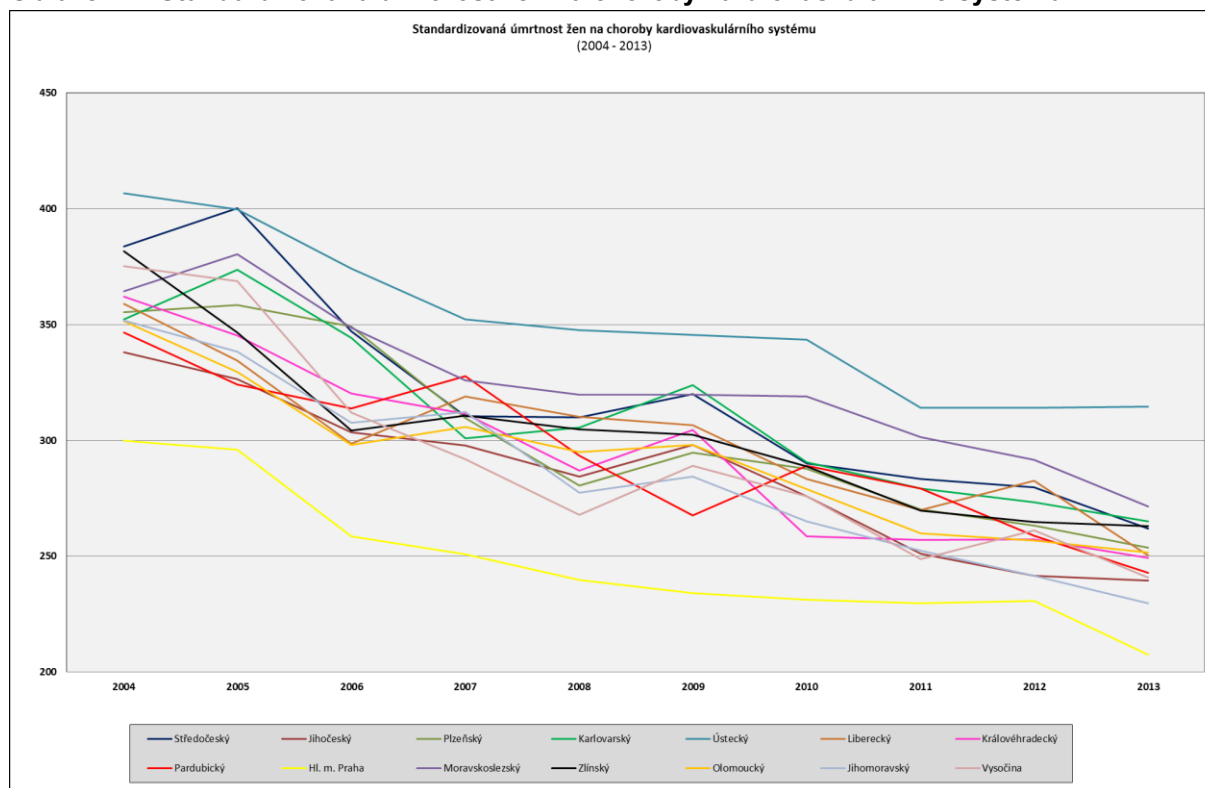
Nejčastější příčinou smrti u mužů i u žen jsou kardiovaskulární onemocnění (viz obrázek 70 a obrázek 71). Úmrtnost na tato onemocnění bývá často dávana (spolu s respirační úmrtností) do vztahu s dny výskytu tropických teplot a vln horka v letním období roku, které jsou charakteristickými extremalitami klimatických změn. Klima není samo příčinou uvedených onemocnění, významně však ovlivňuje krevní oběh, viskozitu krve, neuroregulační změny zajišťující srdeční frekvenci a další fyziologické parametry. Na statistikách ročních ukazatelů úmrtnosti však nelze bez podrobnějších analýz dopad horkých vln pozorovat.

Obrázek 70 Standardizovaná úmrtnost mužů na choroby kardiovaskulárního systému



Zdroj: (ÚZIS, 2014)

Obrázek 71 Standardizovaná úmrtnost žen na choroby kardiovaskulárního systému



Zdroj: (ÚZIS, 2014)

4.5.1.2 Vliv změn klimatu na lidské zdraví

Z pohledu vlivu změny klimatu na lidské zdraví je zranitelná veškerá populace – některé skupiny ovšem více. Silnější vliv bude možno najít u **malých dětí, starších osob** a u osob **závislých** nebo **chronicky nemocných**. Velmi důležitou charakteristikou je, kde lidé žijí. Lidé žijící v horských oblastech a velkoměstech jsou změnami klimatu zranitelní z rozdílných důvodů. (WHO, 2009).

Vliv má i městský způsob života a urbánní ostrovy tepla, kde po horkém dni se v noci snižuje teplota jen málo, protože stále sálají stavební materiály, prvky a povrchy, které během dne teplo absorbovaly.

4.5.1.2.1 Zvýšené teploty

Zdravotní dopady zvýšených teplot mohou být mírněny aklimatizací a adaptací. Aklimatizace zahrnuje prvky behaviorální a fyziologické vykonávané automaticky osobami v celé populaci. Zatímco adaptací jsou míněny specifické organizované proaktivní a preventivní akce čelící klimatickým změnám. (JRC, 2009)

Organismus člověka je pro vyrovnání se s termickou zátěží fyziologicky vybaven. Jedná se zejména o rozšíření vlásečnic kůže se zvýšeným průtokem krve, exkreci potu, zvýšení srdeční frekvence a práce srdce odvádějící teplo z velkých cév provázené vyšší ventilací. Tyto procesy jsou řízeny termoregulačním centrem v hypothalamu. Tato schopnost se v průběhu života mění a uvnitř lidské populace jsou skupiny osob, u kterých termoregulace ještě vyvinutá není (**děti**), nebo se tato reakce pozvolna vytrácí (**stárnoucí člověk**). S věkem se ztrácí i schopnost vyrovnat se s náhlými změnami teplot. Extrémní pocení přináší dehydrataci spojenou s únavou a malátností, může dojít i ke křečím z tepla a mdlobám. Zrádné je působení náhlých vysokých teplot na nemocné s **chronickými onemocněními**, kde je narušen metabolismus, iontová rovnováha a obsah vody v těle. Zvýšená teplota může způsobit zhoršení stavu, koma, smrt. (Willson et al., 2011) Více ohrožení jsou také lidé s **duševními chorobami** a s dalšími onemocněními (**kardiovaskulární nemoci, obezita, neurologická a psychiatrická onemocnění**), a také lidé, kteří jsou léčeni **léky**, které zatěžují rovnováhu elektrolytů a solí (diuretika, anticholinergika, trankvilizéry, např. ty, které ovlivňují slzení), ty pak přinášejí i možnost závažnějšího onemocnění z tepla a dokonce i smrt. Ale také popíjení **alkoholických nápojů**, požívání **narkotik**, např. kokainu nebo amfetaminu, a participace na vysilujících venkovních aktivitách nebo těžké manuální práci ve velkých vedrech a rizikové chování zvyšují riziko nemocí z tepla (Luber, 2008)

Důležitým spolupůsobícím parametrem je spolu s teplotou i vyšší **vzdušná vlhkost**, která ovlivňuje schopnost lidského těla ochlazovat se při vypařování a zabraňuje tak pocení. Pokud je relativní vlhkost vysoká, je hodnota evaporativního ochlazování potem na kůži redukována a termoregulace je tak obtížná. Přirozeně se lidé adaptují postupně na vyšší a vyšší teplotu během léta. Horké vlny, které přijdou již na počátku léta, způsobují nárůst rizika poškození zdraví. (WHO, 2009)

Schwartz et al. 2004 našli asociaci mezi zvýšením teploty a akutními příjmy do nemocnice ve 12 městech ve Spojených Státech. Podobně také Golden et al. 2006, vyslovili při hodnocení dispečinku urgentních ošetření ve Phoenixu závěr významného výskytu záznamů, které byly realizovány v období nejvyšší solární iradiace a zároveň maximální denní teploty a vlhkosti vzduchu (Golden et al., 2006).

V České republice byly asociovány se signifikantně vysokou úmrtností letní horké vlny v roce 1986, totéž ovšem nebylo potvrzeno ve třech ze čtyř horkých vln v roce 2003 (Kyselý, 2004). Komplexní studie WMO a WHO však prokázala nárůst úmrtnosti v důsledku klimatických změn a horkých vln v roce 2003. V Praze se zvýšila úmrtnost o 10 %, což nebylo považováno za vysoký vliv. (WHO, 2009)

Příčinný řetězec vyjadřující vztah vysoké teploty a jejího zdravotního vlivu vyjádřila Kováts s Hajatem a publikovala ho WHO (Kováts, 2006). Vysoká teplota vzduchu a sluneční záření se podílejí na následujících onemocněních:

- **Úpal**, který je důsledkem selhání termoregulace s následným přehřátím organismu. Příčinou bývá nadměrná teplota a vlhkost prostředí, často ve spojení s větší fyzickou námahou. Úpal se projeví náhlou bolestí hlavy, pocitem nesnesitelného tepla a po krátkém období nadměrného

pocení dojde k zastavení tvorby potu. Kůže je horká, suchá a zarudlá. Horečka dosahuje 40° C, dochází k poruchám vědomí, ke křečím, k tachykardii, poklesu krevního tlaku a šokovému stavu. Objevují se poruchy funkce ledvin, jater a krevní srážlivosti. Úpal vzniká častěji u malých dětí, u osob starších 65 let a u obézních jedinců. (Beran et al, 2006)

- **Úžeh** je stav podobný úpalu, který vzniká při pobytu na slunci, a to zvláště v případě, kdy hlava není chráněna před slunečními paprsky. Na kůži bývá solární dermatitida různého stupně.
- **Kolaps z horka** je ortostatický kolaps buď z dlouhodobého stání v horku, nebo po prudké změně z horizontální do vertikální polohy v důsledku výrazné periferní vazodilatace.
- **Vyčerpání z horka** vzniká především u nedostatečně aklimatizovaných osob během tělesné námahy či při ztrátě tekutin např. v důsledku průjmu nebo zvracení. Analýza krátko- a dlouhodobých dopadů na pacienty s tepelným vyčerpáním, kteří přežili v r. 2003 ve Francii horké vlny, demonstrovala, že oběti tepelného vyčerpání trpěly dramatickým zhoršením životních funkcí a neměly možnost opustit domov, výslednicí byla časná úmrtnost za této epizody (Argaud et al., 2007).
- **Křeče z horka** vznikají spíše u mladých lidí při fyzické námaze v horkém prostředí v důsledku hydrominerální nerovnováhy (Beran et al., 2006)
- **Únava z tropů** vzniká v prvních dnech pobytu osob přijíždějících z mírného do tropického pásma. Projeví se bolestmi hlavy, poruchami spánku, zvýšeným pocením, nápadnou únavností a sníženou pracovní výkonností (Beran et al., 2006) Totéž se může dostavit při příchodu vln tropických veder mimo tropické pásmo.
- Sluneční záření a jeho ultrafialová složka proniká hluboko do kůže, uplatní se ale i v povrchových vrstvách kůže. Podílí se na vzniku **kožních nádorů**, vyvolává **sluneční alergie**, **pigmentaci**, působí **solární dermatitidu**.
- UV záření poškozuje také oči, kde vzniká **akutní konjunktivitida**, vzácněji fotokeratitida a později **katarakta**.

Review pravděpodobného impaktu oteplovajícího se klimatu přináší i místně omezené **benefity**, jako je snížení zimních úmrtí v důsledku teplejších zim. Sluneční záření přináší také benefit pro některé nemoci např. pro psoriasis, kde je sluneční záření léčebným prostředkem. Důležitá je i účast slunce při přeměně provitaminu D na vitamin D a tím efekt protirachitický a jako prevence osteomalacie ve stáří. Vitaminu d se v současnosti přičítá i efekt preventivní vůči dalším chronickým onemocněním (nádory, imunita, neurologické nemoci).

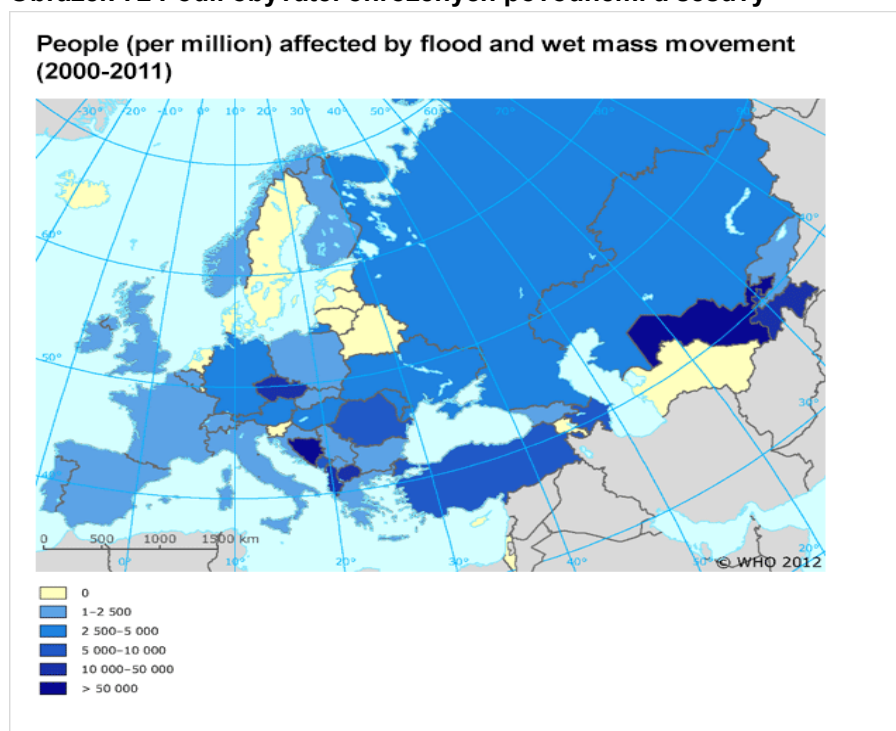
4.5.1.2.2 Přívalové srážky a povodně

Nejčastěji vnímaným dopadem klimatických změn jsou povodně schopné zničit fyzickou silou životy, způsobovat zranění, nemoci, zničit hmotný majetek.

Podle WHO je v České republice velmi vysoký podíl obyvatel ohrožených povodněmi (viz obrázek 72). Extrémní meteorologické jevy působí v posledních letech v celé Evropě vzrůstající škody. Výskyt těchto jevů je současně nepravidelný a obtížně předvídatelný.

Dopady přívalových srážek mohou být **utnutí a úrazy** při povodních, k čemuž však dochází zřídka. Dalším často podceňovaným dopadem je také **psychický stres**, který se výrazně podílí na zhoršení kvality života a i na zhoršení stavu např. duševně nemocných. Souvisejícími dopady s vazbou na povodňové stavy mohou být ztráta kontaktů, nestabilní prostředí, sesuvy půdy, kontaminace obydlí, zahrad a vodních zdrojů, přechodný nedostatek potravin, přemnožení komárů v místech setrvávající vodní hladiny a v případě infekce komárů přenos virových infekcí, přemnožení hlodavců v objektech po zátopách - přenos leptospirózy.

Obrázek 72 Podíl obyvatel ohrožených povodněmi a sesuvy



Zdroj: (WHO, 2012)

4.5.1.2.3 Infekční onemocnění

Do souvislosti se změnou klimatu jsou dávána infekční onemocnění přenášena vodou, potravou, ovzduším, hlodavci, hmyzem. Přenos infekčních onemocnění je určen mnoha faktory včetně sociálních, ekonomických, ekologických podmínek, přístupu k péči a vnitřní imunitě. Mnohé infekční agens, vektorové organismy, mimohumánní rezervoárové druhy a replikační hodnoty patogenu jsou obzvláště senzitivní ke klimatickým podmínkám. (Semenza, 2009). Změny klimatu, teplá jara, horká léta a nepříliš chladné zimy, mohou představovat aktuální vzestup incidence **gastrointestinálních nemocí** se započtením současných nenáležitých zvyklostí v potravním chování jednotlivce i průmyslových výrobců. Nemoci přenášené potravou, jako je **salmonelóza**, byly pozorovány jako významně závislé na teplotě. Ačkoli většina rozvinutých zemí v Evropě má dobře zajištěné zásobování pitnou vodou, nároky na zabezpečení musí být udrženy i za měnících se podmínek (např. prudké lijáky). Zde musí zejména dojít k zabezpečení před pravděpodobností onemocnění **kryptosporidiózou** v pitné vodě a **vibrii** v koupací vodě. (ECDC, 2007). V roce 2006 byly již zjištěny ve Švédsku na jihozápadě střední až těžké infekce na bázi způsobené ne-aglutinující a netoxickou bakterií *Vibrio cholerae* po kontaktu s vodou (Baltické moře a pravděpodobně zavlažovací kanál). (Andersson, 2006). Osídlení domácím hmyzem a dalšími obtížnými živočichy (např. švábi, blechy, hlodavci) se může také měnit v důsledku klimatických změn.

4.5.1.2.4 Tropická onemocnění a infekce přenášené vektory

Zvýšená teplota a změněný režim přísunu vody v důsledku změn klimatu by mohla ovlivnit úroveň proliferace a chování vektorových organismů a mezipřenositelů a životaschopnost a podmínky ke zranění infekčních agens. Tím by bylo umožněno těmto organismům posunout místo původního výskytu, a tak potenciálně vnést onemocnění do oblastí, které byly dosud pro jejich výskyt nepřijatelné. Jedná se zejména o přenos infikovaných vektorů tropických nemocí z jižních zemí, který se může dít prostřednictvím vzdušného proudění přímo nebo transportem. Některé vektory již byly v Evropě nalezeny (*Aedes Egypti*, *Aedes albopictus*, přenáší horečku dengue, Chikungunya, yellow fever, filariová nematoda). K přenosu nemoci je nutný ještě rezervoárový organismus. Pokud jsou **rezervoárem** lidé, kteří imigrovali, pak je přenos možný.

Hlavními vektory (současnými i potenciálními) přenášejícími nemoci v našich podmínkách jsou **klíště** (klíšťová encefalitida, Lymeská borelióza), **komár** (např. malárie, Chikungunya fever, horečka dengue) nebo **pouštní blechy** (např. orgánová leishmanióza).

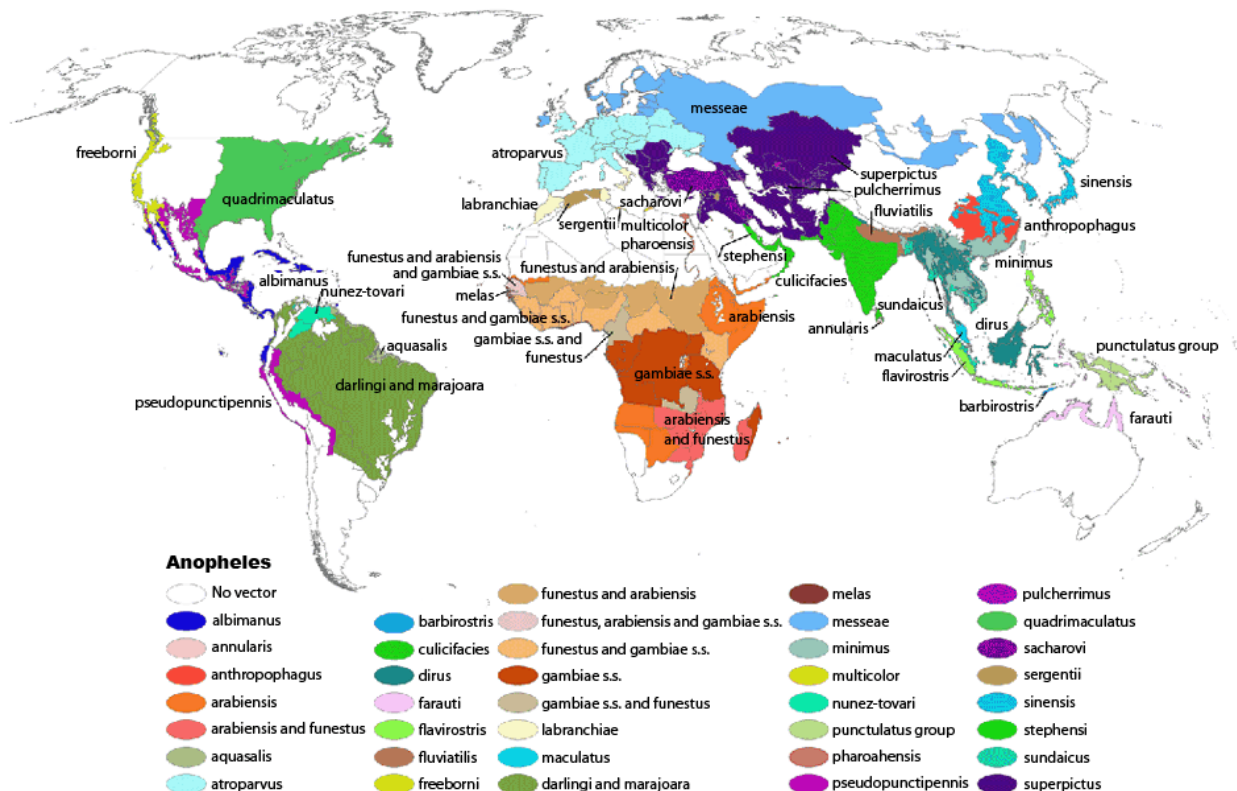
Klíšťová encefalitida je onemocnění s přírodní ohniskovostí a vyskytuje se tam, kde jsou podmínky pro rozvoj klíšťat a cirkulaci viru v přírodě. Letalita není vysoká, avšak může přejít do chronického stadia s porušením duševní činnosti, psychickými poruchami a přetrvávajícím třesem. Virus je přenášen infikovaným klíštětem, živícím se na lesních zvířatech, ve specifickém biotopu. Virus se u klíšťat jen málo přenáší transovariálně, častěji se klíště nakazí společným přijímáním potravy tj. sáním krve z rezervoáru-nejčastěji drobného lesního hlodavce z listnatého lesa (Kredba, 1970).

Incidence lidské encefalitidy je ovlivněna teplotou, což je vedoucí klimatologický faktor současně spojený s dalšími vlivy, jako je biologie klíštěte, replikace viru, způsobem chování člověka – outdoorové aktivity, jak popsali Daniel et. al 2006, Danielová et al, 1990. Vyšší výskyt klíšťové encefalitidy ve střední a východní Evropě souvisí s delším jarem a létem, ale také s rozšířením vektoru na sever (Kováts et al., 1999).

Lymeská borelióza je způsobena Spirochetou *Borrelia burgdorferi*, přenášená v Evropě a severní Americe klíštětem. Teplota ovlivňuje vývoj klíštěte ve třech stádiích (larva, nymfa, dospělý) a tím pravděpodobnost přenosu spirochéty. Lymeskou boreliózou onemocní v Evropě za rok 85 000 lidí. Je to mnohosystémové onemocnění léčitelné antibiotiky (SZÚ, 2015). Pokud je časné stadium onemocnění mylně diagnostikováno jako jiná nemoc, dochází ke komplikacím, které jsou neurologické, srdeční a kloubní. Spirochety jsou udržovány v ekosystému nosiči, jimiž jsou drobní živočichové požírající hmyz, jako jsou myši, hraboši nebo malí ptáci.

Endemická **malárie** byla v Evropě silně rozšířena v první půli minulého století. A je tedy potřebné zdůraznit, jak bioenvironmentální stresy indukované změnami klimatu mohou v určitých případech prolomit existující obranu preventivních opatření ve veřejném zdraví. Jediným zdrojem je nemocný člověk. Nákazu přenášejí samičky komára rodu *Anopheles*. Historicky byla malárie endemická v Evropě, včetně Skandinávie, ale onemocnění bylo zcela eliminováno mnohými faktory, vztaženými k socioekonomickému vývoji. Role klimatu by mohla být zanedbatelná, přesto, že potenciál pro přenos malárie je podložen meteorologickými podmínkami, jako jsou teplota a srážky. (Kredba, 1970). Nyní se malárie vyskytuje endemicky již ve třech zemích evropského regionu WHO (Turecko, Tádžikistán, Ázerbájdžán). Na území nynější ČR se malárie vyskytovala do padesátých let minulého století. Nemoci se zde říkalo hodonka (Hodonín) a byla těsně po 2. světové válce vymýcena. Od té doby se u nás, vyjma importovaných onemocnění, nevyskytla. Jinými slovy: nebyl zaznamenán případ tzv. autochtonního přenosu malárie, tj. přenosu malarických plazmodií z člověka na člověka na našem území zde žijícím přenašečem (vektorem) (SZÚ, 2015).

Obrázek 73 Rozšíření hlavních a potenciálně důležitých přenašečů malárie



Zdroj: (CDC, 2004)

Viscerální leishmanióza, která se může rozšířit na sever Evropy, je onemocněním přinášeným písečnými blechami. Týká se osob imunitně kompromitovaných. Leishmanióza je v současnosti endemická v zemědělském Středomoří Evropy a východním Středomoří.

4.5.1.2.5 Koncentrace ozónu, aerosolových částic

Mezivládní panel pro klimatické změny tvrdí, že klimatické změny mohou modifikovat chemické procesy ovlivňující kvalitu ovzduší. Klimatické změny mohou vést ke zvýšení koncentrací **troposférického ozónu** (vlivem intenzivního slunečního záření, které je podmínkou pro fotochemické reakce generující i přízemní ozón) i **aerosolových částic** (mohou vznikat mechanicky a za období sucha se nechávají unášet do intravilánů měst, nebo vznikají sekundárně z plynných molekul fotooxidačními procesy). Adaptace na znečištěné ovzduší není tou správnou strategií. Pro minimalizaci negativních vlivů na lidské zdraví je důležité snižování expozice znečišťujícím látkám, tedy i snižování imisních koncentrací a výzkum možností jejich snižování (Ebi, 2010).

Působení znečišťujících látek na zdraví člověka je **synergické**. Přibývají důkazy, že koncentrace přízemního ozónu a vysoká teplota ovlivňují úmrtnost synergicky. Podobně je tomu v případě koncentrací aerosolových částic menších než 10 μm , kdy byla zjištěna vyšší mortalita za dny s nejvyššími koncentracemi PM_{10} v období horkých vln. Trvání extrémních teplot a počet dní zvýšené minimální teploty jsou tedy adicovními meteorologickými podmínkami spojenými s vysokou mortalitou. Abnormální období vysokých teplot v létě v Evropě v roce 2003 bylo asociováno s více než 35 000 úmrtími navíc ve srovnání se stejným obdobím v předešlých letech. (WHO, 2009)

Vdechnuté aerosolové částice způsobují zánět dýchacích cest, exacerbaci stávající nemoci a snížení obranných mechanismů plic. Zánětlivý proces je hlavní příčinou dalších efektů na zdraví, jako je např. souvislost s kardiovaskulárními onemocněními, kdy může mj. docházet ke tvorbě sklerotických plaků za účasti lymfocytů při zánětlivých změnách (Boyd, 1984).

4.5.1.2.6 Prodloužení pylové sezóny

Pylová alergie je zvýšená reakce imunitního systému jako odpověď na kontakt organismu s cizorodou substancí, alergenem (pyly, prach, plísň, roztoči, potraviny). Alergie je provázána zánětem, který se opakuje a může být spojena s uzavřením jemných dýchacích cest a nemožností výdechu, což je spojeno s dušením – je to astmatický záchvat a **astma**. Incidence těchto onemocnění v naší populaci narůstá. Klimatické změny přinášejí dřívější a delší dobu květu, časovou kumulaci kvetoucích alergogenních druhů rostlin a stromů. To vede k vyšší incidenci exacerbace astmatu a nutnosti intenzivnější léčby.

4.5.1.2.7 Další

Zdravotní důsledky zvýšení teploty a ubývání povrchové vody finálně vedou k nedostatku potravy a ztrátě její kvality. Díky vypařování může dojít ke kontaminaci pitné vody pesticidy. Pesticidy v pitné vodě mohou být příčinou mnohých onemocnění, vývojových poruch, nízké porodní váhy, nádorů.

Onemocnění z eutrofizace povrchových vod - rekreační vody. Předpokládaný vliv klimatických změn se odráží i v a kvalitě vnitrozemských sladkovodních nádrží ve spojitosti se zdravotním rizikem vod využívaných pro rekreaci. Už dnes v mnoha vodních nádržích zaznamenáváme v teplých měsících rychlé a masivní množení sinic, které tvoří vodní květ a tak znehodnocují kvalitu vody. Pro lidské zdraví je důležité, že sinice produkují cytotoxiny, které ovlivňují zejména nervový systém a funkci jater. Nejčastější reakcí vnímavých jedinců po styku s takovou vodou jsou ekzémy na různých částech těla. Kromě obvyklých druhů sinic, které tvoří vodní květ, se stále častěji v našich vodních nádržích objevuje rovněž toxický invazní druh *Cylindrospermopsis raciborskii* (Paerl et al. 2012). Zvýšení početnosti očekáváme i u parazitů, jejichž vývojová stadia jsou vázána na vodní prostředí, jako např. infekční stadia motolic – cercarie apod.

4.5.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

V období 2010 – 2039 dojde na území ČR k oteplení o cca 1° C a více na jaře a na podzim proti ostatním obdobím roku. Z hlediska území republiky nebyly nalezeny významné rozdíly, k nárůstu dojde rovnoměrně na celém území ČR. V daném období dojde oproti referenčnímu období k nárůstu počtu letních dnů o 13, tropických dnů o 4. Naopak dojde k poklesu mrazových dnů o 17 a ledových dnů o 10. (Pretel, 2011)

Podle projektu EU PESETA dojde v Evropě v období 2011 – 2040 v průměru k **mírnému nárůstu úmrtnosti v důsledku tropických dní** (další nárůst bude spojen s demografickými změnami a stárnutím populace). Výsledky budou znamenat přibližně navíc 25 000 úmrtí vztaheným k horku (JRC, 2009). Aklimatizací (fyziologickou aklimatizací a některými změnami v chování osob) může být významně snížen vliv klimatu. Trvalou aklimatizací za dekádu o jeden stupeň může být zachráněno před úmrtím přibližně 4000 lidí ročně. Ve stejné době dojde k **nepatrnému snížení úmrtí za mrazových dní v zimě**, které bude navýšeno ještě z důvodu demografických. V odhadu odvrácených úmrtí z chladu pro Evropu je velká variabilita, uvádí se 50 000 až 100 000 odvrácených úmrtí. Není jasné, zda populace bude inklinovat k vyšší úmrtnosti z tepla nebo z chladu a zda tedy nejsou odhady o odvrácených úmrtích nadhodnoceny. Čistý efekt klimatu na úmrtnost v tomto období znamená převážení benefitu odvrácených úmrtí z chladu nad letními ztrátami. Jde o odhad zatížený volbou funkce dávka/účinek. Jistě budou rozdíly místně specifické, ale vliv v Evropě je poměrně uniformní. Nevyšší počet úmrtí z tepla dosud byl v mediteránní oblasti, nejnižší pravděpodobný efekt v severských zemích (Norko, Finsko). Funkce vztahené k území byly zjištěné ze specifických studií aplikovaných v konkrétní zemi. Největší klimatické změny způsobující úmrtnost byly zjištěny v zemích střední a východní Evropy. (JRC, 2009)

Pro Českou republiku byl vytvořen odhad očekávaného **zvýšení úmrtnosti související se stresem z horka** při nárůstu průměrné teploty o 1°C na **8 až 33 %** (Kyselý, 2004).

V období 2040 – 2069 je v ČR předpoklad významnějšího zvýšení teplot. V létě o 2,7° C, v zimě pouze o 1,8° C. V srpnu však až o 3,9 ° C. V daném období dojde oproti referenčnímu období k nárůstu počtu letních dnů o 29, tropických dnů o 14. Naopak dojde k poklesu mrazových dnů o 30 a ledových dnů o 13.

(Pretel, 2011). Dle analýz dat horkých vln od roku 1964 do roku 2006 byl vytvořen scénář, podle něhož dojde k překonání zatím nejdelší denní vlny horka z roku 2006 (33 dní) v roce 2040, při tom podle odhadu se období mezi jednotlivými vlnami může zkrátit, lze je očekávat ve druhé půlce 21. století spíše než v polovině (Kyselý, 2010). Možná však již tato předpověď byla překonána letošním (2015) teplým létem.

Rozpětí scénářů změny průměrné teploty k roku 2050 založených na simulacích klimatických modelů spolu s různými odhady změny úmrtnosti související se stresem z horka na jednotkové zvýšení průměrné teploty vede k rozpětí možné změny úmrtnosti v důsledku stresu z horka k roku 2050 o 7 % (dolní odhad změny klimatu i citlivosti populace) až 84 % (horní odhad změny klimatu i citlivosti populace). V žádném případě se tedy nejedná o několikanásobně zvýšení. Autoři předpokládají pro rok 2050 (při středním odhadu změny klimatu) za **nejpravděpodobnější nárůst úmrtnosti o 10 – 15 %**. Toto relativně optimistické zjištění rozhodně neznamená, že by mělo být omezeno úsilí dopady změny klimatu na úmrtnost způsobenou stresem z horka minimalizovat. V teplejším klimatu se také budou vyskytovat častěji horké letní sezóny podobné létu 2003, v nichž dopady na úmrtnost výrazně vybočují z dlouhodobého průměru (Kyselý, 2004). Podobně jako úmrtnost v důsledku horka se bude zvyšovat i hospitalizace a to ze všech důvodů.

V posledním předpovědním období 2070 – 2099 je predikováno oteplení v létě o 4° C, na podzim a na jaře pouze o 2,8° C. V daném období dojde oproti referenčnímu období k nárůstu počtu letních dnů o 46, tropických dnů o 23. Naopak dojde k poklesu mrazových dnů o 43 a ledových dnů o 22 (Pretel, 2011).

Pro období 2070 – 2100 projekt PESETA dochází k závěru, že z důvodů horka zemře pravděpodobně při použití klima-specifické funkce cca 21,1 z 100 000 obyvatel. Pokud bude využita aklimatizace spolu se snížením senzitivity, sníží se počet úmrtí na 3,4 z 100 000. Jinou cestou za použití country-specifické funkce bylo předpovězeno, že z důvodů horka zemře pravděpodobně cca 21,3 z 100 000 obyvatel. Pokud bude využita aklimatizace spolu se snížením senzitivity, sníží se na 3,9 z 100 000. Při odhadech odvrácených úmrtí z důvodů chladu a za aklimatizace bude 3,7 zemřelých z 100 000 obyvatel.

Analýza a odhad **důsledku teplotních změn** v letech 2070 – 2100 bude znamenat v absolutních číslech **zvýšení pravděpodobných úmrtí v Evropě o 105 000 zemřelých osob za jeden rok** (JRC, 2009). Aklimatizací (fyziologickou aklimatizací a některými změnami v chování osob) může být tento počet významně snížen, až 5x. Trvalou **aklimatizací** za dekádu o jeden stupeň může dojít ke snížení na přibližně **20 000 úmrtí ročně**. Ve stejné době analýza odhadu předpokládá významné snížení incidence úmrtí z chladu v zimě, které bude navýšeno z důvodu populačních a demografických změn. Vlivem změny teplot se pro Evropu odhaduje **86 000 až 184 000 odvrácených úmrtí z chladu** (JRC, 2009).

Stejně byly odhadovány dopady na základě country-specifických funkcí i **navýšení incidence salmonelózy** v Evropě, pravděpodobně bude zvýšena incidence i **ostatních střevních infekcí** v důsledku tepla. Ve skladování, podávání a výrobě potravin však existují možnosti dodržování hygienických požadavků a jejich zvýšená kontrola, které rozšiřování střevních infekcí mohou zabránit podobně jako další sociálně ekonomický rozvoj (JRC, 2009).

4.5.3 Stanovení indikátorů

4.5.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné roční teploty
- Průměrné letní teploty
- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Počet ledových dnů
- Počet dní se srážkami nad 20 mm
- Počet lesních požárů

Jako nejvýznamnější z těchto uvedených indikátorů pro oblast zdraví lze vyzdvihnout indikátor **Počet tropických dnů**. Tento je zde proto také z hlediska lidského zdraví podrobněji zhodnocen, tj. nad rámec informací uvedených v podkapitole zabývající se klimatickými indikátory.

4.5.3.1.1 Průměrný počet tropických dní v roce

Tropickým dnem je den, kdy maximální teplota přesáhne 30 °C. Tento indikátor souvisí s předpokládanými projevy změny klimatu, kterým je nárůst průměrných teplot, nárůst průměrných teplot v jednotlivých obdobích roku a nárůst počtu dnů s mezními teplotami v průběhu roku, kterými mohou být nejen tropické dny, ale také tropické noci nebo letní dny.

S výskytem těchto meteorologických jevů, jejichž počet bude s velkou pravděpodobností v průběhu příštích desetiletí v ČR narůstat, souvisí také četnější výskyt řady zdravotních problémů obyvatel. Patří mezi ně zvýšená termická zátěž, dehydratace, zvýšená únava, zátěž oběhové soustavy, vyšší riziko infarktu a řadu dalších. S tímto souvisí samozřejmě také zvýšená úmrtnost nebo např. nižší pracovní produktivita. Souvisejícím jevem bývá také zvýšená vlhkost, která působení horka umocňuje.

4.5.3.2 Indikátory dopadové

Dopady změny klimatu ve vztahu ke zdraví lidí je možné sledovat formou absolutních počtů hlášených případů onemocnění, u kterých lze předpokládat souvislosti se změnou klimatu. Souvislost těchto onemocnění s predikovanou změnou klimatu je rozebírána v předchozích kapitolách, do souvislosti se změnou klimatu jsou dávána infekční onemocnění přenášená vodou, potravou, ovzduším, hlodavci, hmyzem. Přenos infekčních onemocnění je **však určen i dalšími faktory včetně sociálních, ekonomických, ekologických podmínek, přístupu k péči a imunitě**. Proto tedy sledování těchto indikátorů navrhuje doplnkově, nelze zde jednoznačně stanovit příspěvek změny klimatu:

- **Počet potvrzených onemocnění malárií v České republice**
- **Počet hlášených případů jiných infekcí způsobených salmonelami**
- **Počet infekcí způsobených shigellou**

V případě malárie je nutno rozlišovat tzv. autochtonní a importovanou podobu. **V České republice jsou zatím v recentních záznamech evidována pouze onemocnění importovaná (v důsledku pobytu člověka v malarických oblastech). Autochtonní onemocnění zde zatím zaznamenána nebyla.** Nejtěsnější vazbu můžeme najít u autochtonních malarických onemocnění.

4.5.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.5.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu

Celá populace České republiky je zranitelná ve vztahu ke klimatickým změnám. Jde zejména o změny teploty jak ročních průměrů, tak tropických teplot v letním období, které představují plošně působící faktor s významnými dopady. V populaci hraje úlohu její velikost a velikost senzitivních skupin. Z obecného hlediska klimatické změny ovlivňují hlavní sociální a environmentální determinanty zdraví, jako dostupnost a kvalitu pitné vody, ekosystémy, zemědělství a produkci potravin, ekonomický rozvoj a migraci. Změna klimatu ovlivňuje základní podmínky, které člověk, stejně jako každý jiný živočich, potřebuje k životu – bezpečnost, mikroklima odpovídající jeho termoregulaci, kvalitu a dostatek pitné vody, kvalitu a dostatek potravy, přítomnost biologických determinant jeho zdraví, znečištění ovzduší, jímž jsou aerosolové částice a sekundárně vzniklý ozón.

Z dat z měřicích stanic za období 1961 – 2010 vyplývá, že na území ČR dochází ke zvýšení průměrných počtů dní s vysokými teplotami. Ze studie Pretela (2011) vyplývá, že by se měl – na základě modelů – postupně navyšovat počet tropických dní ze stávajících 8 (pro referenční období 1961 – 1990) až na 31 ke konci 21. století. Výskyt těchto dní s mezními hodnotami se bude pochopitelně v rámci ČR vyskytovat rozdílně v závislosti na lokalitě.

4.5.4.2 Identifikace nejzranitelnějších regionů

Ohrožení jsou obecně nejvíce senioři nebo nemocní lidé. **Geograficky nejvíce dotčenou populací** jsou v našich podmínkách **hlavně obyvatelé velkých měst**, tedy většina obyvatelstva České republiky. Důvodem je stavební řešení měst a velká koncentrace zpevněných povrchů (aj.), které způsobují tzv. tepelný ostrov města, jež působení vysokých teplot umocňuje ještě více. Obecně platí, že čím větší je velikost města, tím vyšší je tepelný ostrov města. Život v panelových domech zvyšuje riziko. Navíc v intravilánech se nachází i ještě zranitelnější část populace – sociálně vyloučení. V některých městech existuje i více takových populačních skupin. Dopady vysokých teplot na úmrtnost a hospitalizaci lze však očekávat na celém území České republiky.

V rámci studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ nebyl vývoj počtu tropických dní hodnocen podrobněji geograficky v rámci jednotlivých částí ČR. Problematika tropických dnů a predikce jejich vývoje však byla řešena v rámci projektu „Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Belda, 2015). Z tohoto projektu jsou zde uvedeny predikce. Mapy jsou zobrazeny v kapitole řešící sohrně klimatické indikátory.

Nejvyšší zvýšení počtu tropických dnů je indikováno na jižní Moravě (přibližně mezi Znojmem a Hodonínem). Mezi regiony s výraznějším nárůstem počtu tropických dnů dále patří oblast České tabule, širší okolí Vltavy táhnoucí se z jižních Čech na sever, Plzeňsko a Hornomoravský úval a taky širší okolí Ostravy. Naopak mezi oblastmi s minimálním nárůstem počtu tropických dnů patří výše položené oblasti Česka (Doupovské hory a Slavkovský les, Vysočina) a pochopitelně horské oblasti – tam se pravděpodobně ani polovině století ještě tropické dny objevovat nebudou (zejména v polohách nad 1300 metrů).

V případě dopadů tropických teplot je zásadním předpokladem aplikace adaptačních opatření na centrální i lokální úrovni. V prevenci dopadů změn klimatu na zdraví je zejména nutná adaptace na úrovni komunity a zajištění personální péče u rizikové populace. K tomu patří i vzdělávání populace a osob, i odborníků, kteří se o ni starají.

Exponovaná populace bude v budoucnosti zranitelnější. Podle střední varianty projekce demografického vývoje zpracované Českým statistickým úřadem by měli lidé starší 65 let v roce 2030 tvořit 22,8 % populace, v roce 2050 pak 31,3 %, což představuje přibližně 3 miliony osob. V roce 2007 tvořily osoby starší 65 let 14,6 % obyvatel České republiky. Relativně nejrychleji se přitom bude zvyšovat počet osob nejstarších. Podle demografické prognózy zpracované Českým statistickým úřadem bude v roce 2050 žít

v České republice přibližně půl milionu občanů ve věku 85 a více let (ve srovnání s 124 937 v roce 2007). K nárůstu senzitivity populace dojde i z důvodů přibývání alergiků v populaci, přibývání nemocných s nemocemi kardiovaskulárními, endokrinními a metabolickými, s chorobami duševními vyžadujícími péči okolí. U všech skupin lze očekávat zhoršování zdravotního stavu v důsledku klimatických změn a nutnost akutního zabezpečení v případě náhlých extrémních změn počasí. Tyto populační skupiny budou muset být na takovou situaci připraveny a v prevenci informovány stejně jako zdravotnický personál a sociální služby.

4.5.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 34 Zdraví a hygiena – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projevu	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavxZranit
3	Se postupně zvýší teplotní maxima a minima (až o 3-4 °C) a prodlouží četnost a délka vln veder	ve velkých městech	zvýšení úmrtnosti obyvatel ve městech na kardiovaskulární a respirační nemoci, zvýšení hospitalizace pro všechny diagnózy	5	5	5	125
		na venkově	úžeh, úpal, heat stres	3	3	3	27
		prodloužení doby květu	nárůst incidence a prevalence astmatu	5	5	3	75
		na venkovních pracovištích	heat stress, úžeh, úpal	5	3	2	30
		v oblastech s vyšším výskytem vodních ploch	pozitivní vliv na výskyt komárů, rozšiřování rajónu komárů a muchniček, tropických komárů	3	3	5	45
4	Zvyšující se počet letních (až o 46) a tropických dní (až o 23)	ve městě	zvýšení úmrtnosti obyvatel ve městech na kardiovaskulární na respirační nemoci, zvýšení hospitalizace pro všechna onemocnění	5	5	5	125
5	Výrazně se snižující počet mrazových a ledových dní	množení hlodavců a klíšťat	lymeská borrelióza a klíšťová encefalitida	3	3	1	9
6	Postupný pokles srážek v letním období (20 %)	v kombinaci s dalšími projevy změn klimatu	nedostatek pitné vody	3	3	2	18
15.1	Extrémy	Povodně velkého rozsahu	ohrožení života, zdraví a majetku obyvatel, psychický a fyzický stres	2	5	5	50
15.5	Zvýšené četnost výskytu požárů	v rekreačních oblastech a na venkově	zvýšení četnosti astmatických záchvatů	3	3	3	27
15.4	Zvýšena četnost výskytu dalších extrémních meteorologických jevů (vichřice apod.)	ve městech i na venkově	ohrožení života zdraví a majetku	3	1	1	3

4.5.6 Analýza navržených adaptačních opatření podle Adaptační strategie

4.5.6.1 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření

Tabulka 35 Srovnávací tabulka zdravotních rizik klimatických změn a návrh opatření pro Adaptační strategii

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Bude docházet k povodním jako důsledku přivalových srážek. Obyvatelé budou v riziku utonutí, poranění, psychického stresu.	Reaguje částečně prostřednictvím některých opatření. Nezohledňuje dopady psycho-sociální.	Systém „měkkých opatření“ v oboru veřejného zdraví, jako jsou péče o dočasné ubytování postižených, péče o osoby zmáhající povodně (prohlídky, očkování), péče o pitnou vodu, prevence infekcí a očkování, prevence a zvládání stresu postižených, vyšetřování zatopených zdrojů vody po povodni, kontrola náhradního zásobování vodou.
Bude docházet ke zvýšení úmrtnosti v letním období. Bude se pravděpodobně týkat specifické skupiny populace. V jednotlivých predikovaných obdobích se bude úmrtnost v důsledku tropických teplot zvyšovat.	Riziko uvažuje, opatření jsou směřována k lepší informovanosti a vzdělávání.	Vytvoření Akčního plánu prevence pro tropické dny na úrovni ČR. Vytváření akčních plánů na úrovni obcí. Aktivizace složek poskytujících péči vulnerabilní populaci. Monitoring hospitalizace.
Bude docházet ke snížení úmrtnosti v zimním období. Bude se týkat pravděpodobně jiné specifické skupiny populace. V jednotlivých predikovaných obdobích se bude úmrtnost snižovat v důsledku teplých zim.	Pozitivní dopad.	Není třeba doplňovat.
Budou podmínky pro množení choroboplodných zárodků ve vodách a potravinách, protože patogenní organizmy se množí při teplotě lidského těla.	Riziko uvažuje. Neuvažuje však zpřísnění současného systému a zvýšení efektivity, nutnost legislativních úprav. Současný systém je dán odpovědností výrobce bez externí systematické mikrobiální kontroly a kontroly zdraví výrobce, který může být zdrojem infekce.	Zpřísnění systému odpovědnosti výrobců potravin a pitné vody, dokládání bezinfekčnosti, sterilizace, úklidu, čistoty vyšetřeními. Sledování infekčně nemocných zaměstnanců při výrobě vody a potravin.
Lepší podmínky pro rozšíření klíšťat a dalšího hmyzu, který v domácím prostředí přenáší infekce.	Riziko uvažuje.	Systematické a trvalé sledování vektorů a rezervoárů virových nemocí.
Četnější a intenzivnější sucho a s tím související ohrožení zásob pitné vody.	Riziko je řešeno jiným sektorem.	x
Pylová sezóna se prodlouží a astmatici budou mít delší období, kdy bude docházet ke zhoršování zdravotního stavu a nutné léčbě. Alergií přibývá a přibývat bude.	Riziko neuvažuje.	Monitoring pylů, rozšíření. Sledování incidence alergií a astmatu.
Ovzduší bude znečištěno ozónem a aerosolovými částicemi, obojí bude vzniklé fotochemickými reakcemi	Riziko neuvažuje.	Sledování nemocnosti, hospitalizace a úmrtnosti v ČR.

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Chemická kontaminace pitných vod pesticidy může nastat a tím i dlouhodobé změny zdravotního stavu.	Řešeno v rámci ostatních sektorů.	Sledování výskytu vrozených vad, nádorů, porodní váhy dětí, cukrovky, chronických neurologických onemocnění, demencí v ČR.
S imigračními vlnami se budou dostávat do České republiky osoby s aktivními infekcemi (tbc, nosičství tyfu).	Řešeno částečně v rámci ostatních sektorů (Mimořádné události).	Sledování incidence infekcí v populaci a u vulnerabilních skupin populace včetně sociálně vyloučených obyvatel.

4.5.6.2 Návrhy na doplnění adaptačních opatření

Prevence dopadů přívalových srážek a povodní nemůže být řešena pouze IZS a vodohospodářstvím. Po povodni musí být podniknuty další kroky. Veřejné zdraví by mělo posílit složky, zabývající se identifikací vektorů a rezervoárů infekcí, dezinfekcí, dezinsekcí, ale také duševním zdravím a prevencí stresu, který postižené obyvatele provází. Integrovaný systém by měl více zahrnout veřejné zdraví a sociální služby do okruhu svého působení ze zákona.

Je nutné vytvořit akční plán ČR pro prevenci dopadů horkých vln, který by se stal rámcem pro akční plány v obcích. Veřejné zdraví by mělo působit odborně při zpracování plánu a i v rámci akcí při mapování obyvatel vulnerabilních skupin, zajišťování kontaktů, informací, rozdělení úloh institucí. Akční plán je významným opatřením v rámci adaptace. Veřejné zdraví by mělo hodnotit efektivitu a sledovat zdraví vulnerabilní skupiny obyvatel. Musí spolupracovat s obcemi, sociálními službami, charitou, církví. Opatření k prevenci infekcí adaptační strategie obsahuje, ale neuvažuje o zpřísnění systematické práce veřejného zdraví. V současné době deklaruje výrobce potravin nezávadnost, aniž by byly potraviny vyšetřeny. V případě epidemií se pak těžko hledá zdroj. Existují rychlá laboratorní vyšetření, která kontaminaci mohou zjistit. Prevence se musí zpřísnit a být odborná, nikoli deklarativní. Dopady sucha řeší jiný sektor. V kompetenci veřejného zdraví je výchova populace k ochraně vodních zdrojů, dává informace o možnosti infekcí, možnosti rizik. Důležité v tomto případě je riziko malého nedostatečného příjmu vody. Spolu s ošetřujícími lékaři by mělo veřejné zdraví spolupůsobit na ohrožené skupiny populace. Veřejné zdraví by mělo realizovat daleko více pylový monitoring, aby mohlo docházet ke včasnému varování obyvatel a alergiků zejména. To je důležité také pro zachycení pylů invazivních rostlin, které budou moci zvyšovat spektrum alergenů. Stav a počet astmatiků a alergiků by měl být monitorován veřejným zdravím.

Ozón je znečištění vznikající atmosférickými reakcemi za přítomnosti slunečního záření z prekurzorů. Varovný systém funguje. Veřejné zdraví by mělo sledovat jeho efektivitu a monitorovat zdraví dotčené populace. Pesticidy ve vodách mohou představovat dlouhodobé a závažné riziko projevující se v chronické nemoci dětí i dospělých v dlouhodobém časovém horizontu, mnohé pesticidy mohou mít neurodisruptivní působení na zdraví. Pesticidy by měly být systematicky sledovány zejména v zemědělských oblastech a vodní zdroje by měly být chráněny.

4.6 URBANIZOVANÁ KRAJINA

Mezi hlavní projevy změny klimatu v městském prostředí patří zvýšení teplot, povodňové stavy a do budoucna i nedostatek vody.

Zvýšení teplot bude mít vliv na stav povrchových i podpovrchových vod (množství, kvalitu, a dostupnost vody); zhorší se stav ovzduší (vlhkost, kvalita). To bude mít vliv jednak na obyvatele (zdraví, pohoda); stavební objekty a veřejnou infrastrukturu (poruchy a selhání sítí dopravní i technické infrastruktury) spolu s dopady na hospodářství (ohrožení výroby, služeb a zásobování a cestovního ruchu a přírodní plochy a prvky (zhoršení závlah a údržby zeleně, zhoršení stavu a kvality vodních ploch). V důsledku toho může dojít k ovlivnění sociálně-ekonomických jevů ve společnosti (psychologické dopady, zvýšené násilí ...)

Povodně způsobují materiální škody na stavebních objektech a veřejné infrastruktuře. To ovlivňuje přímo část obyvatelstva (evakuace, náhradní ubytování, zdraví, pohoda), stavební objekty a veřejnou infrastrukturu (vyřazení a poruchy části sítí dopravní a technické infrastruktury, omezení nebo ztráta funkčnosti objektů), s čímž souvisejí dopady na hospodářství (omezení nebo zastavení výroby omezení služeb a dopravní obsluhy omezení cestovního ruchu). Přívalové povodně způsobené krátkodobými srážkami s velkou intenzitou představují lokální ohrožení s obdobnými důsledky; závažnost ohrožení zvětšuje obtížnost předpovědi těchto událostí.

Nedostatek vody a výskyty sucha budou způsobeny nejen zvýšením teplot vzduchu, ale i nedostatkem srážek a vyšším výparem. Nebude tak dotčeno jen množství vody, ale i její kvalita. Dále hrozí vyčerpávání zdrojů podzemních vod (v některých případech i z důvodu změn poměrů podzemních vod vyvolaných vrtů pro tepelná čerpadla). Povrchové vody s minimální hladinou v tocích, kdy se zvyšuje teplota vody, zaznamenají vyšší koncentrace znečišťujících látek v důsledku menšího zředění. To bude mít vliv na nedostatečnou dodávku vody z veřejného vodovodu pro obyvatelstvo, výrobu, služby a cestovní ruch spolu s dopady na zdraví (bakteriální a virová kontaminace spojené s nedostatkem a vyšší teplotou vody), výrobu energie, kdy nedostatek chladicí vody omezuje produkci elektrické energie, obdobně jako nízká hladina vody v nádržích a tocích omezuje výrobu energie ve vodních elektrárnách. Nedostatek vody může ohrožovat a ztěžovat údržbu přírodních ploch (nedostatečná závlaha zeleně, zhoršení stavu a kvality vodních ploch).

4.6.1 Úvod a kontext

K roku 2013 bylo v České republice jedno město nad 1 milión obyvatel, 5 měst nad 100 000 obyvatel, 131 měst nad 10 000 obyvatel a 271 měst s více než 5000 obyvatel. Největší vesnicí, tedy obcí, která nemá městský status, je Jesenice, kde žije cca 7500 obyvatel, další dvě vesnice mají nad 5000 obyvatel. Současná sídelní struktura České republiky se vyznačuje poměrně značnou roztržitostí, která se odráží i prostřednictvím existence velkého počtu relativně malých obcí. Naopak téměř 5000 obcí na území ČR má počet obyvatel menší než 1 000 (77,7 % z celkového počtu všech obcí) a k roku 2011 žilo v malých obcích pouze 17 % obyvatelstva ČR.

Česko má v Evropě nadprůměrnou hustotu zalidnění - 131 obyvatel/km², což je řadí na 12. místo v Evropě.

Úplně nejnižší hustotu mají Prachaticko (37 obyvatel/km²) a Českokrumlovsko (37,5 obyvatel na km²). Naopak nejvyšší hustotu zalidnění mají kromě čtyř městských okresů (Praha, okres Brno-město, okres Ostrava-město, okres Plzeň-město) také průmyslové oblasti jako okres Most, okres Teplice, okres Ústí nad Labem, okres Jablonec nad Nisou, okres Kladno, okres Karviná, které mají přes 200 obyvatel/km².

Urbanizovaná krajina, tedy krajina sídel, zahrnuje zastavěné plochy včetně veřejných prostranství a ploch veřejné zeleně, průmyslových a logistických areálů a rekreační zástavby, ale také dopravně-technické infrastruktury (sítě silnic, dálnic a železnic, plavební kanály), vodních nádrží a dalších lidskou činností přeměněných území. Krajina sídel je krajina lidskou činností nejvýznamněji přeměněná. V rámci České republiky charakterizuje sídelní krajinu především vysoká hustota obyvatel, vysoký podíl zastavěného

území, vysoký podíl zpevněných ploch, vysoká koncentrace hospodářské činnosti a služeb (vysoký podíl pracovních míst) a vysoká koncentrace infrastruktury (vč. sítí). Navíc zde převládá trend postupného velikostního rozrůstání urbanizované krajiny. Značné zastoupení zpevněného území ovlivňuje celkové mikroklima území a způsobuje přehřívání povrchu, vyšší teploty vzduchu, zvýšenou výparnost, rychlý odtok srážkových vod, prašnost atd.

Sídelní krajina se rovněž vyznačuje nízkou ekologickou stabilitou z důvodu menšího podílu ekologicky stabilních ploch, s čímž souvisí i snížená adaptační schopnost na změny klimatu. Další důležitým jevem je zejména v případě větších sídel efekt městského tepelného ostrova, kde platí, že zastavěná území měst mají zvýšenou teplotu než okolní krajina, což souvisí se specifickými vlastnostmi prostředí městské zástavby. S ohledem na to, že se ve městech koncentruje největší množství obyvatel, je nutno jim v případě probíhajících klimatických změn věnovat zvýšenou pozornost.

4.6.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

Probíhající změny klimatu představují rizika pro města a urbanizovanou krajinu. Extrémní povětrnostní jevy, jako jsou vlny veder, záplavy a sucho, probíhají v celém světě, střední Evropu nevyjímaje. Dopady jsou zřetelné a jsou provázány se socio-ekonomickými změnami.

Zastavěné plochy ve městě vytváří specifické mikroklima v důsledku postupného nahrazování přirozené vegetace umělými povrchy. To ovlivňuje teplotu vzduchu, směr a sílu větru a množství srážek.

Jevy, které mají zvlášť významný vliv na klima měst, jsou převážně způsobeny globální klimatickou situací, naopak města zřejmě mají na globální situaci jen zanedbatelný vliv; to vyplývá z nepatrného plošného podílu zastavěného území měst ve vztahu k celkovému povrchu kontinentů. Produkce tepla spojená s činnostmi lidí ve městech ovlivňuje především městské klima. Také významné zdroje produkce skleníkových plynů, které ovlivňují změny klimatu, většinou nejsou součástí území měst, která mají převážně rezidenční charakter.

Predikované scénáře změny klimatu budou mít významný vliv na klima měst v ČR zejména v kontextu empiricky doložené zákonitosti, že město vytváří **městský tepelný ostrov - MTO** (angl. Urban Heat Island - UHI). MTO ve srovnání s venkovským prostředím generuje zvýšenou teplotu vzduchu. Rozdíl povrchové teploty ve dne mezi urbanizovaným územím a venkovskými oblastmi se pohybuje v rozsahu 10 - 15 °C; rozdíl povrchové teploty v noci je typicky menší 5 - 10 °C (Oke T. R., 1982).

Podle scénářů změn klimatu se teplota v MTO může zvýšit o 2 – 4 °C. Celkové zvýšení teploty o 5 – 8 °C může mít nejen v případě vlny veder vážné dopady na život ve městech.

Dokonce i relativně malé město (do 10 tis. obyvatel) může za určitých podmínek (geografická poloha, specifické uspořádání ploch, hmotové struktury, apod.) očekávat značné negativní vlivy MTO (Steenefeld et al., 2011).

4.6.2.1 Vymezení předmětu analýzy a pojmů

Pro analýzu zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR v prostorech odpovídajících charakteru urbanizované krajiny je nezbytné vymezit předmět analýzy a současně základní pojmy, ke kterým se vztahují dopady rizika související se změnou klimatu.

Pod pojmem **urbanizovaná krajina** lze nalézt řadu významů např.:

zastavěné plochy sídel (měst a venkova), výrobní plochy, rekreační zástavba chatových osad, silnice, dálnice, železnice, plavební kanály, umělé vodní plochy a devastované areály (AOPK).

Takto široce vymezená struktura zahrnuje také části území, které mají zcela odlišný charakter (těžební areály, umělé vodní plochy, dálnice, železnice) a jakkoli je lze považovat za projev procesu urbanizace, jsou to jednotlivé prvky, které mohou být také součástí rurální krajiny. Takové prvky nelze posuzovat jako relativně homogenní urbanizované útvary (sídla) s především převažujícími zastavěnými plochami.

Pro účel této studie se vymezuje předmět analýzy „Urbanizovaná krajina“ takto:

Urbanizovaná krajina je součástí kulturní krajiny, jejíž vlastnosti vykazují určitou (významnou) míru civilizačních složek - krajina městská (urbánní), příměstská (periurbánní, suburbánní). (Principy a pravidla územního plánování ÚÚR - odvozeno).

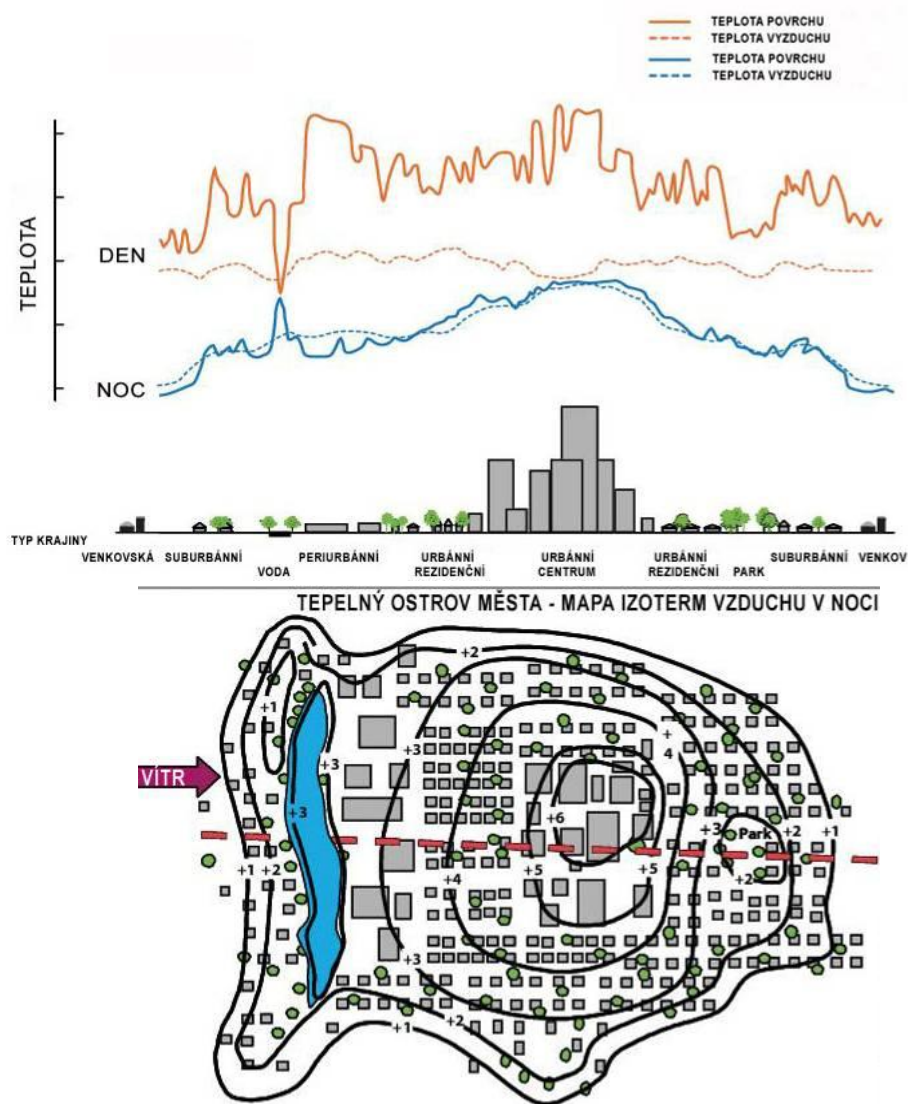
Pro analýzu zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu je pak rozhodující taková struktura území, ve které se formují a jsou zkoumány vlivy „tepelného ostrova“, tzn. krajina městská.

- **městská krajina** - krajina tvořená zástavbou a volnými prostranstvími města, protiklad přírodní krajiny, typ kulturní krajiny (anglicky townscape) (Pásková, Zelenka, 2002).

Pro účel tohoto dokumentu se vymezují další pojmy:

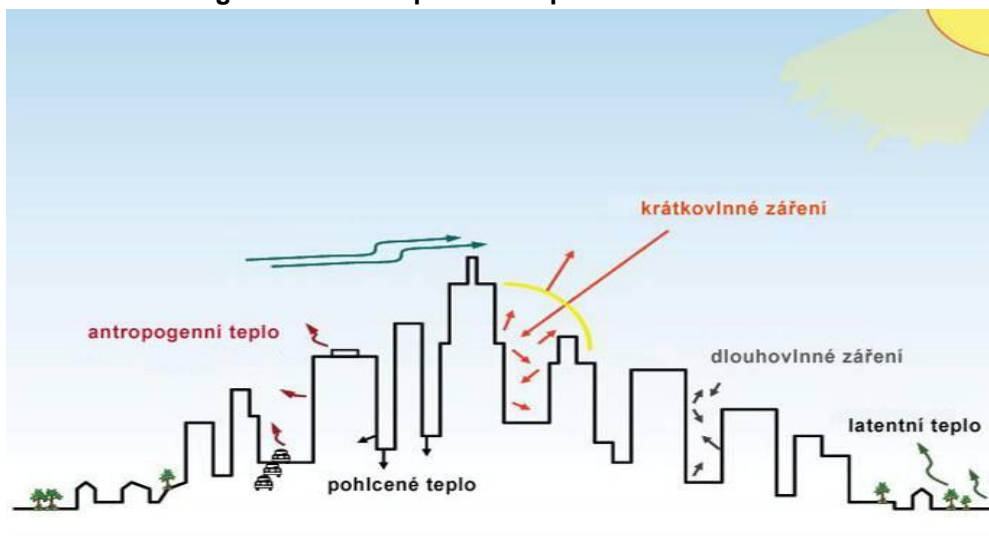
- **město** - stabilizovaný, geograficky vymezený sídelní útvar s výraznou výrobní, správní a obslužnou funkcí. Jeho obyvatelstvo pracuje většinou mimo zemědělství, má specifickou sociální strukturu a způsob života, tomu odpovídá i způsob zastavění. (Oberstein, Cach, 2001). Obecnou podstatou sídel resp. měst je jejich specifická struktura zastavění, která se projevuje hmotovou strukturou, kompaktní v centrech a přecházející do postupně se rozpadajících menších struktur směrem k volné krajině; změny ve struktuře měst se projevují v dlouhodobých horizontech – to je dáno dlouhou životností staveb (80 – 100 let), dynamika rozvoje souvisí se socio-ekonomickým potenciálem
- **klima města** - klima, které je formováno zastavěným územím města a proto má charakteristický režim většiny meteorologických prvků, odlišný od poměrů ve volné krajině (typologická měřítka, ve kterých se sledují specifika klimatu města, jsou: mezoklima - město, lokální klima – část města, mikroklima - lokalita)
- **tepelný ostrov města (MTO)** - tzv. tepelný ostrov města (angl. Urban Heat Island - UHI) je nejtypičtějším příkladem městského klimatu; platí zde, že zastavěná území měst mají odlišnou teplotu (tj. v běžných podmínkách zvýšenou) než okolní krajina, to souvisí se specifickými vlastnostmi prostředí městské zástavby (viz. obrázek 74 a obrázek 75 Podle Arnfielda (2003) patří tepelný ostrov měst mezi nejlépe zdokumentované příklady modifikace meteorologických a klimatických podmínek v mezoměřítku.
- **intenzita městského tepelného ostrova (intenzita MTO)** - intenzita tepelného ostrova se obecně definuje jako maximální rozdíl mezi teplotou mezi urbanizovaným územím města a venkovskými oblastmi.

Obrázek 74 Tepelný ostrov města



Zdroj: (Podle Voogt, 2000)

Obrázek 75 Energetická bilance povrchů tepelného ostrova města



Zdroj: (Podle Sailor, 2002)

4.6.2.2 Jevy ovlivňující klima měst, které jsou zdroji rizik

Mezi hlavní jevy, které mají zvlášť významný vliv na klima měst a jsou zdroji rizik, patří:

- teplo
- povodně
- nedostatek vody a sucho

4.6.2.2.1 Teplo

Urbanizace a lidské činnosti v zásadě mění dopad energie ze slunce, která je absorbována povrchem, ukládá se do budov a později se uvolňuje do okolí. Chladicí účinek přírodních povrchů je nahrazen absorbováním tepla do materiálů, jako je beton, asfalt, kámen apod. To znamená, že intenzita vln veder ve městech je ovlivněna městskou strukturou zástavby s nedostatkem zeleně a vodních ploch. (Arnfield, 2003). Nejžhavější části ve městech a obcích jsou obecně ty s četnými vysokými budovami, bez zeleně a včetně oblastí generujících velké množství antropogenního tepla.

Zvláštní úlohu v interakci mezi městskou zástavbou a počasím má vítr, a to nejen proto, že snížená rychlost větru obecně zvyšuje působení MTO (Wilby, 2008), ale také proto, že takzvané "větrné cesty" mohou nabídnout příležitost k provětrávání měst.

Městské oblasti ukládají více tepla během dne než venkovské oblasti a následně je uvolňují.

Většina lidí v Evropě žije ve městech s vysokou hustotou populace. Počet obyvatel měst se bude v blízké budoucnosti (UN, 2010) dále zvyšovat. Některé skupiny obyvatel jsou citlivější na teplo než ostatní. Zvláště důležitá skupina obyvatel pokud jde o citlivost vůči teplu, jsou občané ve věku 65 let a více. Tato populační skupina v současné době tvoří asi 17,1 % z celkového počtu obyvatel Evropy (15,8 % z celkového počtu obyvatel ČR), ale dá se očekávat, že tento podíl vzroste na 30 % do roku 2060, podíl lidí ve věku 80 let nebo starší (4,4 % v roce 2008) bude téměř trojnásobný roku 2060 (Eurostat, 2008). Tento demografický vývoj samozřejmě přinese zvýšenou úmrtnost, pokud nebudou přijata adaptační opatření.

Faktory, které mají tendenci zvyšovat riziko vlivu MTO:

- vysoký podíl zastavění ploch a jejich nepropustnost
- hustota zalidnění (vztahovaná k zastavěnému území)
- malé zastínění (nedostatek zeleně)
- nedostatek vodních ploch
- nedostatečné zateplování budov (jež rovněž omezuje jejich přehřívání)
- další generování tepla v důsledku výrobních procesů, dopravy, vytápění atd.

4.6.2.2.2 Povodně

Povodně vznikají především shodou přírodních podmínek v povodí vodního toku v daném místě; intenzitu povodně určují kombinace místních podmínek v korytech vodních toků a výskytu příčinných meteorologických jevů. Projevují se jako:

- déletrvající intenzivní regionální srážky s vysokými úhrny, s výraznými důsledky na středních a větších vodních tocích;
- přívalové povodně způsobené krátkodobými srážkami s velkou intenzitou (lokální ohrožení), s možnými katastrofálními důsledky na menších vodních tocích odvodňujících zejména sklonitá území; závažnost ohrožení zvětšuje obtížnost přesnějších předpovědí těchto událostí;
- zimní a jarní povodně způsobené rychlým táním sněhové pokrývky, často v kombinaci s dešťovými srážkami, nebo způsobené ledovými zácpami, které mohou vzniknout na vodních tocích všech kategorií.

Citlivost měst je závislá na několika faktorech, zejména na poloze měst v krajině a konfiguraci terénu. Města v nízko položených oblastech ve střední nebo dolní části toků jsou zvláště citlivá. Zvýšená urbanizace způsobuje zábor půdy a významnou změnu kvality povrchu ploch; tím snižuje přirozenou schopnost retence vody. Související nárůst nepropustného zemského povrchu ve spojení s bydlením a rozvojem podnikání v říčních nivách povodňové riziko v oblastech měst zhoršuje. I přes legislativní omezení je do záplavových území lokalizována nová výstavba, která zvyšuje rizika povodňových stavů a následně je vyžadováno zajištění protipovodňové ochrany ze strany veřejné správy, což omezuje možnosti řešení problematiky povodní a zvyšuje rozsah a finanční náročnost protipovodňových opatření. Významným problémem je také nedostatečné hospodaření s dešťovou vodou. Po celá desetiletí byla vodohospodářská koncepce měst založena na odvodnění optimalizované pro určitý odtok. Vzhledem k budoucí změně klimatu a probíhající urbanizaci tato optimalizace již nemusí platit, a to ani při změně koncepce založené na zadržování a vsakování vod, kterou lze obtížně uplatnit v kompaktní historické zástavbě

Faktory, které mají tendenci zvyšovat riziko vlivů povodní:

- tempu urbanizace neodpovídá dosavadní způsob (ne)hospodaření se srážkovými vodami (infrastruktura pro odvádění dešťových vod nevyhovuje z hlediska tlumení přívalových srážek a často ani z hlediska kapacity)
- způsob využití volných (nezpevněných ploch) nesplňuje podmínky účinné retence
- protipovodňová opatření nejsou kvalitně a dostatečně rychle realizována

4.6.2.2.3 Nedostatek vody a sucho / hospodaření s vodou

Nedostatek vody v povodí má zásadní dopady na společnost, ekonomiku a životní prostředí s následnými dopady do nákladů. Zvýšená citlivost měst vyplývá především z koncentrace obyvatel a ekonomických činností.

Hospodaření s vodními zdroji může probíhat na třech úrovních: v povodí, na úrovni města nebo jeho části anebo v rozsahu jednotlivých budov a jejich okolí.

Faktory, které přispívají k nedostatku vody a suchu v sídlech:

- vysoké teploty (zvýšené odpařování)
- nízká úroveň vlhkosti půdy a nízká půdní retenční kapacita vody
- nízká hladina podzemní vody a její omezené množství
- opatření k zadržení vod na pozemcích, které jsou součástí staveb, nejsou dostatečná (vsakování, retence a následné využívání vody), malá dostupnost povrchové vody,
- pitná voda je využívána i k činnostem, pro které není nezbytně nutná

4.6.3 Stanovení indikátorů

4.6.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné letní teploty
- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Délka období sucha
- Letní srážkové úhrny
- Počet dnů se srážkami nad 20 mm

4.6.3.2 Indikátory dopadové

4.6.3.2.1 Charakteristické rysy klimatu měst

Podstata vytváření městských tepelných ostrovů (MTO) vyplývá z uspořádání a hmotové struktury měst; s tím souvisí charakteristické rysy klimatu.

Pro klima měst je typické, že procesy ve spodních vrstvách atmosféry jsou výrazným způsobem formovány vlastnostmi aktivního povrchu, především radiačními a tepelnými, ale i vlastnostmi aerodynamickými (drsnotí) či vlhkostními (propustností). Aktivním povrchem se rozumí povrch, na kterém dochází k transformaci zářivé energie v jiné druhy energie.

Pro analýzu zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu je nezbytné charakterizovat procesy a podmínky městského klimatu. Dále upraveno podle: Víceúrovňová analýza městského a příměstského klimatu na příkladu středně velkých měst, Projekt Grantové agentury ČR č. 205/09/1297 Klima Brna - víceúrovňová analýza městského klimatu (Dobrovolný, 2012).

K formování uvedených vrstev a specifického klimatu měst přispívá různou měrou řada faktorů, ke kterým se řadí především tyto (Oke, 1981):

- 1) Tepelné a radiační vlastnosti aktivních povrchů významně ovlivňují intenzitu pohlcování a odrazu krátkovlnného elektromagnetického záření, a emitování záření dlouhovlnného; rozhodujícím faktorem pro formování městského klimatu je ve většině případů charakter aktivního povrchu (Oke, 1997).
- 2) Nepropustný charakter aktivních povrchů způsobuje zvýšený odtok srážek a snížení výparu a vlhkosti vzduchu; pro formování městského klimatu je podstatné především zvýšení celkové plochy aktivních povrchů, na kterých dochází ke složitým procesům transformace energie opakovaným odrazem záření.
- 3) Geometrické upořádání aktivních povrchů zvyšuje jejich celkovou plochu a přispívá k značnému podílu ploch s vertikální orientací, tím dochází k vytváření tzv. uličních kaňonů a k vysoké drsnosti povrchu.
V důsledku to znamená, že sluneční záření do určitých prostor během dne nedopadá; naopak v noci může být v důsledku zastínění oblohy výrazně omezen proces dlouhovlnného vyzařování z těchto lokalit.
Vliv geometrie zástavby je v urbání klimatologii charakterizován poměrem mezi průměrnou výškou budov a jejich vzájemnou vzdáleností tzv. height-to-width ratio - H/W), který vyjadřuje míru hustoty zástavby, nebo stupněm pokrytí oblohy okolními překážkami tzv. sky view factor - SVF (Svensson, 2004 Unger, 2004), který charakterizuje těsnou závislost na teplotních poměrech dané lokality.
- 4) Znečištění atmosféry související s výskytem polutantů v ovzduší a zvýšeným výskytem kondenzačních jader; produkce znečišťujících látek modifikuje pozitivními či negativními vazbami roli procesů souvisejících s tepelnými a radiačními vlastnostmi povrchů.
- 5) Produkce antropogenního (odpadního) tepla; celkový objem antropogenního tepla je generován třemi složkami 1. budovami, 2. mobilními zdroji (dopravou) a 3. obyvatelstvem (Sailor a Lu, 2004). Každá složka souvisí s počtem a hustotou obyvatelstva.

4.6.3.2.2 Intenzita MTO a závislost na velikosti populace měst a geografické polohy

Podle Oke (1973) platí empirická souvislost mezi velikostí populace měst a intenzitou MTO:

Maximální **zjištěná intenzita MTO** se zvyšuje lineárně v závislosti na logaritmu populace měst; MTO (v °C) se zvyšuje podle vzorce:

$$\text{Intenzita MTO (}^{\circ}\text{C)} = 0,73\log_{10}(\text{pop})$$

kde pop označuje populaci. To znamená, že obec s počtem obyvatel 10 má teplotní gradient (intenzita MTO) $0,73\text{ }^{\circ}\text{C}$, vesnice se 100 obyvateli $1,46\text{ }^{\circ}\text{C}$, město s počtem obyvatel 1000 lidí $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a velké město s milionem lidí $4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

MTO bude ovlivněn globálním zvyšováním teploty, která souvisí s geografickou polohou.

Obecně lze usuzovat, že města s počtem obyvatel méně než 10.000 mají venkovský charakter a zásahy do urbánní struktury nebudou nezbytné (Peterson, 2003).

4.6.3.2.3 Prostorové rozložení intenzity MTO

Poměrně nedávno se začal klást důraz směrem k modelování prostorového rozložení MTO s využitím parametrů (charakteristik) „land use“. Parametry využití a geometrické vlastnosti zastavěného území (např. SVF) jsou specifikovány jako typické proměnné (Bottýán a Unger, 2003); (Bottýán et al., 2005); (Unger, 2006); (Montaveza et al., 2008). Ve zpracovaných studiích je často průměr maximální intenzity MTO nebo střední intenzity MTO považován za závislou proměnnou právě vzhledem k rozdílnému využití a geometrickým vlastnostem zastavěného území, na rozdíl od odvozené **intenzity MTO max**, jak je definována podle Oke (1973).

MTO max vyjadřuje teplotní gradient MTO ve $^{\circ}\text{C}$ vůči okolnímu území, který souvisí s velikostí populace města - viz kap. 4.6.2.2.2; tzn. že např. v případě vlny veder budou negativní vlivy ve městech působit s o to větší intenzitou, oč větší je populace města koncentrovaná v zastavěném území a s tím související charakter prostředí, přičemž teplota se vlivem klimatické změny ještě zvýší, a to podle geografické polohy měst - viz obrázek 76.

Z toho vyplývá, že intenzita MTO max je hodnota určující úroveň zranitelnosti města, přičemž lze očekávat, že v různých lokalitách města mohou být projevy MTO odlišné.

4.6.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.6.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti pomocí indikátorů vůči dopadům klimatické změny v souvislosti se specifickým prostředím městského klimatu

Je zřejmé, že pro stanovení indikátorů a vyhodnocení zranitelnosti měst vůči dopadům klimatické změny budou rozhodující faktory, které lze sledovat zejména v měřítku mezoklimatu urbanizovaného území měst:

- a) průměrná letní teplota a intenzita MTO - určené velikostí populace měst, v kontextu s geografickou polohou
- b) „aktivní povrchy“ (veškeré povrchy vystavené přímému působení klimatu) struktura, kvalita a rozsah
- c) prostorové uspořádání aktivních povrchů (lze sledovat v měřítku místního klimatu nebo mikroklimatu)
- d) antropogenní teplo

S ohledem na dostupnost dat je jako hlavní indikátor navržen a vypočítán indikátor:

- **průměrná letní teplota v městských tepelných ostrovech**

Tento indikátor souvisí s předpokládanými projevy změny klimatu, a současně s intenzitou MTO, a to v závislosti na geografické poloze města. Vzhledem k tomu, že intenzita MTO je vyšší než zvýšení teploty v důsledku změny klimatu, bude průměrná letní teplota v prostředí měst podstatně vyšší.

Určujícím parametrem intenzity MTO je populace města určená ze zjištěné závislosti:

Intenzita MTO = $0,73\log_{10}(\text{pop})$ a zvýšené teploty podle geografické polohy v příslušném období.

Indikátor **intenzity MTO** lze trvale sledovat podle údajů ČSÚ (Český statistický úřad) a geografické polohy, kterému odpovídá možné zvýšení teploty v jednotlivých sledovaných obdobích.

Současně lze identifikovat skupiny měst, které by mohly dle tohoto ukazatele být více zranitelné, např. města s populační velikostí nad 10 tis. obyvatel (131 měst – intenzita MTO max. v rozmezí 4,45 – 2,92) resp. nad 75 tis. (12 měst – intenzita MTO max. v rozmezí 4,45 – 3,56) viz tabulka 36.

Tabulka 36 Intenzita městského ostrova ve městech nad 75 tis. obyvatel

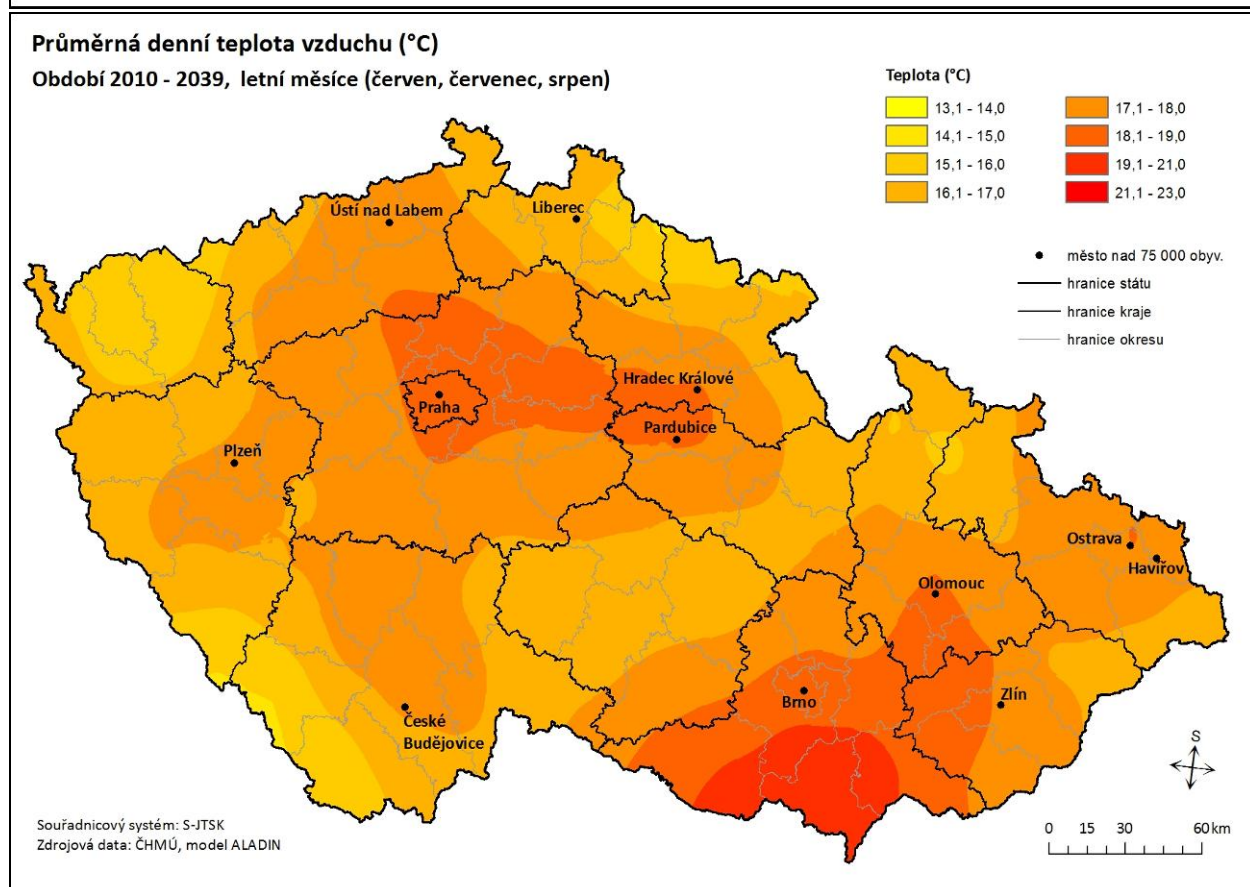
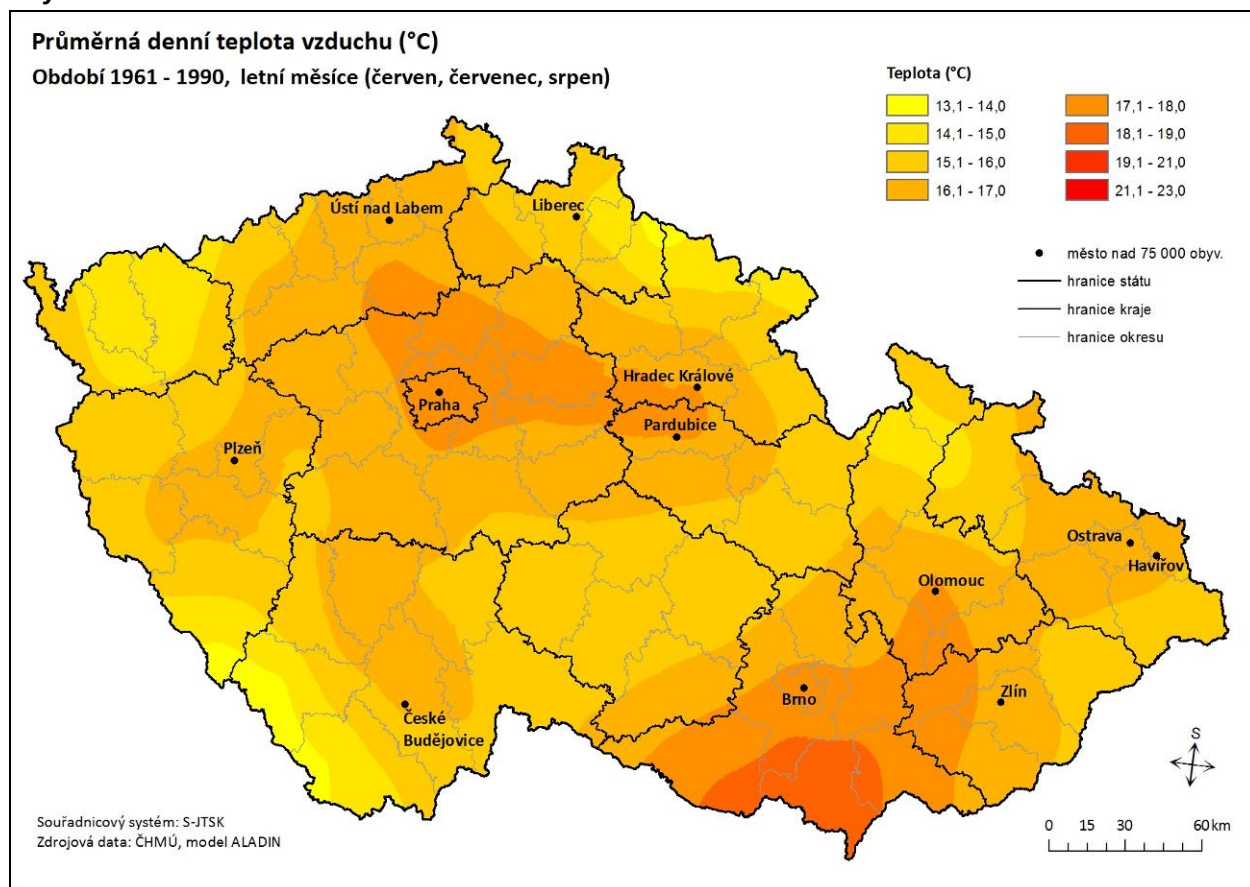
id dle velikosti	populační velikost obyvatel	počet obyvatel	Intenzita MTO $= 0,73 \log_{10}(P)$ (ve °C)	Intenzita MTO max. (ve °C)	Predikce zvýšení teploty (°C) dle studie Pretel v daných lokalitách (bez intenzity MTO)	
					2040-2069	2070-2099
1	Praha	1 243 201	6,09	4,45	2	3
2	Brno	377 508	5,58	4,07	3	4
3	Ostrava	295 653	5,47	3,99	2	3
4	Plzeň	168 034	5,23	3,81	2	4
5	Liberec	102 301	5,01	3,66	3	4
6	Olomouc	99 489	5,00	3,65	2	4
7	Ústí nad Labem	93 523	4,97	3,63	2	4
8	České Budějovice	93 253	4,97	3,63	2	4
9	Hradec Králové	92 904	4,97	3,63	3	4
10	Pardubice	89 432	4,95	3,61	3	4
11	Havířov	76 109	4,88	3,56	2	3
12	Zlín	75 278	4,88	3,56	2	4

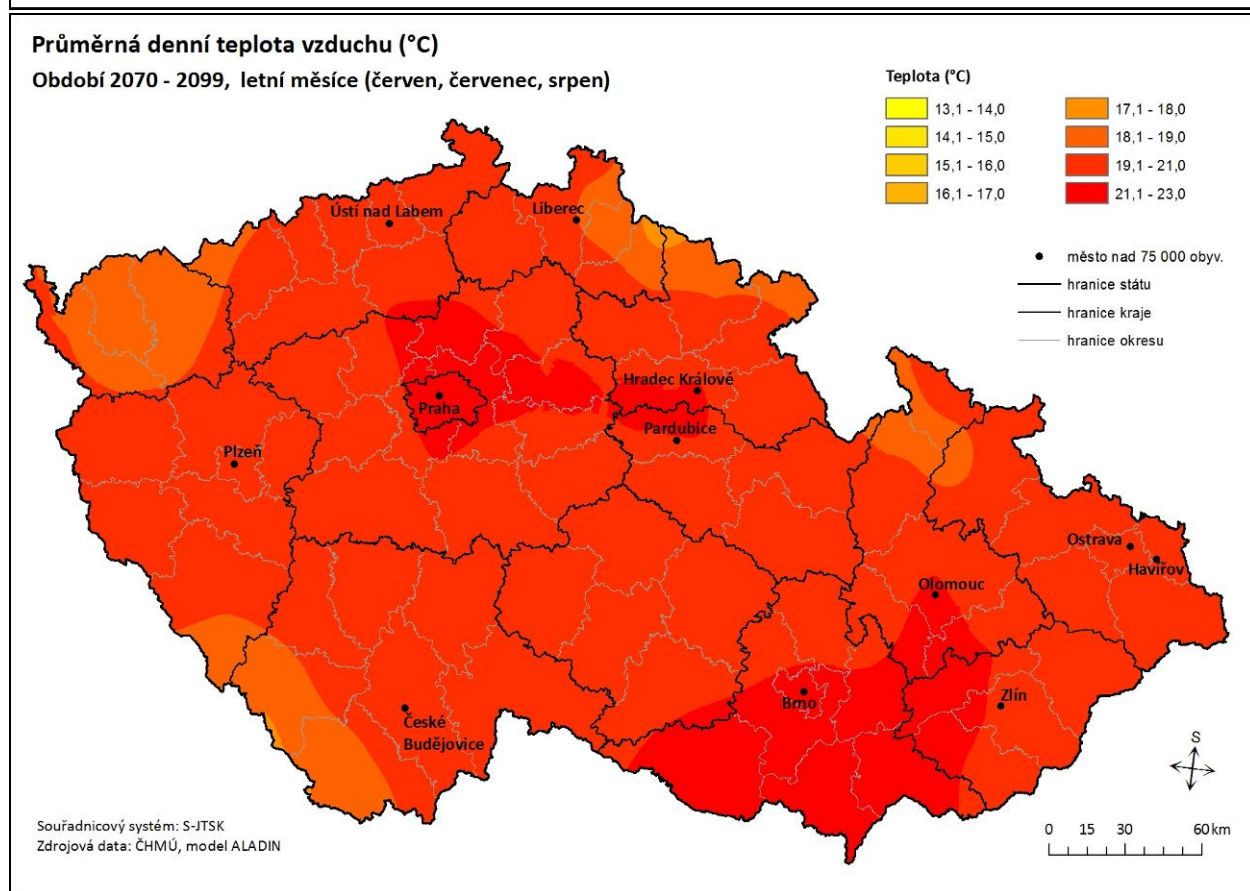
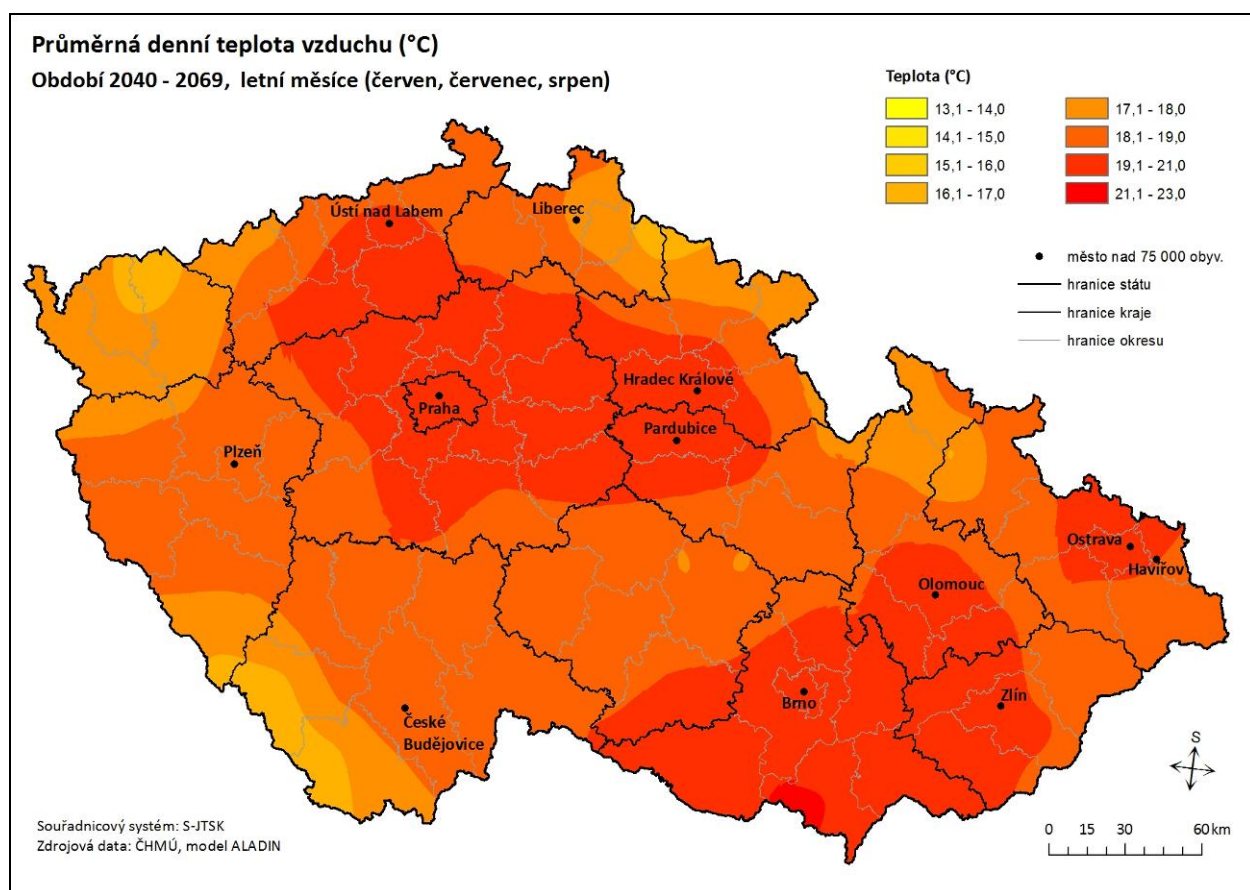
4.6.4.2 Identifikace nejzranitelnějších měst (regionů)

Nejzranitelnější budou městské struktury, ve kterých spolupůsobení změny klimatu a intenzity městského tepelného ostrova zasáhne významnou část populace:

- Města s počtem obyvatel větším než 75 000 obyvatel v oblastech intenzivního působení klimatické změny (míra ohrožení je vyjádřena nárůstem teplot způsobených klimatickou změnou a intenzitou tepelného ostrova).
- Zranitelnost regionů lze vyvodit z funkce měst jako pracovních a obslužných center funkčních regionů s významnou dojížděkou a tedy významným počtem denně přítomných osob, které budou vystaveny vlivům klimatické změny a zároveň vlivu MTO po značnou část dne. Současně se zvýší produkce antropogenního tepla (dosud se uvažuje pouze s prostým počtem obyvatel).

Obrázek 76 a, b, c, d Průměrné letní teploty za sledovaná období a poloha měst větších jak 75tis. obyvatel





Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 37 Ohrožení měst nad 75 tis. obyvatel při působení klimatických změn a MTO (výpočet)

Ohrožená oblast / město	Průměrná denní teplota (červen, červenec, srpen) ve °C				Nárůst vzhledem k měřené teplotě ve °C			Intenzita MTO ve °C	Celkový teplotní gradient stupeň ohrožení					
	1961-2009	2010-2039			2010-2039	2040-2069	2070-2099	Intenzita MTO max	1961-2009	stupeň ohrožení	2040-2069	stupeň ohrožení	2070-2099	stupeň ohrožení
	měřená	modelovaná			modelovaná			výpočet	hodnota °C / relativní					
Praha	18	18	20	21	0	2	3	4,5	4,5	I	6,5	III	7,5	IV
Brno	17	18	20	21	1	3	4	4,1	5,1	II	7,1	IV	8,1	V
Ostrava	17	18	19	20	1	2	3	4	5,0	II	6,0	II	7,0	IV
Plzeň	16	17	18	20	1	2	4	3,8	4,8	I	5,8	II	7,8	V
Liberec	14	15	17	18	1	3	4	3,7	4,7	I	6,7	III	7,7	IV
Olomouc	17	18	19	21	1	2	4	3,7	4,7	I	5,7	II	7,7	IV
Ústí n. Labem	16	17	18	20	1	2	4	3,6	4,6	I	5,6	II	7,6	IV
Č. Budějovice	16	17	18	20	1	2	4	3,6	4,6	I	5,6	II	7,6	IV
Hradec	17	18	20	21	1	3	4	3,6	4,6	I	6,6	III	7,6	IV
Pardubice	17	18	20	21	1	3	4	3,6	4,6	I	6,6	III	7,6	IV
Havířov	17	18	19	20	1	2	3	3,6	4,6	I	5,6	II	6,6	III
Zlín	17	18	19	21	1	2	4	3,6	4,6	I	5,6	II	7,6	IV

Stupeň ohrožení je vyjádřen teplotním gradientem vyvolaným působením klimatické změny a MTO

- do 5,0°C I
- do 6,0°C II
- do 7,0°C III
- do 8,0°C IV
- nad 8,0°C V

Je zřejmé, že zvýšení teploty ve městech v důsledku působení klimatické změny a MTO bude významné, a lze očekávat výrazně vyšší průměrné letní teploty.

4.6.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 38 Urbanizovaná krajina – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost scénáře	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hlavní projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			PravxZavxZranit
1	se v důsledku KZ zvedne průměrná roční teplota o 3°C	v případě městského tepelného ostrova (MTO)	Významný vliv na specifické podmínky klimatu měst, zejména další zvýšení intenzity MTO s dopady: • přímé zdravotní, ohrožení skupin obyvatel (senioři, nemocní... – viz část zdraví); • na pohodu obyvatel (psychologické dopady, zvýšené násilí a sociální nepokoje); • na vodní zdroje (znečištění vody způsobené kombinací nízkého průtoku vody a tepla; nedostatek vody (mimo jiné na údržbu zeleně); • na hospodářství a veřejnou infrastrukturu - snížená produktivita pracovníků, - zvýšení nároků na zdravotní služby – (hospitalizace, pečovatelské služby), - selhání dopravních a energetických sítí s důsledky na plynulost zásobování a výroby.	5	4	3	60
		při současném trendu vývoje zastavěných ploch na úkor půdy a ploch zeleně (součást územního rozvoje měst nad 10 tis. obyvatel)	Zvýšený odtok srážek, snížení výparu a vlhkosti vzduchu a tím další navýšení intenzity efektu městského tepelného ostrova – zhoršení kvality života obyvatel.	5	4	3	60
15.1	se v důsledku KZ zvýší četnost 100letých a víceletých povodní	při současné praxi zaostávající realizace protipovodňových opatření (projektovaných zpravidla na ochranu jen na 100leté povodně a při praxi stavebního využití ploch na hranici nebo uvnitř záplavového území	Ohrožení životů a majetku, škody na hospodářství a veřejné infrastruktuře (dopravní a technické sítě)	5	5	3	75

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravdě- podobnost scénáře	Závažnos t scénáře	Zraniteln ost systému	Subjektivní riziko
Ident. hlavní projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			PravxZavxZ ranit
4,6,9	se zvednou letní teploty až o 4°C, sníží se množství srážek v létě až o 20 % a zvýší se četnost období sucha	při současném trendu vývoje zastavěných ploch na úkor půdy a volných ploch (součást územního rozvoje měst nad 10 tis. obyvatel)	dtto ad IHP 1 a současně nízká úroveň vlhkosti půdy a nízká půdní retenční kapacita vody, malá dostupnost povrchové vody ztíží údržbu zelených ploch (chřadnutí porostů) s důsledky na změnu rozsahu chráněných aktivních povrchů, které více ovlivní intenzitu MTO	5	5	4	100

4.6.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

Tabulka 39 Urbanizovaná krajina – analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Teplo - vysoký podíl zastavění ploch a jejich nepropustnost - hustota zalidnění - malé zastínění - nedostatečné zateplování budov - další generování antropogenního tepla	Adaptační strategie na daná rizika reaguje dostatečně	Návrh způsobu monitorování vývoje rozsahu zpevněných ploch, ploch zeleně a vodních ploch (minimálně v ohrožených oblastech) s využitím „Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®)“ a metod GIS; za tím účelem zpracovat metodiku a doplnit strukturu „Územně analytických podkladů“ (ÚAP) o odpovídající data a jejich hodnocení v rámci pravidelné aktualizace (MMR). Návrh způsobu monitorování zateplování domů a realizace pasivních domů Úprava formulace opatření – Územní plány by v návrhu zastavitelných ploch měly vyvážit intenzitu (hustotu) zástavby a ploch zeleně za účelem efektivního využití území; vymezením ploch zeleně současně vytvářet systém sídelní zeleně; tím přispět k omezení nekontrolovatelného rozrůstání urbanizovaného území (suburbanizace, urban sprawl) a záborů zemědělské půdy a její zástavby.
Povodně - nedostačující infrastruktura pro odvádění dešťových vod - protipovodňová opatření nejsou kvalitně a dostatečně rychle realizována - stavební využívání pozemků v nivách vodních toků	Adaptační strategie na daná rizika reaguje dostatečně, viz Vodní režim v krajině	V Územních plánech navrhopat a zvlášt' vymezovat vodohospodářské plochy jako součást protipovodňových opatření (retenční nádrže, poldry);
Nedostatek vody a sucho / hospodaření s vodou - vysoké teploty (velké odpařování) - nízká vlhkost a vysoké znečištění vzduchu - nízká úroveň vlhkosti půdy a nízká půdní retenční kapacita vody - nízká hladina a omezené množství podzemní vody - opatření k zadržení vod na pozemcích, které jsou součástí staveb, nejsou dostatečná (retence, vsakování, předčištění a využívání vody) - malá dostupnost povrchové vody	Adaptační strategie na daná rizika reaguje dostatečně, viz Vodní režim v krajině	x

4.7 CESTOVNÍ RUCH

Klimatické změny mají vliv na podmínky pro cestovní ruch, a to na podmínky přírodní a socio-ekonomické. Podmínky socioekonomické jsou ovlivněny klimatickými změnami nepřímo, skrze působení na další hospodářské oblasti a celkovou hospodářskou stabilitu regionu či státu. To může znamenat snížení potenciálu cestovního ruchu vlivem zhoršení základních kapacit (ubytování) a doprovodné a dopravní infrastruktury a zhoršení doplňkových služeb v oblasti ČR.

S klimatickými změnami je nejtěsněji spojen cestovní ruch „sportovní-outdoorový“, který je vázán na podmínky přírodní a je těmito změnami nejvíce dotčen. Přímými vlivy na přírodní podmínky je nejvíce dotčena sezóna zimních sportů. S ubýváním ledových dnů a srážkového úhrnu v zimním období se zhoršují přírodní podmínky zimních sportů vázaných na sněhovou pokrývku, jako je sjezdové lyžování, běh na lyžích, skialpinismus, snowboarding apod. Dále je ohrožen cestovní ruch, jehož stěžejním potenciálem jsou přírodní zajímavosti, jejichž existence může být ohrožena vlivem klimatických změn.

Mezi další hlavní dopady a rizika spojené s projevy změn klimatu patří:

Zvýšení teplot a postupné ubývání srážek v zimním období

- Zhoršení podmínek pro zimní rekreaci
 - Zkrácení zimní sezóny
 - Posun lyžařských areálů s vhodnými podmínkami do vyšších nadmořských výšek
 - Zvýšení konfliktů se zájmy ochrany přírody

Zvýšení teplot a postupné ubývání srážek v letním období

- Změna podmínek pro letní rekreaci u vody
 - Prodloužení sezóny
 - Úbytek vody ve vodních tocích a nádržích, zhoršení kvality koupacích vod
- Zlepšení podmínek pro venkovský cestovní ruch - prodloužení sezóny
- Zlepšení podmínek pro vinařskou turistiku
 - Prodloužení sezóny
 - Rozvoje vinařství a vinařské turistiky do dalších oblastí ČR

Zvýšená četnost extrémních jevů

- Zvýšení bezpečnostních rizik při konání sportovních a kulturních akcí typu „open air“ přímo úměrně riziku výskytu extrémních jevů - bouřky, vichřice, povodně i vedra.
- Materiální škody na základní a doprovodné infrastruktuře (ubytovací zařízení, sjezdovky, lanovky, vleky, cyklostezky apod.)

4.7.1 Úvod a kontext

Odvětví cestovního ruchu v rámci České republiky vykazuje dlouhodobě stoupající tendenci, a to jak z pohledu každoročně rostoucího objemu příjezdového cestovního ruchu, tak i v množství celkových výdajů, které zahraniční i domácí účastníci cestovního ruchu vynaložili v rámci jednotlivých regionů České republiky. Naopak pouze mírný růst zaznamenal ukazatel počtu přenocování, který potvrzuje stávající trend stále častějšího zkracování délky pobytů či dovolených. (MMR, 2015)

V roce 2013 navštívilo Českou republiku přes 24,7 miliónů návštěvníků (z toho 9,7 mil. zahraničních turistů, 12,7 mil. jednodenních návštěvníků, 2,3 mil. tranzitujících návštěvníků), kteří v souvislosti se svým pobytem utratili přes 180 miliard korun, byl tak zaznamenán nárůst výdajů o 15 % oproti roku 2012. Mezi nejčastější hosty, co se týče země původu, patřili občané Německa (1,5 mil.), Ruska (0,8 mil.) a také Slovenska (0,4 mil.). Cestovní ruch se v České republice v roce 2013 podílel zhruba 3 % na HDP a cca 4,6 % na zaměstnanosti. V rámci počtu hostů v hromadných ubytovacích zařízeních cestovního ruchu

padl v roce 2013 rekord, kdy těchto zařízení využilo přes 15 milionů návštěvníků. K tomuto číslu přispělo značnou měrou hlavní město Praha – zdejších hlavních ubytovacích zařízení využilo 38 % z celkového počtu hostů, ze zahraničních hostů pak až 64 %. (ČSÚ, 2013)

Jednotlivé kraje a regiony České republiky se pak značně liší co do podílu k celkovému objemu cestovního ruchu. To je dáno především charakterem a konkrétním sektorem cestovního ruchu, který v dané oblasti převažuje. Městskému cestovnímu ruchu zcela dominuje hlavní město Praha, a to díky své pestré nabídce kulturně-historických a architektonických památek. Lázeňsko-léčebný cestovní ruch je pak nejvíce rozvinut v geologicky aktivní oblasti západních Čech. Cestovní ruch zaměřený na zimní sporty a rekreaci je díky rozvinuté technické infrastruktuře rozvinut převážně v oblasti severních Čech, v pohorí Krkonoš a okolních oblastech.

Mezi nejrozšířenější lze řadit nepochybně také venkovský cestovní ruch, souborné označení pro druh cestovního ruchu s vícedenním pobytem a s rekreačními aktivitami na venkově spojený s procházkami a pěší turistikou, projíždkami na kole nebo na koni, pozorování a péče o domácí zvířata, konzumace podomácku vyrobených potravin, atd. Jeho rozvoj souvisí s rozvojem venkova, budováním pěších tras a cyklotras, farem s alternativním zemědělstvím, budováním místních muzeí, skanzenů, rozvíjením tradičních řemesel, budováním a obnovou ubytovacích a stravovacích zařízení, atd. (Zelenka, Pásková 2002) K němuž patří aktivity spjaté jak s vodními sporty, pěší a horskou turistikou, cykloturistikou, tak i se sportovními a poznávacími aktivitami přírodně cenných oblastí, převážně pak chráněných krajinných oblastí a národních parků. (Vystoupil, 2006) V tomto směru jsou specifické také destinace lokalizovány v blízkosti vodních zdrojů pro letní rekreaci u vody,

K rozvíjejícím se sektorům patří také vinařská turistika, možno také chápat jako specifickou formu venkovského cestovního ruchu, vázaného na určité oblasti, jež je lokalizovaná do tradičně vinařského jihomoravského regionu. (Vystoupil, 2006)

Svou roli hraje také kongresový a veletržní cestovní ruch, který je převážně spjat s velkými městy, kde je pro tyto aktivity vybudovaná vhodná infrastruktura a zázemí. (Vystoupil, 2006)

Předpokládané projevy změny klimatu mohou mít vliv na kteroukoliv z výše zmíněných oblastí cestovního ruchu v České republice a v budoucnu tak mohou významně pozměnit aktuální rozložení a dominantní postavení jednotlivých sektorů v rámci turistických regionů.

4.7.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

4.7.2.1 Rizika z hlediska širších evropských souvislostí

Klimatická změna a jejich dopady na cestovní ruch se týkají celého světa. V evropských podmínkách je v současnosti klimaticky nejpříznivější a nejpreferovanější oblastí pro cestovní ruch jižní Evropa. V souvislosti s klimatickou změnou je předpokládáno prodloužení letní sezóny i dále směrem na sever, ve střední i v severní Evropě. V jižní Evropě by to mohlo způsobit pokles návštěvnosti v letních měsících, ale naopak zvýšení návštěvnosti v ostatních částech roku.

Všeobecné ubývání sněhové pokrývky negativně ovlivní provozování zimních sportů v mnoha regionech. V Evropě jsou v současné době hlavní lyžařskou destinací Alpy. V nich je většina zimních rekreačních oblastí považována za oblasti se spolehlivou přirozenou sněhovou pokrývkou v zimním období (konkrétně 69 % v Německu, v 87 % v Rakousku, v 93 % v Itálii a v 97 % ve Francii a Švýcarsku) (Agrawala, 2007). Nicméně i zde je v 48 % oblastí využíváno zasněžování umělým sněhem za účelem zlepšení sněhových podmínek a prodloužení sezóny. Tento trend nadále roste (Agrawala, 2007; Rixen, 2011). Tento způsob adaptace je ekonomicky i environmentálně značně náročný, nesoucí velké množství negativ a rizik.

Očekává se, že předpokládané klimatické změny změní turistické rozložení turistické návštěvnosti v Evropě, což může mít nepříjemný dopad na regiony silně ekonomicky vázané na cestovní ruch.

Velikost ekonomických změn a trendů v ČR je však silně ovlivněna hlavně neklimatickými faktory, především možnostmi volného času a životní úrovní návštěvníků, socioekonomickými podmínkami a turistickou infrastrukturou v destinaci.

Do budoucna je dle TCI (TourismClimatic index) předpokládáno rozšíření klimaticky komfortních podmínek do střední i severní Evropy a tím prodloužení sezóny letního CR. (Amelung, 2007). Tento index nezohledňuje nutné klimatické podmínky pro zimní sporty ani dle něj nelze vypočítávat konkrétní dílčí dopady na CR ani rizika.

4.7.2.2 Dopady na různé druhy potenciálu cestovního ruchu

Dopady změn klimatu na cestovní ruch jsou různé, dle různých forem cestovního ruchu a různého potenciálu cestovního ruchu v oblasti. Hodnocení dopadů dle regionů administrativního členění je zavádějící, protože v těchto regionech je většinou zastoupeno více typů s různým poměrem zastoupení cestovního ruchu a také mají více různého potenciálu pro CR. Dále se druhy potenciálu cestovního ruchu a typy cestovního ruchu opakují a kombinují v různých administrativních regionech. V základní úrovni je proto lepší specifikovat dopady na jednotlivé druhy potenciálu CR a jednotlivé typy CR.

Níže jsou uvedeny dopady změn klimatu na dílčí aspekty cestovního ruchu. (klasifikace dle Vystoupila, 2005)

4.7.2.2.1 Přírodní potenciál cestovního ruchu

Přírodní potenciál cestovního ruchu se odvíjí od fyzicko-geografických podmínek a klimatické změny mají na tuto oblast největší přímý vliv. Cílovými zájmy cestovního ruchu u kulturně přírodního potenciálu jsou:

- **Přírodní zajímavosti**
Např.: skalní útvary, krasové jevy, geobotanicky atraktivní lokality
- **Přírodní podmínky vhodné pro sportovní vyžití a rekreaci**
Např.: oblasti geomorfologicky a současně klimaticky vhodné k provozování různých forem lyžování, oblasti s vodním režimem vhodný vodáckému využití, koupací oblasti, skalní útvary vhodné k lezení, krajina vhodná k cykloturistice či pěší turistice, oblasti rybolovu, myslivectví.

Tabulka 40 shrnuje rizika jednotlivých cílových zájmů v oblasti přírodního potenciálu cestovního ruchu.

Tabulka 40 Tabulka rizik – přírodní potenciál cestovního ruchu

Přírodní potenciál cestovního ruchu	Rizika
Přírodní zajímavosti	Zánik v důsledku vazby na fyzicko-geografické podmínky a jejich změnu. Např. vysychání rašelinných jezírek, vysychání mokřadů (snížení úhrnu srážek, změna hydrologického režimu a pozitivní změna teplotních podmínek), (vazba na oblast biodiverzity) Zánik geobotanických lokalit vlivem posunu vegetační stupňovitosti (vazba na oblast biodiverzity) Změna hydrologického režimu, např. snížení vodního stavu při jarním tání či období sucha, zánik vodopádů apod.
Přírodní podmínky vhodné pro sportovní vyžití a rekreaci	Posun podmínek vhodných pro sjezdové lyžování do vyšších nadmořských výšek a možné další střety s ochranou přírody. Zhoršení podmínek, zkrácení sezóny, pro zimní sporty vázané na sněhovou pokrývku, změny hydrologického režimu a negativní změny vodního stavu pro vodácké využití i sportovní rybolovu (obdobně i rizika u rybochovu) Přírodní podmínky predisponující některé lokality k vyšší náchylnosti k extrémním jevům a následné snížení potenciálu krajiny pro CR – bleskové povodně, větrné polomy, vznik bouřek

4.7.2.2.2 Kulturně-historický potenciál cestovního ruchu

Kulturně historický potenciál cestovního ruchu se odvíjí od kulturně historických kapacit oblasti. Tyto kapacity můžeme kategorizovat do tří základních skupin:

- Kulturně-historické objekty
- Kulturní zařízení
- Společenské akce

Do skupiny **kulturně-historické objekty** lze zařadit objekty, které jsou statickým předmětem zájmu cestovního ruchu, tedy sám objekt je cílem. A to jsou architektonické objekty (hrady, zámky, historická jádra měst apod.), sakrální stavby (chrámy, kláštery, katedrály, rotundy atd.), technické památky (fortifikační památky, dopravně technické památky, vodní stavby apod.), vojenské památky a objekty lidové architektury). Tyto objekty, pokud to možnosti dovolí, se často stávají i místem komplexně využitelným pro další skupiny kulturně historického potenciálu.

Do skupiny **kulturních zařízení** lze zařadit objekty primárně cílené jako prostor dalšího vyplnění produkci lidské činnosti – programem, tedy pravidelný dynamickým předmětem, místně vázaným. Ne sám objekt ale jeho náplň je předmětem zájmu cestovního ruchu. Jsou to divadla, galerie, hvězdárny a planetária. Specifickou podskupinou je lázeňství, které je vázáno na fyzicko-geografické podmínky avšak pro značně rozvinutou komplexní antropogenní infrastrukturu a zařízení je nejvhodnější zařadit do skupiny kulturních zařízení.

Do skupiny **společenské akce** (události) řadíme kulturní, sportovní, výstavní a kongresové akce, akce spojené s lidovými tradicemi. Zájemem cestovního ruchu je zde dynamický, volný, nepravidelný předmět. Tabulka 41 uvádí rizika v oblasti kulturně-historického potenciálu cestovního ruchu.

Tabulka 41 Tabulka rizik – kulturně-historický potenciál cestovního ruchu

Kulturně historický potenciál cestovního ruchu	Rizika
Kulturně-historické objekty	Dle lokace zranitelnost vůči extrémním jevům - bouřky, vichřice, povodně a jimi způsobené škody na majetku
Kulturní zařízení	Dle lokace zranitelnost vůči extrémním jevům - bouřky, vichřice, povodně a jimi způsobené škody na majetku
Společenské akce	Open air festivaly -citlivost vůči extrémním jevům - bouřky, vichřice, povodně i vedra – v takovém případě dochází k ohrožení bezpečnosti majetku a především lidského zdraví ve velkém počtu

4.7.2.2.3 Základní a doprovodná infrastruktura

Potenciál pro cestovní ruch tvoří také základní a doprovodná infrastruktura. Základní infrastrukturou rozumíme ubytovací zařízení. Doprovodnou a dopravní infrastrukturou rozumíme sportovně rekreační infrastrukturu, plnící rovněž sportovně rekreační funkci. Nejvýznamnější jsou:

- infrastruktura zimních sportů (lyžařské vleky, sjezdovky, lanovky, lyžařské běžecké trasy a tzv. „těžká“ infrastruktura - zimní stadiony a kryté bazény)
- infrastruktura pěší turistiky (značené trasy naučné stezky)
- infrastruktura cykloturistiky (cyklotrasy, cyklostezky a cykloturistické trasy)

Tabulka 42 uvádí rizika v oblasti základní a doprovodné infrastruktury cestovního ruchu.

Tabulka 42 Tabulka rizik – základní a doprovodná infrastruktura cestovního ruchu

Základní a doprovodná infrastruktura	Rizika
Základní infrastruktura	Nepřímo socio-ekonomickými podmínkami regionu. Poškození extrémními jevy - bouřky, vichřice, povodně, zranitelnost dle lokace
Infrastruktura zimních sportů	Nepřímo socio-ekonomickými podmínkami regionu.

Základní a doprovodná infrastruktura	Rizika
Infrastruktura pěší turistiky	Poškození extrémními jevy - bouřky, vichřice, povodně, zranitelnost dle lokace
Infrastruktura cykloturistiky	

4.7.2.2.4 Shrnutí dopadů na potenciály cestovního ruchu

Nejvýznamnější, okamžitý přímý dopad budou mít klimatické změny na přírodní podmínky. Nejzřetelnějším negativním dopadem je již probíhající zhoršování podmínek pro zimní sporty. Dále zhoršování podmínek pro vodáctví.

Další silný dopad bude v oblastech, kde je potenciál CR na přírodní zajímavosti, která přes změnu přírodních podmínek a tím i změny geoekologických vazeb a změny v biodiverzitě může zaniknout. Jde však o potenciál místního významu, dotýkající se především jednotlivých obcí, nikoliv větších regionů.

Kulturně-historický potenciál a potenciál základní a doprovodné infrastruktury CR je přímo ovlivněn extrémními jevy. Stupeň rizika je individuální u jednotlivých objektů, např.: Zřícenina hradu na kopci a ubytovací zařízení v přilehlé obci – nízké riziko, historický mlýn, vesnický skanzen, ubytovací zařízení v záplavové oblasti – zvýšené riziko.

4.7.2.3 **Dopady na různé typy cestovního ruchu:**

Je nutno zvážit více forem neboli typů cestovního ruchu. Na různé typy mají klimatické změny různé dopady, dle různého potenciálu, od kterého se typ cestovního ruchu odvíjí, a jejich rizik. Pro všechny typy je nutný potenciál základní infrastruktury.

Typy cestovního ruchu (Vystoupil, 2005):

- **Městský cestovní ruch**
stěžejní potenciál: kulturně-historické objekty
- **Veletřzní a kongresový cestovní ruch**
stěžejní potenciál: společenské akce, kulturní zařízení
- **Lázeňský cestovní ruch**
stěžejní potenciál: společenské akce, kulturní zařízení, přírodní podmínky
- **Sportovních akce**
stěžejní potenciál: společenské akce, přírodní podmínky, infrastruktura zimních sportů, často také těžká infrastruktura - stadiony
- **Zimní rekreace**
stěžejní potenciál: přírodní podmínky vhodné pro sportovní vyžití a rekreaci, infrastruktura zimních sportů
- **Letní rekreace u vody**
stěžejní potenciál: přírodní podmínky vhodné pro sportovní vyžití a rekreaci, (infrastruktura cykloturistiky, infrastruktura pěší turistiky)
- **Venkovský cestovní ruch**
stěžejní potenciál: přírodní podmínky vhodné pro sportovní vyžití (horskou turistiku, cykloturistiku, vodní sporty apod.) a rekreaci, přírodní zajímavosti, kulturně-historické objekty, infrastruktura cykloturistiky, infrastruktura pěší turistiky
- **Vinařská turistika**
stěžejní potenciál: přírodní podmínky vhodné pro sportovní vyžití a rekreaci, společenské akce, infrastruktura cykloturistiky, infrastruktura pěší turistiky

Tabulka 43 uvádí rizika podle typologie cestovního ruchu.

Tabulka 43 Rizika dle typologie cestovního ruchu

Typologie cestovního ruchu	Rizika
Městský cestovní ruch	Obecně nezávislý na klimatických změnách. Možné ojedinělé riziko dočasného/sezónního snížení atraktivity vlivem extrémních jevů (vlny veder)
Veletřní a kongresový cestovní ruch	Nezávislý na klimatických změnách
Lázeňský cestovní ruch	Nezávislý na klimatických změnách
Sportovní a kulturní akce	Zvýšení nákladnosti konání zimních sportovních akcí vázaných na sněhovou pokrývku. Citlivost vůči extrémním jevům - bouřky, vichřice, povodně i vedra – v takovém případě dochází k ohrožení bezpečnosti majetku a především lidského zdraví ve velkém počtu
Zimní rekreace	Zhoršení podmínek, zkrácení sezóny, pro zimní sporty vázané na sněhovou pokrývku Zvýšení intenzity umělého zasnežování a negativních dopadů s ním spojených. Posun podmínek vhodných pro sjezdové lyžování do vyšších nadmořských výšek a možné další střety s ochranou přírody.
Letní rekreace u vody	Riziko snižování vodního stavu řek Riziko eutrofizace koupacích vod při souběhu dalších aspektů, Obecně naopak zlepšení přírodního potenciálu prodloužením sezóny a možné zvýšení atraktivity tohoto typu.
Venkovský cestovní ruch	Potenciál agroturistiky závislý na změnách v oblasti zemědělství Možné zlepšení přírodního potenciálu prodloužením sezóny a možné zvýšení atraktivity CR tohoto typu
Vinařská turistika	Potenciál vinařské turistiky závislý na změnách v oblasti zemědělství, rozvoj podmínek pro vinařství i do dalších oblastí ČR. Možné zlepšení přírodního potenciálu prodloužením sezóny a možné zvýšení atraktivity CR tohoto typu.

4.7.2.3.1 Shrnutí dopadů na typy cestovního ruchu

Stejně jako u potenciálů cestovního ruchu, od kterých se typy CR odvíjí, je nejvíce přímo ohrožena zimní rekreace a s tím i CR spojený se zimními sportovními akcemi. Změna přírodních podmínek bude mít také negativní vliv na vodní stav v řekách s dopadem na vodáckou rekreaci, a také na kvalitu vody a tím i letní rekreaci u vody.

Pro všechny ostatní výše zmíněné typy CR vázané na letní sezónu může být přínosem prodloužení sezóny (zvýšení jarních i podzimních teplot, prodloužení bezesrážkového období). Ovšem mimo letní rekreaci u vody a zimní rekreaci, je již nyní z hlediska klimatického komfortu pro všechny ostatní typy CR vhodných 6 měsíců v roce. V tomto případě mají klimatické faktory na CR zanedbatelný vliv ve srovnání se sociálními a ekonomickými faktory CR.

4.7.3 Stanovení indikátorů

4.7.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné letní teploty
- Průměrné zimní teploty
- Délka trvání sněhové pokrývky
- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Počet ledových dnů
- Délka období sucha
- Letní srážkové úhrny

Nejcitelnější dopad na zimní cestovní ruch je má délka trvání sněhové pokrývky. Ta je odvislá od teploty a srážek pro vytvoření souvislé vrstvy sněhové pokrývky a období s dostatkem ledových dní pro její udržení. Tato problematika, tj. vývoj a budoucí predikce, je podrobně řešena v rámci souhrnné kapitoly 4.11. Níže jsou proto uvedena pouze hlavní fakta se vztahem k cestovnímu ruchu.

Délka trvání sněhové pokrývky je vhodným indikátorem signalizujícím charakter počasí v zimním období, a to jak z pohledu teplot, tak z pohledu srážek. Mezi léty 1961-1990 a 1991-2014 se počet dní se sněhovou pokrývkou dramaticky snížil na prakticky celém území ČR, ale zvláště v nadmořských výškách nad 400 m.n.m. Změny tohoto indikátoru jsou a budou i nadále intenzivní. Při realizaci předpokládaného emisního scénáře by během tohoto století poklesl průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou vyšší než 3 cm čerstvého sněhu na přibližně jednu desetinu současných hodnot i méně. K nejvyššímu poklesu počtu dní přitom dojde ve vyšších polohách, což bude mít negativní dopad právě na tuto část odvětví cestovního ruchu.

Mezi dobře sledovatelné a relevantní meteorologické indikátory, které jsou ovlivněny největší měrou změnou klimatu a vypovídají o zkracování délky sezóny a o snižování kvality podmínek pro provozování zimních sportů, patří Počet ledových dnů a Průměrná teplota v zimní sezóně.

Při zvyšování průměrné denní teploty v zimním období a snížení počtu ledových a mrazových dní se předpokládá vyšší potřeba a intenzita zasněžování. Zimní sporty vázané na sněhovou pokrývkou jsou ohroženy přímým dopadem z důvodu nutnosti přítomnosti sněhu. Za předpokladu, že se v zimních obdobích bude věnovat více nákladů na údržbu sjezdových tratí umělým zasněžováním, je trend intenzity zasněžování důležitým a dobrým ukazatelem náročnosti vytváření podmínek pro cestovní ruch. Negativním dopadem umělého zasněžování je spotřeba vody.

Dále je možno využít indikátory vlivu změn klimatu v letní sezóně, které budou mít také vliv na cestovní ruch - jako např. vlny veder, bezesrážková období, počty tropických dní apod. Tyto jsou uvedeny a vyhodnoceny v samostatné kapitole.

4.7.3.2 Indikátory dopadové

Indikátorem turistického komfortu, který je využíván na evropské úrovni, je Tourism Climate Index (TCI), který druhem indikátoru biometeorologické předpovědi a indikuje lidský fyzický komfort. V budoucím predikovaném období v rámci celé Evropy je předpokládán trend pozitivní změny, tj. zvyšování hodnoty, na většině území Evropy zvláště ve střední a severní Evropě. Naopak v letním období se zvyšujícími se maximálními teplotami a vlnami veder se snižuje fyzický komfort ve středomořské oblasti. (Amelung, 2007). Použitelnost toho indikátoru je zavádějící a není vhodné z důvodu opomíjení klimatických

podmínek vhodných pro provozování zimních sportů, rizik vln veder, nedostatku vody, případný vliv extrémních událostí.

Dopady na městský cestovní ruch jsou odvoditelné od biometeorologického vlivu vln veder a vývoje tepelného ostrovu města. Obecně TCI na Evropské úrovni předpokládá ve střední Evropě pozitivní změny v souvislosti s prodloužením letní sezóny. Zvýšená biometeorologická zátěž v letních měsících ve městech může nést negativní dopady na městský cestovní ruch. Pro jednoduchost je v této oblasti vhodné použít indikátor změn v oblasti urbanismu.

Vliv extrémních jevů na CR je možné odvodit z trendů **návštěvnosti v hromadných ubytovacích zařízeních**, tento indikátor dobře reagoval na povodně v roce 2002. Ve třetím čtvrtletí roku 2002 vlivem povodní klesly počty hostů v HUZ ČR o 17,5 % a z toho v kempech o 34,6 %. (MAG Consulting, 2013)

V městském turistickém ruchu, kde je zcela dominantní hlavní město Praha, byl zaznamenán nárůst u počtu cizinců ubytovaných v pražských ubytovacích zařízeních od roku 2000 do r. 2005 o 60 %. Nárůst byl zaznamenáván každoročně, opět s výjimkou roku 2002, kdy katastrofické povodně v Praze způsobily téměř 16,4 % pokles ve srovnání s předchozím rokem. Nad hodnotu z roku 2001 se počet cizinců v Praze dostal až v roce 2004, takže lze říci, že povodněmi byl početní růst zahraničních návštěvníků zbrzděn. (ČSÚ, 2007)

Tento indikátor je ovšem vlivem změn klimatu ovlivněn v malé míře a větší vliv mají socio-ekonomické dopady. Pro sledování klimatických změn tedy jeho použití není vhodné. Jako správně vyhodnocený doplňkový ukazatel může být přínosem.

Pro vyhodnocení predikcí budoucích trendů a zranitelnosti byly využity indikátory klimatické.

4.7.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.7.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti pomocí indikátorů

- Počet ledových dnů
- Průměrná teplota v zimní sezóně
- Délka trvání sněhové pokrývky

Sněhová pokrývka je limitujícím faktorem pro provozování ski-areálů, a tím i pro existenci zimního CR. Tyto indikátory podmiňují možnost vzniku sněhové pokrývky (vhodné množství a kvality) a možnosti jejího udržení. Vznik přirozené sněhové pokrývky podmiňuje také dostatek srážek, ovšem bez teploty pod bodem mrazu se nedostávají srážky ve formě sněhu, případně ani se na zemském povrchu neudrží dostatečná vrstva. V případě absence srážek, ovšem za přítomnosti vhodných mrazových teplot je možné přistoupit k umělému zasněžování. Proto primárním klíčovým faktorem nejsou srážky, ale teplota. Umělé zasněžování s sebou ovšem nese rizika doporučeného volitelného indikátoru zmíněná níže:

Rizika nesoucí výroba umělého sněhu (Flousek, 2009):

- K vytvoření 1 m³ umělého sněhu je třeba 250–500 l vody, což při jeho vrstvě 20–35 cm představuje spotřebu 70–120 l/m² (tj. 700 000–1 200 000 litrů na 1 hektar sjezdovky). Žádná studie však dosud nehodnotí, jak se extrémní odběr vody v době minimálních zimních průtoků projevuje na její celoroční dostupnosti pro obyvatele a návštěvníky lyžařských center (z francouzských Alp se udává pokles průtoku vody v dotčených tocích až o 70 %).
- Výše naznačenému problému se často předchází výstavbou umělých vodních nádrží. Dochází tak k dalšímu záboru půdy, ke změnám reliéfu, k čerpání vody (většinou přirozeně úživnější, s vyšším obsahem minerálů a dalších prvků i s vyšším znečištěním) z údolí do vyšších poloh a k následné eutrofizaci zasněžovaných ploch.

- Samostatným problémem je vysoká energetická náročnost zasněžovacích zařízení (v alpských zemích souhrnně odhadovaná na neskutečných 600 GWh ročně), nepřímo ovlivňující životní prostředí v jiných lokalitách a na mnohem rozsáhlejší území, než se nacházejí vlastní ski-areály (výstavba nových zdrojů energie, produkce emisí CO₂ atd.).
- Výroba technického sněhu je často spojena s celonočním světelným a hlukovým znečištěním.
- Technický sníh lze vytvářet při teplotách nižších než minus čtyři stupně Celsia. Od přírodního sněhu se liší. Je mnohem tvrdší a kompaktnější, má velkou hustotu a nepouští tolik vzduchu k vegetaci a půda bez vegetace je náchylnější k erozi. Současně se dá s ohledem na predikce vývoje teplot předpokládat zhoršení podmínek pro samotné umělé zasněžování (snížení počtu vhodných hodin).

4.7.4.1.1 Předpokládaný časový trend indikátorů

Z hlediska průměrných teplot v zimním období se předpokládá postupný nárůst až o 2,83 °C oproti referenčnímu období, což může být pro řadu lokalit v horských polohách, kde se teploty v zimním období pohybují okolo 0 °C z hlediska cestovního ruchu velmi významný nárůst.

Současně se předpokládá postupný pokles počtu ledových dní – do konce století až o průměrně 22 dní v roce.

Tabulka 44 Předpokládaný časový trend indikátorů na území ČR

Indikátor	Období 2010-2039	Období 2040-2069	Období 2070-2099
Průměrná teplota v zimním období	Nárůst o 1,14°C	Nárůst o 1,76°C	Nárůst o 2,83°C
Počet ledových dnů	Výrazný pokles počtu ledových dní o 10	Výrazný pokles počtu ledových dní o 13	Výrazný pokles počtu ledových dní o 22

Zdroj: (Pretel, 2011)

4.7.4.2 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

Mezi nejvíce zranitelné regiony z hlediska cestovního ruchu ve vazbě na výše uvedený indikátor patří horské a podhorské regiony zaměřené na zimní cestovní ruch (běžkové a sjezdové lyžování, zimní turistika), tj. zejména příhraniční oblasti ČR - Krkonoše, Jeseníky, Šumava, Krušné hory, Moravskoslezské Beskydy. Změny samozřejmě ovlivní i lokality v nižších polohách, zde je však role cestovního ruchu méně významná.

S předpokládanými změnami souvisí předpokládané zhoršení podmínek pro zimní formy cestovního ruchu – úbytek sněhu, kdy vhodné podmínky zůstanou pouze v nejvyšších polohách těchto oblastí, bude vést k vyšší koncentraci turistů v těchto lokalitách, vyšší náročnosti a nákladům na údržbu a provoz (umělé zasněžování) a současně k potenciálnímu nárůstu střetů se zájmy ochrany přírody. V nižších polohách se oblast zimní rekreace stane ekonomicky neperspektivní.

Tabulka 45 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

Průměrná teplota v zimním období	Horské a podhorské regiony, výrazně orientované na zimní CR - Krkonoše, Jeseníky, Šumava, Krušné hory, Moravskoslezské Beskydy
Počet ledových dnů	Horské a podhorské regiony, výrazně orientované na zimní CR - Krkonoše, Jeseníky, Šumava, Krušné hory, Moravskoslezské Beskydy

4.7.5 Souhrn – What if analýza

Při zhodnocení hlavních referenčních bodů dopadu potvrzuje „What if analýza“ téměř ve všech bodech identifikovaná rizika dílčích specifik cestovního ruchu. V některých bodech se dopady opakují, což ukazuje na synergické působení jednotlivých dopadů na oblast, konkrétněji zvláště na oblast zimní turistiky vázané na sněhovou pokrývku.

Hlavními analyzovanými negativními dopady jsou:

- Při posunu ski-areálů do vyšších nadmořských výšek zvýšení intenzity střetu lyžařského průmyslu s ochranou přírody (bude docházet také k posunu vegetační stupňovitosti a k úbytku rozlohy 8 a 9 VS)
- zhoršení sněhových podmínek
- zkracování sezóny zimních sportů
- snížení atraktivity městské turistiky, zvýšení prašnosti, vyšší náklady provozu klimatizace a chlazení potravin a nápojů
- zhoršení přírodních podmínek pro vodáky

Tabulka 46 Cestovní ruch – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
1	postupně narostou průměrné roční teploty (až přes 3°C)	pro provozování lyžařských sportů	posun vegetační stupňovitosti do vyšších nadmořských výšek, snížení rozlohy 8. a 9. VS a zároveň posun ski-areálů do vyšších nadmořských výšek - střet s ochranou přírody	4	5	5	100
3, 5, 11	výrazně se sníží počet mrazových a ledových dnů, postupně zvýší teplotní maxima a minima a naroste globální záření v zimním období (přes 10 %)		zkracování sezóny zimních sportů a zhoršení sněhových podmínek. Zhoršení podmínek pro umělé zasněžování (snížení počtu hodin vhodných k umělému zasněžování)	5	3	4	60
7	zvýší se množství srážek na jaře (cca 10 %) a na podzim (až 20 %)	obecně	v daném období snížení popularity nižšími podmínkami komfortu pěší turistiky, cykloturistiky, vinařské turistiky, agroturistiky a venkovského CR	3	2	2	12
9	prodlouží se období sucha zejména v letním období	v oblasti agroturistiky	dopad na zemědělství, ohrožení podmínek agroturistiky	3	2	2	12
1, 14	prodlouží se četnosti a délky vln veder a zvýší průměrné teploty	ve městech	snížení atraktivity městské turistiky, zdravotní rizika, vyšší náklady provozu klimatizace a chlazení potravin a nápojů	5	3	2	30
12	sníží se průtoky ve vodních tocích v letním období	za stávajícího stavu spolupráce se správci vodních nádrží	zhoršení přírodních podmínek pro vodáky	4	3	3	36
13	zvýší četnosti dnů s vyššími srážkami (přívalové srážky)	obecně	zvýšení možnosti výskytu tzv. bleskových povodní a tím i poškození infrastruktury	2	4	3	24
15.4	zvýší se četnost výskytu dalších extrémních meteorologických jevů (vichřice...)	pro masové akce	snížení bezpečnosti konání open air akcí, ohrožení na životě	1	4	2	8

4.7.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

4.7.6.1 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření

Stávající návrhy adaptačních opatření v oblasti cestovního ruchu jsou velmi obsáhle pojaty na 4 prioritní oblasti, zahrnující širokou škálu specifických cílů a aktivit směřující především k omezování vlivu CR na změny klimatu, než vyrovnávající či snižující negativní dopady změn klimatu na CR. Jsou tedy značně promíchány s mitigačními opatřeními. Obecně formulovaná opatření lze při konkretizaci v realizaci aktivit úspěšně použít na poli CR ke zmírňování vlivu CR na změny klimatu, tedy recipročně i zmírnění všech identifikovaných rizik.

4.7.6.2 Návrhy na doplnění adaptačních opatření

Ke stávajícím návrhům opatření je možné přidat opatření čistě adaptační - zmírňující negativní dopady.

- Diverzifikace příjmů z CR v lokalitách s ohroženým potenciálem CR
Diverzifikace příjmů z CR a přeorientování lokalit s ohroženým potenciálem CR na CR se stabilnějším potenciálem či potenciálem rostoucím i vlivem klimatických změn, zvýšení atraktivity turistických zajímavostí antropogenního původu, posílení potenciálů jiného typu především kulturně-historického a společenských akcí, posílení infrastruktury pěší turistiky, infrastruktury cykloturistiky.
- Adaptace doprovodné infrastruktury zimních sportů
V případě lyžařských center je vhodné využít zimní infrastrukturu lanovek k využití pro pěší turistiky a cykloturistiky, zvláště nově se rozvíjející populární trend singltreků a bikeparků. Ten s sebou nese příliv turistů do regionu. Využitím, rozšířením a transformací již stávajících služeb a zimní infrastruktury je možné získat ekonomický přínos i z tohoto druhu CR. Při budování singltrekových tratí i udržování provozu zimní infrastruktury a provozu sjezdového lyžování je nutný soulad s udržitelným rozvojem a udržení a ekosystémových služeb a přírodního potenciálu CR i pro možnosti diverzifikace na další potenciály CR.

Tabulka 47 Cestovní ruch - urbanizovaná krajina – analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Úbytek sněhové pokrývky, zkrácení sezóny zimních sportů, zánik ski-areálů, posun ski-areálů do vyšších vegetačních stupňů	Částečně řešeno. V obecné rovině doporučuje šetrné formy CR, v tom je možné považovat za obsaženou i diverzifikaci příjmů z CR. Adaptační opatření zmiňují ochranu biologické rozmanitosti, ekosystémů a krajiny. Implementace SEA a EIA při posuzování vlivu CR na ŽP	Vhodné doslovné zmínění diverzifikace příjmů z CR v lokalitách s ohroženým potenciálem CR, Adaptace doprovodné infrastruktury zimních sportů. Při umělém zasněžování zamezení používání chemických aditiv v souvislosti s degradací půdy
Čestnosti a délky vln veder ve městech	Reaguje napříč většinou adaptačních opatřeními v urbanizované krajině	Podrobnější návrhy pro snižování tepelného ostrova města jsou uvedeny v kapitole urbanizovaná krajina.
Nedostatek vody pro vodáckou rekreaci	Adaptační strategie reaguje v oblasti vodního režimu v krajině	x
Zvýšení bezpečnostních rizik konání open air akcí vliv zvýšení četnosti extrémních jevů	Reaguje v kapitole Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí	Vhodné zahrnutí i tohoto specifika do krizových plánů, systémů včasného varování a koordinace IZS.

4.8 PRŮMYSL A ENERGETIKA

Podnikání a služby v oblasti průmyslu a energetiky (včetně chemického, těžebního, automobilového a dalších typů) na území ČR jsou a do budoucna s vysokou pravděpodobností také budou ohrožovány dopady změny klimatu. Státní správa i podnikatelský sektor jsou si toho poměrně dobře vědomi, jak je zřejmé jak z nově formulované klimaticko-energetické politiky EU, tak z aktualizované české Státní energetické koncepce (SEK) na následujících 25 let (do roku 2040), vypracované MPO a schválené vládou ČR 18. května 2015 (MPO, 2014a). Se SEK úzce souvisí mimo jiné Národní akční plán energetické účinnosti ČR, který byl upraven podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti (EED) (MPO, 2014b).

Zásadní vliv na vývoj v těchto oblastech, kromě probíhající klimatické změny, měl například vstup ČR do EU, pokračující liberalizace energetických trhů, problém postupně stárnoucího portfolia zdrojů v ČR (dlouhodobě neudržitelná výroba energie z fosilních paliv) a vývoj energetických a průmyslových politik ostatních evropských zemí. K adaptaci na řadu projevů klimatické změny svým dílčím způsobem přispívají již v současnosti probíhající aktivity a granty v ČR, cílené na snižování spotřeby energie z primárních zdrojů, snižování emisí a zvyšování účinnosti zejména spalovacích procesů vedoucích k výrobě energie (jak v domácnostech, tak ve firmách). Pokračování těchto aktivit doporučujeme dle možností udržet a dále rozšiřovat jejich zaměření.

Hlavní očekávané dopady a rizika:

- Zvýšená četnost a intenzita extrémních projevů počasí – riziko narušení infrastruktury pro přenos energie a médií, včetně rizika poškození výrobních a skladovacích kapacit a vzniku indukovaných havarijních situací (až závažných havárií) v důsledku katastrof přírodního původu.
- Zvýšení průměrných ročních teplot cca o 2°C oproti současnosti (cca do roku 2100, pokud se podaří aplikovat ve významné míře adaptační opatření na změnu klimatu, s tím – že tato změna nebude dále akcelerována spalováním fosilních paliv po roce 2040); vyšší namáhání materiálů staveb – nižší životnost, zvýšení rizika čtenějších poruch, skoronehod a nehod, zvýšená zátěž pro technologie i jejich obsluhu (zaměstnance), riziko čtenějšího výskytu požárů (i výskytu multi-hazardů).
- Změna v četnosti, intenzitě a rozložení srážek – riziko čtenějšího výskytu dlouhodobého sucha, s nedostatkem vody ve zdrojích pro výrobu, chlazení a také hašení požárů technologií.
- Zvýšení průměrných ročních teplot o podstatně více než 2°C oproti současnosti (například o 4 až 8°C) – existenciální riziko – dokáží se vůbec obyvatelé a průmysl na takové zvýšení adaptovat? Související riziko čtenějších dlouhodobých such a nedostatku vody pro obyvatele a všechny sektory služeb.
- V důsledku rizika příliš pomalé adaptace na změnu klimatu včetně implementace nízkouhlíkové energetiky a průmyslu v globálním měřítku, bude ČR a její průmysl a energetika po roce 2040 nucena reagovat jinak, než je naznačeno v aktuální koncepci SEK do roku 2040 (například nouzově investovat do výstavby dalších jaderných elektráren, apod.), aby byla zajištěna úroveň a kvalita současných a budoucích služeb.
- V důsledku příliš pomalé adaptace na klimatickou změnu a pomalého přechodu na nízkouhlíkovou energetiku ztratí ČR a její průmysl současnou (i budoucí) konkurenceschopnost v porovnání se sousedními zeměmi EU.

4.8.1 Úvod a kontext

Klíčovými materiály pro práci byly kromě SEK (MPO, 2014a) rovněž aktuální verze „Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR“ (MŽP ČR, 2015), dále tzv. „Pretelova studie“ (Pretel, 2011) a v neposlední řadě platná Koncepce environmentální bezpečnosti ČR (BRS, 2012).

Z významných zahraničních informačních zdrojů je potřeba citovat zejména materiál Norského meteorologického institutu (Hov, 2013) - vycházející ze studií mezivládního panelu pro výzkum klimatické

změny (IPCC, 2007) spolupracujícího s EA SAC (European Academies Science Advisory Council), dále zprávy Evropské agentury pro životní prostředí (EEA, 2012), inspirující reporty neziskové globální organizace BSR (Finley, 2009) a například také report uskupení International Council on Mining and Metals (ICMM, 2013).

SEK (MPO, 2014a) staví na přirozených komparativních výhodách ČR, které jsou dány možnostmi využívání jednotlivých druhů energetických zdrojů v rámci omezeného přírodního potenciálu i ekonomickými charakteristikami státu (viz obrázek 77). Hlavním posláním SEK je přitom zajistit spolehlivou, bezpečnou a k životnímu prostředí šetrnou dodávku energie pro potřeby obyvatelstva a ekonomiky ČR, a to za konkurenceschopné a přijatelné ceny za standardních podmínek. Současně je jejím cílem zabezpečit nepřerušené dodávky energie v krizových situacích v rozsahu nezbytném pro fungování nejdůležitějších složek státu a přežití obyvatelstva. V neposlední řadě je cílem SEK také zajistit stabilní a předvídatelné podnikatelské prostředí, efektivní státní správu a dostatečnou a bezpečnou energetickou infrastrukturu.

SEK identifikuje pět strategických priorit, které mají přispět k plnění vrcholových cílů. Mezi tyto priority patří: vyvážený mix primárních energetických zdrojů i zdrojů výroby elektřiny založený na jejich širokém portfoliu, efektivním využití všech dostupných tuzemských energetických zdrojů, udržení přebytkové výkonové bilance ES s dostatkem rezerv a udržování dostupných strategických rezerv tuzemských forem energie; zvyšování energetické účinnosti národního hospodářství; rozvoj síťové infrastruktury ČR v kontextu zemí střední Evropy, posílení mezinárodní spolupráce a integrace trhů s elektřinou a plynem v regionu EU; zvýšení energetické bezpečnosti a odolnosti ČR a posílení schopnosti zajistit nezbytné dodávky energií v případech kumulace poruch, vícenásobných útoků proti kritické infrastruktuře a v případech déle trvajících krizí v zásobování palivy.

ČR učinila v posledních desetiletích výrazný pokrok v oblasti zmenšování dopadů energetiky a průmyslové výroby na životní prostředí, ve srovnání se stavem před rokem 1989. Je však třeba mít na paměti, že pro životní prostředí ČR a zdraví obyvatel nejsou dle SEK klíčovým ukazatelem emise CO_2 . Snižování emisí CO_2 je zejména politickým závazkem EU a návazně ČR a neovlivňuje přímo zdraví obyvatel ČR. Tímto kritickým faktorem jsou dle SEK naopak lokální emise polévatého prachu (PM_{10}), které absorbují škodlivé chemické látky a v koncentrované podobě se dostávají do organismu. Vedle nich především emise SO_2 a NO_x . Tyto emise zatěžují zdraví obyvatel rozhodující měrou a jsou vyvolány zejména (lokálním) neefektivním spalováním tuhých paliv, včetně části biomasy, a dopravou.“

Spotřeba primárních energetických zdrojů je v České republice z téměř 50 % pokryta domácími zdroji. Ukazatel dovozní energetické závislosti ČR (včetně zahrnutí jaderného paliva) dosahuje tedy okolo 50 % a patří tak k nejnižším v celé EU. Česká republika je dosud i díky fosilním palivům a jaderným elektrárnám plně soběstačná ve výrobě elektřiny a tepla, což z hlediska aktuální - relativně nestabilní celosvětové politické situace, do jisté míry chrání obyvatele ČR před krizovými situacemi v sektoru energetiky.

V důsledku podpory obnovitelných zdrojů energie v uplynulých letech se zvýšil podíl jiných obnovitelných zdrojů než vodních elektráren, ale zatím i při vysokých dotacích nedokázal nahradit významnější část fosilních zdrojů. Podíl výroby tepla z domácích paliv dosahuje okolo 60 % a v soustavách zásobování teplem více než 80 %. V ČR je dobře zavedená kombinovaná výroba elektřiny a tepla, přičemž ve velkých a středních zdrojích činí podíl kogenerace necelých 70 % z celkové hrubé výroby tepla. Podíl kogenerační výroby tepla na celkové výrobě tepla (včetně decentralizovaných zdrojů bez domácností) však činí necelou polovinu (předností kogenerační výroby je vysoký stupeň využití energie paliva). V kogeneraci je zároveň vyráběno 12-13 % hrubé výroby elektřiny. Prioritou dalšího vývoje dle MPO (SEK) je efektivnější využití vyrobeného tepla i elektřiny. Teplárny s kogenerační výrobou, vedle vytopen malého výkonu, také představují neefektivnější využití biomasy a současně se tím z hlediska technicko-ekonomického řeší přijatelná úroveň koncentrace emisních škodlivin.

Rozvinutá rozvodná síť, zajišťuje bezpečné dodávky elektřiny s vysokou spolehlivostí zásobování. Rozhodující část zdrojů a sítí je ovšem 35 a více let stará a vyžaduje rozsáhlou obnovu a modernizaci. Tato obnova bude muset být dle MPO (SEK) provedena v následujících 10-15 letech. Značné finanční a věcné nároky bude vyžadovat adaptace sítí zejména na úrovni nízkého napětí umožňující další rozvoj malých výrobních zdrojů elektřiny.

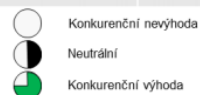
Uhlí je v ČR využíváno též pro individuální vytápění. Rozhodující část výrobních zdrojů v oblasti tepla a elektřiny z uhlí se blíží hranici ekonomické a fyzické životnosti. I přes některé ekologické aspekty využití uhlí není tato domácí surovina v horizontu SEK v plné míře nahraditelná, a to z bezpečnostního i ekonomického hlediska. Zejména proto musí být dalším cílem energetické politiky zajištění moderní vysoce účinné technologie jejího využívání. Spotřeba hnědého a černého uhlí by měla v horizontu do roku 2040, se snižující se dostupností, postupně klesat. Snižování podílu uhlí na výrobě elektřiny a tepla v ČR by v dlouhodobém horizontu mělo být plynulé a mělo by být provedeno takovým způsobem, aby se zbývající uhelné zásoby využívaly co nejefektivnějším a nejekologičtějším způsobem. Prioritně ve zdrojích s co nejvyšší účinností, a to jak v kogenerační, tak i kondenzační výrobě. Neefektivní spalování uhlí s extrémně nízkou účinností není žádoucí, a proto je cílem tuto činnost znevýhodnit. Zároveň bude vhodné dále podporovat dotace do efektivního spalování v objektech pro bydlení (dle vzoru dosavadních „kotlíkových dotací“ MŽP, apod.).

Pokles podílu tuzemských zdrojů energie na spotřebě primárních energetických zdrojů povede nezbytně k rozvoji nízkouhlíkových zdrojů základního i špičkového zatížení a také k mírnému nezbytnému růstu dovozu energetických surovin. Cílem SEK je dlouhodobé udržení výše dovozní energetické závislosti ČR nepřesahující 65 % do roku 2030 a 70 % do roku 2040.

Spotřeba ropy se s výjimkou využití v dopravě nezvyšuje (významné však je i její využití v chemickém průmyslu). Spotřeba ropy pro výrobu tepla (topné oleje) v ČR činí jen cca 2 %. (Naproti tomu v některých zemích západní Evropy byly v minulých letech pro otop domů využívány topné oleje až ve výši 50 %). Vzhledem ke zpřísnění emisních limitů nelze očekávat stimul na další zvyšování spotřeby ropy. V sektoru dopravy nicméně bude ropa ještě řadu let dominovat, a proto je třeba zajistit dostatečné a diverzifikované cesty pro její dovoz. Stát může po liberalizaci trhu prostřednictvím legislativy ovlivňovat pouze některé oblasti ropného hospodářství ČR (například výši a strukturu nouzových zásob ropy a ropných produktů). Ve strategickém zájmu ČR udržet určitou minimální úroveň zpracování ropy v ČR trvale.

Obrázek 77 Konkurenční výhody českého energetického sektoru

Technologie	Konkurenční pozice	Výhoda
Plyn	Dokud jsou kontrakty vyjednávány bilaterálně, slabší vyjednávací pozice než Německo či Polsko	
Černé uhlí	Dlouhá přepravní trasa od mořských přístavů, lokální černé uhlí není konkurenceschopné	
Hnědé uhlí	Máme doly, ale zásoby budou postupně vyčerpány, ani uhlí za limity není dostatek pro pokrytí celé potřeby ČR	
Solární energie	Sluneční podmínky srovnatelné např. s Německem*, ale horší než v jižních zemích EU	
Větrná energie na pevnině	Větrné podmínky horší než v přímořských zemích (a průměrně čtyřikrát horší i než v sousedním Německu*)	
Větrná energie na moři	Nemáme moře	
Biomasa, odpady	Stejně podmínky jako ostatní státy, v odpadu se můžeme dále rozvíjet, biomasa má potenciál v zemědělství	
Jádro	Máme zkušenost s provozováním, vhodné lokality pro výstavbu i funkční legislativu (oproti např. Polsku), ale máme nižší množství jaderných elektráren než např. Francie či USA	



* expertní odhady % pokrytí dané země s porovnatelnými podmínkami z údajů ČHMÚ, JRC EK, ECMFW.

Zdroj: (MPO, 2014a)

Biomasa je jediným dodatečným a ve větším rozsahu dostupným systémovým obnovitelným zdrojem energie v ČR pro potřeby teplárenství. Ostatní formy obnovitelných zdrojů jsou z technických a jiných důvodů (sociálně-environmentálních) pro účely teplárenství omezené. Očekává se narůstající význam využití bioplynu především v zemědělství. Obecně je podpora biomasy prorůstové opatření z pohledu českých výrobců. Úspora produkce skleníkových plynů je u biomasy realizována s nejnižším nákladem na cenu uspořené tuny CO₂.

Do roku 2020 se Česká republika zavázala, že 13 % hrubé konečné spotřeby energie bude kryto z OZE (obnovitelných zdrojů energie) a MPO deklarovalo, že pro to udělá maximum možného.

Na rozdíl od již existujících vodních, slunečních i větrných elektráren, ve velké míře využívajících aktuální možnosti v podmínkách ČR, má poměrně nevyužitý potenciál pro náhradu uhlí v ČR energetické využívání účelově selektovaného komunálního odpadu. Jedná se o potenciální náhradu primárních energetických zdrojů (ve smyslu výroby elektrické energie a tepla) a zároveň se řeší i odstranění nevyužitých složek odpadu. Ve světě jsou k dispozici vyspělé technologie, vyhovující všem technickým i environmentálním požadavkům současnosti. Směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů stanoví pro členské státy požadavek na snížení množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu („BRKO“) ukládaného na skládky. Z celkové hmotnosti BRKO produkovaných v roce 1995 bylo třeba snížit množství, které je ukládáno na skládky do roku 2006 na 75 % (množství vyprodukovaného BRKO v roce 1995), do roku 2009 na 50 % a do roku 2016 na 35 % této hodnoty. Česká republika využila možnosti odložení těchto cílů o čtyři roky pro ty státy, které v roce 1995 ukládaly na skládky více než 80 % komunálních odpadů. V závazném právním předpisu definuje hierarchii nakládání s nimi, přičemž na první místo klade prevenci vzniku odpadů, poté jejich opětovné používání a recyklaci následovanou energetickým využitím. Plnění tohoto závazku se v ČR doposud nedaří zcela naplňovat a napomoci jeho splnění je i jedním z cílů SEK (MPO, 2014a).

Dnešní stav techniky i legislativy zaručuje vysokou účinnost transformace energie (např. při kombinované výrobě) a kontrolovanou velmi nízkou emisní koncentraci celé řady škodlivin. Obnovitelným zdrojům bude v příštích letech náležet stále větší role, ale podle řady zahraničních studií (např. IEA) a i v souladu s energetickými strategiemi významných členských zemí EU, se počítá s tím, že ještě minimálně dvě až tři desetiletí se bude jednat o doplňkový zdroj, který neřeší hlavní energetickou spotřebu, ale je vhodný pro malé a v některých případech střední odběratele. Je zapotřebí pohlížet na obnovitelné zdroje energie jako na rozptýlený, decentralizovaný zdroj, který snižuje závislost na dovozu a ve většině případů je šetrný k ŽP. (MPO, 2014a)

Na zasedání Evropské rady byla zdůrazněna potřeba zvýšení energetické účinnosti při výrobě a spotřebě energií v Evropské Unii, za účelem dosažení cíle uspořit 20 % spotřeby primární energie v EU do roku 2020. Z toho důvodu byla vydána nová směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti (dále jen směrnice), podle které, všechny země EU musí efektivněji využívat energii ve všech fázích energetického řetězce od jeho vzniku až jeho konečnou spotřebu. Toto opatření svým způsobem zároveň přispívá k procesu adaptace obyvatel i průmyslu na projevy probíhající klimatické změny.

Vnitrostátní orientační cíl České republiky je na základě současných analýz stanoven ve výši 47,78 PJ (13,27 TWh) nových úspor v konečné spotřebě energie do roku 2020. ČR si zvolila rovnoměrný náběh úspor do roku 2020, což znamená, že při rovnoměrném rozložení úspor mezi lety 2014 a 2020 a cíli 47,78 PJ nových úspor dosáhne celkových úctyhodných úspor 191,10 PJ a každý rok 6,83 PJ nových úspor.

Směrnice umožňuje snížení závazku úspor až o 25% výše původního cíle čtyřmi způsoby. ČR při tom využila možnosti stanovené ve směrnici v čl. 7 odst. 2 písm. a) a d), tj. pro výpočet závazku bylo použito daných procent (1 % v letech 2014 a 2015; 1,25 % v letech 2016 a 2017; 1,5 % v letech 2018, 2019 a 2020) a z jeho výše byly odečteny úspory energie dosažené díky programu Zelená úsporám a III. výzvy Programu Ekoenergie OPPI v objemu 6,85 PJ (kde byli podporováni zejména podnikatelé a firmy s cílem zvýšit účinnost při výrobě, přenosu a spotřebě energie včetně její úspory a dalšího využití obnovitelných zdrojů energie).

Ke zvyšování energetické účinnosti při využívání primárních zdrojů energie jako jedné z cest adaptace na projevy klimatické změny, přispěly svou měrou také tzv. „kotlíkové dotace“ (Společný program na podporu výměny kotlů; SFŽP). A to přesto, že hlavním cílem Společného programu na podporu výměny kotlů bylo, je a zřejmě nadále bude snížení znečištění ovzduší z malých spalovacích zdrojů do tepelného výkonu 50 kW, tzv. lokálních topenišť využívajících tuhá paliva. Předmětem dotace je výměna stávajících ručně plněných kotlů na tuhá paliva za nové účinné nízkoemisní tepelné zdroje. Tyto dotační příležitosti jsou v posledních letech hojně čerpány jak fyzickými i právníky osobami.

V rámci programů Zelená úsporám III. a Ekoenergie OPPI je zaveden systém monitorování, zpracovávání a zasílání zpráv a jejich výsledky byly pravidelně hodnoceny. Dosažené úspory jsou tedy díky jednotlivým opatřením měřené, vykazované a lze je ověřit. Vzhledem k zaměření programů na dlouhodobé úspory, lze konstatovat, že jejich dopad bude pokračovat i po roce 2020. Výsledkem využití těchto výjimek je celkové snížení cíle o 63,70 PJ, které splňuje požadavek směrnice, že využití těchto úlev nesmí vést ke snížení cíle o více než 25 %. (MPO, 2014b).

4.8.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

Z pohledu prioritní oblasti lze souhlasit se scénáři a dopady klimatické změny uvedenými v české Adaptační strategii a s vývojem predikovaným na 3 třicetiletky do roku cca 2100 uvedenými ve studii (Pretel, 2011). Je podstatné zmínit, že Pretel a jeho kolektiv se ve studii zaměřili na dlouhodobý vývoj a změnu klimatu na území ČR. De facto se nezabývá a ani příliš nenaznačuje krátkodobé extrémní projevy počasí, které dlouhodobou změnu klimatu v současnosti provázejí a v budoucnu ji s vysokou pravděpodobností budou provázet také (Hov, 2013; EEA, 2012). Adaptační strategie i SEK s dopady extrémů již do jisté míry pracuje.

Je možno říci, že extrémní projevy počasí jsou pro průmysl i obyvatelstvo do jisté míry přesvědčivým indikátorem probíhající změny klimatu. Než aby si průmysloví provozovatelé intenzivně všímali plíživého nárůstu teploty, v průměru nižších srážek apod., spíše reagují na čtenější výskyty extrémních projevů počasí, které lze pozorovat v posledním desetiletí až dvacetiletí, což je poměrně krátká doba, odpovídající také míře reálné lidské paměti (v oboru bezpečnosti se traduje, že cca 20 let je perioda, po které se opakovaně stávají stejné nehody a havárie a také doba, za kterou má lidský jedinec i odborník tendenci zapomínat). Extrémů si průmysl i obyvatelstvo všímá podstatně více - vzhledem k jejich akutním, často dramatickým následkům a poměrně dobře vyčíslitelným škodám.

Jak uvádí zdroj (EEA, 2012) a EASAC (Hov, 2013), tyto extrémní jevy jsou výrazným hnacím prvkem, který vlády a obyvatelstvo tlačí k adaptaci a zmírňování obou typů projevů klimatické změny (v materiálu EASAC je přímo uvedeno, že negativní dopady antropogenní činnosti se díky pomalé reakci politiků nedaří dlouhodobě včas eliminovat či dostatečně mírnit - proto de facto nezbyvá jiná strategie, než se pokusit přizpůsobit). Sekundární projevy klimatické změny rovněž při svých následcích způsobují v minulosti, současnosti i budoucnosti měřitelné škody, které vyhodnocují vlády zemí EU i pojišťovny (např. Munich Re, Swiss Re a řada dalších). Je proto třeba v Adaptační strategii brát v úvahu také rostoucí výskyt událostí typu „NATECH“ (natural disasters triggering technological hazards).

K působení krátkodobé paměti přispívá i teorie tzv. „černých labutí“, popsaná Talebem (Taleb, 2007), pojednávající o následcích vysoce nepravděpodobných a nepredikovaných událostí (také pohrom, katastrof, přírodních extrémů), na které má člověk instinktivně tendenci nemyslet a nepředpovídat je, neboť se podle něj nemohou stát, ani se o nich ve společnosti nemluví. Přičemž tyto nepravděpodobné události v historii téměř vždy nebyly předpovězeny a přesto byly a jsou hybnou silou dalšího pokroku, včetně procesu adaptace a zvyšování resilience, včetně zlepšování procesu governance rizik. V následujícím doplnění dopadů predikovaných scénářů se snažíme uvažovat i tyto „černé labutě“.

V podmínkách ČR, která je charakteristická mírným podnebným pásmem, geomorfologií, hustotou osídlení atd. budou mít projevy klimatické změny dle Pretela méně dramatický průběh, než v mnoha dalších zemích světa. Půjde zřejmě o pomalé dlouhodobé změny, u kterých si nejsme jisti výsledkem v horizontu dalších 50 až 100 let. Rovněž aktuálně probíhající klimatickou změnu (již několik desetiletí) je schopen náš lidský organismus jen stěží zaznamenat – ke změně či utužení postoje ohledně klimatu potřebujeme dlouhodobá měření, statistiky a modely meteorologů, klimatologů, hydrologů atd. Výhledově bude na území zřejmě ČR stále lépe než v například v jižních zemích Evropy.

4.8.2.1 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu na český průmysl a energetiku

Tabulka 48 Rizika změny klimatu na český průmysl a energetiku

Dopady na podniky (riziko)	Příležitosti (potenciál adaptací)
Hypotéza: Častější extrémní počasí (v kontextu celé EU také možný dopad zvýšení hladiny moře), spolu s vyvíjející se poptávkou spotřebitelů, významně ovlivní přístup k dodávkám energie a paliv.	
Změny v krajině, včetně vzestupu hladiny moře a tání ledu a permafrostu v cizině, má dopad na přístup a udržitelnost zásob fosilních paliv u nás v ČR.	Orientovat se i nadále na obnovitelné zdroje energie Podporovat další programy výzkumu nových výrobních technologií. Využití sluneční energie – podpora decentralizace zdrojů elektrické energie, podpora malovýrobců, atd.
(Pokračující) trend nedostatku zdrojů, primárně fosilních paliv, vzhledem k variabilitě počasí, zvýší náklady na průzkum a těžbu.	Sledovat tzv. „market coupling“, tj. propojení energetických trhů zemí EU. Testovat adaptační technologie (např. HEAT SAVER).
S proměnlivou dostupností zdrojů se mění přístup k fosilním palivům a vodě, čímž stoupají velkoobchodní ceny energií.	V červenci 2015 plánovala Evropská Komise sdělení k novému nastavení společného evropského energetického trhu, kvůli stabilizaci cen.
Hypotéza: Teplotní extrémy a špatné počasí, zároveň s měnícím se energetickým mixem, povedou spotřebitele, poskytovatele služeb a energetické společnosti k hledání nových řešení a východisek reagujících na měnící se klima.	
Změny teploty ovlivní provoz zařízení, chladicí procesy a způsobí nedostatek času (dnů) pro vrtání studní (zdrojů vody), což vede ke zvýšení nákladů na úpravy zařízení, nový management (priority) či přemístění (areálů firem).	Adaptovat podnik např. kogeneračním řešením (KVET). Týká se provozovatelů objektových a blokových kotlen, vytopen a tepláren, závodní energetiky a subjektů podnikajících v oboru energetiky. Jde o podporu výroby elektřiny, tepla a biometanu z obnovitelných zdrojů energie (OZE), dále o vysokoúčinnou kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, druhotných energetických zdrojů (DZ) a decentrální výrobu elektřiny.
Více rozkolísané a extrémní klima bude mít za následek popadané stromy na el. síti. Zejména geografická změna výskytu horkých a chladných dnů bude mít za následek snížení spolehlivosti sítě a zvýšení výpadků proudu.	Se zvýšením elektrizace vozidel (Green vehicles, H2020-GV-2015) poroste i poptávka po elektrické energii mimo (denní, týdenní) špičku. Podpora pan-evropského posílení infrastruktury
Nepředvídatelné počasí a teplotní změny mohou vést k větším výkyvům v poptávce spotřebitelů po energii.	Zvýšené povědomí spotřebitelů o využívání a hospodaření s energií povede ke zvýšení poptávky po výrobcích a službách, včetně energetických přehodnocení (auditů) domácností a sledování energetických systémů (energy tracking systems)
Hypotéza: S rostoucí (globální) teplotou se změní úroveň hladin sladkovodní i mořské vody, ovlivňující tak významně provoz průmyslu, mimo jiné i energetického.	
Slabé zásobování vodou bude omezovat provoz chlazení, což vede k poruchám a přetěžování strojů, ke znehodnocování a nekvalitě výrobků (ztráty, odpisy) a k výpadkům elektřiny.	Podpořit výzkum, stavbu a/nebo údržbu evropské a zejména české infrastruktury pro zásobování vodou (nad / v zemi). Vybudování odsolovacích zařízení při pobřeží, případné využití ropovodů v budoucnu (když dojde ropa), které tak najdou nový smysl. Adaptace firem díky stavbě multifunkčních vodních zásobníků.
Drastické změny v zásobování vodou by mohly mít za následek dočasné nebo trvalé uzavření vodních elektráren v důsledku sucha nebo nadměrných záplav.	Vodní elektrárny mohou být doplněny nebo nahrazeny jinými technologiemi OZE díky stále příznivým podmínkám zásobování vodou, zejména v určitých vhodných zeměpisných oblastech.
Zvýšená konkurence (v požadavcích) zásobování vodou mezi sektory a komunitami povede k vyšším nákladům, snížení dostupnosti vody a regulaci povolených odběrů vody.	Podpora lokální soběstačnosti kritických oblastí včetně podniků, nejde-li migrovat (generátory, solární kolektory, studny a vrtý (i 50 až 100 metrů) s větrným čerpadlem nebo větrníkem). Tepelná čerpadla v záloze pro případ dostatečného zásobování elektrickou energií.
Hypotéza: Očekávání politiky v oblasti změny klimatu a „dekarbonizace“ a na druhé straně investor, pochybující o schopnosti podniku účinně reagovat - to vše klade značný tlak	

Dopady na podniky (riziko)	Příležitosti (potenciál adaptací)
<i>na výrobní podnik a jeho schopnosti prokázat, zda či jak si stojí v nízkouhlíkovém ekologickém hospodaření.</i>	
Investoři vyhledávají podniky s méně riziky fosilních paliv a s větší perspektivou i možnostmi pro obnovitelné zdroje energie a rozvoj „zelených“ technologií.	Politické pobídky byly navrženy tak, aby odměnily nástroje (snahy) pro dosažení energetické účinnosti, které lze dosáhnout prostřednictvím zapojení spotřebitele, stejně jako nové nabídky adaptivních produktů a služeb (např. zelená energie).
Zvýšení veřejné kontroly zahrnující využití energie a vody (např. ve firmách) může vést ke snížení (přísunu) investic a poškození pověsti společnosti (podniku).	Řešením je zapojit se do procesu tvorby adaptací a rozvíjet sebekontrolu podniku. Sdílet a popisovat snahy ve výročních zprávách.
Společnosti (podniky) čelí proměnlivé a nejisté politické situaci či politice ochrany klimatu a krajiny, zejména na globální úrovni, což vede ke zvýšení rizik v případě nečinnosti managementu podniku.	S vědomím těchto konkrétních rizik (nejen pro podnikovou sféru) pracuje projekt BINGO, jehož výstupem budou přesnější predikce klimatu pro kritické oblasti a také konkrétní návrhy vhodných řešení pro podniky, které se na řešení také spolupodílejí. České podniky se zatím dle databáze EK moc neúčastní.
Hypotéza: <i>Nepříznivé (extrémní) povětrnostní podmínky mohou vést ke zvýšení zdravotních a bezpečnostních rizik, společně s bezpečností na pracovišti, včetně přístupnosti na něj.</i>	
Roste četnost nepředvídatelných extrémních povětrnostních jevů, což pracovní síle zhoršuje dostupnost na pracoviště, dochází ke zpomalení nebo stagnaci výroby a to má za následek nejistou pracovní dobu pro zaměstnance. Včetně vyšší četnosti smrtelných pracovních úrazů, větších nákladů na odškodnění rodin zaměstnanců, rostoucí náklady na pojištění těchto rizik.	Připravit pro tyto mimořádné případy nouze záložní plány kolektivní dopravy zaměstnanců na pracoviště. Připravit a realizovat nebo revidovat a adaptovat specializovaná školení BOZP pro práci za ztížených až extrémních povětrnostních podmínek, včetně doporučení ve směrnících podniku, od jakých limitů teplot, rychlostí větru, viditelnosti apod., zastavit výkon práce, aby nedocházelo ke zbytečným úmrtím.
Změna je také aspektem, který způsobuje migraci. Zaměstnancům nezbývá než opustit svá stávající sídla, což způsobuje posun v dostupnosti pracovních sil (jejich nedostatek), včetně nárůstu klimatických uprchlíků (zřejmě do jiných geografických oblastí, tedy i států).	Viz všechna předchozí řešení a mnohá další v databázích EK EU. Umožnit životu schopné až příjemné podmínky zaměstnancům v rizikových lokalitách, extrémních provozech, apod.
Hypotéza: <i>Projevy změny klimatu mohou mít následující možné dopady na průběh těžebního cyklu na povrchových a v hlubinných dolech</i>	
- Rizika pro strukturální integritu povrchových nádrží v místních podmínkách před povodněmi, sedáním, sesuvy půdy a erozi půdy. - Zdravotní a bezpečnostní rizika ze zvýšeného rizika povodní a požárů. - Provozní činnost: snížená účinnost, vzrůst prostojů a vyšší provozní náklady v důsledku vyšších teplot, zvýšená intenzita extrémních povětrnostních jevů a snížená kvalita vody a dostupnosti, zejména v oblastech, kde jsou již vodní zdroje pod napětím. - Snížený výkon nebo nedostatečná kapacita pro úpravu vody, vody a odpadních nádrží v důsledku změn v složitějších hydrologických podmínkách. - Stavební činnost při uzavírání dolů a po jejich uzavření: nutnost posouzení vlivů na životní prostředí již v průběhu těžby, nejlépe při zřizování dolu. Dlouhodobé uzavření a rekultivační plány by měly odrážet očekávanou změnu klimatu po celou dobu životnosti dolu a jeho související infrastruktury. - Vstupy do důlních a hutních provozů: Voda: snížená dostupnost kritických vstupů citlivých na změnu podnebí, jako je voda a energie, zejména v regionech namáhaných nedostatkem/přebytkem vody. Energie: nižší spolehlivost při výrobě a přenosu energie v důsledku narušení extrémními klimatickými jevy; nedostatek vody pro chlazení nebo generátory	Těžební průmysl by měl přijmout proaktivní přístup k přizpůsobení se změně klimatu z následujících důvodů: • Dodávka kritických vstupů a postupů těžby, jako je voda a energie, je pravděpodobné, že se potýkají s většími omezení. • Zdraví a bezpečnost zaměstnanců budou ohroženy zvýšením přenosných nemocí, vystavení nemocí způsobených teplem a pravděpodobností nehod souvisejících s rostoucími teplotami. • Získání a udržení společenského povolení k provozování bude stále těžší v

Dopady na podniky (riziko)	Příležitosti (potenciál adaptací)
elektriny poháněné vodou, zvýšení poptávky po elektrické energii při extrémních tepelných událostech. Lidé: vyšší absence, nemocnost a snížená výkonnost zaměstnanců kvůli zvýšenému riziku tepelného stresu, chronických nemocí, zdraví a sociálních dopadů sucha a dalších ekosystémových změn. - Dodavatelské řetězce: Poškození dopravní infrastruktury v důsledku extrémních projevů počasí (např. záplavy, tropické cyklóny, sucha, sesuvy půdy). Snížená spolehlivost z narušení nebo zpoždění na dopravních cestách kvůli sezónním změnám a extrémním událostem. Zvýšené riziko poškození uskladněné rudy / kovu v důsledku přerušení dodavatelského řetězce. Změny v období, během kterých jsou odlehlá místa přístupná pozemními dopravními režimy (platí zejména pro exportéry z ČR do zahraničí a importéry ze zahraničí). - Trhy: Změny v poptávce po kovech a minerálech, aby splňovaly požadavky na technologie ke zmírnění či přizpůsobení se změně klimatu. Příležitost vydělávat na klimatické změně (vyšší poptávka po nových či existujících technologiích dosud v ČR příliš nevyužívaných – klimatizace apod.), nebo rizicích ze ztráty, konkurenční výhody či vznik konkurenčních nevýhod. - Vstupy do těžebních a hutnických procesů: Voda: Těžba a hutnické postupy jsou vysoce citlivé na klima. Voda je rozhodující pro těžbu a hutnické činnosti (například pro chlazení, drcení, mletí, frézování rud, dopravu a skladování hlušiny), a jakýkoliv dopad změny klimatu v souvislosti s kvalitou a dostupností vodních zdrojů. To bude mít dopad na efektivitu a náklady. V oblastech, kde jsou vodní zdroje v současné době namáhány, bude jakékoliv další snížení pravděpodobně představovat riziko pro výrobu.	komunitách, ve kterých změna klimatu zhoršuje již existující zranitelnosti a zvýšení přímé konkurence mezi společnostmi a společenství pro zdroje.

Zdroj: (Podle Finley, 2009)

4.8.3 Stanovení indikátorů

V souvislosti s návrhem indikátorů, které by v současnosti i do budoucna byly dlouhodobě schopny vypovídat o tom, zda finanční prostředky, investované nadále do adaptačních opatření vůči změně klimatu, je potřeba zmínit aktuální intenzivní činnost na úrovni OSN a UNISDR, kde se pracuje na návrhu a definování globálních indikátorů katastrof.

Adaptovat a zvyšovat resistenci a resilienci vůči projevům klimatické změny je a bude potřeba nejen technologie v oblasti průmyslu a energetiky, ale také v ostatních sektorech služeb.

V souvislosti s indikátory je vhodné upozornit na rozdíl, který aktuálně panuje mezi pojetím kritické infrastruktury v ČR a na globální úrovni. Prvky kritické infrastruktury nezbytné k zajištění a udržení funkce státu, jsou v ČR především objekty energetiky a průmyslu. Na globální úrovni jsou jako prvky kritické infrastruktury v první řadě vnímány nemocnice, školy, objekty dalších služeb (banky, IT služby) a až asi na 5. místě jsou řazeny technické objekty (v ČR vnímané na 1. místě).

4.8.3.1 Indikátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Průměrné roční teploty
- Průměrné letní teploty
- Průměrné zimní teploty
- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Délka období sucha
- Počet dnů se srážkami nad 20 mm

4.8.3.2 Indikátory dopadové

Vhodnými indikátory by pro prioritní oblast v souladu s návrhem indikátorů pro Rámec snižování katastrof ze Sendai (2015) mohly být:

- a) Přímé ekonomické ztráty na průmyslových zařízeních poškozených nebo zničených v důsledku mimořádných událostí (zejména katastrof přírodního původu jakožto projevů klimatické změny, extrémních hydro-meteorologických jevů) / dané období.
- b) Poškození kritické infrastruktury v důsledku mimořádných událostí / dané období (například za rok). Prvky kritické infrastruktury v ČR jsou dány seznamem MV.
- c) Počet časově závislých služeb, narušených vlivem mimořádných událostí. (*Mezi sledované sektory patří zdravotnické služby, vzdělávací služby, odvětví dopravy, informačních a komunikačních technologií, dodávky vody, kanalizace, skládky a zařízení nakládající s pevným odpadem, napájecí / energetický systém a systém včasné odezvy na mimořádné události.*). Alternativní indikátor: počet člověko-dnů bez konkrétní služby / (čas – dny, týdny měsíce).

Nezávisle na Akčním rámci ze Sendai 2015 by mohly být navrženy následující indikátory:

- Počet pojistných událostí (dle možností včetně vyčíslení škod v Kč, -), vzniklých a nahlášených provozovateli v oblasti energetiky a průmyslu, v důsledku katastrof přírodního původu, indukovaných či vzniklých jako projevy klimatické změny. (Dle dat od pojišťoven a zajišťoven, pokud je po dohodě bude možno získat pro státní správu).

Vzhledem k aktuálně obtížnějšímu vyčíslování výše navržených indikátorů jsou navrženy více specifické indikátory založené na dostupných datech:

1) **Počet zásahů složek integrovaného záchranného systému při mimořádných událostech způsobených přírodními vlivy**

(zdroj: statistická ročenka HZS ČR – definice „Živelní pohroma, vliv počasí – zásah JPO z důvodu mimořádné události následkem škodlivě působících sil a jevů vyvolaných plošně nebo lokálně přírodními vlivy, které ohrožují životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí – povodně, záplavy, deště, sníh, námraza, větrné smrště, sesuvy půdy, zemětřesení apod., při nichž JPO provádějí záchranné a likvidační práce.“).

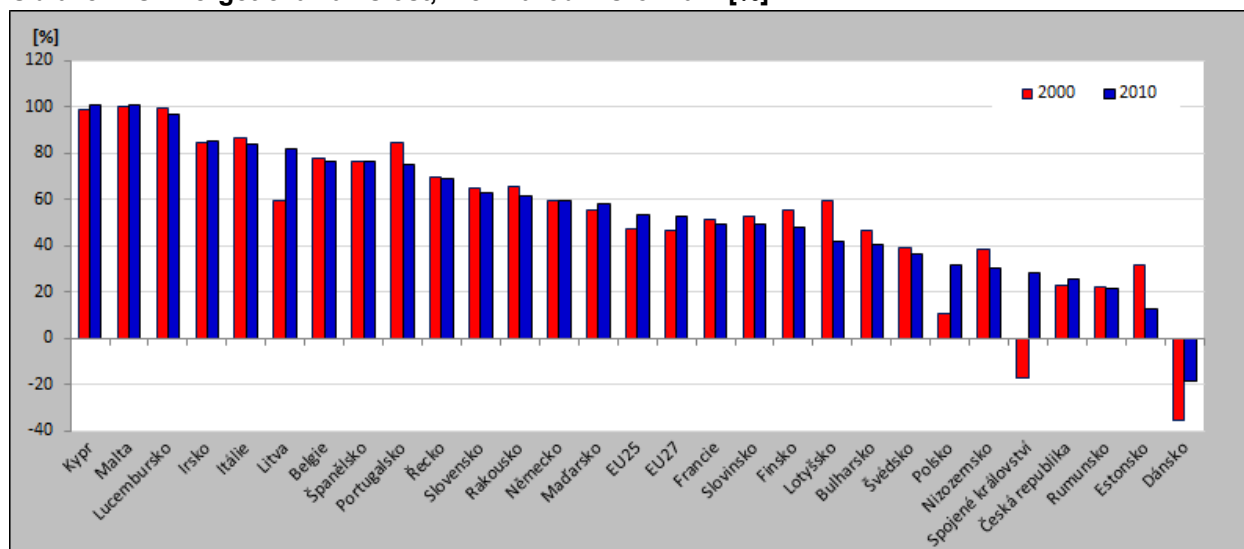
2) **Počet vyhlášených krizových stavů vyhlášených následkem mimořádné události nebo situace spojené s dopady klimatické změny**

14 případů za posledních cca 10 let (MVČR GR HZS, 2015b).

3) **Dovozní energetická závislost v porovnání s ostatními státy [%] (indikátor energetické bezpečnosti) (<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>; Eurostat)**

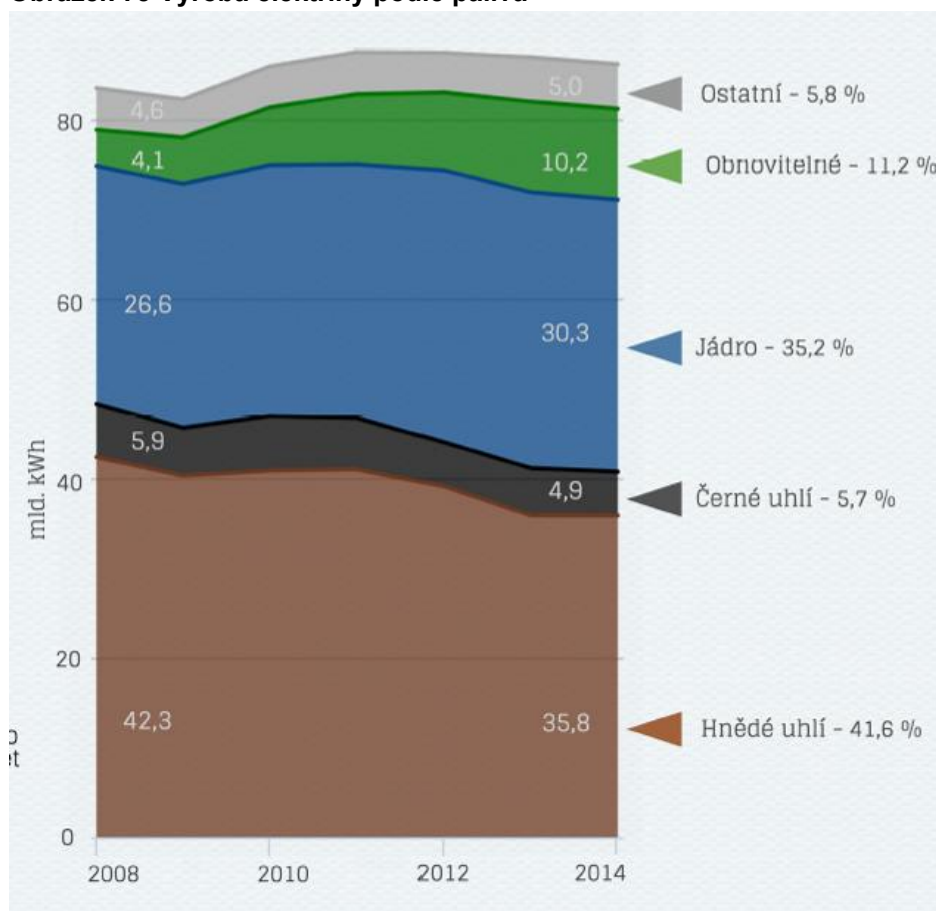
Tento indikátor je svázán se SEK. Data k němu sleduje a následně vyhodnocuje Eurostat a MPO. Z grafu (obrázek 79) - za období 2008 - 2014 je vidět jednak výrazná změna v podílu el. energie vyrobené z obnovitelných zdrojů a zároveň postupný trend snižování výroby energie ze spalování fosilních paliv. Podíváme-li se na data od Eurostatu, pak vidíme, že export el. energie mezi roky 2000 a 2010 narostl v řádu procent (z cca 22 % na 24 %) (viz obrázek 78). Tj. energetická bezpečnost ČR byla ze 100 % zajištěna a v roce 2014 dle dat MPO ČR ještě 20 % vyvezla. S postupnou implementací SEK včetně zvyšování energetické účinnosti při výrobě energie lze předpokládat postupné rozvíření nůžek mezi vlastní výrobou energií na území ČR a importem ze zahraničí. Pokud bychom již letos zcela vyřadili fosilní zdroje energie, pak bychom zřejmě do ČR museli obratem zajistit dovoz více než 50 % energie ze zahraničí, na což v tuto chvíli pravděpodobně není ještě přenosová infrastruktura připravena. Potěšitelné je sledovat postupnou (pomalou) náhradu fosilních paliv za alternativní zdroje (obrázek 80).

Obrázek 78 Energetická závislost, mezinárodní srovnání [%]



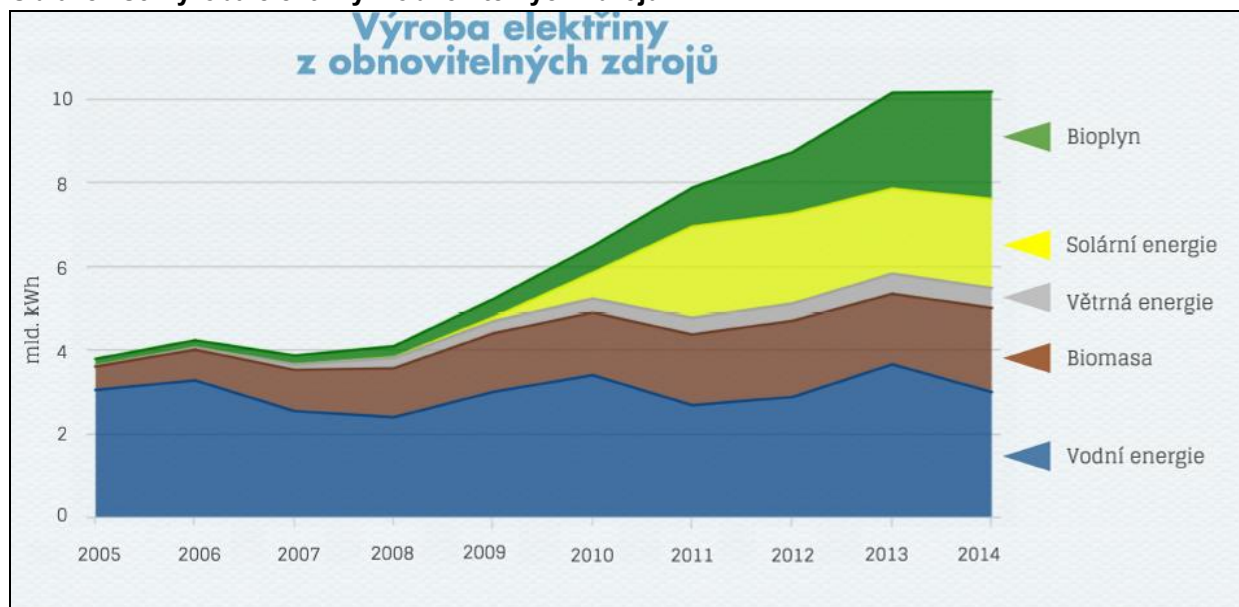
Zdroj: Eurostat (<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>)

Obrázek 79 Výroba elektřiny podle paliva



Zdroj: (MPO, 2014c)

Obrázek 80 Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů



Zdroj: (MPO, 2014c)

4.8.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.8.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti pomocí indikátorů

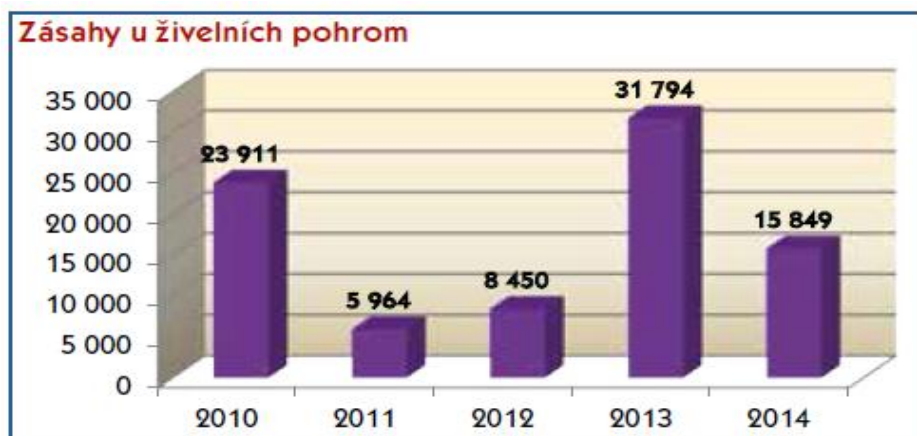
Od r. 2010 platí změna v evidenci živelních pohrom s průmětem do pravidelně vydávané Statistické ročenky MVČR GR HZS. Mimořádné události vzniklé následkem škodlivě působících přírodních sil a jevů (včetně počasí), které ohrožují životy, zdraví, majetek či životní prostředí a při nichž JPO provádějí záchranné a likvidační práce, jsou evidovány podle převažující činnosti při zásahu a jsou opatřeny specifickým příznakem, který umožňuje sledovat příčinu mimořádné události (viz tabulka 49 a obrázek 81). Bohužel i po zmíněné změně nelze z dostupných dat indikovat, které ze statisticky sledovaných mimořádných událostí byly způsobeny přímo extrémními meteorologickými jevy, navíc s vyšší četností a intenzitou v důsledku klimatické změny. Určitým řešením této neurčitosti by mohlo být přidání příznaků ke sledované a vyhodnocované databázi živelných pohrom v rámci MV.

Tabulka 49 Zásahy u živelních pohrom (počet/rok)

Druh události	2010	2011	2012	2013	2014
Požáry	8	37	125	102	137
Dopravní nehody	404	82	397	641	406
Úniky nebezpečných chemických látek	23	1	5	44	9
Technické havárie a ostatní	23476	5844	7923	31007	15297
Celkem	23911	5964	8450	31794	15849

Zdroj: (MVČR GR HZS, 2015b)

Obrázek 81 Graf zásahů u živelních pohrom



Zdroj: (MVČR GR HZS, 2015b)

Přesnějším ukazatelem je stručná databáze skutečně v posledních letech vyhlášených krizových stavů, která je pro vyhodnocení zranitelnosti pomocí indikátorů navržena rovněž v POZ 10 (MVČR GR HZS, 2015c) – viz tabulka 50.

Tabulka 50 Vyhlášené krizové stavy od roku 2002 po současnost

Rok	Krizový stav	Důvod vyhlášení	Kraj, pro jehož území byl vyhlášen KS
2002	Stav nebezpečí	Povodně	JMK, VYS, USK
2002	Nouzový stav	Povodně	HMP, SCK, JCK, PLK, KVK, USK
2004	Stav nebezpečí	Sesuv skalního masivu	JMK
2004	Stav nebezpečí	Odstraňování následků živelní pohromy	OLK
2005	Stav nebezpečí	Porucha vodního díla	VYS
2006	Stav nebezpečí	Povodně	ZLN, JMK, USK, OLK, PCK, JCK, SCK, PLK,
2006	Nouzový stav	Povodně	JCK, SCK, ZLK, JMK, OLK, USK, PCK
2006	Stav nebezpečí	Sesuv skalního masivu	PCK
2006	Stav nebezpečí	Nebezpečné látky	KHK

Rok	Krizový stav	Důvod vyhlášení	Kraj, pro jehož území byl vyhlášen KS
2007	Nouzový stav	Orkán Kyrill	JCK, PLK, KVK, VYS, LIK, KHK, MSK, SCK
2009	Stav nebezpečí	Povodně	JCK, MSK, OLK, USK
2010	Stav nebezpečí	Povodně	OLK, ZLN, MSK, JMK, USK, LBK
2013	Stav nebezpečí	Povodně	HMP, JCK
2013	Nouzový stav	Povodně	JCK, PLK, SCK, LIK, KHK, USK, HMP

Zdroj: (MVČR GŘ HZS, 2015c)

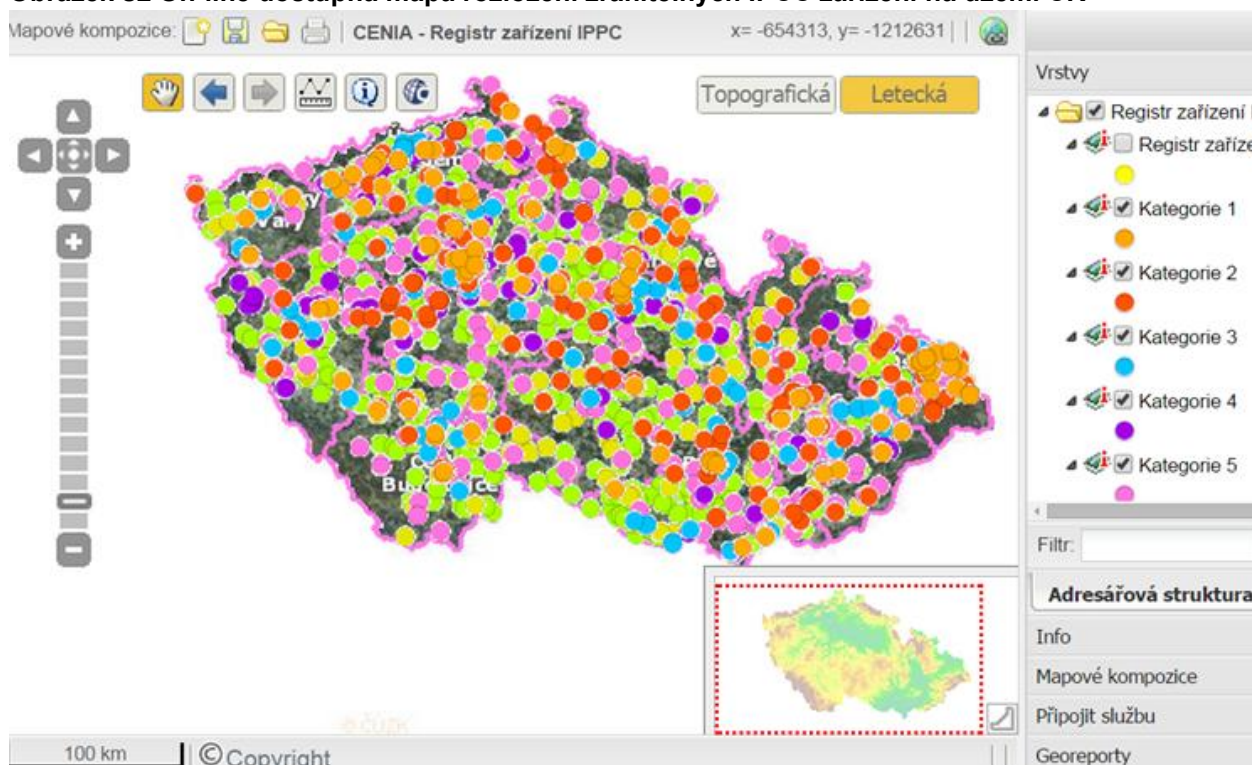
HMP - Hl. m. Praha, JCK - Jihočeský kraj, JMK - Jihomoravský kraj, KHK - Královéhradecký kraj, KVK - Karlovarský kraj, LBK - Liberecký kraj, MSK - Moravskoslezský kraj, OLK - Olomoucký kraj, PCK - Pardubický kraj, PLK - Plzeňský kraj, SCK - Středočeský kraj, USK - Ústecký kraj, VYS - kraj Vysočina, ZLN - Zlínský kraj.

4.8.4.2 Předpokládaný časový trend indikátoru a identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

Na základě předcházejících podkapitol, s ohledem na geografickou polohu a rozlohu ČR, a také na základě různých se predikcí četnosti a intenzity extrémních meteorologických jevů (viz kapitola 4.10.2), je předpokládán setrvalý až mírně rostoucí trend navržených indikátorů do roku 2100, tedy jak větší počet zásahů jednotek HZS ČR, tak vyšší počet skutečně vyhlášených krizových stavů hejtmany v jednotlivých krajích republiky, které ohrozí energetiku, průmysl a kritickou infrastrukturu.

Ohrožené (zranitelné prvky) jsou ve všech krajích ČR. Jedná se jak o průmyslové (tzv. SEVESO) zařízení nakládající v nadlimitních množstvích s nebezpečnými chemickými látkami (v počtu cca 230 provozovaných zařízení v ČR; rozložení podniků je v rámci intranetu dostupné například v rámci digitální a tištěné přílohy Krizového plánu MŽP – Databáze zdrojů rizik, v. 2014, vedené v režimu „Zvláštních skutečností dle Krizového zákona“, tak o tzv. IPPC podniky (podniky zařazené do systému Integrované prevence a omezování znečištění, jejichž celkový odhadovaný počet je v ČR 1000–2000 – viz obrázek 82). V neposlední řadě je potřeba zdůraznit velmi obávané ohrožení tzv. zranitelné rozvodné sítě pro rozvod elektrické energie - schéma viz obrázek 83).

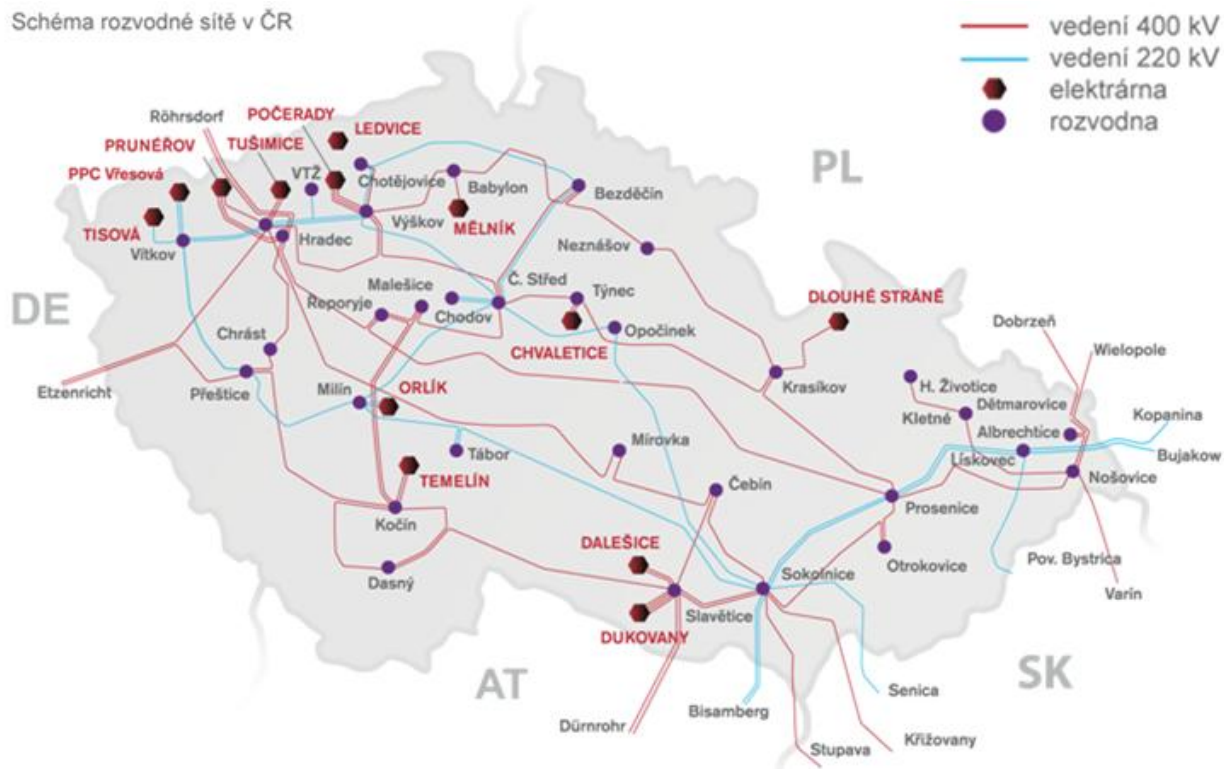
Obrázek 82 On-line dostupná mapa rozložení zranitelných IPPC zařízení na území ČR



Zdroj: (CENIA, Geoportál, 2015)

Obrázek 83 Schéma zranitelné rozvodné sítě ČEPS, a.s.

Schéma rozvodné sítě v ČR



Zdroj: (ČEPS, 2015)

4.8.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 51 Průmysl a energetika – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
1 až 14	se do konce 21. století klimatická změna projeví tak, jak avizuje studie Pretel et. al., 2011	Za normálního vývoje civilizace, bez výskytu tzv. existencionálních rizik (typu: globální jaderná válka, globální epidemie nemoci, pandemie apod.	Dojde pravděpodobně OBECNĚ ke zvýšenému vzniku a výskytu mimořádných událostí (přírodních katastrof, krizových situací) také ve střední Evropě, včetně území ČR. Těmito událostmi již v současnosti je ohrožována každoročně energetická infrastruktura a průmysl v Evropě i v ČR.	3	4	4	48
6 až 9	dojde k rozdílné distribuci srážek v čase i prostoru (v průběhu roku)	oproti dosavadním rozdělení srážek	Ovlivnění výroby elektrické energie z vodních zdrojů, z tepláren, tepelných elektráren (kde voda slouží jako teplonosné či chladicí médium, apod.).	4	3	2	24
15.1, 15.4	v důsledku KZ dojde ke zvýšení výskytu extrémních jevů typu vichřic, povodní a extrémů teplot	při mimořádných provozních podmínkách energetické přenosové soustavy v ČR	Budou ohroženy energetické distribuční a přenosové soustavy, ve smyslu hrozby porušení integrity, funkčnosti a možných častějších výpadků (jak následkem poškození extrémním jevem, tak zvýšenými požadavky na spotřebu energií)	5	3	4	60
4, 14	v důsledku KZ dojde k četnějšímu výskytu dlouhodobých extrémně vysokých teplot (spolu s nižší objemem srážek v letním období a větší četností extrémně horkých období)	při běžných (až mimořádných) podmínkách provozu tepelných elektráren	Budou ohroženy chladicí procesy tepelných elektráren (jaderných, uhelných a paroplynových) a spolu s vyšší spotřebou elektřiny na chlazení v kumulaci s plánovanou údržbou zdrojů a sítí	5	3	2	30
3, 15.4	v důsledku KZ dojde k závažnějšímu výskytu dlouhodobě extrémně nízkých teplot	při běžných (až mimořádných) podmínkách provozu distribučních soustav	Mohou nastat komplikace v oblasti zásobování energiemi, zvýšená námraza může ohrozit přenosovou i distribuční soustavu, včetně komplikací v dopravě.	1	3	4	12

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZa vxZranit
6 až 9, 12, 13, 15.3	v důsledku KZ dojde ke změně časoprostorového rozložení srážek, což povede k nedostatku vody v území	při běžném provozním stavu zemědělství a produkce energie	Následek snížení produkce biomasy využívané pro výrobu elektřiny a tepla, omezení výroby sektorů náročných na vodu (např. papírny, chemické závody).	4	1	2	8
13, 15.1 až 15.6	v důsledku KZ bude častěji docházet k extrémním hydrometeorologickým jevům?	za běžného až mimořádného provozního stavu zařízení	Zvýšení rizika pro bezpečnost průmyslu a podnikání, ohrožení zaměstnanců, fungování výrobních a provozních zařízení. Četnější výskyt havarijních stavů (až tzv. závažných havárií v chemickém a jiném průmyslu).	5	5	2	50
1 až 14	v důsledku rozpoznání vlivu produkce energie na klimatickou změnu, budou společenským rozhodnutím omezeny vybrané technologie pro produkci energie	za běžného stavu systému	Náhly nebo postupně vznikající nedostatek energie, v důsledku uzavření uhelných elektráren	4	3	3	36

4.8.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

Obecně vzato je sektor průmyslu a energetiky provázán se všemi zmiňovanými oblastmi, výrazná je zejména vazba na zdraví, mimořádné události a ochranu obyvatelstva a životního prostředí, hospodaření s vodou, ale i přírodní či urbánní systémy (např. rekultivace území ovlivněných těžbou, využívání brownfields). (MŽP, 2015)

Tabulka 52 Průmysl a energetika – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Hrozí rozdílná distribuce srážek v čase i prostoru (v průběhu roku) oproti dosavadním rozdělením srážek, což se promítne do výroby elektrické energie z vodních zdrojů. (Delší období beze srážek má vliv na snížení zásoby akumulčních nádrží vodních elektráren a tím snížení disponibility těchto zdrojů.	Obecná deklarace: „potřeba zajištění fungování kritické infrastruktury, jejíž výpadek by měl dopad na koncové spotřebitele a na chráněné zájmy státu; významným je zajištění bezpečnosti průmyslových zařízení.“ Konkrétní opatření a doporučení řeší mitigaci této hrozby v budoucnu: např.: zajištění schopnosti všech výrobních zařízení o instalovaném výkonu nad 30 MW poskytovat regulační a rezervní výkony; Podpora rozvoje přenosové soustavy ČR k zajištění dodržování kritéria N-1, tj. zajistit podmínky pro fungování sítě i při výpadku jednoho zásadního prvku; podporovat výstavbu a vysokou disponibilitu obnovitelných zdrojů a jejich účinné krizové řízení za mimořádných událostí – včetně zavedení odtokového a akumulčního režimu na vodních elektrárnách, který bude reflektovat změněné podmínky srážkových vzorců.	V AS řešeno do jisté míry v rámci již navržených opatření. Řešení problému v budoucnu může napomoci větší diverzifikace a decentralizace zdrojů energie (od velkých výrobců směrem k malým až rodinným výrobcům energie zapojených v síti). Je potřeba stanovit limity nezbytně potřebné energie, kterou by tyto malé zdroje v součtu pro ČR a/nebo vybraná menší území měly, resp. mohly poskytnout v rámci mitigace potenciální krize. Do jisté míry řešení nepříznivé situace (krize) mohou napomoci opatření na straně spotřeby (zvyšování energetické účinnosti a energetické úspory, které mají potenciál snížit zatížení sítí v době extrémních teplot, a také potenciál snížit počet postižených nedostatkem energie či výpadky její dodávky nebo snížit závažnost takových dopadů). Podrobněji viz Národní akční plán energetické účinnosti ČR verze 2014 MPO.
Vliv ZK na distribuční soustavy a přenosovou soustavu, které mohou být ovlivněny dopady extrémních jevů typu vichřic, povodní a extrémů teplot.	Opatření uvedená v kapitole AS - 3.9.3.2 Opatření v elektroenergetice, odpovídají charakteru hrozby na území ČR.	Další opatření nejsou navrhována.
Dlouhodobé extrémně vysoké teploty (spolu s nižším objemem srážek v letním období a větší četností extrémně horkých období) mohou ohrozit chladicí procesy tepelných elektráren (jaderných, uhelných a paroplynových) a spolu s vyšší spotřebou elektřiny na chlazení v kumulaci s plánovanou údržbou zdrojů a sítí, mohou mít za následek přetížení sítě a v extrémním případě může dojít k rozpadu sítě.	Kap. 3.9.3.1 AS: Zvýšení efektivity využívání vodních zdrojů ve výrobních procesech pomocí úsporného nakládání a recyklace vody, uplatnění vhodných technologií a využití srážkových vod v provozech (tato opatření úzce navazují na adaptační opatření 3.3.3.10) Racionalizace licenčního systému pro odběr vody a vypouštění a 3.3.3.2 Systémy hospodaření se srážkovými vodami a opětovného využití vody kapitoly vodní hospodářství).	Doporučeno upřesnění, jakým způsobem dešťovou či říční vodu lze dostat do chladicích obvodů elektráren a dalších průmyslových provozů: k tomuto účelu jsou již dnes ve světě poptávány vysokokapacitní moduly čerpání na bázi dieselaagregátů (tzv. opěrné body pro řešení mimořádných událostí), schopné např. po dobu 3 měsíců do technologie dodávat či pomáhat při cirkulaci a ochlazování vody. Doprava vody na 1-2 km, v dostatečném objemu a pod požadovaným tlakem.

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Dlouhodobě extrémně nízké teploty mohou způsobit komplikace v oblasti zásobování energiemi, zvýšená námraza může ohrozit přenosovou i distribuční soustavu.	3.9.3.2 Opatření v elektroenergetice (více než 3 zde uvedená opatření reagují i na tuto hrozbu, včetně podpory ostrovních režimů sítě, zajištění vysoké odolnosti přenosové sítě ČR proti importu a šíření poruch, apod.).	Přes již navržená opatření se v posledním desetiletí stávalo, že některé obce až mikroregiony v ČR byly bez proudu až několik dnů. Vrstva ledu na vedení přenosové a distribuční soustavy vzniká při náhlých přechodech a výkyvech teplot kolem 0°C (s podporou větru a vysoké vlhkosti vzduchu). Nejen při dlouhodobě extrémně nízkých teplotách. Také zde k řešení problémů mohou přispět opatření na straně spotřeby energie zejména zvyšování energetické účinnosti a energetické úspory (NAPEÚ, 2014, MPO)
Nedostatek srážek může mít za následek snížení produkce biomasy využívané pro výrobu elektřiny a tepla (dřevozpracující průmysl), omezení výroby sektorů náročných na vodu (např. papírny, chemické závody).	Kap. 3.9.3.1. Zvýšení efektivity využívání vodních zdrojů ve výrobních procesech ...; vazba na kap 3.3.3.2 Systémy hospodaření se srážkovými vodami a opětovného využití vody kapitoly vodní hospodářství). Další opatření vhodně popsána v kap. 3.9.3.6.	Jako jedno z doplňujících opatření je možno doporučit rozvoj smart grids, které by v reálném čase reagovaly na poruchy a bránily jejich šíření, případně reagovaly na poruchy změnou topologie sítě. Do jisté míry aplikovatelné i pro další zde uvedené identifikované rizika.
Extrémní srážky/povodně mohou narušit elektrické sítě a produktovody a omezit či znemožnit zásobování po železnici i silnici, vyřadit některé výrobní kapacity, zejména vodní elektrárny, ohrozit průmyslové podniky v zasažených oblastech, a způsobit možný únik nebezpečných látek, stejně jako omezit produkci biomasy pro energetické účely.	V opatřeních uvedených v kap 3.9.3 zaznívá na několika místech apel na budování účinného krizového řízení takto ohrožených technologií za mimořádných, extrémních projevů počasí (četnějších, nebo stejně četných jako dosud, s ohledem na klimatickou změnu). Je zmíněna i podpora tvorby havarijních a krizových plánů pro tyto situace. Základní opatření navržená v AS odpovídají svou kombinací charakteru hrozby.	S ohledem na možný vznik havárií s chemickými látkami podporovat také tvorbu „Bilateral Contingency plans“ pro případ přeshraničního přenosu havárií (přenos nebezpečných látek vzduchem – zóna 10 km okolo hranic, přenos nebezpečných látek tekoucí povrchovou vodou – vzhledem k malé rozloze ČR nestanovená zóna). Bylo by vhodné podpořit budování monitorovací sítě na vodních tocích, zaměřené na detekci úniku chemikálií. Také zde k řešení problémů mohou přispět opatření na straně spotřeby energie zejména zvyšování energetické účinnosti a energetické úspory.
Extrémní meteorologické jevy (vichřice, tornáda) mohou mít za následek narušení přenosových sítí vedoucích až k celkové dezintegraci elektrizační soustavy, vyřazení některých výroben elektřiny, omezit produkce biomasy pro energetické účely, v případě zasažení průmyslových závodů, omezení výroby a distribuce.	Základní opatření navržená v AS (kap. 3.9.3) odpovídají svou kombinací charakteru hrozby.	Také zde k řešení problémů mohou přispět opatření na straně spotřeby energie zejména zvyšování energetické účinnosti a energetické úspory.

4.9 DOPRAVA

Česká republika hraje významnou roli tranzitní země jak v dopravě silniční, tak i železniční. Lodní doprava má pouze okrajový význam vzhledem k poloze ČR na hlavním evropském rozvodí a tím pádem disponuje jen krátkými splavnými úseky na největších řekách. Letecká doprava hraje rovněž méně významnou roli. Z tohoto důvodu se klimatická změna dotýká především prvních dvou zmiňovaných módů dopravy.

Nejcitlivěji reaguje na klimatickou změnu doprava silniční. Má vysokou hustotu dopravní sítě a navíc materiály povrchů dopravní infrastruktury jsou poměrně citlivé na poškození obzvláště vlivem extrémních teplot a povodní. Na silnicích se rovněž pohybuje velké množství osob, které jsou negativně ovlivněny extrémními hydrometeorologickými jevy.

Železniční doprava je ovlivněna stejným způsobem jako doprava silniční, ale vzhledem k odlišné organizaci přepravy, významně méně husté dopravní infrastruktuře i odlišné technologii její konstrukce nemají dopady klimatických změn tak intenzivní průběh. Pro všechny druhy přepravy představují nejvyšší subjektivní riziko extrémy týkající se srážek. Extrémní teploty mají spíše vliv na komfort cestujících a řidičů a méně závažná, i když často rozsáhlejší, poškození dopravní infrastruktury.

Největší zlom v negativním vlivu extrémních teplot na dopravní infrastrukturu se předpokládá v období 2040 – 2069 v důsledku nejvyšší změny teplot oproti předchozímu období. V období 2070 – 2099 bude sice nárůst teploty kulminovat, ale relativní změna již není tak vysoká. Nejohroženějšími oblastmi jsou Žatecko – Lounsko, Berounsko, Plzeňská pánev, Dolnomoravský a Dyjsko – svratecký úval i intravilány velkých měst.

Obdobná situace týkající se relativních změn a trendů je i v případě vývoje srážek. Největším rizikem je v tomto ohledu rostoucí četnost hydrometeorologických extrémů, jako jsou přívalové srážky, dlouho trvající intenzivní deště, bouřky, vichřice a sněhové vánice. Nejzranitelnější oblasti vůči extrémním srážkám jsou geologicky nestabilní oblasti Západních Karpat, váte písků na Bzenecku a urbanizovaná údolí velkých řek a horské oblasti.

4.9.1 Úvod a kontext

Doprava byla vždy neoddelitelnou součástí života společnosti. Zároveň se stala významným faktorem ovlivňujícím nepříznivě životní prostředí a zdraví člověka. Největší podíl v tomto směru přináleží dopravě silniční, jejíž negativní vliv se projevuje především v produkci emisí rizikových látek a skleníkových plynů. Příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel jsou především výfukové plyny vznikající při spalování pohonných hmot, ale také obrus pneumatik, brzdového obložení, spojky či degradace samotné karoserie.

Z hlediska změny klimatu zůstává největším problémem stálý růst produkce skleníkových plynů, tj. oxidu uhličitého (CO_2), metanu (CH_4) a oxidu dusného (N_2O). Doprava je tedy jedním z činitelů, který se podílí na klimatické změně a jedna část opatření by tedy měla být zaměřena přímo na snižování negativního působení dopravy na klima.

V souvislosti se změnou klimatu může docházet k extrémním výkyvům počasí (přívalové deště či sněhové bouře, záplavy, vichřice, bouřky, vlny veder atd.), které mohou mít negativní vliv jednak na samotný provoz silniční, železniční, letecké i vodní dopravy, tak na dopravní infrastrukturu. Dalším, dlouhodobým jevem, může být negativní působení zvýšených teplot na dopravní konstrukce a jejich poškozování.

Vzhledem ke geografické poloze České republiky v centrální části Evropy a její poloze vůči významným logistickým centrům a přístavům nacházejících se na území evropského kontinentu dochází ke střetu několika transkontinentálních dopravních cest významnějšího charakteru:

- centrální středoevropský severo-jihní směr spojující přístavy na severním pobřeží Jadranského moře a přístavy v Pobaltí
- západo-východní směr spojující významná logistická centra v západní Evropě s centry v Rusku a na Ukrajině
- směr spojující přístavy v Severním moři s přístavy na Balkánském poloostrově.

Tato fakta řadí území České republiky k důležitým tranzitním územím v rámci rozšiřující se Evropské Unie. Předpokládané dopady klimatické změny na fungování dopravní sítě lze hodnotit ve dvou základních měřítcích. Zaprvé je to z hlediska evropského kontextu a zadruhé se jedná o samotné dopady, jež se projevují především na území České republiky.

V prvním případě jde zejména o narušení nebo zkomplikování tranzitní přepravy nákladu i osob. Transevropská dopravní síť (TEN-T) má za cíl zajišťovat infrastrukturu nezbytnou pro hladké fungování vnitřního trhu a dosažení cílů lisabonské agendy pro růst a zaměstnanost. Má rovněž pomoci zabezpečit dostupnost a posílit hospodářskou, sociální a územní soudržnost. Podporuje volný pohyb občanů EU v rámci území členských států. Navíc zahrnuje požadavky na ochranu životního prostředí a podporuje tak udržitelný rozvoj. TEN-T v Evropě zahrnuje 95 700 km silničního spojení, 106 000 km železničního spojení (včetně 32 000 km vysokorychlostního spojení), 13 000 km vnitrozemských vodních cest, 411 letišť a 404 námořních přístavů. Narušení přepravy v síti TEN-T tak může způsobit komplikace přesahující hranice jednotlivých států, a proto je předcházení problémům spojených s klimatickou změnou velmi důležité. Specifickou roli hraje v tomto případě mezinárodní letecká doprava, která prostřednictvím českých letišť přepraví 99 % cestujících (viz Ročenka dopravy 2013). V případě vnitrostátní dopravy se jedná o více regionálně lokalizované dopady, které mohou mít intenzivnější vliv v dané lokalitě. Jedná se o komplikace s dojížděnou do zaměstnání nebo zásobování významných podniků. Významnou roli hraje i narušení meziregionálních dálkových přepravních tras v rámci ČR. Dopady ve vnitrostátním i mezinárodním měřítku se však do značné míry překrývají. Místa, kde dochází k dopravním komplikacím, jsou shodná, ovšem dopad narušení přepravy na různých typech komunikací a letišť může mít rozdílný význam jak z hlediska jeho umístění, tak i z hlediska rozsahu.

4.9.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

Extrémní projevy počasí jakými jsou náhlé intenzivní sněhové či dešťové srážky, ledovka, krupobití, mlha, vlny veder, bouřky, záplavy nebo nízké hladiny řek mohou mít negativní dopad na silniční, železniční, leteckou i vodní dopravu. Z hlediska hustoty infrastruktury a nejrozšířenějšího způsobu přepravy připadá v úvahu v České republice nejvíce sledovat zejména silniční dopravu.

Vzhledem k faktu, že na území ČR v posledních dvou desetiletích došlo k nárůstu průměrného počtu tropických dní, a předpokladu dalšího navyšování v jednotlivých výhledových scénářích, se očekávají i narůstající vlny veder, jež mohou mít negativní vliv na téměř všechny druhy dopravy:

- Silniční dopravu mohou opakované vlny veder v nížinatých oblastech ovlivnit jak z hlediska infrastrukturálního (degradace povrchového materiálu vozovky), tak samotné bezpečnosti provozu spojené s lidským faktorem (snížená koncentrace řidiče). Dalším nežádoucím projevem, a to recipročně směrem ke klimatickým změnám, jsou jednoznačně větší nároky na klimatizaci vozidel, čím samozřejmě zvyšující se spotřeba pohonných hmot, jenž implikuje i nárůst produkce emisí. Dopad se může projevit prakticky na území každého kraje v ČR.
- Železniční doprava může být intenzivními vlnami veder ovlivněna obdobně jako doprava silniční. Dopady lze sledovat na infrastruktuře (kroucení kolejí), člověku (teplotní nápor v důsledku nevybavenosti vozidla veřejné dopravy klimatizací) i emisích skleníkových plynů (se spuštěnou klimatizací roste spotřeba pohonných hmot). Dopad se může projevit prakticky na území každého kraje v ČR.
- Vodní doprava v důsledku opakovaných vln veder může být negativně ovlivněna poklesem hladiny řek, a tedy nesjízdností některých standardně splavitelných úseků řek. Tyto projevy se týkají zejména Středočeského kraje, ale i Jihočeského, Ústeckého, Pardubického či hlavního města Prahy.

- Leteckou dopravu v důsledku vln veder může potkat obdobný problém jako silniční dopravu, a to degradaci povrchového materiálu ranveje. Tímto projevem extrémního počasí mohou být ovlivněna všechna letiště se zpevněným povrchem, avšak k letištím s největším počtem pohybů patří Letiště Václava Havla v Praze, a dále letiště v Brně, Ostravě, Karových Varech či Pardubicích.

S přihlédnutím k situaci týkající se ať už dešťových nebo sněhových srážek, kde průměrné roční úhrny územních srážek v období 1961-2010 vykazuje výraznou meziroční proměnlivost, je předpokládán mírně klesající trend. Velké kolísání tohoto trendu se projeví prakticky ve všech druzích dopravy.

- Silniční doprava může být negativně ovlivněna náhlými projevy bouřkových situací (překážky na komunikaci, výpadek elektrického proudu), intenzivními dešťovými (záplavy) či sněhovými (neprůjezdnost, poškození infrastruktury) srážkami trvajících kontinuálně i několik dní. Několikadenní intenzivní dešťové srážky se mohou vyvinout v záplavy, jenž mohou v dané oblasti způsobit kolaps silniční dopravy. Ve snaze vyhnout se zaplaveným úsekům komunikací může dále docházet k naplnění kapacity objízdných tras, což může v extrémním případě vést i ke vzniku kongescí na těchto objízdných trasách. Z hlediska bezpečnosti dopravy mohou tyto extrémní projevy počasí (intenzivní srážky, mlha, ledovka) vést ke snížené viditelnosti a vzniku nebezpečných situací (ztráta přilnavosti pneumatiky k vozovce, snížená viditelnost). Dopad se může projevit prakticky na území každého kraje v ČR.
- Železniční doprava může být extrémními projevy počasí ovlivněna zejména z hlediska infrastruktury, kdy může dojít k poškození kolejí, výhybek, trakčního vedení či zatarasení cesty a v důsledku tohoto k přerušení dopravy, výlukám, apod. Dopad se může projevit prakticky na území každého kraje v ČR.
- Vodní doprava může být na rozdíl od předchozích druhů dopravy poznamenána především poklesem srážek, neboť v důsledku tohoto jevu klesne i hladina splavných řek. Tyto projevy se týkají zejména Středočeského kraje, ale i Jihočeského, Ústeckého, Pardubického či hlavního města Prahy.
- Leteckou dopravu mohou ovlivnit extrémní srážkové projevy obdobně jako silniční dopravu, a to zejména v blízkém okolí letiště při vzletu nebo přistání, kdy je pro pilota důležitá podmínka viditelnosti. Extrémy počasí, jakými jsou bouřky, záplavy či intenzivní sněhové a dešťové srážky mohou v tomto případě způsobit zpoždění jednotlivých letů, poškození navigačního systému pro letadla či dokonce úplné přerušení provozu letiště. V ČR se tato situace nejvíce dotýká následujících letišť, a to Letiště Václava Havla v Praze, a dále letiště v Brně, Ostravě, Karových Varech či Pardubicích.

Dalším negativním projevem počasí na území ČR může být kolísající rychlost větru, přičemž však není nijak důležitý z hlediska průměrných hodnot, nýbrž jeho nárazových hodnot.

- V silniční dopravě se extrémní nárazový vítr může projevit jednak s ohledem na bezpečnost dopravy, kdy může být jeden z hlavních důvodů vzniku dopravní nehody. Dále může způsobit zatarasení cesty překážkou, jakou je např. spadlý strom. Dopad se může projevit prakticky na území každého kraje v ČR.
- Železniční doprava může být ovlivněna především překážkou v kolejišti, jenž spadne v důsledku silného nárazového větru. Dopad se může projevit prakticky na území každého kraje v ČR.
- Ve vodní dopravě může dojít v důsledku extrémní povětrnostní situace k přerušení provozu. Pravidelných cest se tento jev týká zejména ve Středočeském kraji, ale i Jihočeském, Ústeckém, Pardubickém či hlavním městě Praze.
- Letecká doprava je nárazovým větrem ovlivněna a zároveň nejvíce náchylná v okolí letišť při přistáních a vzletech. Tento nenadálý projev extrémního počasí může mít za důsledek zpoždění letů či dokonce úplné přerušení provozu letiště.

4.9.3 Stanovení indikátorů

V této kapitole jsou stanoveny tři typy indikátorů. Indikátory hodnotící vliv klimatické změny poskytují možnosti evaluace změn klimatu v návaznosti na dopravní infrastrukturu. Data je možné vyhodnocovat na vybrané meteorologické stanici, jak do minulosti, tak i v návaznosti na predikce klimatu. Indikátory dopadu jsou charakterizovány náklady, které vynaloží správce komunikace na její údržbu v souvislosti s klimatickou změnou. Indikátory, které hodnotí zranitelnost dopravní infrastruktury vůči klimatické změně, by měly reflektovat jak hydrometeorologické jevy a další fyzicko-geografické faktory, které dopravní infrastrukturu ovlivňují, tak i charakter a důležitost jednotlivých komponent dopravní sítě. Pro správně stanovený indikátor by mělo být možné vyhodnotit jeho časový trend a vymezit s jeho pomocí kritické oblasti i části dopravní infrastruktury v ČR.

4.9.3.1 Indikátory klimatické

V návaznosti klimatické změny na dopravní infrastrukturu lze identifikovat přímou závislost vlivu pouze ve vztahu k teplotám vzduchu. U dalších meteorologických charakteristik (srážky, extrémní hydrometeorologické jevy atd.) závisí dopady i na dalších faktorech, jako je například landuse. Proto doporučujeme pro sledování vlivů klimatické změny definovat následující indikátory:

- **TV 30 - počet dní s maximální denní teplotou přesahující 30 °C na stanici Pohořelice**
 - Tato stanice se nachází v jedné z nejsušších a nejteplejších oblastí ČR a proto je dopravní infrastruktura v blízkosti stanice citlivá na změnu v extrémně vysokých teplotách.
 - Jedná se o automatizovanou klimatologickou stanici I. typu, pro kterou je možné získat potřebná data.
 - V blízkosti se nachází rychlostní komunikace R52, takže bude možné vyhodnotit dopady přímo v návaznosti na tuto mezinárodně významnou komunikaci.
- **TV 0 - počet dní s přechodem teploty přes 0°C na stanici Lenora**
 - Tato stanice se nachází v horském klimatu s velkou extremitou teplot.
 - Jedná se o klimatologickou stanici II. typu, pro kterou je možné získat potřebná data.
 - V blízkosti se nachází komunikace I. třídy I/34 která je v této oblasti hlavním tahem na Německo, takže bude možné vyhodnotit dopady přímo v návaznosti na tuto mezinárodně významnou komunikaci.

4.9.3.2 Předpokládaný časový trend indikátorů vlivu

Na základě výstupů studie Pretel (2011) je vývoj vlivu klimatu podle definovaných indikátorů hodnocen ve třech obdobích. Jedná se o periody 2010 – 2039, 2040 – 2069 a 2070 – 2099.

Pro indikátor TV 30 lze v prvním hodnoceném období předpokládat nárůst maximální teploty (do 1,5 °C), který není oproti stávajícímu stavu až tak kritický. Ovšem u oblastí, kde se hodnoty maximálních teplot blíží hraničním hodnotám indikátoru, lze předpokládat významnější vlivy na dopravní infrastrukturu. Mírné zvýšení negativního vlivu indikuje i nárůst počtu tropických dní o čtyři v roce. V období 2040 – 2069 se předpokládá další nárůst maximálních ročních teplot (až o 3 °C). Tento trend přispěje k dalšímu rozšíření negativního vlivu extrémních teplot na dopravní infrastrukturu. V 2. období nastane nejvýraznější změna, protože velikost nárůstu je u maximální teploty až dvojnásobná oproti 1. období. Trend v teplotách reflektuje i nárůst počtu tropických dní na 14, což je téměř 4 násobek hodnoty z prvního období. V posledním hodnoceném období pak lze předpokládat nárůst ročních maxim až o 4 °C. V posledním období můžeme tedy počítat s významným negativním vlivem maximálních teplot na materiály, Délka expozice vysokým teplotám se zvýší o 23 dní do roku 2099.

Indikátor TV 0 je především ovlivněn extremitou a frekvencí denní amplitudy teplot, která překračuje bod mrazu a částečně také počtem mrazových dní, kdy minimální denní teplota klesá pod 0°C. Díky snižujícímu se počtu mrazových dní (až o 43 dní v zimním období do roku 2099) je možné se domnívat, že se sníží frekvence expozice materiálů, z nichž je dopravní infrastruktura konstruována, mrazovému zvětrávání. Vztah mezi změnou klimatu a počtem dní s denní amplitudou teploty překračující bod mrazu

není možné přímo identifikovat. Proto lze tedy jen stěží určit trend indikátoru TV 0. I přesto lze předpokládat úspory v zimní údržbě dopravní infrastruktury.

4.9.3.3 Indikátory dopadové

Dopady klimatické změny na dopravní infrastrukturu lze vyhodnocovat pomocí meziročního srovnání nákladů správců komunikací na údržbu silnic spojených se změnou klimatologických charakteristik měřených na dané stanici. Proto navrhuje následující indikátory dopadu:

- **TD 30 - náklady na údržbu komunikací související s extrémně vysokými teplotami v úseku rychlostní komunikace R52 v úseku Modřice – Pohořelice**
 - Indikátor umožní hodnotit dopady extrémně vysokých teplot na dopravní infrastrukturu.
 - Úsek komunikace má přímou návaznost na data z klimatologické stanice Pohořelice.
 - Jedná se o významný mezinárodní tah.
- **TD 0 - náklady na údržbu komunikace v období 1.12. – 28.2. související mrazovým zvětráváním**
 - Indikátor umožní hodnotit dopady kolísání teplot kolem bodu mrazu. Tento jev způsobuje největší škody na dopravní infrastruktuře.
 - Úsek komunikace má přímou návaznost na data z klimatologické stanice Lenora.
 - Jedná se o významný mezinárodní tah.

4.9.3.4 Předpokládaný časový trend indikátorů dopadu

Časový trend definovaných dopadových indikátorů dopadů je v přímé návaznosti na časový trend indikátorů vlivu na dopravní infrastrukturu, který je popsán výše. Modifikace trendu pak závisí na přijímání konkrétních zmírňujících opatření v dané lokalitě.

4.9.3.5 Indikátory pro hodnocení zranitelnosti dopravní infrastruktury klimatickou změnou

- **S** - hustota silniční a železniční sítě (km/km^2) v oblastech citlivých na extremitu srážek (geologicky nestabilní území ve flyši a váťých pískách, záplavová území, horské oblasti nad 600 m n. m., údolí splavných úseků řek)
- **T** - hustota silniční a železniční sítě (km/km^2) v oblastech s vysokými teplotami (oblasti s průměrným ročním počtem tropických dní > 10 nebo oblastí s průměrnou měsíční maximální teplotou v srpnu $> 32^\circ\text{C}$ – podle Atlasu podnebí Česka, Tolasz, 2007)
- **A** – agregovaný indikátor, $A = S + T$

Hodnota každého navrženého indikátoru bude ovlivněna koeficientem „ v “ závislém na významnosti komunikace nebo železnice (postup vyhodnocení viz následující kapitola):

- Silniční komunikace:
 - Dálnice a rychlostní komunikace - $v = 1,2$
 - Silnice I. Třídy - $v = 1$
 - Silnice nižších tříd - $v = 0,8$
- Železnice
 - Celostátní dráhy evr. významu - $v = 1,2$
 - Ostatní celostátní dráhy - $v = 1$
 - Ostatní dráhy nižšího řádu - $v = 0,8$
- Lodní doprava $v = 1$

4.9.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.9.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti pomocí indikátorů

- V prvním kroku je nutné si vymezit plochu, kterou budeme hodnotit. Pokud se jedná o administrativní, geologickou nebo geomorfologickou jednotku, je plocha hodnoceného území shodná s plochou příslušné jednotky. V případě, že chceme hodnotit jiné specifické území, je nutné si stanovit konkrétní požadavky pro vymezení území.
- Zranitelnost silniční a železniční sítě nebo lodní dopravy se bude vyhodnocovat pomocí výše uvedených indikátorů. Nejprve se pro každý typ komunikace nebo železnice definovaný koeficientem „*v*“ vypočte hustota sítě za jednotlivé typy komunikací (železnic) a poté se hodnota indikátoru vynásobí koeficientem „*v*“ příslušným k danému typu komunikace. Výsledná hodnota indikátoru platná pro všechny typy komunikací se získá aritmetickým průměrem hodnot vypočtených pro tyto typy komunikací. Tímto krokem získáme hodnoty indikátorů (*S*, *T*) zranitelnosti jednotlivých typů silnic a železnic.
- Pokud výš uvedené hodnoty sečteme, zjistíme hodnoty indikátorů (*S*, *T*) pro silnice případně železnice jako celku.
- Pokud chceme zjistit hodnoty indikátorů (*S*, *T*) celé dopravní sítě v území (silnice + železnice + lodní doprava) pak musíme provést ještě součet těchto dvou agregovaných hodnot.
- Výše uvedenými kroky jsme získali hodnoty pro indikátory *S* a *T*. Posledním stupněm je výpočet celkové zranitelnosti dopravní sítě v závislosti na klimatické změně v daném území pomocí agregovaného indikátoru *A*. Je založený na součtu hodnot indikátorů *A* a *T*.

Na základě tohoto přístupu lze hodnotit zranitelnost dopravní sítě buď komplexně nebo z hlediska jednotlivých problémových komponent (geologie, povodně, vysoké teploty) nebo hierarchie silniční a železniční sítě.

Lodní doprava je na území ČR jen velmi okrajová, proto lze použít pouze indikátor *S* a koeficient „*v*“ má jen jednu hodnotu. Hustota letišť je v porovnání s hustotou silniční a železniční sítě zanedbatelná a navíc minimalizace rizikových faktorů z hlediska extrémních povětrnostních podmínek je uvažovaná už ve fázi projektování a umístění letišť.

4.9.4.2 Předpokládaný časový trend indikátorů zranitelnosti

Na základě výstupů studie Pretel (2011) je vývoj zranitelnosti dopravní sítě podle definovaných indikátorů hodnocen ve třech obdobích. Jedná se o periody 2010 – 2039, 2040 – 2069 a 2070 – 2099.

Indikátor *T* bude ovlivněn především narůstající průměrnou a maximální teplotou v letních měsících (identifikovaný hlavní dopad IHP1, IHP3, viz úvod), které reprezentují intenzitu dopadu klimatické změny na dopravní infrastrukturu a řidiče (cestující). S tím souvisí také nárůst počtu tropických dní v roce (IHP4) a rovněž prodlužování délky a četnosti „vln veder“ (IHP14). Tyto hlavní dopady pak odráží délku expozice dopravní sítě a osob. V souvislosti s dopravní infrastrukturou bude mít pozitivní vliv snižující se počet mrazových a ledových dní (IHP5).

V prvním hodnoceném období lze předpokládat pouze mírný nárůst kritických míst a oblastí v dopravní síti, neboť nárůst průměrné teploty (do 1°C) a maximální teploty (do 1,5°C) oproti stávajícímu stavu až tak kritický. Ovšem u oblastí, kde se hodnoty průměrných či maximálních teplot blíží hraničním hodnotám indikátoru, lze předpokládat rozšíření plochy ohrožených regionů. Počet tropických dní se zvýší o čtyři. V období 2040 – 2069 se předpokládá další nárůst průměrných ročních (až o 2,7°C) a maximálních ročních (až o 3 °C) teplot. Tento trend přispěje k dalšímu rozšíření délky ohrožené dopravní sítě. V 2. období nastane nejvýraznější změna, protože velikost nárůstů průměrné roční teploty je až trojnásobná oproti 1. období a u maximální teploty může nárůst dosáhnout dvojnásobku hodnoty 1. období. Trend v teplotách reflektuje i nárůst počtu tropických dní na 14, což je téměř 4 násobek hodnoty z prvního období. V posledním hodnoceném období pak nárůst teplot dosáhne v případě průměrné roční teploty až 3,9 °C a u ročních maxim lze předpokládat nárůst až o 4 °C. Je překvapivé, že velikost nárůstu průměrné

a maximální teploty je téměř shodná. Ovšem díky obtížnosti předpovědi extrémů je možné, že průměrné maximální teploty narostou výrazněji oproti průměru. V posledním období můžeme počítat s významným negativním vlivem teplot jak na materiály, ze kterých je dopravní infrastruktura konstruována, tak i na pohodlí a pozornost řidičů i cestujících. S nárůstem teploty bude spojená i vyšší produkce emisí v důsledku častějšího a intenzivnějšího používání klimatizací. Délka expozice vysokým teplotám se zvýší o 23 dní do roku 2099 (podle IHP4). Díky snižujícímu se počtu mrazových a ledových dní se sníží doba expozice materiálů, z nichž je dopravní infrastruktura konstruována, nepříznivým podmínkám až o 43 dní v zimním období do roku 2099, což je velmi významný pokles vzhledem k délce trvání zimy. Lze tedy předpokládat úspory v zimní údržbě dopravní infrastruktury.

Indikátor S bude v případě lodní dopravy ovlivněn především postupným poklesem srážek v letním období (IHP6) až o 20 % do roku 2099 a prodloužováním období sucha (IHP15.3). V období 2040 – 2069 se předpokládá pokles zimních srážek v některých pohořích (Krkonoš, Beskydy) což přinese snížení doplňování zásob podzemních vod. Pozitivní vliv na lodní dopravu by mohl přinést nárůst srážek až o 10 % v jarním a až o 20 % v podzimním období (IHP7). Tyto nárůsty by mohli přispět alespoň k mírnému doplnění zásob podzemních vod, ze kterých jsou řeky napájeny v bezesrážkovém období a lehce prodloužit dobu splavnosti. Dále dojde ke zvýšení počtu dní v bezesrážkovém období. Na dolním toku Labe v ČR se jedná o nárůst z cca 80 dní až cca na 100 v roce 2099. Tento trend opět zhorší podmínky pro plavbu.

Nejmarkantnější vliv budou mít extrémní hydrometeorologické jevy. Kromě lodní dopravy významně zasáhnou i zbylé části dopravní infrastruktury (silnice, železnice a letiště). Jedná se o zvyšování četnosti přívalových srážek (IHP13), povodní velkého rozsahu (IHP15.1), vichřic, bouří, ledovky, krup a mlhy (IHP15.4).

4.9.4.3 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

Z hlediska indikátoru S je nejrizikovějším regionem **oblast Západních Karpat (Chřiby, Ždánický les, Bílé Karpaty, Hostýnské vrchy, Javorníky a Beskydy)**. Dochází zde k rytmickému střídání pískovců, slepenců a jílovců což přispívá k nestabilitě podloží a svahů, které mají tendenci se při podmáčení sesouvat. Dalším rizikovým podložím jsou váté písky a to především na **Bzenecku**. Záplavami jsou ohrožené regiony s velkým podílem hlavních komunikací a železnic situovaných v údolích velkých řek, kudy procházejí významné dopravní koridory. Jedná se především o **údolí řek Labe, Ohře, Lužnice, Moravy, Svitavy a Bečvy na jejich dolním a středním toku a řeky Sázavy na středním toku**. V rámci tohoto indikátoru hrají významnou roli extrémní hydrometeorologické události, jako jsou přívalové deště, bouřky, sněhové bouře případně dlouhotrvající sucha s vlivem na lodní dopravu (**kritický úsek od Ústí nad Labem dále do Německa**, kde často dochází díky dlouhotrvajícím suchům k přerušení splavnosti řeky Labe).

Indikátor T má hlavní vliv na rychlost degradace použitých materiálů. **Za nejrizikovější regiony považovat ty, kde nastávají extrémně vysoké nebo nízké teploty, případně dochází k velkým výkyvům teplot mezi dnem a nocí případně je vysoká frekvence přechodu mezi plusovými či minusovými teplotami.** Extrémně vysoké teploty se vyskytují v letních měsících na území ČR především v **podhůří Krušných hor v regionu Žatecko – Lounsko, dále na Berounsku, v Plzeňské pánvi, Dolnomoravském a Dyjsko – svrateckém úvalu** (viz Atlas podnebí Česka 2007). Poškození dopravní sítě mrazem lze předpokládat především v **okrajových pohořích ČR a dále na Českomoravské vrchovině**. Vysoká denní amplituda teploty pak má vliv převážně v **hlubokých údolích horských oblastí**, kde denní amplituda může dosahovat i několik desítek stupňů. Dalším ovlivněným aspektem je pozornost řidičů a komfort cestujících. Ten bývá díky extrémně vysokým teplotám snižován v letních měsících převážně **ve velkých městech (Praha, Brno, Ostrava, Olomouc, Hradec Králové, Plzeň...)**, kde je teplota často i o 5 °C vyšší než v okolní krajině díky akumulaci tepla asfaltovými a betonovými povrchy a jejich zpětnému vyzařování. Navíc ve městech je velká koncentrace osob vystavených těmto nepříznivým podmínkám. **Mimo urbanizovanou krajinu to jsou pak regiony Žatecko – Lounsko, dále na Berounsko, v Plzeňská, Českobudějovická pánev, Česká tabule, Dolnomoravský a Dyjsko – svratecký úval.**

4.9.5 Souhrn – What if analýza

Tabulka 53 Doprava – souhrnná „what if“ analýza

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavx Zranit
4, 14	Zvyšující se počet letních (až o 46) a tropických dní (až o 23) prodlužování četnosti a délky vln veder, extrémně nízké teploty	v případě silniční dopravy	Degradace povrchového materiálu vozovky, snížená koncentrace řidičů, případně nárůst produkce emisí v důsledku větší nároky na klimatizaci vozidel.	5	3	3	45
		v případě železniční dopravy	Krut kolejí, vysoké teploty v prostorách vozidel veřejné dopravy nevybavených klimatizací, případně nárůst produkce emisí v důsledku větších nároky na klimatizaci vozidel.	3	2	2	12
		v případě lodní dopravy	Nesjízdnost některých standardně splavitelných úseků řek.	4	2	4	32
		v případě letecké dopravy	Degradace povrchového materiálu ranveje.	2	1	1	2
6, 8, 12	Postupný pokles srážek v letním období (20 %), nízký nárůst počtu dní se srážkami nad 20 mm, snížení průtoků ve vodních tocích v letním období	v případě lodní dopravy	Nesjízdnost některých standardně splavitelných úseků řek.	4	2	4	32
13, 15.1	Zvyšování četnosti dnů s vyššími srážkami (přívalové srážky, povodně)	v případě silniční dopravy	Poškození povrchu komunikací, překážky na komunikaci, sesuvy půdy, výpadek elektrického proudu, bleskové záplavy a v důsledku toho k překročení kapacity komunikací na objízdných trasách (kongesce).	5	3	4	60
		v případě železniční dopravy	Poškození kolejí, výhybek, trakčního vedení či zatarasení cesty a v důsledku tohoto k přerušení dopravy, výlukám apod.	4	3	3	36
		v případě lodní dopravy	V případě povodňové situace zhoršené podmínky, případně úplně přerušení plavby	4	3	4	48

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavx Zranit
			(vysoké vodní stavy a průtoky).				
		v případě letecké dopravy	Zhoršené podmínky pro přistání a vzlet letadla v okolí letiště, poškození navigačního systému či dokonce úplné přerušení provozu letiště.	2	2	2	8
15.4	Zvýšena četnost výskytu dalších extrémních meteorologických jevů (především vichřice, ledovka)	v případě silniční dopravy	Souvisí s bezpečností provozu a zatarasením cesty překážkou.	5	2	3	30
		v případě železniční dopravy	Zatarasení kolejíště spadlou překážkou.	3	2	2	12
		v případě lodní dopravy	Přerušení provozu, zvýšené náklady na údržbu vodní cesty (naplavené překážky v říčním korytě)	3	1	2	6
		v případě letecké dopravy	Zhoršené podmínky pro přistání a vzlet letadla v okolí letiště, poškození navigačního systému či dokonce úplné přerušení provozu letiště.	3	3	4	36

4.9.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie**Tabulka 54 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření**

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Zrychlená degradace materiálů použitých při konstrukci silniční a železniční sítě (letišť) a zhoršení podmínek pro plavbu v důsledku zvyšování extremity hydrometeorologických jevů (převážně vysoké teploty, extrémy srážkových úhrnů, povodně, námraza, ledovka, vichřice, bouřky...)	Adaptační strategie na dané riziko reaguje částečně (opatření 3.8.3.2, 3.8.3.4)	• Zvyšování retenční schopnosti krajiny • Kontrola landuse v okolí komunikací (protierozní opatření, větrolamy) • U veřejných zakázek zohlednit technologii a kvalitu materiálů, nejen cenu • Časově i finančně zefektivnit opravy poškozených komunikací
Zatarasení nebo poškození komunikace nebo železnice v důsledku extrémních hydrometeorologických jevů (pády stromů, zatopení a poškození komunikace, sesuvy půdy). Přerušení přepravy na letištích	Adaptační strategie na dané riziko reaguje částečně (v rámci opatření 3.8.3.1)	• Zefektivnění využívání informací a předpovědi počasí od ČHMÚ složkami IZS (příprava předem – rychlejší odstranění škod) • Definování a tvorba rizikových úseků komunikací • Pravidelná kontrola zdravotního stavu a druhového složení doprovodné liniové vegetace
Snížení pozornosti řidičů, strojvedoucích a komfortu cestujících v důsledku extrémně vysokých teplot (vlny veder)	Adaptační strategie na dané riziko reaguje dostatečně (opatření 3.8.3.3, 3.8.3.4)	x
Snížení bezpečnosti, přehlednosti a plynulosti provozu v důsledku extrémních meteorologických jevů (bouřky, přívalové deště, mlha, husté sněžení, námraza...)	Adaptační strategie na dané riziko reaguje dostatečně (v rámci opatření 3.8.3.1)	• Zefektivnění využívání informací a předpovědi počasí od ČHMÚ údržbou komunikací
Zvýšení emisí a hluku z dopravy (používání klimatizace, snížení plynulosti provozu...) v důsledku extrémních meteorologických jevů	Adaptační strategie na dané riziko reaguje dostatečně (v rámci opatření 3.8.3.3, 3.8.3.4)	• Zvyšování podpory alternativních pohonů s nižší produkcí emisí in situ (hybridní a elektromobily, LPG, CNG)

4.9.6.1 Návrhy na doplnění adaptačních opatření

V adaptační strategii se více zaměřit nejen na komunikaci samotnou, ale také na kontrolu landuse ve „spádovém“ území komunikace. Definování rizikových faktorů v okolí komunikace a jejich následná eliminace může vyřešit mnohé z problémů, jako jsou sesuvy půdy nebo pády stromů. Využití půdy má významný vliv hlavně v údolích řek a ovlivňuje četnost i intenzitu povodňových situací.

V případě zničení nebo vážného poškození dopravní infrastruktury budovat novou síť již s ohledem na aktuální a budoucí rizika. V opatření 3.8.3.4. „principy opatření zastínění komunikací“ navrhuje Adaptační strategie výsadbu dřevin a vegetace podél komunikací a železnic. Při systémovém řešení této problematiky je žádoucí úzká spolupráce mezi Ministerstvem dopravy a Ministerstvem životního prostředí.

4.10 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI A OCHRANA OBYVATELSTVA A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Mezi široké spektrum MU lze zahrnout výskyt extrémních meteorologických jevů, jako možných projevů klimatické změny, jak jsou popisovány v rámci této studie v úvodních kapitolách. Potlačováním a zmírňováním mimořádných událostí se strategicky zabývá v ČR zejména Koncepce ochrany obyvatelstva (MVČR, 2013), v praktické rovině pak služby vyplývající z legislativy o Integrovaném záchranném systému, o Požární ochraně, o Krizovém řízení apod. Koncepci ochrany obyvatelstva doplňuje Koncepce environmentální bezpečnosti (BRS, 2012), která je zaměřena zejména na mitigaci a adaptaci na vybrané krizové situace (katastrofy) v životním prostředí, a to jak antropogenního tak přírodního původu.

Dle aktuálně prosazované definice environmentální bezpečnosti je environmentální bezpečnost stav, kdy pravděpodobnost výskytu krizové situace v životním prostředí je ještě přijatelná, nelze do takto řešených krizových situací zahrnout všechny možné mimořádné události, které se mohou obecně vyskytnout na území ČR. V současnosti je tedy akceptováno, že katastrofa (případně živelní katastrofa) je zároveň krizovou situací. Krizový stav přitom může a nemusí být vyhlášen při mimořádné události.

Česká republika v rámci strategických koncepcí a z nich plynoucích úkolů respektuje a implementuje doporučení a požadavky OSN a EU na snižování rizik katastrof, ochranu obyvatelstva, včetně činností vedoucích k udržení environmentální bezpečnosti; podporuje adaptaci na klimatickou změnu a s ní související pravděpodobně čtenější výskyt krizových situací, včetně mitigace jejich dopadů. Nově nastupuje potřeba budování resilience obyvatel, měst a obcí vůči katastrofám, včetně vyšší potřeby oboustranné komunikace o katastrofách mezi odborníky, státní správou a obyvateli.

Mezi hlavní očekávané dopady a rizika KZ pro obyvatelstvo patří zejména:

- Zvýšená četnost, intenzita a rozkolísanost extrémních meteorologických jevů (zejména povodní, dlouhodobého sucha, extrémních teplot, přivalových srážek, svahových nestabilit, větrných bouří, požárů, v budoucnu možná také seismické aktivity).
- Změny klimatu dlouhodobého rázu ve smyslu postupného nárůstu průměrných ročních teplot o 2°C a více, postupné ubývání s nebo změny rozložení srážek.

4.10.1 Úvod a kontext

Varianty mimořádných událostí (MU) v podmínkách ČR, jak je v současnosti uvažuje MV ČR a státní správa s ohledem na ochranu obyvatel a životního prostředí, zahrnují velmi široké spektrum událostí, z nichž v podstatě všechny mohou být počítány mezi primární, sekundární či terciární projevy a dopady klimatické změny nebo jimi mohou být následně či synergicky vyvolány. Mezi mimořádné události se obecně zahrnují:

- Povodně včetně přivalových/bleskových povodní
- Zvláštní povodně (vzniklé narušením vodních děl (hrází rybníků, přehrad apod.)
- Požáry, rozsáhlé přírodní požáry a velkoplošné požáry
- Extrémní vítr, sněhové a námrazové kalamity
- Sesuvy půdy a svahové pohyby
- Rozsáhlé dopravní havárie (hromadné autohavárie, velká železniční a letecká neštěstí)
- Výbuchy plyno-vzdušných směsí
- Výrony nebo úniky nebezpečných škodlivin (např. únik čpavku z chladicího zařízení, únik chlóru z úpravny vody apod.)
- Nebezpečí radioaktivního zamoření po havárii jaderných energetických zařízení, nehody při přepravě radioaktivního materiálu, nesprávné uložení radioaktivního materiálu apod.
- Smogová situace (zdraví ohrožující zhoršení kvality ovzduší).

- Epidemie infekčních onemocnění lidí a epizootie
- Nedostatek vody ve zdrojích
- Nedostatek potravin.

Bezpečnostní strategie ČR považuje za své strategické zájmy „...prevenci a potlačování bezpečnostních hrozeb ovlivňujících bezpečnost ČR a jejích spojenců“, kdy mezi bezpečnostní hrozby řadí mimo jiné i „...pohromy přírodního a antropogenního původu a jiné mimořádné události“. Extrémní projevy počasí a katastrofy antropogenního původu mohou mít kromě ohrožení bezpečnosti, životů a zdraví obyvatel, jejich majetku a životního prostředí dopad také na ekonomiku země, zásobování surovinami, vodou nebo poškození kritické infrastruktury“.

Z dalších strategických dokumentů ČR lze za klíčové pokládat zejména Strategický rámec udržitelného rozvoje České republiky a Státní politiku životního prostředí České republiky.

Koncepce environmentální bezpečnosti ČR 2012-2015 s výhledem do roku 2020 je horizontálně spojena se Strategií přizpůsobení se změně klimatu, dále s Koncepcí vodohospodářské politiky MZe pro období 2011-2015 a s Koncepcí ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030.

Aktualizovaná Státní politika životního prostředí 2012 – 2020 uvádí tematickou oblast Bezpečné prostředí pro obyvatelstvo jako jednu z priorit. Zahrnuje aktivity směřující k předcházení a zmírnění následků antropogenních a přírodních rizik.

4.10.2 Dopady predikovaných scénářů změny klimatu v ČR

Lidské zdraví, kvalita životního prostředí a ekosystémových služeb i výskyt mimořádných událostí (v řadě případů přímo konkrétních extrémních projevů počasí) jsou ovlivněny změnou klimatu, především prostřednictvím změn extrémních teplot a srážek, delších období horkého a suchého počasí (např. vln veder a sucha) a extrémních meteorologických jevů, jako jsou záplavy (Confalonieri, 2007, McMichael, 2003).

Také v podmínkách ČR jsou extrémní projevy počasí primární příčinou nebo alespoň zesilujícím faktorem zásadních nebezpečí přírodního původu. Spolu s charakterem krajiny, často antropogenně podmíněným, se navíc podílí na vzniku fenoménů, jako jsou dlouhodobé sucho (meteorologické, agronomické a hydrologické, i), povodně velkého rozsahu, sesuvy půdy a přírodní požáry, které se pak stávají sekundárními příčinami celé řady krizových situací. Pravděpodobnost vzniku těchto situací se zvyšuje v důsledku změny klimatu (BRS, 2012).

Je prokázáno (IPCC), že intenzita i četnost extrémních projevů počasí v současné době vzrůstá, a i jejich následky jsou stále závažnější. Lze očekávat, že paralelně poroste četnost a intenzita takto vyvolaných krizových situací. Zvýšení frekvence výskytu extrémních klimatických jevů v budoucím období předpokládá i zvláštní zpráva Mezivládního panelu pro změny klimatu (IPCC/SREX, 2012), podle níž je k přípravě a provedení účinných kroků ve vztahu k extrémním jevům třeba využít zkušenosti s managementem rizik katastrof a adaptací na klimatickou změnu.

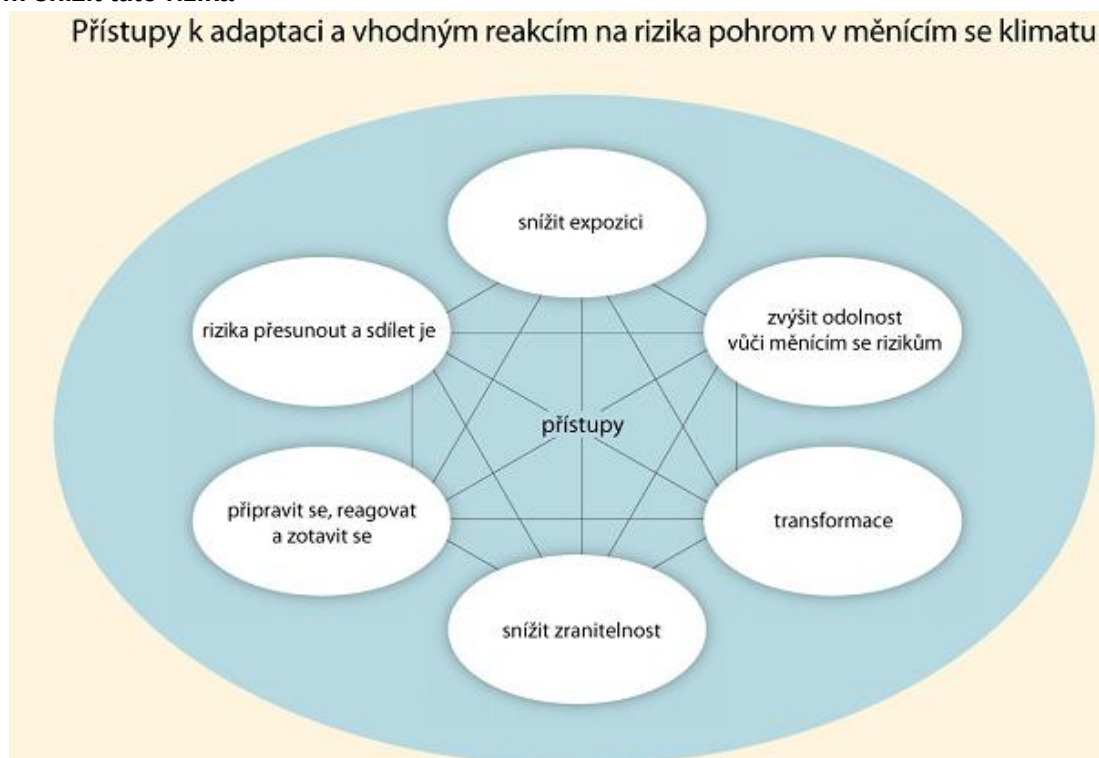
Připravenost a včasná reakce na předpokládané projevy změny klimatu a předcházení souvisejícím škodám, patří k prioritním tématům environmentální politiky EU.

Mezi jednotlivými primárními i sekundárními meteorologicky podmíněnými přírodními zdroji rizik existuje celá řada dílčích interakcí a jejich účinky jsou také velmi úzce provázány a často působí synergicky v podobě tzv. multihazardu. Je proto nutné tato nebezpečí vnímat ve vzájemných souvislostech a v tomto kontextu hledat také možná řešení pro zmírnění jejich dopadů.

Primární příčiny vzniku nebezpečí meteorologického původu, tj. charakter počasí nelze ovlivnit. Je však možné nebezpečné jevy monitorovat a na základě vhodných indikátorů je s určitým předstihem předpovídat a aktivně jim čelit. Skladba nástrojů pro minimalizaci dopadů nebezpečí přírodního původu zahrnuje kromě preventivních opatření i systém včasného varování a předpovědní a výstražnou službu.

Preventivní opatření však mohou být realizována pouze ve smyslu připravenosti na projevy přírodních rizik a zahrnují prostředky jako je management vody v krajině, stavební předpisy, územní plánování, řízené adaptační procesy a dodržování principů udržitelnosti. Prevence ve smyslu normy ISO 31 000 (management rizik) je činnost vedoucí k tomu, aby nežádoucí událost nenastala. I v případě vhodně nastavených preventivních opatření však nelze všechna rizika odvrátit a proto je nezbytné se více věnovat připravenosti krizové situace. Konkrétní postupy pro řešení krizových situací jsou v souladu se zákonem č. 240/2000 Sb., krizový zákon, ve znění pozdějších předpisů, uvedeny v krizových a v typových plánech, ze kterých jsou dále zpracovávány typové činnosti na regionální úrovni. Patříčné reakce na rizika vzniku katastrof a adaptace na změnu klimatu se zaměřují na snížení expozice a zranitelnosti a na zvýšení resilience vůči možným nepříznivým dopadům klimatických extrémů, i když nemohou tato nebezpečí zcela odstranit. Toto ilustruje obrázek 84.

Obrázek 84 Přístupy k adaptaci a k managementu rizik pohrom v podmínkách měnícího se klimatu s cílem snížit tato rizika



Zdroj: (IPCC/SREX, 2012; Hollan, 2012)

Zpráva (IPCC/SREX, 2012) hodnotí celou řadu doplňujících se přístupů k adaptaci a managementu rizik katastrof, které mohou snížit rizika klimatických extrémů a pohrom a zvýšit odolnost vůči zbývajícím rizikům tak, jak se v průběhu času mění. Tyto přístupy se mohou překrývat a mohou být užívány současně.

Expozice a zranitelnost jsou klíčové faktory, které ovlivňují rizika vzniku katastrof a dopadů toho, když se riziko uskuteční. Například tropické cyklóny mají velmi různí se důsledky v závislosti na tom, kde a kdy vstoupí na pevninu. Podobně vlna veder může mít velmi rozdílné dopady na různé populace v závislosti na jejich zranitelnosti. Z jednotlivých extrémních povětrnostních a klimatických událostí mohou vyplývat extrémní dopady na lidské, ekologické nebo fyzické systémy. Extrémní dopady mohou z událostí, které extrémní nejsou, je-li expozice i zranitelnost vysoká nebo jde-li o sérii událostí či jejich důsledků. Například, sucho v kombinaci s extrémními vedry a nízkou vlhkostí může zvýšit riziko vzniku požáru. (Hollan, 2012)

Extrémní i jiné povětrnostní nebo klimatické události ovlivňují zranitelnost budoucími extrémními událostmi tím, že mění resilience, schopnost patřičné reakce a schopnost adaptace.

Zejména kumulativní účinky katastrof na místní a regionální úrovni mohou výrazně ovlivnit možnosti obživy, zdroje a kapacity společnosti a komunit připravit se a reagovat na budoucí katastrofy. Mění se klima vede ke změnám ve frekvenci, intenzitě, prostorovém rozsahu, trvání a načasování extrémního počasí a klimatických jevů, a může mít za následek bezprecedentně extrémní povětrnostní a klimatické události. Změny v extrémech mohou vyplývat ze změn střední hodnoty, šířky rozdělení pravděpodobnosti nebo jejího tvaru, nebo z kombinace těchto změn (viz obrázek 85). Některé klimatické extrémy (např. sucha) mohou být důsledkem nahromadění povětrnostních nebo podnebních událostí, které nejsou extrémní, posuzují-li se samostatně. Mnoho extrémů počasí je i nadále výsledkem přírodní klimatické variability. Přirozená proměnlivost bude důležitým faktorem při utváření budoucích extrémů, přidávající se ke vlivu antropogenních změn klimatu. (Hollan, 2012)

Kriticky mohou mimořádnými událostmi být ohroženy jak jednotlivé složky ŽP, tak celé ekosystémy, které v dlouhodobém měřítku nejsou vždy odpovídajícím způsobem nahraditelné technologickým pokrokem. Bezpečnost ekosystémů a jejich základních funkcí (tj. poskytování ekosystémových služeb) je rovněž jednou z hlavních bezpečnostních otázek dlouhodobého udržení kvality lidského života. Závažné poškození životního prostředí může představovat ve svém důsledku ohrožení základních funkcí státu.

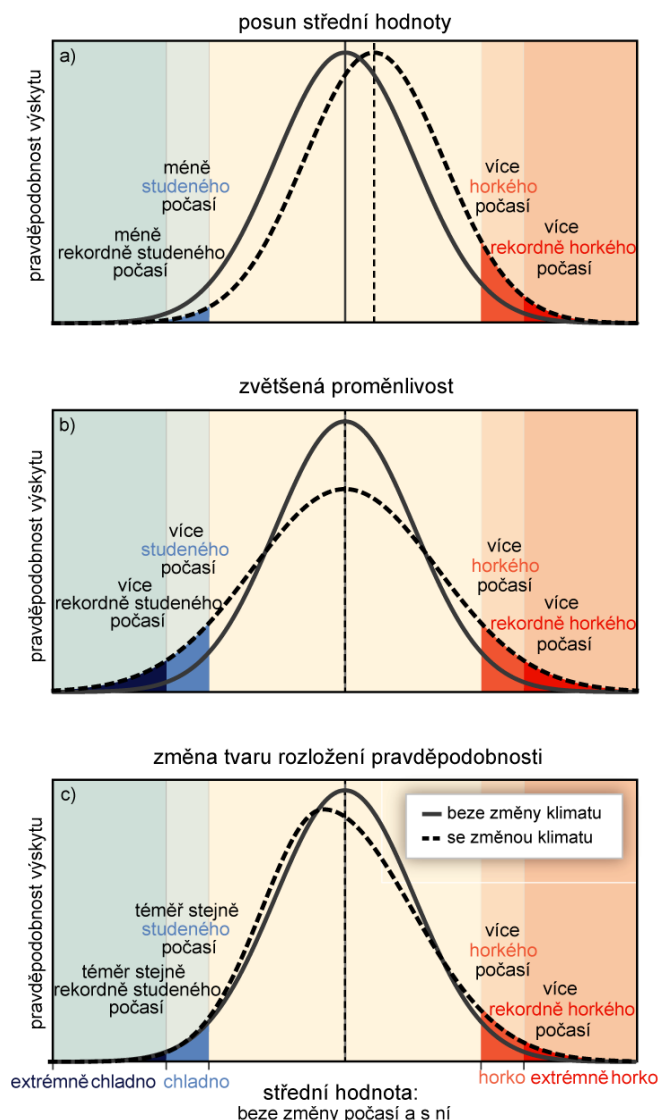
Možné ohrožení bezpečnosti ekosystémů má dva časové horizonty. Jde o dlouhodobé a krátkodobé aspekty, které představují různé typy krizových situací. Některé živelní katastrofy vyvolané extrémním průběhem počasí probíhají velmi rychle a intenzivně (např. přívalové srážky), jiné se mohou rozvíjet velmi dlouho a postupně (např. dlouhodobé sucho, dlouhodobé inverzní situace).

Lidská činnost ve stále rostoucí míře ovlivňuje autoregulační kapacitu ekosystémů, a tím snižuje jejich schopnost se vypořádat s dalšími změnami životního prostředí jak přírodního, tak antropogenního původu. Katastrofy přírodního původu vznikají obvykle mimo lidskou kontrolu, přesto v mnoha případech může člověk ovlivnit jejich průběh, ať už pozitivně dlouhodobou systematickou přípravou a plánováním, nebo naopak jejich podcenění může přispívat k negativním důsledkům.

Ukazuje se, že krizové situace a mimořádné události v ŽP člověka nemusejí vznikat pouze v důsledku jednotlivých nepříznivých jevů a událostí, ale také jejich kombinacemi. Kombinace nebezpečí mohou být dvojího typu-při jednom z nich dochází ke zřetězení událostí tak, že jedna (nebo více) počáteční vede k umožnění vzniku další nežádoucí události rozdílné typem od počáteční, ve druhém případě pak kombinace vede k eskalaci již existující mimořádné události. (BRS, 2012)

Ze známých událostí je zřejmé, že při krizových situacích může docházet k synergickým jevům a domino efektům. Situace může být i jiného druhu, a to v případě, že průběh kombinované události bude výrazně ovlivněn jinou událostí, která není přímo vyvolávána původním dějem, ale která může jeho účinek zesílit nebo naopak zeslabit. Zvláštním případem kombinovaných krizových rizik jsou hrozby událostí typu „NATECH“ (Natural hazards triggering technological disasters (OECD, 2013), kdy katastrofy přírodního původu mohou spouštět havárie technologií, sítí a selhání infrastruktury.

Obrázek 85 Vliv změn v rozložení teplot na extrémny



Zdroj: (Hollan, 2012)

Různé změny teplotního rozložení mezi současným a budoucím klimatem a jejich vliv na extrémní hodnoty rozdělení: Účinky jednoduchého posunu celého rozložení k teplejšímu podnebí, (b) vliv zvýšení teplotní variability beze změny střední hodnoty, (c) účinky změněného tvaru rozložení, v tomto případě asymetricky směrem k teplejší části rozložení.

Druhou možností interakce je současný výskyt několika rizik, která vznikla na sobě nezávisle (nejsou vzájemně indukována). Jejich kombinace však vede ke zhoršení účinků nejméně jednoho z nich. Příkladem tohoto typu událostí jsou smogové situace, kdy dochází ke kombinaci kontaminace ovzduší primárně vyvolané lidskými aktivitami s vývojem smogové situace podporovaným meteorologickými podmínkami.

Cílem adaptace na změnu klimatu je včasné snížení zranitelnosti systémů (přirozených i socioekonomických) a zvýšení jejich odolnosti vůči přímým i nepřímým dopadům klimatické změny, aniž by byla ohrožena kvalita životního prostředí, bezpečnost obyvatel a ekonomický a společenský potenciál rozvoje společnosti.

Ve vazbě na mezinárodní východiska je zde vhodné také zmínit, že problematikou snižování rizika vzniku katastrof se dlouhodobě zabývá OSN v rámci Mezinárodní strategie pro snižování rizika katastrof. V roce 2015 byly přijaty nové řídicí dokumenty na následující patnáctileté období - Politická deklarace ze Sendai

a Rámec pro snižování rizika katastrof ze Sendai 2015–2030 (UNISDR, 2015). Politická deklarace byla přijata s cílem naplňovat ustanovení rámcového dokumentu. Představitelé států OSN se jí zavázali k uskutečňování Rámce ze Sendai a k vytváření partnerství pro jeho naplnění.

Rámec ze Sendai zahrnuje následující globální cíle pro snižování rizika katastrof, mezi které patří (UNISDR, 2015):

- výrazné globální snížení úmrtnosti obyvatel v důsledku katastrof do roku 2030 tak, aby průměrná úmrtnost na 100 000 obyvatel byla nižší než v období 2005–2015,
- výrazné globální snížení počtu postižených katastrofami (kategorie postižených osob budou vypracovány následně v rámci OSN),
- snížení ekonomických ztrát ve vztahu ke globálnímu domácímu produktu do roku 2030,
- výrazné snížení škod na kritické infrastruktuře včetně zdravotnických služeb a na vzdělávacích zařízeních zvyšováním jejich resilience do roku 2030,
- výrazné zvýšení počtu zemí, které budou mít vypracovány strategie snižování rizik na místní a národní úrovni,
- výrazně zvýšit mezinárodní spolupráci s rozvojovými zeměmi prostřednictvím udržitelné podpory jejich národních aktivit pro implementaci Rámce ze Sendai do roku 2030,
- výrazně zvýšit dostupnost a přístup k systémům včasného varování a informacím o rizicích katastrof občanům do roku 2030.

Hlavním úkolem pro dosažení environmentální bezpečnosti, včetně snižování rizika vzniku katastrof, je dopracování systému konkrétních legislativních, technických, institucionálních a informačních opatření. Důraz je kladen především na vzájemně provázaný systém preventivních, mitigačních a adaptačních opatření, která jsou v synergii neúčinnější a ekonomicky nejefektivnější. (BRS. KEB, 2012). Tato opatření jsou také v rámci letošní aktualizace Koncepce environmentální bezpečnosti, a to pro období 2016 – 2020, s výhledem do roku 2030, zpracovány do formy řady měřitelných cílů, s určením gescí, spoluodpovědností a termínů.

Všechny extrémní meteorologické jevy ohrožují majetek, zdraví a životy obyvatel, složky životního prostředí i prvky kritické infrastruktury. Projevy, jako extrémní teploty vzduchu, extrémní srážky (déšť, sněžení, námraza) a extrémní vítr, jsou spolehlivě zmapovány z pohledu doby a místa výskytu a jejich intenzity a dopadů od druhé poloviny 20. století. Na základě emisních scénářů změny klimatu a globálních i regionálních klimatických modelů jsou vytvářeny pravděpodobné datové řady mimo jiné k odhadu vývoje extrémních meteorologických jevů do konce 21. století. S využitím historických i predikovaných údajů je možné specifikovat nejzranitelnější oblasti. (BRS, 2012)

4.10.3 Stanovení indikátorů

4.10.3.1 Indokátory klimatické

Z klimatických indikátorů, jež jsou zpracovány v samostatné kapitole (4.11), mají na danou prioritní oblast významnější vazbu tyto:

- Počet tropických dnů
- Délka a četnost vln veder
- Délka období sucha
- Počet dnů se srážkami nad 20 mm
- Počet lesních požárů

4.10.3.2 Indikátory dopadové

Oblasti dopadů, podle kterých se hodnotí závažnost dopadů klimatické změny, lze z principu rozdělit na:

- 1) Životy a zdraví lidí – počet mrtvých nebo počet zraněných při mimořádných událostech spojených s extrémními hydro-meteorologickými jevy, nebo jinými jevy spojenými s klimatickou změnou. (Počítat zvýšení oproti současnému stavu).
- 2) Počet lidí ovlivněných negativními dopady mimořádných událostí, spojenými se změnou klimatu. Počítá se především počet evakuovaných lidí, počet lidí s omezenými službami (výpadek energií, zásobování, dopravy) a počet lidí, kteří přišli o svoje obydlí v důsledku MU.
- 3) Ekonomické škody – vyjádřené jako kombinace škod na majetku a infrastruktuře a škody vzniklé neschopností vyrábět nebo poskytovat služby v případě vzniku katastrof.

Nezávisle na Rámci ze Sendai pro snižování rizika katastrof (UNISDR, 2015) by mohl být navržen následující indikátor:

- Počet pojistných událostí (dle možností včetně vyčíslení škod v Kč,-), vzniklých a nahlášených obyvateli v důsledku katastrof přírodního původu, indukovaných či vzniklých jako projevy klimatické změny. (Dle dat od pojišťoven a zajišťoven).

Vzhledem k aktuálně obtížnějšímu vyčíslování výše navržených indikátorů jsou navrženy více specifické indikátory, založené na dostupných datech MV (GR, HZS ČR):

- **Počet zásahů složek integrovaného záchranného systému při mimořádných událostech způsobených přírodními vlivy.** Počet zásahů pravděpodobně nebude reprezentativním indikátorem u některých typů krizových situací, jako je např. dlouhodobé sucho nebo dlouhodobá inverzní situace. Dlouhodobé sucho je možné indikovat následujícím indikátorem (v rámci počtu vyhlášených krizových stavů). Typový plán dlouhodobé inverzní situace bude v průběhu roku 2016 pravděpodobně zrušen a nadále budou sledovány např. průměrné počty dní se smogovou situací pro PM₁₀ v rámci působnosti MŽP a činnosti ČHMÚ. Takto už v současnosti jsou vykazovány pro přílohu krizového plánu MŽP údaje na základě vyhlášených událostí v sezóně 2013/2014 – 2014/2015 a zpětné analýzy pro sezóny 2004/X-2005/III – 2012/X-2013/III podle zákona č. 201/2012 Sb. a Věštníku MŽP 2012/9. V rámci dosud platného typového plánu Dlouhodobé inverzní situace je proveden odhad možného výskytu těchto situací na základě hodnocení dlouhodobého režimu rozptylových podmínek.
- **Počet vyhlášených krizových stavů vyhlášených následkem mimořádné události nebo situace spojené s dopady klimatické změny**

Základní informace souvisejícími s těmito indikátory jsou uvedeny již v rámci kapitoly 4.8.

4.10.4 Vyhodnocení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu, identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR

4.10.4.1 Vyhodnocení zranitelnosti pomocí indikátorů

Pro hodnocení dopadů na zdraví a životy obyvatel (případně na úroveň ochrany obyvatelstva) na území ČR, je možno navrhnout a využít metodiku, založenou na expertním zhodnocení tří faktorů – dopadů KZ, připravenosti obyvatel a služeb IZS a pravděpodobnosti dané hrozby (otázkou je, zda hodnotit pro každou hrozbu zvlášť – např. dle typů extrémních událostí.). Hodnocení slouží pouze k prioritizaci hrozeb, tj. výsledky jsou relativní.

Tato analýza se pak provádí následovně:

- a) Zhodnocení dopadů – na škále 1-5 – záleží na typu hrozby, ale je kombinací obecné závažnosti přiřazené každé hrozbě a ploše území, které je hrozbou ohroženo. Obecná závažnost byla stanovena expertním odhadem a velikost zasaženého území je zjišťována specificky k hrozbě (povodňové plány, mapy sesuvů).
- b) Zhodnocení zranitelnosti – opět stupnice 1-5, podle existence opatření ve třech oblastech:
 - Varování – existence systému včasného varování, existence analýzy hrozby, povědomí lidí
 - Prevence – existence preventivních opatření vztažených přímo k hrozbě
 - Připravenost – havarijní a krizové plány, informovanost obyvatel, záložní zdroje
- c) Zhodnocení pravděpodobnosti – na škále 1 -3, s ohledem na to, jaká je pravděpodobnost, že se frekvence nebo intenzita dané hrozby bude zvyšovat.

Pro účely této studie, se zobecněním na území celé ČR je možno konstatovat, že zranitelné cíle – tj. v rámci POZ zejména zdraví a životy občanů a obyvatel (a jejich majetek), budou v důsledku předpokládaného nárůstu četnosti výskytu mimořádných událostí v důsledku klimatické změny postupně ohrožovány častěji, s rostoucí intenzitou a rovnoměrně na celém území státu. Více budou zřejmě ohroženy obecně méně resilientní komunity ve městech, než na venkově. Vzhledem ke globálním rozměrům klimatické změny a relativně malé rozloze ČR není pro potřeby této studie relevantní specifikovat zranitelnost podrobněji.

4.10.4.2 Předpokládaný časový trend indikátoru

Lze předpokládat kolísavý až mírný nárůst počtu mimořádných událostí do roku 2100. Pokud budou postupně uplatňována navrhovaná adaptační opatření, mělo by být možné udržet počet obětí a finanční škody z těchto mimořádných událostí na stejné úrovni, nebo je dokonce snížit (ovšem ne v takové míře, jak si to klade za cíl Rámec ze Sendai pro snižování rizika katastrof (UNISDR, 2015). ČR má vypracovaný a zavedený systém krizového řízení, včetně systémů včasného varování, takže v dalším období se zaměří na další rozvoj.

Obecně platí trend, že v rozvojových zemích stoupají následkem zvyšování počtu mimořádných událostí spojených s klimatem počty mrtvých, zatímco v rozvinutých zemích se zvyšují ztráty finanční. Částečně je to způsobené tím, že v rozvinutých zemích se zvyšuje bohatství a majetek, který může být zasažen a v rozvojových zemích počet lidí obecně.

4.10.4.3 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

Zhodnocení v případech MU je založeno nejen na základě již proběhlých událostí (počet zásahů ze statistické ročenky MV GR HZS 2014 a předchozích), ale také na základě zhodnocení existujících analýz rizika a map nebezpečí, které jsou k dispozici pro jednotlivé hrozby a mimořádné události.

Povodně velkého rozsahu:

Kontinuální monitoring stavu na vodních tocích, včetně výstrah - <http://hydro.chmi.cz/hpps/>, Hlásná a předpovědní povodňová služba. Následný systém řízení krizových situací je v legislativě dobře nastaven, otestován a funkční). Existují požadavky na zlepšení kvality monitorovací sítě na vodních tocích (nové technologie čidel – ČHMÚ, umožňující kvalitnější měření).

Dle platného Typového plánu č. 2 Povodně velkého rozsahu, jsou hlavními ohroženými regiony dle typu povodní:

Letní povodně způsobené dlouhotrvajícími regionálními dešti, nebo krátkodobými srážkami velké intenzity (často i přes 100 mm za několik málo hodin) zasahující poměrně malá území vyvolávají vznik povodní velkého rozsahu na regionální úrovni. Vyskytují se zpravidla na všech tocích v zasaženém území, obvykle s výraznými důsledky na středních a větších tocích (např. na povodí Berounky, Vltavy a Labe, Odry, Moravy, Dyje).

Bouřkové povodně v letním období způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity, zasahující poměrně malá území. Mohou se vyskytovat kdekoli na malých vodních tocích, katastrofální důsledky mají zejména na sklonitých vějířovitých povodích (např. Stěnova, horní Metuje, Jílovský potok, Dřevnice, Vsetínská Bečva, Divoká Orlice, horní Jizera, Malše, Vydra, Bělá).

Zimní a jarní povodně způsobené táním sněhové pokrývky, zejména v kombinaci s vydatnými dešťovými srážkami se nejvíce vyskytují na podhorských tocích a dále i v nížinných úsecích velkých toků (např. na horním a středním povodí Labe, povodí Ohře, horním povodí Morava, povodí Jizery a Divoké Orlice). Tání významná pro vznik povodní velkého rozsahu mohou nastat prakticky od prosince až do dubna. Ve sněhově bohatém roce je na celém území ve sněhu akumulováno přibližně 5 mld. m³ vody. Výška sněhové pokrývky v průměru dosahuje v nížinách 10 – 20 cm, ve středních polohách 40 – 60 cm, na horách přes 100 cm. Období tání sněhové pokrývky není pravidelné.

Povodně způsobené ledovými jevy i při relativně menších průtocích se vyskytují v úsecích toku náchylných ke vzniku ledových nápěchů a ledových zácp (např. ledové jevy na vodních tocích Berounka, Cidlina, Ohře, Sázava, Divoká Orlice).

Pro vznik povodní v ČR jsou v naprosté většině případů rozhodující hydrologické příčinné jevy na území republiky. Povodně přicházející ze zahraničí mohou připadat v úvahu pouze na Ohři (přítok do nádrže Skalka), na Lužnici (přítok do třeboňské rybníční soustavy) a na Dyji (přítok do nádrže Vranov).

Jsou vypracovány funkční Povodňové plány a mapy záplavových území, včetně vyhodnocení historických povodní. Pro potřeby krizového řízení je využívána Databáze zdrojů rizik, která zahrnuje zdroje rizik antropogenního původu a přírodní nebezpečí v GIS.

Dlouhodobá inverzní situace:

Monitoring ČHMÚ v rámci všech krajů ČR je funkční a dlouhodobě prověřen. Existuje tzv. Smogový varovný a regulační systém (SVRS - ČHMÚ). Zatím ještě existuje Typový plán č. 1 Dlouhodobá inverzní situace.

Řešitelům (týmu VŠB-TUO) dostupná data ze systému SVRS jsou v režimu Zvláštních skutečností dle Krizového zákona, nicméně pracovníci MŽP je mají dostupné jako přílohu Krizového plánu MŽP (Databáze zdrojů rizik – tištěná a elektronická podoba).

Dle těchto informací lze konstatovat, že nejméně jeden stav smogové situace byl v posledních cca 10-15 letech vyhlášen v každém kraji ČR, nejčastěji pak v Ostravském a Středočeském kraji, dále pak v Libereckém a Ústeckém kraji, včetně aglomerace Brna a Prahy.

Dlouhodobé období sucha:

Stav sucha na vodních tocích veřejnosti indikován v rámci služby ČHMÚ „Kontinuální monitoring stavu na vodních tocích, včetně výstrah - <http://hydro.chmi.cz/hpps/>, Hlásná a předpovědní povodňová služba“. Následný systém řízení tohoto typu krizových situací není v legislativě v podstatě vůbec nastaven. Oficiálně potvrzená opatření a postupy neexistují, připravuje se Typový plán „sucho“. Na řešení neutěšeného stavu této hrozby bylo v posledních letech vysáno několik projektů, s výsledky s různou mírou kvality výstupů. Řešení problému pokračuje, výsledků pro skutečné řízení této krize zatím příliš není). Existuje Typový plán č. 16 - Narušení dodávek pitné vody.

Tyto informace o suchu jsou navíc ČHMÚ provizorně doplňovány dle potřeby například mapou míry ohrožení půdním suchem (ve vrstvě 0 – 100 cm):

Z podkladů lze usuzovat, že dlouhodobým suchem jsou a mohou být do budoucna zejména ohrožovány zejména kraje Jihomoravský, Olomoucký a hlavní město Praha. Zčásti pak Zlínský kraj, Severomoravský kraj, Vysočina, Pardubický kraj, Královéhradecký kraj, Středočeský kraj, Plzeňský i Ústecký kraj.

Extrémní meteorologické jevy - bouře, větrné smrště, ledovky, kroupy:

Aktuální data viz <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/zpravy/index.html>, systém je nastaven také na vydávání varování před požáry, povodněmi a teplotami. Varování vydáváno ČHMÚ dle předpovědi pro všechny kraje a okresy ČR. Těmito hrozbami jsou v důsledku výkyvů počasí ohroženy všechny kraje ČR bez rozdílu.

Extrémní teploty – po celém území (ve vyšších polohách a v inverzních kotlinách významnější dopad).

Vlny veder – hrozí aktuálně i v budoucnu rovnoměrně pro celé území, větší zranitelnost lze předpokládat ve velkých městech (místa s větším podílem a hustotou populace).

Extrémně silný vítr – rovnoměrně po celém území, větší nebezpečí ve vyšších polohách.

Ledové jevy (námrazové jevy) – hrozí aktuálně i v budoucnu rovnoměrně pro celé území.

Přírodní požáry (zdroj: statistická ročenka 2014 (MV GŘ HZS, 2014):

Existuje TP 03 - Jiné živelní pohromy velkého rozsahu, pokrývající v jedné z částí Lesní požáry. V rámci výstražné služby ČHMÚ je možno dohledat aktuální výstrahy na lesní požáry, ve všech krajích ČR, nicméně tato výstraha údajně dle expertů z ČHMÚ (slovní sdělení) aktuálně nic nevypovídá o skutečném stavu vlhkosti, vláhy v lesích na území ČR. Zde je v budoucnu prostor pro zlepšení

Například 23. 7. 2015 ČHMÚ vydalo výstrahu před nebezpečím vzniku požárů platnou pro většinu území ČR (kromě severozápadu Čech - Liberecký, Ústecký a Karlovarský kraj).

- Hrozí aktuálně i v budoucnu rovnoměrně pro celé území.

Svahové nestability:

Informace o svahových nestabilitách jsou k nahlédnutí veřejně - on-line na internetovém portálu České geologické služby <http://www.geology.cz/svahovenestability>, http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/ . Na tomto portálu jsou údaje průběžně aktualizovány a doplňovány, také v závislosti na výskytu extrémních meteorologických jevů (extrémních srážkách, povodních velkého rozsahu apod.).

Z údajů vyplývá, že nejvíce ohroženy svahovými nestabilitami jsou zejména kraj Ústecký, Zlínský, v menší míře pak kraj Moravskoslezský Středočeský, Liberecký, Olomoucký. Lokální sesuvy lze nalézt také v dalších krajích.

4.10.5 Souhrn – What if analýza**Tabulka 55 Mimořádné události – souhrnná „what if“ analýza**

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavxZranit
1 až 14	dojde ke zvýšené četnosti výskytu mimořádných událostí hydrometeorologického původu v důsledku klimatické změny?	Za normálního vývoje civilizace, bez výskytu tzv. existencionálních rizik (typu: globální jaderná válka, globální epidemie nemocí, pandemie apod.)	Obecně dojde ke zvýšenému vzniku a výskytu krizových situací ve střední Evropě, včetně území ČR. Oproti současnosti může být více ohroženo zdraví a životy obyvatel, mohou vznikat vyšší škody na majetku, infrastrukturu a do jisté míry mohou být také omezeny ekosystémové služby složek ŽP.	3	4	4	48
3, 4, 15.4	dojde ke zvýšení intenzity i četnosti extrémních meteorologických jevů	za normálního stavu společnosti a ekosystémů	Extrémní teploty, srážky a extrémně silný vítr (vichřice) ohrozí přímo či nepřímo životy a zdraví obyvatel, jejich majetek a infrastrukturu	5	4	3	60
7, 13, 15.1 15.4 15.5 15.6	ke zvýšení intenzity i četnosti extrémních meteorologických jevů	za normálního stavu společnosti a ekosystémů	Může dojít primárně k četnějšímu výskytu intenzivnějších a větší území postihujících povodní, svahových nestabilit / a sekundárně k ohrožení zdraví a životů obyvatel, jejich majetku a infrastruktury.	4	4	4	64
6, 7, 8, 10, 12, 14, 15.3, 15.5	dojde ke změně rozložení a četnosti srážek	za normálního stavu společnosti a ekosystémů	Četnější výskyt intenzivnějších a větší území postihujících období dlouhodobého sucha (nedostatek vody ve zdrojích, omezení zásob podzemních vod), četnější výskyt lesních a jiných požárů / sekundárně ohrožení zdraví a životů obyvatel, zemědělských plodin i zvířat	4	5	3	60
1 až 15	v oblastech výrazněji postižených dopady klimatické změny, než ČR, dojde následkem KZ k výraznému až kritickému omezení ekosystémových služeb (snížení schopnosti území uživit obyvatelstvo)	za normálního až mimořádného stavu společnosti a ekosystémů	Dojde k migraci z oblastí, které jsou a budou měnícím se klimatem postiženy daleko závažněji, než oblast střední Evropy.	3	2	2	12

IHP	What if ...? Co se stane, když ...?	... za uvažovaného stavu systému/oblasti	Předpokládané negativní dopady/rizika	Pravděpodobnost scénáře	Závažnost	Zranitelnost systému	Subjektivní riziko
Ident. hl. projev	otázka	zpřesnění otázky	akutní i chronické	(1-nejnižší, 5-nejvyšší)			=PravxZavxZranit
1, 2, 3, 4, 12, 15.5	dojde k dlouhodobému zvýšení průměrných ročních teplot, včetně maxim	za normálního stavu společnosti a ekosystémů	Vznik rozsáhlých lesních požárů, které zejména v urbanizované krajině zvyšují rizika škod na majetku a ohrožení lidského zdraví a života.	5	3	2	30

4.10.6 Analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie**4.10.6.1 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření****Tabulka 56 Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí – analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie na změnu klimatu**

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
Riziko zvýšené četnosti výskytu mimořádných událostí (MU) v důsledku klimatické změny	Obecná deklarace: „Ve středu zájmu je zmírnit nebo zabránit ohrožení lidského života, zdraví, životního prostředí a velkým škodám na majetku“. Existence systému včasné predikce, varování a vyzoomnění ohrožených obyvatel a jeho další rozvoj. Dovybavení složek IZS pro řešení MU, další opatření v oblasti připravenosti orgánů krizového řízení a zvyšování resilience kritické infrastruktury.	Tato politická deklarace dává dobrý základ dalším opatřením. Podpora činnosti a vybavení ČHMÚ. Návrh a přijetí zákona o hydrometeorologické službě. Budování resilientních měst a obcí vůči jim hrozícím hrozbám. Podpora systému oboustranné komunikace: stát (záchranné služby), samospráva VS obyvatelstvo, místní akční skupiny (MAS), apod. „dovybavení složek IZS“ nebude pravděpodobně stačit (přestože je to také důležitou součástí mitigace katastrof a MU). Moderní země od výše popsaného přístupu do jisté míry již ustoupily, respektive jej doplnily o budování resilience a adaptace občanů, měst a obcí na hrozící MU.
Riziko zvýšení intenzity i četnosti extrémních meteorologických jevů (extrémní teploty, srážky, vítr) a dlouhodobého sucha (nedostatek vody ve zdrojích, omezení zásob podzemních vod), povodní velkého rozsahu, sesuvů půdy (v důsledku extrémních srážek) a rozsáhlých lesních požárů.	Ochranou obyvatel je myšlena minimalizace negativních dopadů možných mimořádných událostí a krizových situací na zdraví a životy lidí a jejich majetek. Pokud bude v budoucnu docházet k větší frekvenci katastrof vyvolaných změnou klimatu, bude to představovat zvýšené nároky na civilní ochranu, zejména na zdroje, krizový a záchranný management, v širším kontextu pak na veřejnou správu.	Budování měkké resilience obyvatel (schopnost včasné a správné reakce, vize: sebeochrany schopný, připravený a komunikující občan). Je potřeba u obyvatel (s jejich přispěním a pomocí) vybudovat schopnosti adaptace, sebeochrany v případech akutních i delší dobu trvajících MU, než IZS poskytne případně pomoc.
Ohrožení environmentální bezpečnosti v ČR	Aktivity v této oblasti jsou zaměřeny na formulaci mitigačních, adaptačních a opatření ke zmírnění následků katastrof přírodního původu vyvolaných změnami klimatu na zdraví člověka, ŽP a majetek.	Zlepšování governance rizik na úrovni státní správy a samosprávy. Zapojení správních orgánů měst a obcí do komunikace jim aktuálně hrozících rizik (potenciálně se zvyšujících postupem času v tomto a dalším století, také v důsledku klimatické změny). Výše uvedené je v AS ošetřeno pouze větou: „Základním prvkem systému ochrany obyvatelstva musí být informovaný a sebevzdělaný občan, který bude umět správně reagovat na přijímaná opatření, chránit sebe a poskytovat pomoc ostatním osobám.“
Z mezinárodního hlediska lze předpokládat zvýšený tlak na migraci z oblastí,	To se týká především oblastí postižených nedostatkem vody, dlouhodobým suchem, nižší úrodou,	Adaptace na proces migrace s jeho riziky (hrozba šíření členů extrémistických a teroristických skupin, zbraní apod.), i

Hlavní identifikovaná rizika	Porovnání rizik s opatřeními dle Adaptační strategie	Návrh na doplnění dalších opatření
kteřé budou měnícím se klimatem postiženy daleko závažněji než oblast střední Evropy.	případně dalšími meteorologickými extrémy. Z hlediska zahraniční a bezpečnosti politiky ČR by i tyto potenciální vlivy měly být zohledněny a dále rozpracovány.	příležitostmi (doplnění nepříznivé populační pyramidy ČR zespoda, příliv nové inteligence, kultury, ...). Naučit se migraci vnímat jako proces prostupující dějinami, napomáhající pokroku a rozvoji.
Dlouhodobé zvýšení teplot může podporovat vznik rozsáhlých lesních požárů, které zejména v urbanizované krajině zvyšují rizika škod na majetku a ohrožení lidského zdraví a života.	Na šíření lesních požárů mají značný vliv klimatické podmínky - při dlouhodobém suchu se požár šíří rychleji, to platí i pro jeho šíření podporované větrem. Hašení lesních požárů je náročné především na velký objem spotřebované požární vody, techniku schopnou zdolat terén, překonávání výškového rozdílu čerpadly a množství lidských zdrojů. Existence systému včasné predikce, varování a vyzoomění ohrožených obyvatel a jeho další rozvoj. Dovybavení složek IZS pro řešení MU, další opatření v oblasti připravenosti orgánů krizového řízení a zvyšování resilience kritické infrastruktury.	Do roku 2015 byl Ministerstvem vnitra podpořen projekt Bezpečnostního výzkumu, zaměřený na vývoj nového vysokokapacitního modulu čerpání za mimořádných situací (poskytující lepší operabilitu a podporu jednotkám HZS jak při hašení lesních požárů, tak požárů průmyslových areálů, včetně odčerpávání vody ze zaplavených oblastí. HZS ČR již disponuje několika podobnými agregáty, využitelnými dle požadavku Evropské komise jako tzv. „opěrné body“ při řešení MU). Lze předpokládat platnost na další dovybavení jednotek IZS. K adaptaci a mitigaci tohoto rizika lze podporovat i opatření, navrhovaná u výše v tabulce popsanych rizik.

4.10.6.2 Návrhy na doplnění adaptačních opatření

Na základě Rámce ze Sendai pro snižování rizika katastrof (UNISDR, 2015), navrhujeme v rámci dalších investic do adaptace a ochrany obyvatelstva před mimořádnými událostmi, podpořit prostřednictvím projektů či veřejných zakázek, zejména:

- Budování (měkké) resilience obyvatel (včasné a správné reakce schopný, připravený a komunikující občan). Zaměřit na adaptaci a na schopnost sebeochrany v případě MU v prvních cca 10 až 20 minutách, než IZS poskytne případně pomoc.
- Budování resilientních měst a obcí vůči jim hrozícím hrozbám, plynoucím ze změny klimatu v kombinaci s geografickou a geomorfologickou polohou, atd.
- Zapojení správních orgánů měst a obcí do komunikace jim aktuálně hrozících rizik (potenciálně se zvyšujících postupem času v tomto a dalším století, také v důsledku klimatické změny). Tvorba nových nástrojů pro komunikaci rizik.
- Konkrétní měřitelné cíle v duchu výše uvedeného přinese rovněž aktualizace Koncepce environmentální bezpečnosti, a to pro období 2016 – 2020, s výhledem do 2030 (v přípravě, měla by být schválena do konce roku 2015).

Do budoucna bude zřejmě také potřeba implementovat v ČR více teorii a termín „multi-hazards“ a jejich možný dopad na zdraví a životy obyvatel a poškození ŽP (tzv. „ekosystémových služeb“ životního prostředí ve vztahu k člověku, včetně jejich monitoringu a hlášení v území; přestože text Adaptační strategie již v současnosti některé z těchto hrozících multi-hazardů popisuje.

4.11 NÁVRH INDIKÁTORŮ - SOUHRN

Pro jednotlivé prioritní oblasti byly stanoveny indikátory, které mají vazbu na změnu klimatu a zároveň na konkrétní prioritní oblast (PO) zájmu. Indikátory lze rozdělit do dvou hlavních skupin. První skupinu tvoří tzv. **klimatické indikátory**, pomocí nichž lze indikovat vývoj dílčích charakteristik změn klimatu, je u nich patrný trend změny v minulém období (referenčním – tj. v našem případě převážně 1961 - 1990) a pro většinu z nich existují predikce vývoje v následujících letech. Tyto indikátory jsou jednoznačně spojeny s klimatickou změnou, jejich spojitost s danou prioritní oblastí je uvedena vždy v textu. Jeden indikátor může být řazen současně k více PO.

Druhou skupinu tvoří indikátory, které indikují **dopady** klimatické změny na danou prioritní oblast. Snahou bylo zvolit takové indikátory, které mají pokud možno dostatečnou vazbu na změnu klimatu a jsou specifické pro zvolenou PO. V některých případech byly stanoveny i indikátory rizikové – takové, které již v sobě zahrnují i vliv prováděných adaptačních opatření, takovéto indikátory tedy dávají informaci o tom, jak se daří dopady na danou PO pomoci adaptačních opatření minimalizovat.

Cílem bylo stanovení indikátorů s dostatečnou vazbou na změnu klimatu, dobrou výpovědní hodnotou a zpracování (tam, kde existují dostupná data) časového trendu indikátorů za referenční období 1961-1990 a pro scénáře za roky 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099. Toto bylo možno naplnit pouze u části indikátorů, tj. především u indikátorů meteorologických, zejména s využitím dostupných modelů a dat.

Indikátory první skupiny jsou uvedeny v této souhrnné kapitole, protože se pro jednotlivé PO mnohdy prolínají. Indikátory druhé skupiny jsou podrobněji popsány v kapitolách, které se věnují jednotlivým prioritním oblastem (kapitoly 4.1 – 4.10).

4.11.1 Indikátory změny klimatu

Dle zadání bylo provedeno maticové hodnocení prioritních oblastí a hlavních projevů klimatické změny (tabulka 57). Jako projevy klimatické změny zde figurují agregované hlavní identifikované projevy klimatické změny, které byly použity také pro „What if“ analýzu a ke kterým byl navržen relevantní indikátor.

Tabulka 57 Matice vazeb projevů změny klimatu a prioritních oblastí

Identifikovaný hlavní dopad	Charakteristika	Projev	Významnější vazba na prioritní oblast										Indikátory
			Lesnictví	Zemědělství	Vodní hospodářství	Biodiverzita a ES služby	Zdraví a hygiena	Urbanizovaná krajina	Cestovní ruch	Průmysl a energetika	Doprava	Mimořádné události	
IHP 1-3	Teplota	Nárůst průměrných teplot	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Průměrné roční teploty Průměrné letní teploty Průměrné zimní teploty Trvání sněhové pokrývky
IHP4, 14	Teplota	Nárůst teplotních maxim		X	X		X	X	X	X	X	X	Počet tropických dnů Délka a četnost vln veder
IHP5	Teplota	Vzrůst teplotních minim	X	X	X	X	X		X				Počet ledových dnů
IHP6, 9, 15.3	Srážky	Nerovnoměrné rozdělení množství srážek v průběhu roku - sucho	X	X	X	X		X	X	X	X	X	Délka období sucha Letní srážkové úhrny
IHP7	Srážky	Nerovnoměrné rozdělení množství srážek v průběhu roku, sezónně vyšší srážky		X	X								Jarní srážkové úhrny Podzimní srážkové úhrny
IHP8, 13	Srážky	Nerovnoměrné rozdělení množství srážek v průběhu roku, přívalové srážky		X	X	X	X	X		X	X	X	Počet dnů se srážkami nad 20 mm
IHP15.1	Extrémy	Častější výskyt povodní velkého rozsahu	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Výskyt povodní velkého rozsahu
IHP15.5	Extrémy	Četnější výskyt přírodních požárů (včetně lesních)	X				X					X	Počet lesních požárů

Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě výše uvedené tabulky byla vytvořena také přehledová tabulka (tabulka 58), která pomáhá identifikovat významnější vazbu indikátorů k jednotlivým prioritním oblastem. Vzhledem k tomu, že jednotlivé klimatické charakteristiky spolu vzájemně souvisí, není možné brát tuto tabulku jako exaktní, nýbrž jako orientační.

Tabulka 58 Indikátory změny klimatu, jejich vazba k prioritním oblastem

Indikátor	Významnější vazba na prioritní oblasti									
	Lesnictví	Zemědělství	Vodní hospodářství	Biodiverzita a ES služby	Zdraví a hygiena	Urbanizovaná krajina	Cestovní ruch	Průmysl a energetika	Doprava	Mimořádné události
Průměrné roční teploty	X	X	X	X	X			X		
Průměrné letní teploty	X	X	X		X	X	X	X		
Průměrné zimní teploty			X				X	X		
Počet tropických dnů		X	X		X	X	X	X	X	X
Délka a četnost vln veder		X	X		X	X	X	X	X	X
Počet ledových dnů	X	X	X	X	X		X			
Trvání sněhové pokrývky		X	X	X			X			
Délka období sucha	X	X	X	X		X	X	X		X
Jarní srážkové úhrny		X	X							
Letní srážkové úhrny	X	X	X			X	X		X	
Podzimní srážkové úhrny		X	X							
Počet dnů se srážkami nad 20 mm		X	X	X	X	X		X		X
Počet lesních požárů	X				X					X

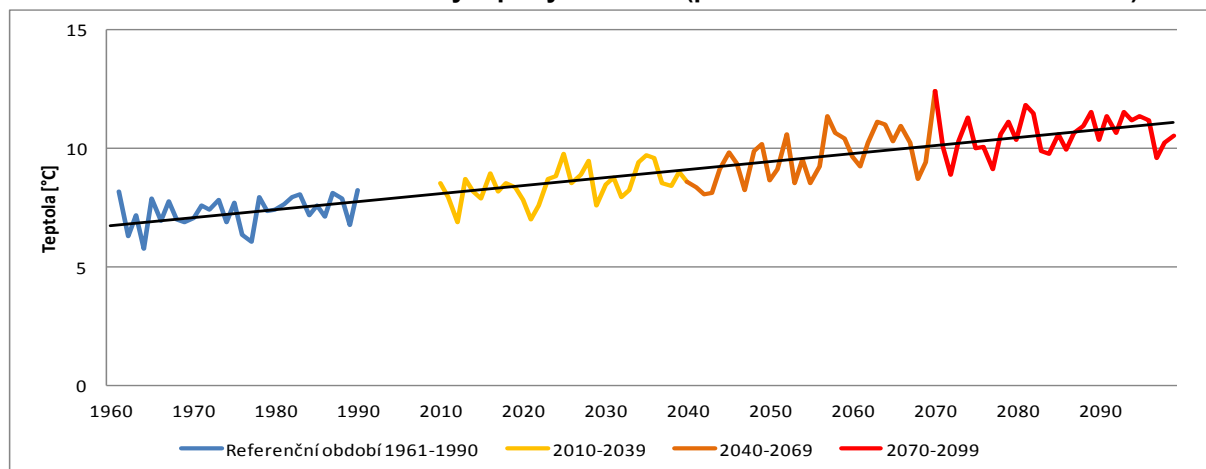
Zdroj: Vlastní zpracování

V následující části jsou uvedeny hlavní dosavadní trendy vývoje u jednotlivých indikátorů změny klimatu. Je převážně (s ohledem na dostupnost dat) uváděn trend dosavadního vývoje u průměrných hodnot za celou ČR a současně také predikce vývoje pro budoucí scénáře. Taktéž je uveden předpokládaný vývoj hodnot indikátoru pro jednotlivá období a také regionální rozložení hodnot daného indikátoru v rámci ČR.

4.11.1.1 Průměrné roční teploty

Trend a predikce

Obrázek 86 Průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (pro referenční a scénářová období)



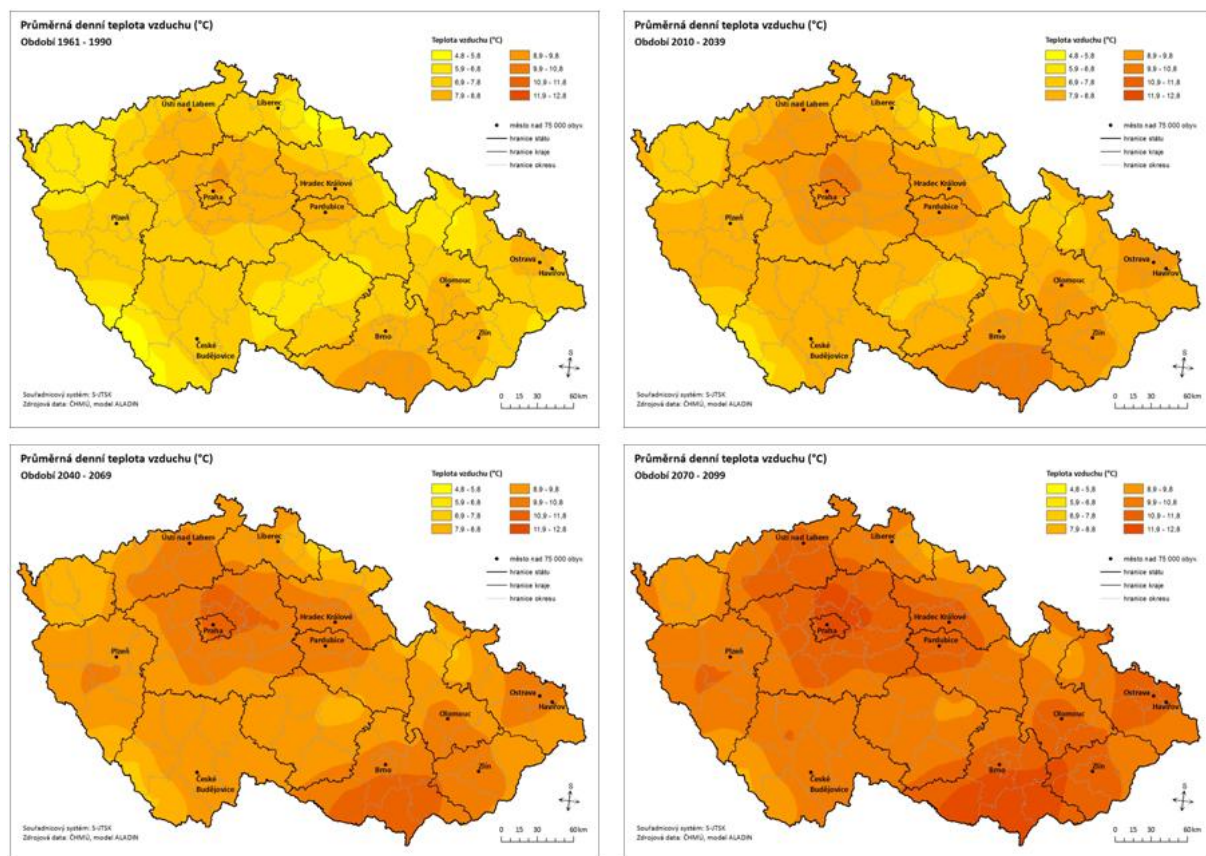
Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 59 Predikce indikátoru Průměrné roční teploty

1. období (2010-2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
8,5°C	9,6°C	10,6°C

Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 87 a, b, c, d Dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu v referenčním a scénářových obdobích

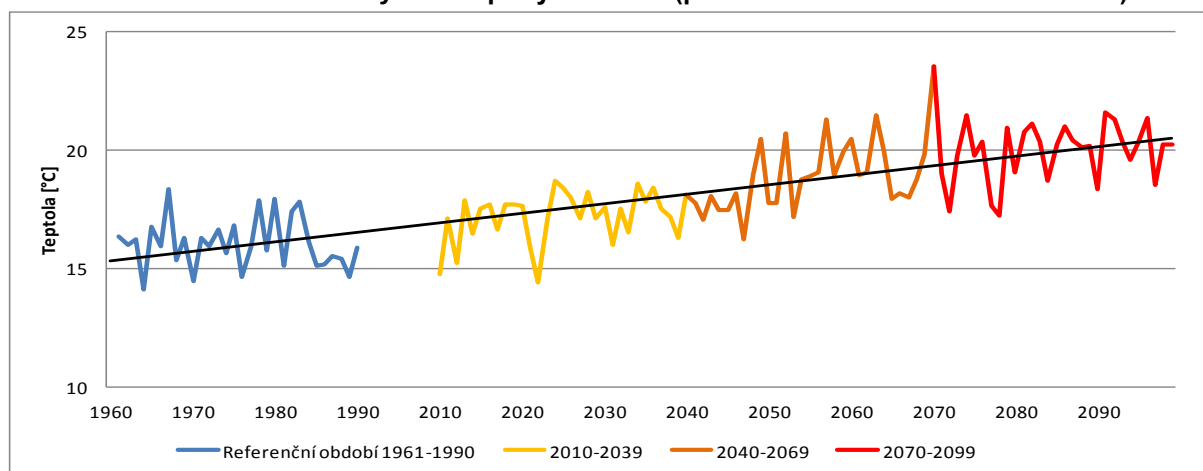


Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.2 Průměrné letní teploty

Trend a predikce

Obrázek 88 Průměrné hodnoty letní teploty vzduchu (pro referenční a scénářová období)

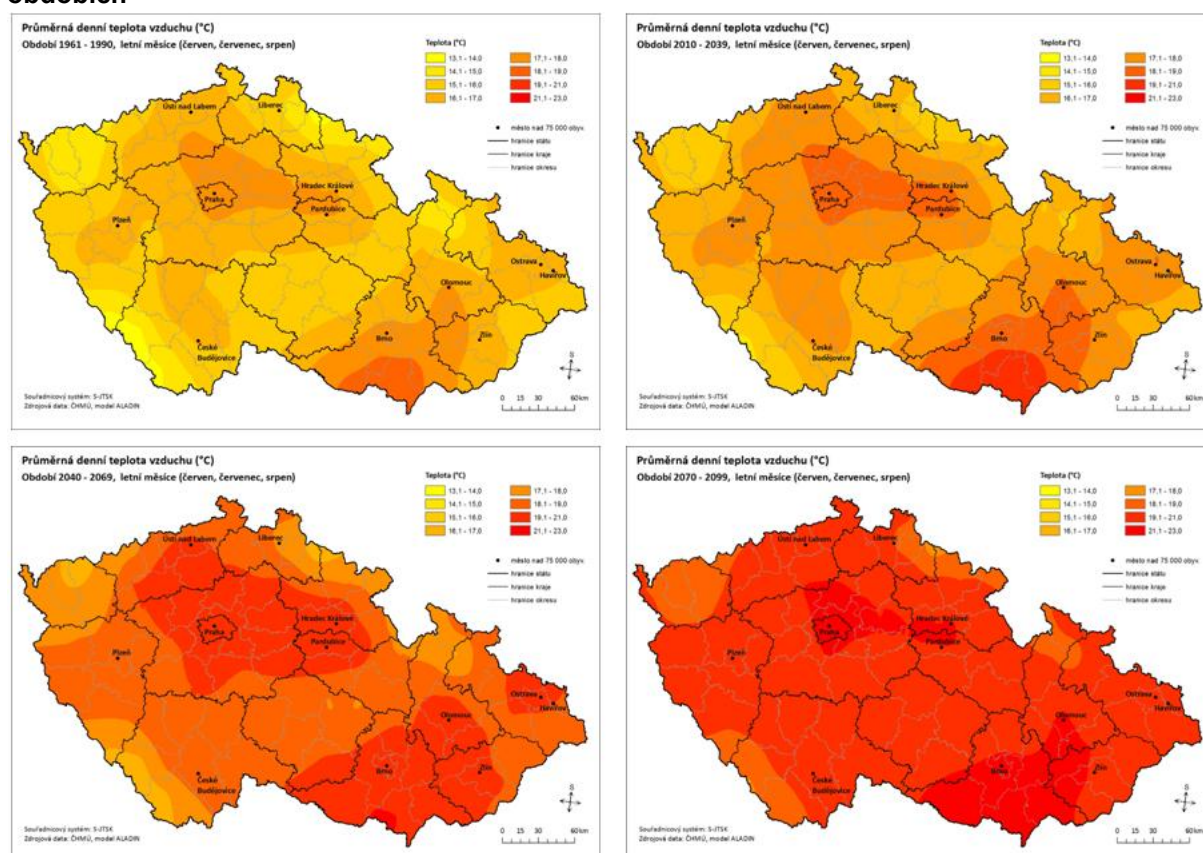


Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 60 Predikce indikátoru Průměrné letní teploty

Období 2010-2039	Období 2040-2069	Období 2070-2099
17,2	18,7	20,0

Obrázek 89 a, b, c, d Dlouhodobé průměry letních teplot vzduchu v referenčním a scénářových obdobích

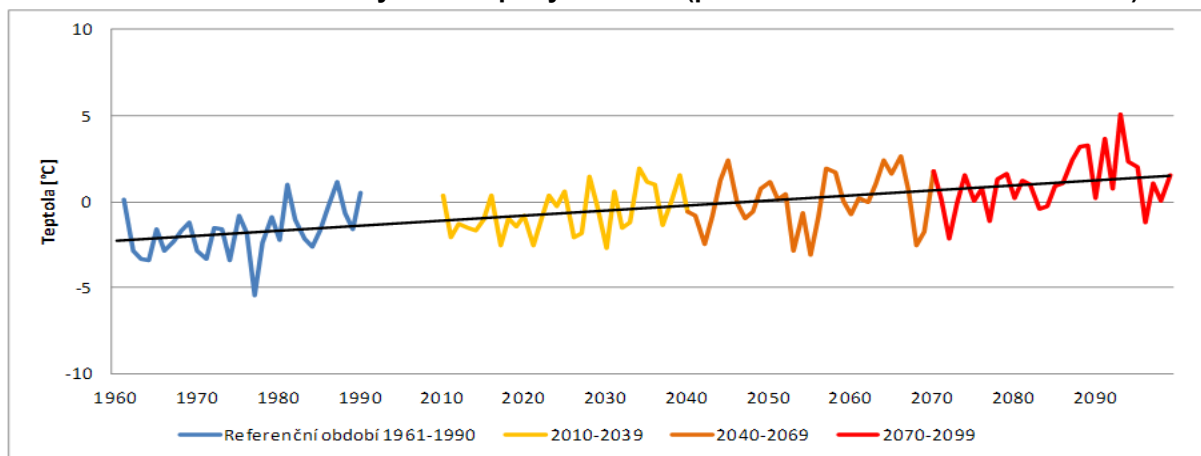


Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.3 Průměrné zimní teploty

Trend a predikce

Obrázek 90 Průměrné hodnoty zimní teploty vzduchu (pro referenční a scénářová období)

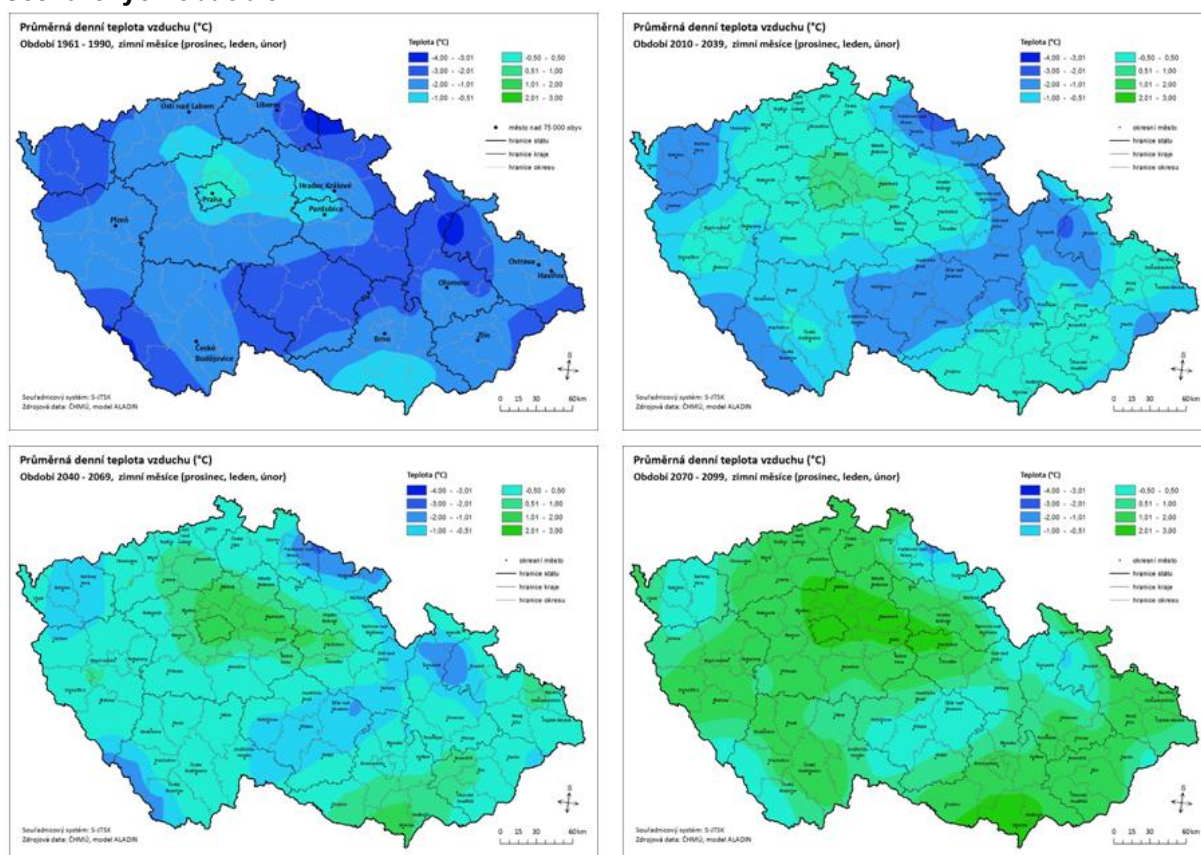


Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 61 Predikce indikátoru Průměrné zimní teploty

Období 2010-2039	Období 2040-2069	Období 2070-2099
-0,63°C	-0,02°C	1,07°C

Obrázek 91 a, b, c, d Dlouhodobé průměry zimních teplot vzduchu v referenčním a scénářových obdobích

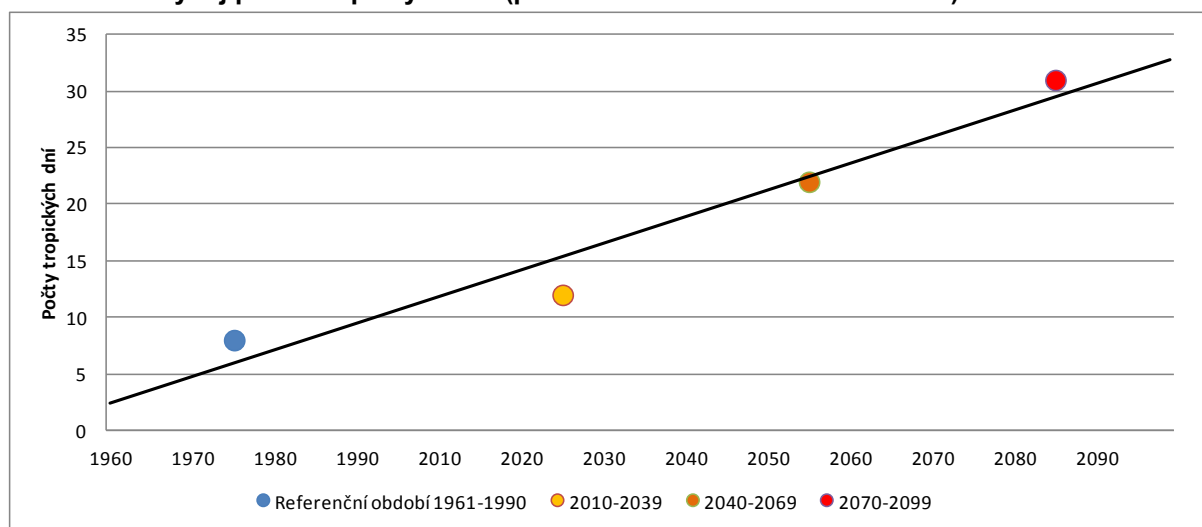


Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.4 Počet tropických dnů

Trend a predikce

Obrázek 92 Vývoj počtu tropických dní (pro referenční a scénářová období)



Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 62 Průměrné počty tropických dní v jednotlivých obdobích

Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
8	12	22	31

Zdroj: (Pretel, 2011)

Doplňující komentář

Problematika tropických dní je zde řešena na základě dat studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011). Zde však není např. řešeno regionální rozložení tohoto jevu v rámci ČR, stávající stav a predikce je uváděna pouze číselně.

I pro výše uvedené byly v rámci rozpracování jednotlivých prioritních oblastí využity další zdroje, konkrétně v oblasti zemědělství (Trnka - vlastní výpočet) a v oblasti zdraví - studie „Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Belda, 2015). Tyto zdroje jsou podrobněji rozpracovány v rámci daných prioritních oblastí. Konkrétní hodnoty indikátorů pro jednotlivé roky budou v příštích letech zjišťovány na základě skutečně naměřených hodnot dle ČHMÚ.

4.11.1.5 Délka a četnost vln veder

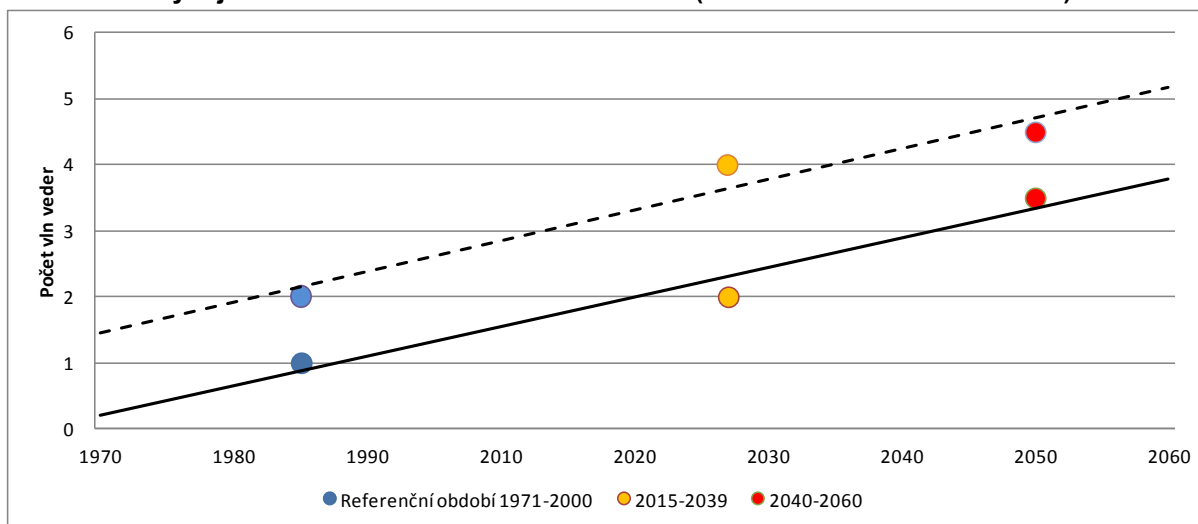
Vlna veder je obdobím, během něhož dosahuje teplota vysokých maximálních hodnot (často se jako hranice uvažuje 30 °C a více). Touto problematikou se zabývala studie Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Belda, 2015). Za jednu epizodu se přitom v rámci této studie považuje interval, ve kterém dojde v alespoň pěti po sobě jdoucích dnech k překročení dlouhodobého průměru maximální denní teploty pro daný den o 5 stupňů a víc.

Podle této metodiky vychází v historickém období 1971-2000 na území Česka 1 až 2 vlny za rok. V období 2015-2039 by se měl počet horkých vln zvýšit o 1 až 2, pro období 2040-2060 vůči simulaci historického období 1971-2000 vychází zvýšení o 2 až 4 (podle typu použitého scénáře). Celkově je výraznější nárůst výskytu horkých vln patrný v nižších polohách Moravy a Slezska, částečně i na severovýchodě a jihovýchodě Čech. V nejteplejším scénáři (RCP8.5) se pak výsledný počet horkých vln v období 2040-2060 pohybuje mezi 3,5 až 4,5, v níže položených oblastech Moravy a Slezska šplhá až k 5 vlnám za rok v průměru. (Belda, 2015)

Konkrétní hodnoty indikátorů pro jednotlivé roky budou v následujících letech zjišťovány na základě skutečně naměřených hodnot dle ČHMÚ.

Trend a predikce

Obrázek 93 Vývoj indikátoru délka a četnost vln veder (minimální a maximální verze)



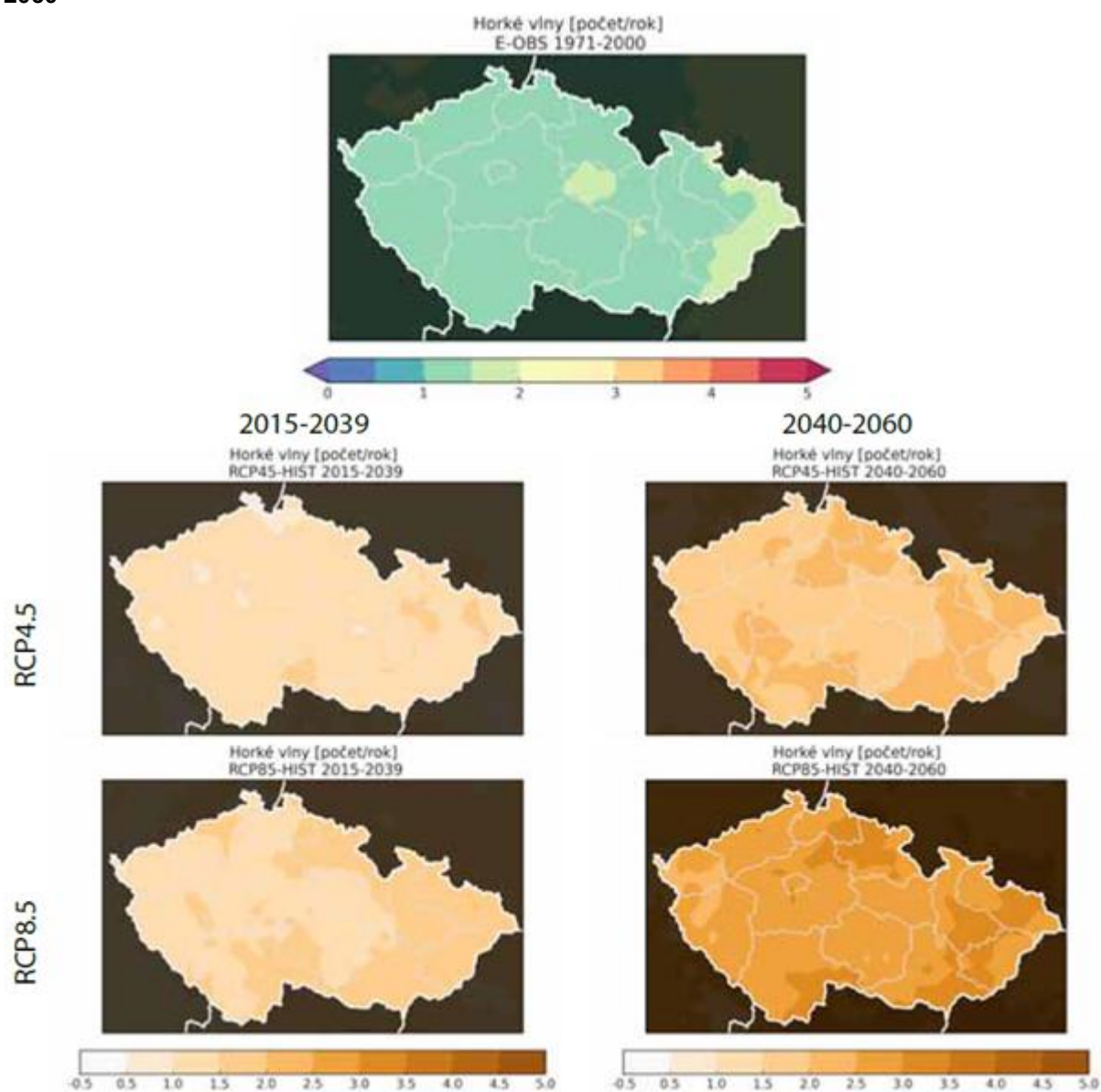
Zdroj: (Podle Belda, 2015)

Tabulka 63 Průměrné počty vln veder v jednotlivých obdobích

Referenční období (1971 – 2000)	Období 2015 - 2039	Období 2040-2060
1-2	2-4	3,5-4,5

Zdroj: (Podle Belda, 2015)

Obrázek 94 Počet horkých vln v historickém období 1971-2000 a v obdobích 2014-2039 a 2040-2060



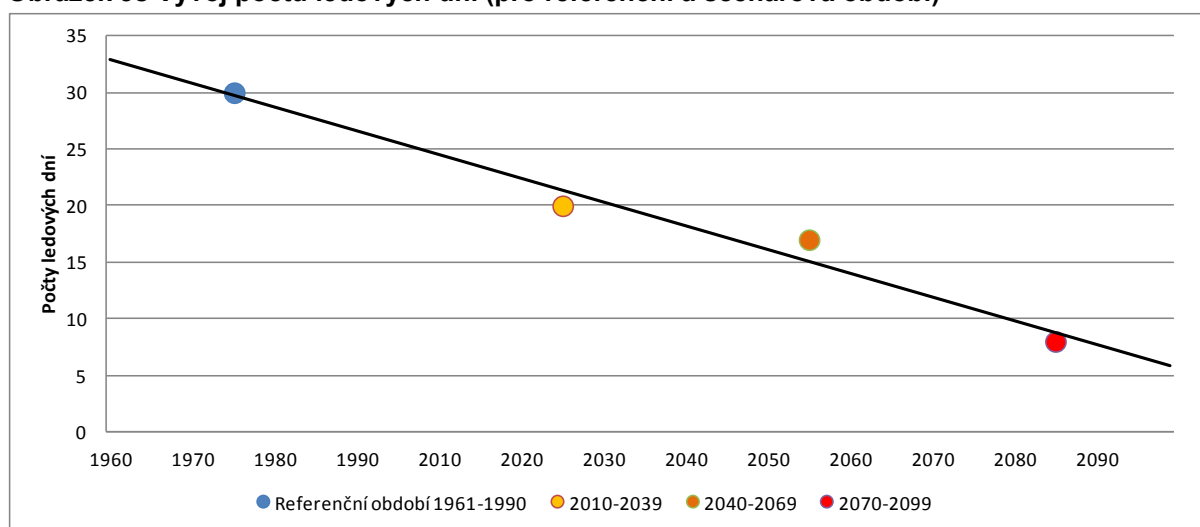
Zdroj: (Belda, 2015)

4.11.1.6 Počet ledových dnů

V rámci studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ byl vývoj počtu ledových dní hodnocen pouze na úrovni průměrných číselných hodnot, nikoliv geograficky. Problematika ledových dnů a predikce jejich vývoje však byla řešena také v rámci projektu „Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Belda, 2015). Z těchto zdrojů jsou zde proto kombinovaně uvedeny predikce. Konkrétní hodnoty indikátorů pro jednotlivé roky budou zjišťovány na základě skutečně naměřených hodnot dle ČHMÚ.

Trend a predikce

Obrázek 95 Vývoj počtu ledových dnů (pro referenční a scénářová období)



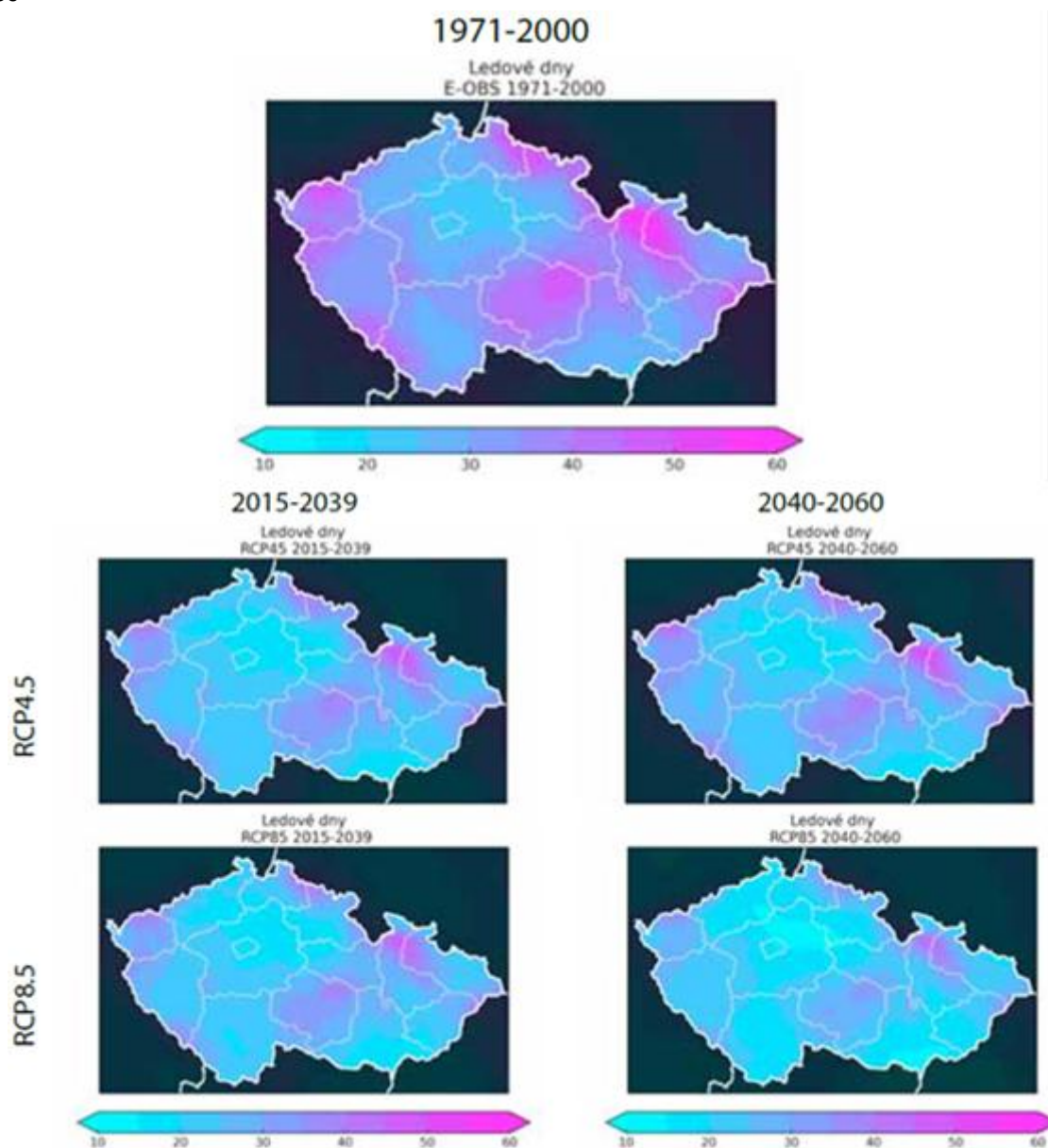
Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 64 Průměrné počty ledových dnů v jednotlivých obdobích

Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
30	20	17	8

Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 96 Počet ledových dní v historickém období 1971-2000 a v obdobích 2014-2039 a 2040-2060

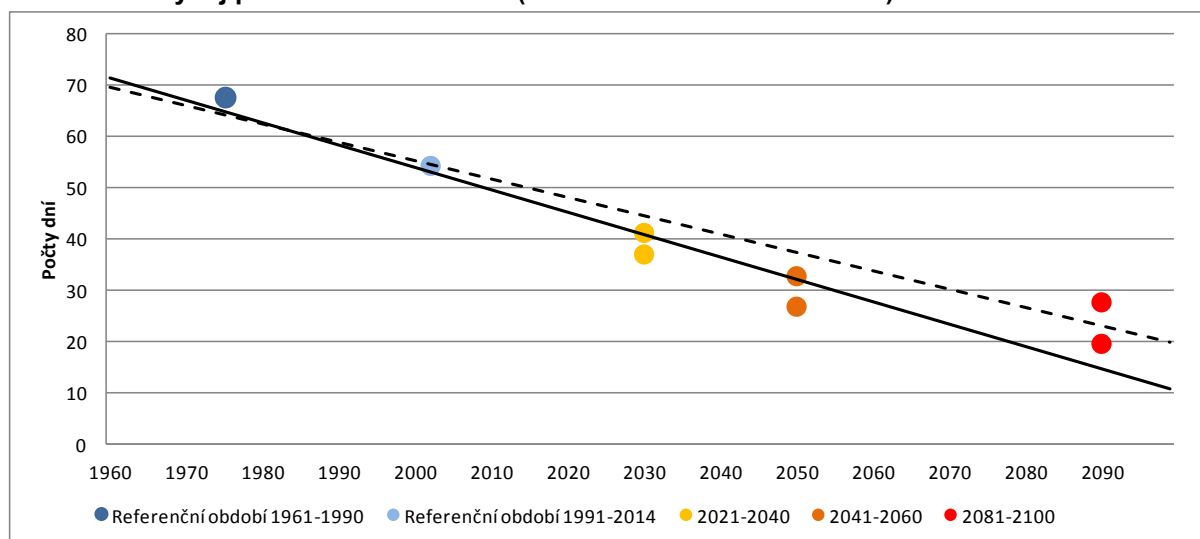


Zdroj: (Belda, 2015)

4.11.1.7 Délka trvání sněhové pokrývky

Trend a predikce

Obrázek 97 Vývoj počtu dnů se sněhem (minimální a maximální verze)



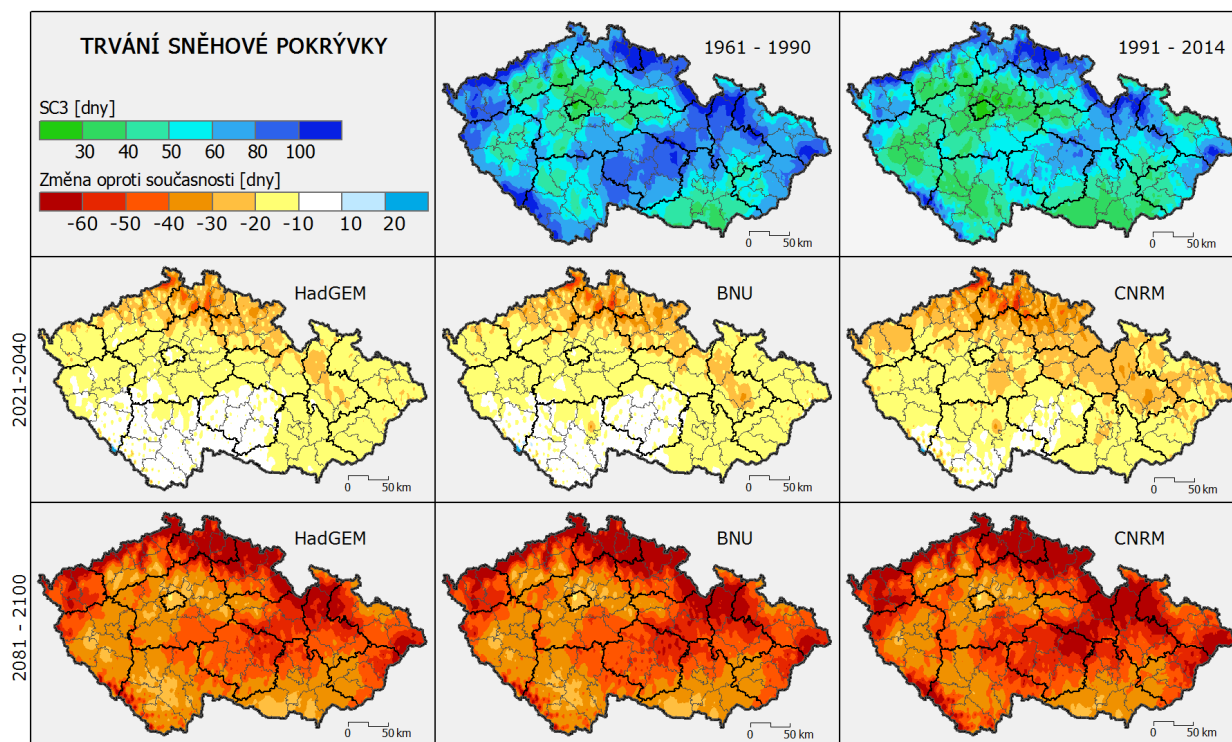
Zdroj: (Podle Trnka, vlastní zpracování, 2015)

Tabulka 65 Průměrný počet dní se sněhem v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.

RCP 4.5					
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	67,77	54,29	41,20	32,75	27,65
BNU			41,15	32,20	26,25
CNMR			37,00	26,80	19,55
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. výšku do 400 m n. m.					
HadGEM2	53,37	42,29	30,90	24,20	19,10
BNU			30,60	23,35	17,45
CNMR			26,80	19,85	12,95
RCP 8.5					
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr ČR					
	1961-1990	1991-2014	2021-2040	2041-2060	2081-2100
HadGEM2	67,77	54,29	39,80	26,80	9,30
BNU			39,35	26,20	7,60
CNMR			34,75	20,75	4,30
Vývoj mediánu hodnoty indikátoru jako průměr pro nadm. výšku do 400 m n. m.					
HadGEM2	53,37	42,29	29,30	20,00	6,00
BNU			28,95	19,00	4,85
CNMR			24,90	16,10	3,00

Zdroj: (Trnka, vlastní zpracování, 2015)

Obrázek 98 Průměrná délka trvání sněhové pokrývky (vyšší než 3 cm) v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5.

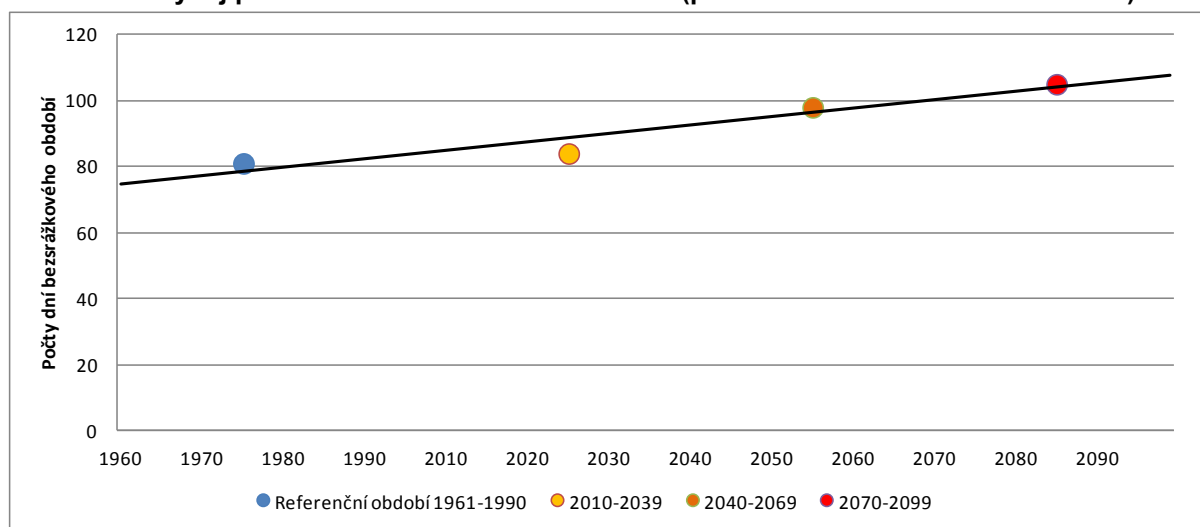


Zdroj: (Tmka, vlastní zpracování, 2015)

4.11.1.8 Délka období sucha – počet dnů bezsrážkového období

Trend a predikce

Obrázek 99 Vývoj počtu dnů bezsrážkového období (pro referenční a scénářová období)



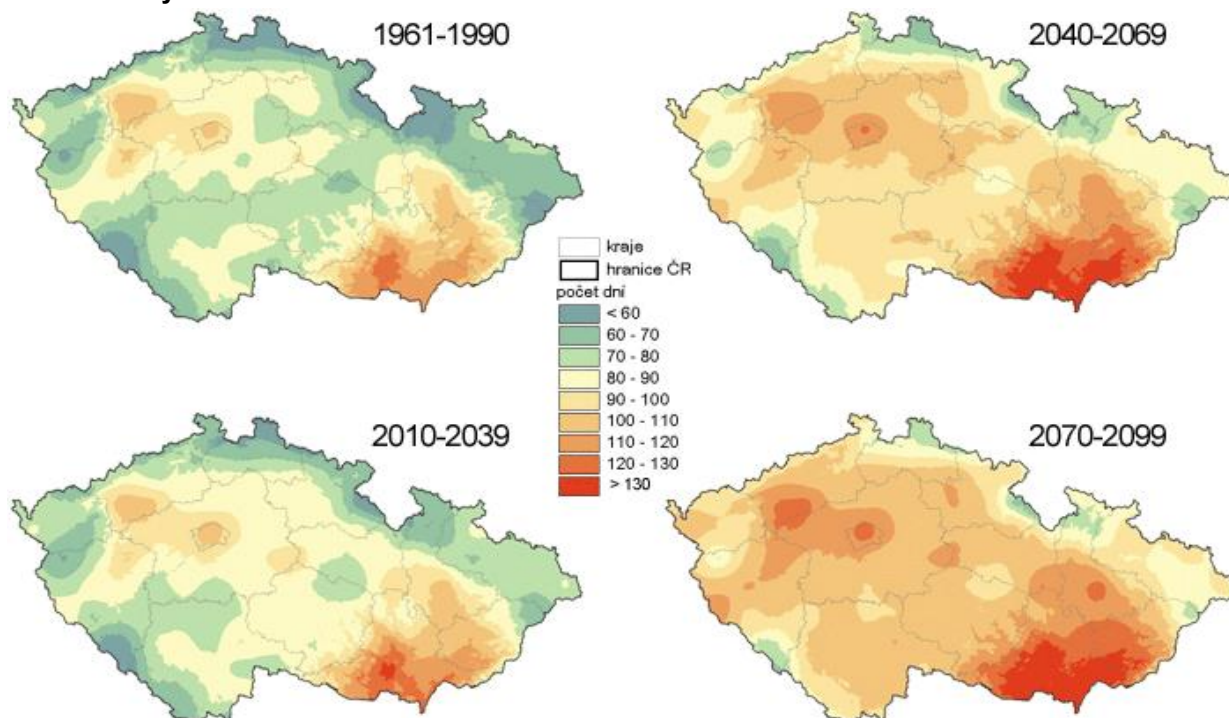
Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 66 Predikce vývoje indikátoru Počet dní bezsrážkového období

Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
81	84	98	105

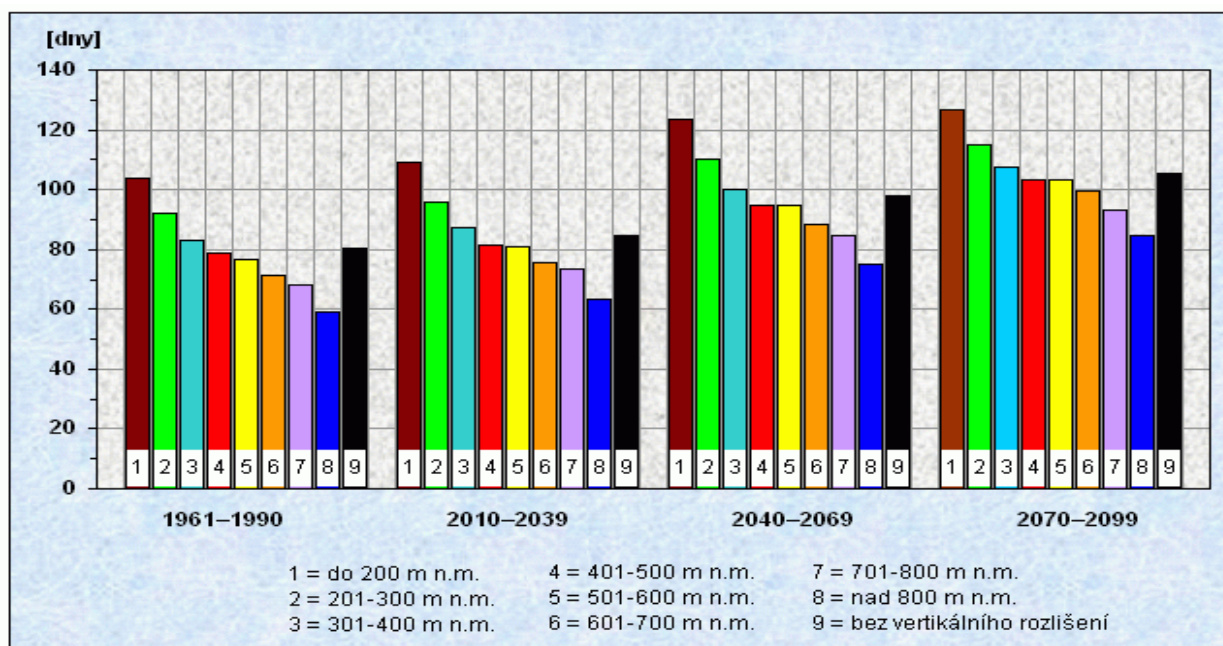
Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 100 a, b, c, d Dlouhodobé průměry počtu dnů bezsrážkového období v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Obrázek 101 Dlouhodobé roční průměry počtu dnů bezesrážkového období v jednotlivých vertikálních pásmech v referenčním a ve scénářových obdobích

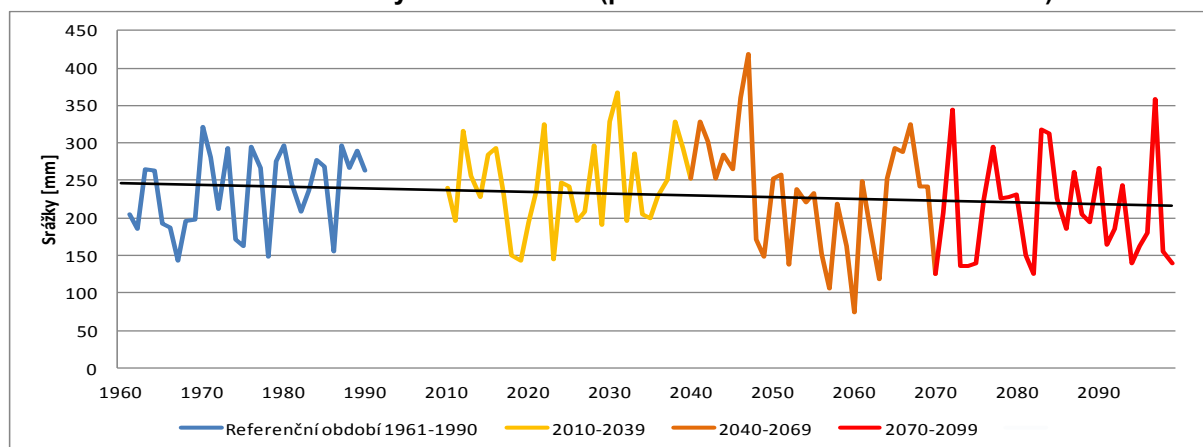


Zdroj: (Pretel, 2011)

4.11.1.9 Letní srážkové úhrny

Trend a predikce

Obrázek 102 Průměrné hodnoty letních srážek (pro referenční a scénářová období)



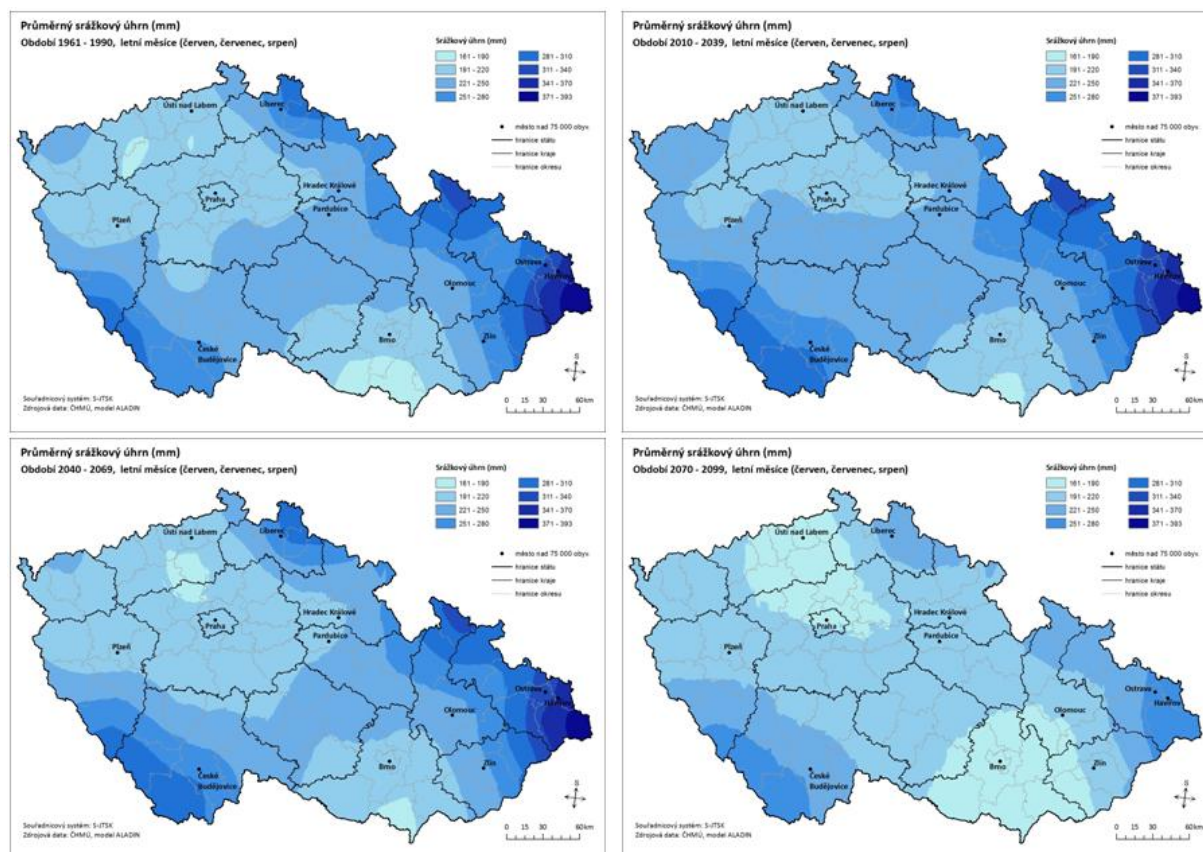
Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 67 Průměrné letní srážkové úhrny v jednotlivých obdobích

Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
236	244	234	209

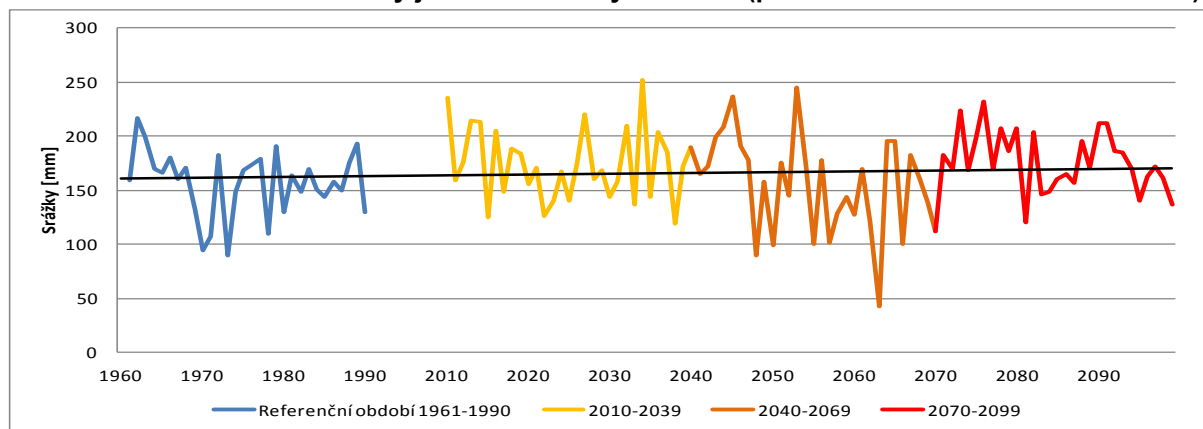
Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 103 a, b, c, d Průměrné hodnoty letních srážek v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.10 Jarní srážkové úhrny

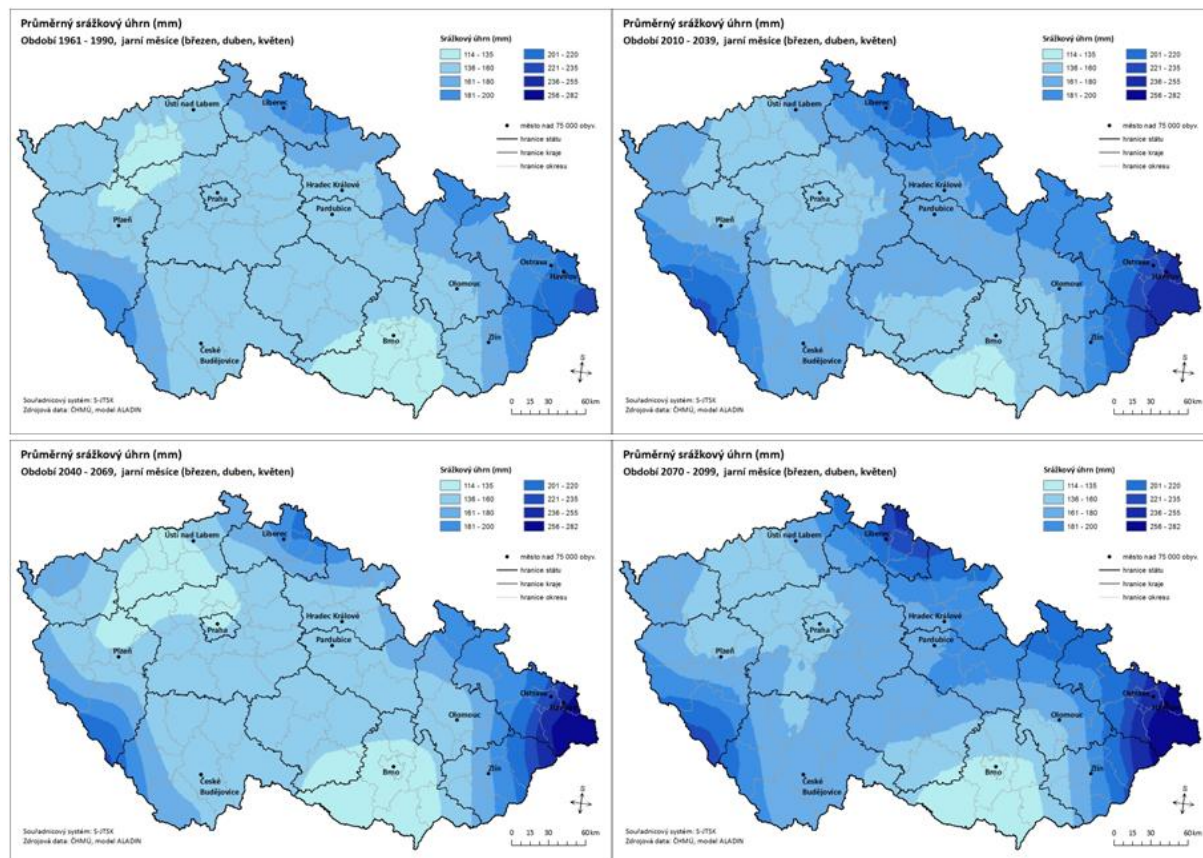
Trend a predikce**Obrázek 104** Průměrné hodnoty jarních srážkových úhrnů (pro referenční a scénářová období)

Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 68 Průměrné jarní srážkové úhrny v jednotlivých obdobích

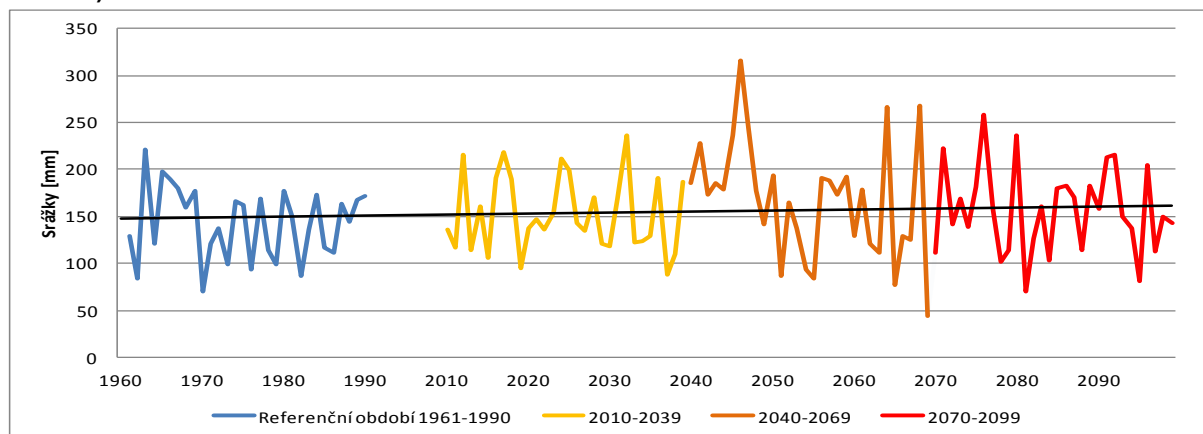
Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
157	173	158	176

Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 105 a, b, c, d Průměrné hodnoty jarních srážek v referenčním a ve scénářových obdobích

Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.11 Podzimní srážkové úhrny

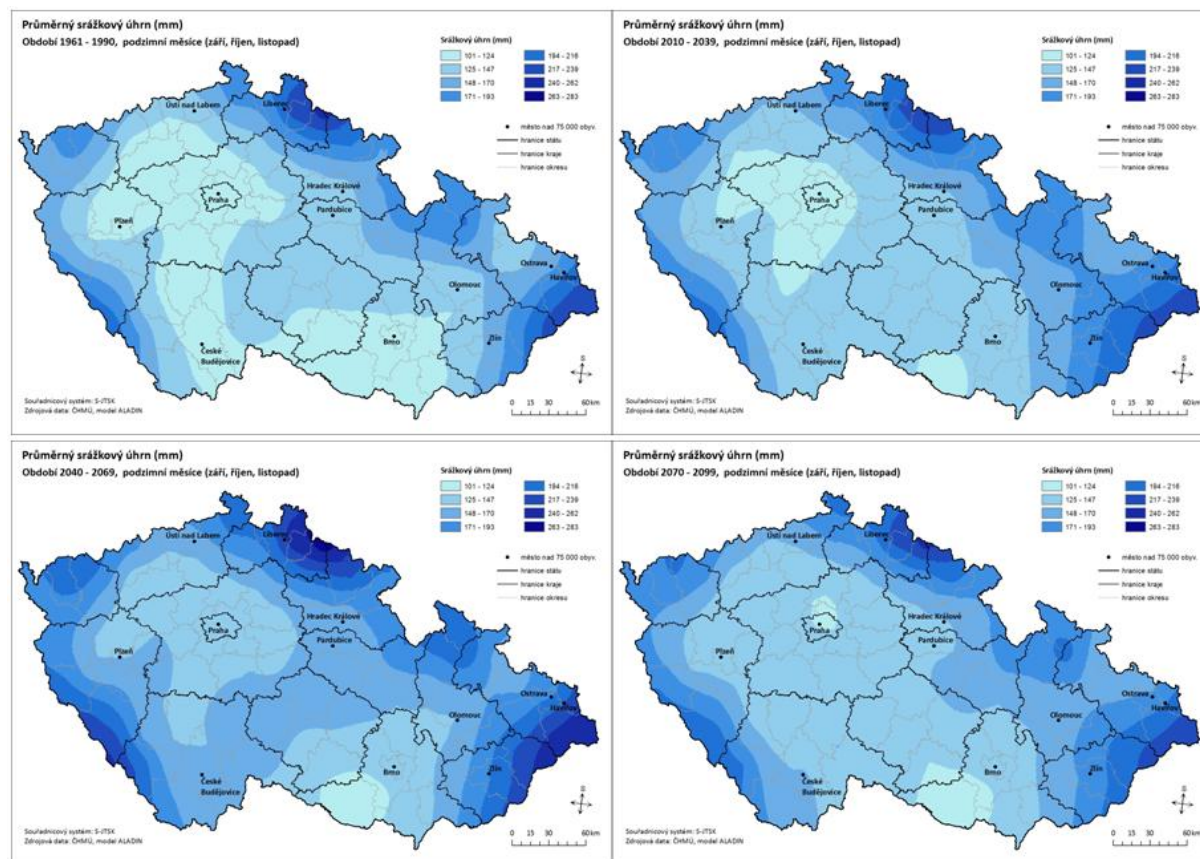
Trend a predikce**Obrázek 106** Průměrné hodnoty podzimních srážkových úhrnů (pro referenční a scénářová období)

Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 69 Průměrné podzimní srážkové úhrny v jednotlivých obdobích

Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
143	152	167	156

Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 107 a, b, c, d Průměrné hodnoty podzimních srážek v referenčním a ve scénářových obdobích

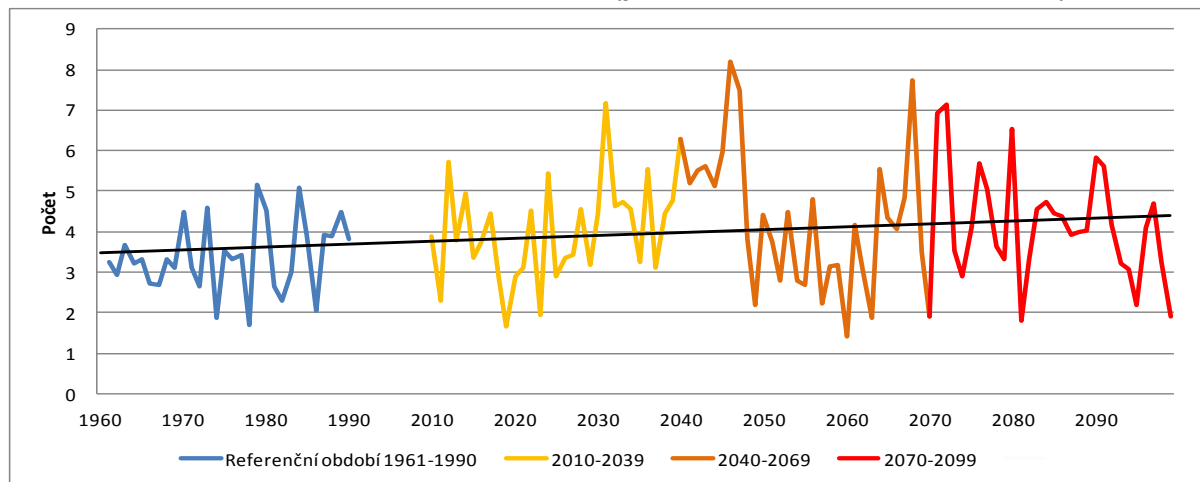
Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.12 Počet dnů se srážkami nad 20 mm

V rámci tohoto indikátoru je hodnocen počet dní s úhrnem srážek nad 20 mm.

Trend a predikce

Obrázek 108 Počet dnů se srážkami nad 20 mm (pro referenční a scénářová období)



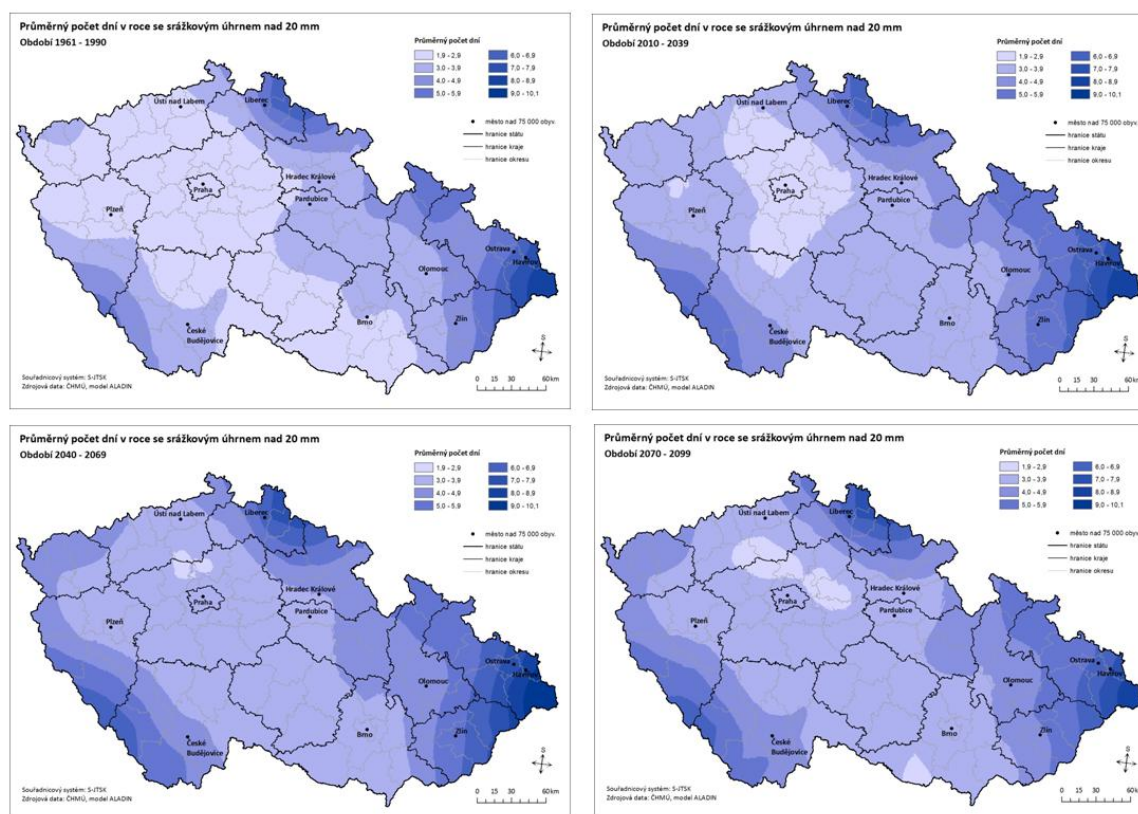
Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

Tabulka 70 Počet dnů se srážkami nad 20 mm v jednotlivých obdobích

Referenční období (1961 – 1990)	1. období (2010 - 2039)	2. období (2040-2069)	3. období (2070-2099)
3,4	4,0	4,3	4,1

Zdroj: (Pretel, 2011)

Obrázek 109 a, b, c, d Počet dnů se srážkami nad 20 mm v referenčním a ve scénářových obdobích



Zdroj: (Podle Pretel, 2011)

4.11.1.13 Počet lesních požárů

Trend

Obrázek 110 Počet lesních požárů



Zdroj: (MZe, 2014)

Tabulka 71 Počet lesních požárů v ČR v období 2005 - 2013

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1403	1499	476	597	1754	873	626	679	847	504	556	732	1337	1549	666

Zdroj: Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky (MZe, 2001, 2007, 2014)

Predikce

Vzhledem na predikovaný nárůst teplot, zejména v letním období, snižování srážek v letním období a zvyšování počtu dnů bezesrážkového období jsou vytvářeny podmínky pro vznik lesních požárů a do budoucna je předpokládán nárůst frekvence a intenzity lesních požárů.

4.11.2 Indikátory dopadové

V analýzách pro jednotlivé prioritní oblasti byly řešeny také indikátory, které pomáhají charakterizovat dopady změn klimatu na jednotlivá odvětví a s nimi spojená rizika. Tyto indikátory byly pro lepší orientaci řešeny jako součást jednotlivých kapitol. Pro lepší celkovou orientaci je zde uváděn souhrnný přehled o všech navržených indikátorech.

Hodnocení indikátorů bylo (s dílčími obměnami) řešeno v následující struktuře:

- Návrh indikátoru a jeho zdůvodnění
- Způsob výpočtu/zjištění indikátoru
- Vyhodnocení zranitelnosti, tj.:
 - Predikce budoucího vývoje na základě dostupných údajů
 - Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů

Cílem bylo stanovení indikátorů s dostatečnou vazbou na změnu klimatu, dobrou výpovědní hodnotou a zpracování časového trendu indikátorů. Toto bylo možno naplnit pouze u části indikátorů.

Přehled všech řešených dopadových indikátorů pro jednotlivé prioritní oblasti je uveden v následující tabulce. Zde jsou doplněny i další charakteristiky těchto indikátorů. Všechny indikátory mají vazbu na klimatickou změnu, respektive její projevy, avšak současně je nutno upozornit na skutečnost, že klimatická změna je pouze jedním z faktorů, které vývoj těchto indikátorů ovlivňují. Vždy je nutno zohlednit i ostatní faktory, jako je zejména vliv lidské činnosti.

Tabulka 72 Indikátory dopadové a jejich příslušnost k prioritním oblastem

Prioritní oblast	Návrh indikátoru
Lesní hospodářství	Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy
Zemědělství	Efektivní délka vegetačního období (EDVO)
	Stres nedostatkem vláhy v povrchové vrstvě půdy (0-40 cm)
Vodní režim a vodní hospodářství	Průměrné roční průtoky ve vybraných profilech vodních toků
	Maximální a minimální měsíční průtoky ve vybraných profilech vodních toků
Biodiverzita	Areál a distribuce v rámci výškového gradientu vybraných biotopů a druhů rostlin a živočichů
	Početnost vybraných druhů rostlin a ptáků
	Fenologie vybraných druhů rostlin a živočichů
Zdraví	Počet autochtonních malarických onemocnění
Urbanizovaná krajina	Intenzita městského tepelného ostrova
Cestovní ruch	Trvání sněhové pokrývky
Průmysl a energetika	Počet zásahů složek integrovaného záchranného systému při mimořádných událostech způsobených přírodními vlivy
	Počet vyhlášených krizových stavů vyhlášených následkem mimořádné události nebo situace spojené s dopady klimatické změny
	Dovozní energetická závislost v porovnání s ostatními státy
Doprava	TD 30 - náklady na údržbu komunikací související s extrémně vysokými teplotami v úseku rychlostní komunikace R52 v úseku Modřice – Pohořelice
	TD 0 - náklady na údržbu komunikace v období 1.12. – 28.2. související mrazovým zvětráváním
	S - hustota silniční a železniční sítě (km/km ²) v oblastech citlivých na extrému srážek (geologicky nestabilní území ve flyši a váťých pískách, záplavová území, horské oblasti nad 600 m n. m., údolí splavných úseků řek)
	T - hustota silniční a železniční sítě (km/km ²) v oblastech s vysokými teplotami (oblasti s průměrným ročním počtem tropických dní > 10 nebo oblastí s průměrnou měsíční maximální teplotou v srpnu > 32 °C – podle Atlasu podnebí Česka, Tolasz, 2007)

Prioritní oblast	Návrh indikátoru
	A – agregovaný indikátor, $A = S + T$
Mimořádné události	Počet zásahů složek integrovaného záchranného systému při mimořádných událostech způsobených přírodními vlivy
	Počet vyhlášených krizových stavů vyhlášených následkem mimořádné události nebo situace spojené s dopady klimatické změny

Zdroj: Vlastní zpracování

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY ZMĚNY KLIMATU

5.1 EKONOMICKÉ METODY ANALÝZY ZMĚNY KLIMATU A ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

Změna klimatu bude ovlivňovat podmínky pro ekonomické aktivity v České republice, včetně fyzických škod ve výrobě, dopravě a stavebnictví, zdraví zaměstnanců, změn poptávky, apod. Adaptační opatření mohou nicméně náklady spojené s dopady změny klimatu snížit. Plánování jednotlivých adaptačních možností by mělo být založeno na analýze jejich účinnosti, v níž hraje zásadní roli odhad nákladů spojených se změnami klimatu a nákladů a přínosů adaptace. Ze stejného rámce vychází i tato studie. Náklady spojené se změnou klimatu jsou počítány pro různé scénáře změny klimatu, nejčastěji pro ty, které jsou využívány rovněž pro studie IPCC, přičemž obvykle nejvyšší částky vycházejí pro scénáře „business as usual“ (BAU) nebo scénáře politické nečinnosti, a proto představují základní úroveň pro porovnání s možností přizpůsobení. Náklady na adaptaci jsou přítomny v každé fázi adaptačního procesu, od plánování až po realizaci. Výhody adaptace jsou definovány ve čtvrté hodnotící zprávě IPCC (AR4) jako ušetřené náklady na odstranění škod v důsledku změny klimatu nebo nárůstu zisku po přijetí a realizaci adaptačních opatření. Adaptační proces se liší v závislosti na měřítku a úrovni rozhodování. Na celosvětové úrovni poskytuje informace s cílem zvýšit povědomí a podpořit diskuzi o nutnosti adaptací. Na národní úrovni ekonomická analýza podporuje národní strategie přizpůsobení, plánování a finanční programy, s cílem formulovat účinné strategie, akční plány a reakce. Na lokální úrovni má smysl provádět analýzu nákladů a přínosů konkrétních a specifických adaptačních opatření.

Ve světovém měřítku existuje několik zásadních mezinárodních studií zaměřujících se na náklady na přizpůsobení změně klimatu (tabulka 73). Studie Světové banky (2006), Sternova zpráva (2006) a UNDP (2007) se zabývají výpočtem možných nákladů na zvyšování odolnosti budoucích investic nebo finančních toků zejména pro rozvojové země (Watkiss 2009). Pomocí analýzy citlivosti hodnotí podíl investic ohrožených jevy souvisejícími se změnou klimatu a stanovují potřebné navýšení investic jako takových, díky nimž se posílí celková stabilita státu a odolnost vůči změnám klimatu. Z tohoto důvodu však tyto odhady silně závisí na procentu investic, které se předpokládají jako citlivé na změny klimatu (Watkiss 2009). Studie UNDP (2007) brala v úvahu rovněž náklady na programy sociální ochrany. UNFCCC (2007) přijal jiný přístup a odhadl nárůst globálních investičních toků. Studie předpokládá rozsah celkových globálních nákladů ve výši 50 až 170 miliard amerických dolarů za rok (65,6 – 223 miliard eur) do roku 2030 rozčleněných podle odvětví a oblastí, z toho 30 až 70 miliard amerických dolarů za rok (cca 39,6 - 92 miliard eur) se očekává v rozvojových zemích. Podle těchto výsledků odpovídá celková globální hodnota 0,2-0,8 % globálních investičních toků nebo 0,06-0,21 procent předpokládaného HDP v roce 2030.

Podle údajů Českého statistického úřadu byla hodnota hrubého domácího produktu v České republice 4,3 bilionů Kč v roce 2014, což představuje zhruba 0,33 procent světové ekonomiky. **Aplikujeme-li čísla studie UNFCCC pro predikci HDP pro Českou republiku podle OECD v roce 2030, můžeme odhadnout, že celkové náklady na přizpůsobení by se pravděpodobně pohybovaly minimálně v rozmezí od 4 až 14,3 miliard Kč. Hodnoty UNFCCC 2007 jsou mnohem nižší, než odhady IPCC z roku 2007 ve výši 3 % HDP a Sternovy zprávy z roku 2006 ve výši 5 % HDP, pro které prezentuje příslušné odhady podílu nákladů na HDP (tabulka 73). Poslední dvě studie byly porovnány s výsledky (600 milionů liber, což odpovídá 791 milionům eur) oceňování ekonomických dopadů změny klimatu Severovýchodní Anglie (2011), a ukazuje se, že tyto odhady celkových nákladů spojených s dopady změny klimatu mohou být nadhodnocené. Poměr přínosů a nákladů adaptace vyplývající z výše uvedené studie je 7:1, a pokud budeme přenášet stejný poměr pro Českou republiku, celkové přínosy adaptace by se pohybovaly v rozmezí od 28 do 100 miliard Kč do roku 2030.**

Tabulka 73 Náklady spojené s adaptací jako podíl HDP pro ČR na základě projekcí do roku 2030

Podíl nákladů spojených se změnou klimatu na HDP	Ekvivalentní HDP ČR do roku 20130 (milióny Kč)	Referenční studie
5%	339 901	Stern 2006
3%	203 940	IPCC 2007
0.21%	14 275	UNFCCC 2007
0.06%	4 078	UNFCCC 2007

Studie Světové banky "Economics of Adaptation to Climate Change" (2009) je jednou z nejrozsáhlejších globálních studií (tabulka 74). Skládá se ze dvou částí: globálního přehledu o nákladech na přizpůsobení v rozvojových zemích do roku 2050 a sedmi případových studií. Tato studie zavádí některé základní přístupy, které lze využít pro ekonomické hodnocení adaptací. V první řadě pracuje s výchozím předpokladem, že nedochází ke změnám klimatu a uvažuje tedy pouze základní linii socio-ekonomického rozvoje jednotlivých odvětví. Následně definuje výkonnostní indikátory pro základní sektory (pobřežní oblasti, zásobování vodou a ochranu před povodněmi, zemědělství, rybolov, lidské zdraví, infrastrukturu a lesnictví). Nakonec porovnává dva „scénáře“ změny klimatu, její přítomnost a nepřítomnost. Výsledkem je porovnání plánovaných ročních nákladů na přizpůsobení ve dvou klimatických scénářích: nejdeštivější a nejsušší.

Tabulka 74 Mezinárodní odhady ročních nákladů pro adaptace (Světová banka)

Zdroj	EUR (miliardy za rok)	Přístup/metoda	Zaměření
Světová banka (2006)	11,8 - 53,8	I&FF	Odhady nákladů zesílení rezilience budoucích investic nebo finančních toků
Stern (2006)	5,2 – 48,5	I&FF	Odhady nákladů zesílení rezilience budoucích investic nebo finančních toků
Oxfam (2007)	>65,6	I&FF	Přenesené odhady programů NAPA and NGO
UNDP (2007)	113-143	I&FF	Odhadované náklady posílení programů sociálního zajištění a přenesení hodnot pro ostatní oblasti
UNFCCC (2007)	36,7–88	I&FF	Odhady dodatečných investic a finančních toků pro adaptace v globálním měřítku do roku 20130
Světová banka (2009)	92-132	Dopad/I&FF	Odhady nákladů spojených s adaptacemi od roku 2010 do roku 2050

Zdroj: Podle Watkiss 2009 (I&FF = investice a finanční toky)

K dispozici jsou také studie realizované na národní úrovni a úrovni Evropské studie (tabulka 75). Česká republika by mohla být porovnána s ostatními členskými státy, nicméně díky národním specifikům a charakteristikám jsou tyto odhady velmi konkrétně zaměřené na jednotlivé země, především co do typu a rozpětí adaptačních opatření. Studie z Velké Británie posuzuje ekonomické náklady dopadů a adaptací na změny klimatu (Metroeconomica et al., 2006). Švédská studie se zaměřila více na analýzu hrozeb a příležitostí (SCCV, 2007). Kvantifikovala ekonomické náklady spojené se změnou klimatu a potenciální náklady na přizpůsobení. Nizozemská studie pracovala více kvalitativním využitím multikriteriální analýzy pro posouzení možnosti přizpůsobení (Van Ierland et al., 2006).

Tabulka 75 Přehled evropských hodnocení ekonomických dopadů změny klimatu na národní úrovni

Zdroj	Použitý přístup/metoda	Zaměření
Metroeconomica et al (2006) Climate change impacts and adaptation: Crossregional research programme to	Hodnocení dopadů podle sektorů	Ekonomické náklady změny klimatu, náklady a přínosy adaptace ve Velké Británii

Zdroj	Použitý přístup/metoda	Zaměření
quantify the cost of future impacts.		
Swedish Commission on Climate and Vulnerability (2007) Facing climate change - threats and opportunities	Hodnocení dopadů podle sektorů, CGE, analýza typu I&FF	Dopady a příležitosti pro Švédsko, posuzování ekonomických nákladů změny klimatu a potenciálních nákladů na přizpůsobení
Van Ierland et al (2006) Qualitative assessment of climate change adaptation options and some estimates of adaptation costs. Netherlands: ARK/Routeplanner project.	Multikriteriální analýza a analýza nákladů a přínosů	Posouzení možností přizpůsobení na změnu klimatu v Nizozemsku v souvislosti s územním plánováním

Ekonomická analýza dopadů změny klimatu v České republice by měla rovněž odkazovat na kontext přizpůsobení se změně klimatu v EU. Adaptační opatření v ČR pro jednotlivé sektory musí být v souladu s regulacemi a politikami EU. Některá adaptační opatření, jako například přizpůsobení dopadům zvýšeného rizika záplav v českých městech, jsou zahrnuty v českých strategických dokumentech, jako je Strategie pro ochranu před povodněmi (2000, aktualizováno 2006), Plán protipovodňové ochrany za použití technických a přírodních opatření (2010), Strategie přizpůsobení změně klimatu v podmínkách ČR (2015) a směrnice EU, jako je např. směrnice 2007/60 / ES - Posuzování a zvládání povodňových rizik nebo Směrnice Rady ze dne 21. května 1991 pro zavedení určitých peněžních a nepeněžních nástrojů k podpoře adaptace. To je důvod, proč jsou současné přístupy pro stanovení ekonomických dopadů změny klimatu založeny na scénářích různých politik a adaptačních drah.

Obecně existuje několik přístupů pro hodnocení ekonomických dopadů změny klimatu a nákladů a přínosů možností pro přizpůsobení na národní úrovni. Tyto přístupy lze rozdělit do tří kategorií (1) analýza investic a finančních toků (I&FF), (2) modely integrovaného hodnocení (IAM) a (3) modely obecné rovnováhy (CGE) (Watkiss, 2009). Investiční a finanční analýza a integrované modely sdílejí některé podobnosti. Často vyjadřují celkové celosvětové náklady na přizpůsobení do určitého bodu (roku) v budoucnosti z hlediska nákladů v peněžních jednotkách, ale také odpovídající procento globálního HDP. Stanovují současnou hodnotu s použitím vhodné diskontní sazby, jako vstup do analýzy nákladů a přínosů. Nicméně IAM mohou modelovat ekonomický systém v širším rozsahu (včetně celkových nákladů a přínosů). Nejčastěji používaným modelem IAM je PAGE, který slouží pro výpočet přínosů pomocí globálních adaptačních nákladů. Hop (2009) odhaduje **globální přínosy a náklady v poměru 10: 1**. Třetí přístup je vypočitatelný model obecné rovnováhy, který umožňuje tvorbu a analýzu vazby mezi různými hospodářskými odvětvími. Pomocí těchto modelů lze zachytit přímé a nepřímé (efekty vyšších řádů) důsledky dopadů změny klimatu ve vztahu jednoho odvětví ke všem ostatním.

Adaptační opatření mohou být také hodnocena na základě ekonomické efektivity pomocí analýzy nákladů a přínosů (CBA), nicméně tento postup je vhodný především pro sektorové studie zahrnující strukturální opatření. Cílem CBA je ukázat, zda výhody (v peněžním vyjádření) možností přizpůsobení převažují nad nevýhodami (náklady). Přestože je CBA důležitá pro podporu rozhodování a navrhování politik týkající se změny klimatu, tento relativně jednoduchý nástroj neodráží rozdělení nákladů a přínosů a snižuje nepeněžní dopady, jako jsou ekologické nebo sociální aspekty. To je důvod, proč jsou potřeba doplňkové typy analýz (nákladové efektivity, multikriteriální) používané pro podporu rozhodování. Oba přístupy multikriteriální analýzy a efektivity nákladů umožňují nepeněžní nebo kombinované posuzování jednotlivých dopadů.

5.2 LIMITACE EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

Problematika změny klimatu a jejího vlivu na jednotlivé sektory je značně komplikovaná a variabilní, a to nejen v rámci České republiky, ale i na úrovni regionů. Pro vyhodnocení ekonomických dopadů existuje několik naprosto zásadních překážek a komplikací, konkrétně se jedná o následující:

- Ne zcela jasný charakter klimatických předpovědí, a to zejména ohledně změny četnosti a síly extrémních událostí, které mohou mít z ekonomického hlediska nejzávažnější dopady;
- Problematika nejasného socio-ekonomického vývoje společnosti a území, který je obecně považován za významnější faktor než samotná změna klimatu;
- Velmi široká škála dopadů a efektů v jednotlivých sektorech, a stejně tak i odpovídajících adaptačních opatření;
- Regionální rozdílnosti a vysoký stupeň heterogenity;
- Nedostatek dat a podkladů ke kalkulacím pro jednotlivé sektory;
- Nedostatek dat a informací pro jednotlivé sektory ze zahraničí.

V současné době neexistuje žádná studie, která by na národní úrovni nebo v evropském měřítku přesněji vyhodnotila celkové náklady spojené s dopady změny klimatu a náklady na adaptační opatření. Samozřejmě je tu poměrně velký rozdíl mezi jednotlivými sektory, kdy jsou některé ve větším centru zájmu, a tudíž pro ně existují jak vstupní data, tak i kalkulace ze zahraničí (např. zemědělství). Nicméně pro jiné zase platí přesný opak (např. průmysl a energetika). Na evropské úrovni se zpracovávají tři hlavní projekty zaměřené na ekonomické hodnocení dopadů změny klimatu a/nebo adaptačních opatření s nimi související, jmenovitě Econadapt (<http://econadapt.eu/>), ClimateCost (<http://www.climatecost.cc/>) a PESETA II (<http://peseta.jrc.ec.europa.eu/>). Kromě těchto projektů existují i projekty analyzující ekonomické dopady v rámci případových studií či přinášející nástroje pro usnadnění adaptačního procesu, např. projekt BASE (<http://base-adaptation.eu/>), ToPDad (<http://www.topdad.eu/>), RAMSES (<http://www.ramses-cities.eu/>). Všechny tyto projekty lze samozřejmě brát do jisté míry jako inspiraci, ale tyto projekty nepokrývají všechny sektory zahrnuté v této studii, často se zaměřují jen na jeden nebo dva efekty změny klimatu na konkrétní sektor a poskytují poměrně široká rozpětí odhadovaných dopadů, která jsou ve velké části případů založena na přenosu hodnot z případových studií provedených v USA. Právě díky kombinaci všech těchto faktorů může dojít k velkému zkreslení, a to zejména v sektorech, které jsou úzce vázané na specifika (např. lesnictví, zemědělství). V otázce adaptačních opatření se tento problém opakuje, protože není zcela jasné, jaké povahy a rozsahu by měla vhodná opatření dosahovat.

Ideálním způsobem, jak relativně přesně stanovit ekonomické dopady změny klimatu na sektory v ČR a náklady na adaptační opatření, by bylo vypracování detailních případových studií pro každý sektor a region. Vzhledem k rozsahu a náplni této studie však nebylo možné takto detailní analýzu provést. V následujících podkapitolách jsou shrnuty základní poznatky a odhady pro jednotlivé sektory, které jsou založené zejména na přenosu hodnot ze zahraničních studií (zejména tři zmiňované projekty) a měly by sloužit jakožto orientační indikátory.

6 EKONOMICKÁ ANALÝZA OČEKÁVANÝCH DOPADŮ ZMĚNY KLIMATU NA JEDNOTLIVÉ SEKTORY A NÁKLADŮ NA ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ

Ekonomické dopady změny klimatu na jednotlivá odvětví jsou dvojího charakteru, a to dopady přímé a nepřímé. Do skupiny dopadů přímých řadíme takové, které přímo souvisí s ekonomickým výsledkem daného sektoru, tedy vyúsťují v přímé výnosy či náklady. Příkladem může být třeba změna objemu produkce v zemědělství či nákladů na údržbu zimních rekreačních středisek. Analogicky, dopady nepřímé souvisí s výnosy a náklady nepřímými. Ty nejčastěji souvisí s vedlejšími aktivitami plynoucími z dané změny, jako např. změna managementu, likvidace následků živelných pohrom apod.

V rámci studií zabývajících se změnou klimatu se předpokládá, že jedním z nejvýznamnějších projevů z hlediska potenciálních ekonomických dopadů budou klimatické výkyvy a narůstající frekvence i síla extrémních událostí. V současné době však neexistují přesnější informace o tom, jak by se měl tento nárůst vyvíjet do budoucna a jakých rozměrů bude dosahovat. Z toho důvodu lze z ekonomického hlediska jen velmi těžko vyčíslit, jak velké dopady bude změna klimatu na jednotlivé sektory mít.

Pro každý sektor byly analyzovány dopady změny klimatu z hlediska příležitostí a rizik, rozsahu a pravděpodobnosti výskytu. Rozsah dopadů je popsán na sedmistupňové škále:

- velmi negativní (- - -),
- středně negativní (- -),
- mírně negativní (-),
- neutrální (- / +),
- mírně kladné (+),
- středně kladné (+ +),
- velmi kladné dopady (+ + +).

Pravděpodobnost nastalé situace a s ní souvisejícího dopadu je prezentována na stupnici od 1 do 5, kde 1 je velmi nízká pravděpodobnost a 5 velmi vysoká pravděpodobnost. Pomocí tohoto přístupu je možné vyhodnotit dopady změny klimatu na jednotlivé sektory nejen z hlediska jejich síly a vlivu, ale i směru jejich působení.

Vedle trendů budoucího vývoje ekonomických dopadů změny klimatu na jednotlivé sektory byl dále stanoven rozsah dopadů v případě nečinnosti. Podle OECD (2008) existují dva základní přístupy k tomu, jak tyto dopady odhadnout. V prvním případě je to kalkulace na základě tzv. „společenské ceny uhlíku“ (z anglického „social cost of carbon“), tedy odhadu škod spojených s vypuštěním dodatečné tuny uhlíku. Druhou možností je odhad celkových ekonomických škod, založený na kalkulaci škod spojených se změnami klimatu. Vzhledem ke členění této studie podle odvětví a zaměření na adaptace spíše než na mitigace je dále řešena varianta druhá, tedy odhadem škod spojených s klimatickou změnou za předpokladu, že se nebudou nijak vyvíjet adaptační opatření.

Dále byla popsána nejobvyklejší adaptační opatření a jejich předpokládaný efekt na zmírnění dopadů změny klimatu. Součástí každé sekce je i tabulka shrnující hlavní dopady ZK a vhodná opatření. Pro každé opatření je zde zároveň stanoven rozsah nákladů a efektivita. V obou případech se jedná o škálu 1-5, kde:

- 1 = velmi nízké náklady/velmi malá efektivita,
- 2 = spíše nízké náklady / spíše malá efektivita,
- 3 = středně vysoké náklady / střední efektivita,
- 4 = spíše vysoké náklady / spíše velká efektivita,
- 5 = velmi vysoké náklady / velmi velká efektivita.

Kromě toho je v posledním sloupci znázorněno, kdo ponese největší část adaptačních nákladů. U většiny položek je pravděpodobné, že se náklady rozloží mezi více zainteresovaných hráčů, nicméně pro jednodušší orientaci jsou zde popsáni pouze ti nejvýznamnější pro každé opatření. Pro účely studie je původ investic do adaptací rozdělen do čtyř skupin:

- S = Státní rozpočet,
- M = Místní samosprávy (regionální, lokální),
- F = Firmy, podniky, soukromý sektor,
- O = Osoby (obyvatelé)

U některých opatření je složité identifikovat hlavního investora do adaptačních opatření, protože tato role vychází z velké části z přístupu státu a zohlednění rizik a adaptací ve státních politikách, dotačních programech apod. Jedná se např. o opatření v zemědělství, kde mohou farmáři buď opatření implementovat v rámci kupříkladu agroenvironmentálních schémat (v takovém případě pochází většina finančních prostředků z fondů EU a potažmo ze státní pokladny), nebo je přijmout spontánně a bez impulsu shora (tehdy je hlavním investorem daný farmář).

Pro zachování kontinuity vycházejí tabulky z předchozí části a jsou založeny na stejných kategoriích ohrožení a dopadů, k nimž jsou přiřazena odpovídající adaptační opatření. V případě, že se na danou hrozbu nelze dost dobře adaptovat, jsou poslední tři sloupce pro odpovídající řádek ponechány prázdné.

Značná nejistota plynoucí nejen z klimatického vývoje, ale i dopadů v jednotlivých regionech, které se vzájemně liší, panuje nejen v otázce dopadů změny klimatu, ale i adaptací. Právě z toho důvodu nelze detailněji vyhodnotit dopady měnícího se klimatu, a díky tomu i potřeby a rozsahu implementace adaptačních opatření. Potřeba a následná distribuce opatření se může v rámci jednotlivých oblastí výrazně lišit. Velmi důležitý je fakt, že adaptační opatření nemohou vždy zcela eliminovat očekávané negativní dopady klimatické změny, nicméně mohou je v různém rozsahu zmírnit. Proto je nezbytné si uvědomit, že navzdory přijetí vhodných opatření může být dopad na ekonomiku negativní, nicméně v mnohem menší míře, než by tomu bylo v případě nečinnosti.

Obecně platí, že náklady na realizaci adaptačních opatření bývají výrazně nižší než náklady v případě nečinnosti (a to i o několik řádů). Přínosy implementace adaptačních opatření tedy převažují nad náklady na realizaci. Adaptační strategie předpokládá, že případná nečinnost v souvislosti se změnou klimatu by znamenala podstatné socio-ekonomické dopady a hospodářské ztráty. Např. v oblasti zemědělských adaptačních opatření platí, že střednědobé a dlouhodobé finanční přínosy většiny adaptačních opatření přesahují investice na jejich zavedení (MZP, 2015).

Optimálním způsobem, jak relativně přesně stanovit ekonomické dopady změny klimatu na sektory v ČR a náklady na adaptační opatření, by bylo vypracování detailních případových studií pro každý sektor a region. Vzhledem k rozsahu a náplni této studie však nebylo možné takto detailní analýzu provést. Požadavky na zpracování konkrétních ekonomických analýz vybraných adaptačních opatření v podmínkách ČR je vhodné zahrnout do připravovaného Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu.

Všechny hodnoty v této kapitole, které byly v původních studiích uvedeny jiných hodnotách než v českých korunách převedeny na eura při cenové hladině pro rok 2014. V případě, že původní studie neudávala jiné informace, hodnoty stanovené do budoucnosti až do roku 2100 nebyly diskontovány a nebyly převedeny na cenovou hladinu pro rok 2014, protože se předpokládá, že takové hodnoty jsou spíše orientačního charakteru a mají za úkol demonstrovat úroveň možných nákladů a přínosů spíše než konkrétní hodnotu. Hodnoty, pro které nebyl konkrétní rok specifikován přímo ve studii, byly vypočítané na základě roku publikace dané studie. Hodnoty investic delších než jeden rok byly stanoveny pro prostřední rok investičního období.

6.1 LESNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

6.1.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Ekonomické dopady změny klimatu na lesní hospodářství závisejí především na výnosech a ztrátách dřeva. Klimatická změna se nemusí ve všech případech projevovat pouze negativně, naopak některé s ní související jevy mohou vyústit v ekonomický zisk, jako je např. nárůst produkce dřeva díky zvýšeným koncentracím CO₂, nebo v některých případech díky vyšším teplotám a prodloužení vegetačního období. Trendy v ekonomickém vývoji sektoru v souvislosti s měnícím se klimatem jsou popsány, viz následující tabulku. Jako nejproblematictější se jeví stávající druhové složení českých lesů s převládajícím zastoupením smrku ztepilého. Vzhledem k tomu, že již současné klimatické podmínky pro jeho růst a pěstování nejsou v nižších vegetačních stupních (3. - 4. LVS) vhodné, předpokládá se, že tato negativní situace bude přetrvávat a podmínky se budou zhoršovat i ve výše položených lokalitách, a to zejména díky rostoucímu stresu spojenému se stále méně vyhovujícími podmínkami (kombinace vyšších teplot, sucha, lepších podmínek pro šíření škůdců a výskyt extrémních klimatických jevů). Mezi další předpokládané riziko patří nárůst četnosti a intenzity požárů, které mohou způsobovat další ekonomické škody (tabulka 76).

Tabulka 76 Ekonomické dopady ZK na lesní hospodářství

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota	Delší vegetační období	Vyšší výnosy	+	2
	Vhodnější podmínky pro šíření chorob a škůdců	Nižší výnosy, poškození porostů	--	3
	Posun vegetačních pásem a chřadnutí porostů	Nižší výnosy, poškození porostů	--	4
Snížení objemu srážek v kombinaci s vyššími teplotami	Vhodnější podmínky pro šíření chorob a škůdců	Nižší výnosy, poškození porostů	--	3
	Změny v přirozených cyklech a růstových vzorcích	Snížená kvalita dřeva	-	2
	Vyšší riziko požárů	Ztráty porostů, náklady na likvidaci	-	3
	Nevhodnost stávajících druhů	Vyšší úmrtnost a ztráty, náklady na ochranu	-	4
	Možnost pěstovat nové odrůdy stromů	Vyšší a stabilnější výnosy	+	2
Extrémní výkyvy teplot	Vyšší úhyn porostů	Ztráty výnosů	--	4
Zvýšená frekvence extrémních událostí	Vyšší úhyn porostů	Ztráty výnosů, náklady na likvidaci	-	2

Zdroj: (Broadmeadow, 2002; Forestry Commission, 2010; Ray et al., 2010)

6.1.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Dopady změny klimatu na lesy a lesní hospodářství jsou významně odvislé od specifických podmínek konkrétního stanoviště. Zcela zásadními faktory jsou v tomto případě nejen půdně-klimatické podmínky, ale i druhové složení. Právě kvůli tomu je extrémně složité odhadovat vliv měnícího se klimatu ve větším měřítku než na lokální úrovni, protože rozdíly mezi stanovišti mohou často vyústit

v dopady naprosto odlišné povahy (Reyer et al., 2014). Tento fakt je ještě umocněn spíše indikativním charakterem klimatických scénářů budoucího vývoje a jistou schopností lesních porostů se postupně do jisté míry adaptovat na nové klimatické podmínky.

Dopady klimatické změny na lesy nebudou s nejvyšší pravděpodobností pouze negativního charakteru. Naopak, zvýšené koncentrace CO₂ a delší vegetační období způsobené mírnějšími zimami a vyšší průměrnou teplotou stimulují růst a vyšší čistou primární produkci, což může na celoevropské úrovni vyrovnat ostatní negativní dopady změny klimatu na lesy (Reyer et al., 2014). Tyto zmiňované přínosy by se ale ve větší míře promítly do ostatních sektorů, nikoliv do lesnictví jako takového.

Jak uvádí Hanewinkel et al. (2013), dopady na lesy v Evropě (vyjma Ruské federace) plynoucí z nárůstu průměrné roční teploty a změny distribuce srážek mohou vyústit ve snížení hodnoty lesních porostů, především kvůli upuštění od dnes ekonomicky atraktivních druhů, především smrku. Oproti jiným dřevinám používaným ve dřevozpracovatelském průmyslu má smrk rychlý produkční cyklus, který jej činí velmi lukrativní dřevinou. Jejich pěstování bude ovšem natolik nákladné, že již nebude profitabilní, a to zejména díky vyšším ztrátám a postupnému odumírání smrkových porostů, které bude, vedle ztrát na výnosech, vyžadovat výrazně vyšší náklady na obnovu. V závislosti na konkrétním klimatickém scénáři a úrokové sazbě se může ekonomická hodnota evropských lesů snížit o 14 – 50 % (střední hodnota 28 % při úrokové sazbě 2 %) současné hodnoty, což by na evropské úrovni znamenalo ztráty v řádu stovek miliard euro. Tato částka zohledňuje pouze tržní produkci pocházející z lesů, nikoliv hodnotu ostatních ekosystémových služeb. V roce 2013 byly v České republice vyprodukovány lesnické výrobky v celkové hodnotě 45,4 miliard Kč (ČSÚ, 2015a). Budeme-li uvažovat střední hodnotu, kterou uvádí Hanewinkel et al. (2013), roční ztráty na lesnické produkci by dosahovaly hodnoty 12,7 miliard Kč.

Vzhledem k vysoké heterogenitě porostů a stanovišť v současné době neexistuje společná metodika výpočtu ekonomické hodnoty potenciálních dopadů na národní ani evropské úrovni. Díky tomu je zřejmě nejuniverzálnějším a také nejrozšířenějším indikátorem vlivu změny klimatu na lesy a ekonomického hodnocení dopadů evaluace ztrát způsobených požáry a živelnými katastrofami (PESETA II, 2014). Drtivá většina lesních požárů na území EU se však odehrává především ve středomořských státech, takže je otázkou, nakolik je tato problematika relevantní i v podmínkách ČR, kde vývoj počtu lesních požárů v posledních letech nevykazuje žádný jasný trend (ČSÚ, 2015a). V každém případě, na území jižní Evropy lze očekávat, že při nárůstu průměrné roční teploty o 2°C dojde k navýšení území zasaženého požárem až o 50 % (PESETA II, 2014). Pokud by došlo na takovou situaci v podmínkách střední Evropy, pak by to pro Českou republiku znamenal nárůst škod o zhruba 10 mil. Kč ročně (MZe, 2014).

6.1.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Základní podmínkou účinné adaptace lesního hospodářství na jevy spojené se změnou klimatu bude zejména důraz na druhovou skladbu porostů a přirozenou obnovu lesa. Z hlediska Adaptační strategie ČR se jako klíčová opatření jeví v první řadě využití přírodních procesů a pěstování prostorově a druhově pestrých porostů, dále změna preference druhů a ekotypů lesních dřevin, a stabilizace množství uhlíku vázaného v lesních ekosystémech skrze podporu lesního hospodaření s trvalým půdním krytem. Mimo to také strategie zmiňuje význam prioritizace oblastí pro realizaci adaptačních opatření a ochranu genetických zdrojů lesních dřevin. Z pohledu státu se jedná především o měkká opatření, která spočívají v úpravě lesnických politik a legislativy. Zároveň nabízejí možnost podpory skrze dotační mechanismy. Velmi důležitou roli bude hrát dostatečná úroveň vzdělávání a šíření informací týkající se této problematiky. Vzhledem k dlouhým realizačním a implementačním horizontům v tomto sektoru je nezbytné adaptační opatření plánovat s dostatečným předstihem. Opatření ve vztahu k jednotlivým rizikům spojených se změnou klimatu jsou znázorněna v tabulce (tabulka 77).

Tabulka 77 Přehled adaptačních opatření v lesnictví, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota	Delší vegetační období	Odpovídající načasování aktivit	1	4	F
	Vhodnější podmínky pro šíření chorob a škůdců	Vhodná druhová skladba a diverzifikovaná struktura porostů	3	4	S, F
	Posun vegetačních pásem a chřadnutí porostů				
Snížení objemu srážek v kombinaci s vyššími teplotami	Vhodnější podmínky pro šíření chorob a škůdců	Vhodná druhová skladba a diverzifikovaná struktura porostů	3	4	S, F
	Změny v přirozených cyklech a růstových vzorcích				
	Vyšší riziko požárů	Zvyšování povědomí o možných rizicích a následcích	1	3	S, M
		Kvalitní systém řízení rizika a monitoringu	2	4	S, M
		Krajinné prvky a plánování	2	4	S, M, F
	Nevhodnost stávajících druhů	Vhodná druhová skladba a diverzifikovaná struktura porostů	3	4	S, F
	Možnost pěstovat nové odrůdy stromů				
Extrémní výkyvy teplot	Vyšší úhyn porostů	Vhodná druhová skladba a diverzifikovaná struktura porostů	3	4	S, F
Zvýšená frekvence extrémních událostí	Vyšší úhyn porostů	V případě extrémních událostí je adaptace problematická. Stejně jako v předchozích případech lze do jisté míry podpořit adaptační proces výběrem vhodných druhů dřevin a jejich prostorovou a věkovou strukturou. Efekt však závisí na rozsahu a povaze dané události.			

Vzhledem ke specifikům problematiky lesního hospodářství v ČR v kontextu změny klimatu a povaze adekvátních adaptačních opatření spočívajících především ve změně managementu, nelze dost dobře stanovit náklady na adaptaci tohoto sektoru. Ty budou totiž ve velké míře spíše záviset na jednotlivých lesích/správních jednotkách a jejich konkrétních podmínkách. V oblasti lesního hospodaření bude potřeba brát v úvahu již zmiňovaný dlouhodobý horizont a budoucí profitabilitu. Přestože za stávajících podmínek může být stále výhodné pěstovat smrky v nižších polohách, do budoucna tomu tak ve většině níže položených oblastech (zejména 3.-5. LVS) nebude. Odpovídající změny je proto nezbytné implementovat co nejdříve a postupně obměňovat stávající porosty (Easterling et al., 2007).

Kromě adaptací spojených s dlouhodobým plánováním a změnami v hospodaření lesa také někteří autoři zmiňují přístupy reagující na akutní hrozby, tedy v krátkodobém horizontu. Je otázkou, zda takové přístupy vůbec označovat jako adaptace, nicméně se jedná zejména o řešení problematiky přemnožení škůdců. V takových případech lze aplikovat přednostní kácení rizikových porostů (Easterling et al., 2007).

6.1.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Dříve nebo později bude nezbytné přeorientovat lesnickou produkci v ČR na jiné, stanovištně vhodnější a odolnější druhy. Vzhledem k potenciálním rostoucím ztrátám a úmrtnosti stávajících porostů je tento postup zřejmě nevyhnutelný a podle kalkulací na základě údajů, které uvádí Hanewinkel et al. (2013), je i navzdory adaptaci lesních společenstev potřeba počítat s ročními ztrátami na produkci okolo 12,7 miliard Kč. Otázkou je, zda je vůbec možné tyto negativní dopady zmírnit výběrem dostatečně vhodných a ekonomicky atraktivních druhů, které by mohly smrk v našich klimatických podmínkách postupně nahradit. Vedle této hodnoty se potenciální (a spíše nepravděpodobné) roční náklady spojené se zvýšeným rizikem požárů v hodnotě 10 mil. Kč (PESETA II, 2014) jeví poměrně marginální.

Problematika adaptací na změnu klimatu v lesnictví z ekonomického pohledu zatím nebyla na úrovni ČR ani Evropy dostatečně do hloubky řešena. Na světové úrovni se očekává, že budoucí investice spojené s tímto sektorem plynoucí ze změny klimatu se v rozvinutých zemích do roku 2030 navýší zhruba o 1,5% oproti úrovni z roku 2000, přičemž většina těchto prostředků bude směřována do podpory výzkumu (McCarl, 2007). V roce 2000 se finanční podpora lesnictví v ČR vyšplhala na 1,142 miliardy Kč za rok (MZe, 2001a). Na základě metodiky, kterou uvádí McCarl lze pro rok 2030 v podmínkách ČR počítat s ročními náklady na adaptace lesnického sektoru v hodnotě 17 milionů Kč. To je pouze zlomek očekávaných ztrát spojených se změnou klimatu.

6.2 ZEMĚDĚLSTVÍ

6.2.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Nejzásadnějším faktorem zachycujícím primární ekonomické dopady změny klimatu na zemědělství jsou ztráty na úrodě způsobené jak živelnými pohromami, tak i dlouhodobějším vývojem klimatu. Zemědělství jakožto sektor je základním elementem bezpečnosti státu a zejména v souvislosti s tímto sektorem je třeba mít na vědomí, že jeho stabilita do velké míry podmiňuje fungování společnosti jako celku. Přestože se analýza zaměřuje zejména na dopady přímé, v případě zemědělství mohou nepřímé dopady dosahovat závratných rozměrů.

Jakožto hlavní faktory v otázkách ekonomických dopadů na zemědělství lze vnímat zejména pokles srážek a rostoucí průměrnou teplotu. Jejich kombinace může vyústit ve dva, z ekonomického hlediska pravděpodobně největší problémy, jimž bude muset zemědělství čelit, a to sucho a vhodné podmínky pro šíření škůdců. Současně nelze na lehkou míru brát ani riziko výskytu vysokých teplot, které samy o sobě, nebo v kombinaci se suchem, mohou vést k dramatické redukci výnosů, zejména pokud se vyskytnou v kritických fenofázích (např. kvetení u většiny obilnin). V zimním období pak dlouhodobě snižující se rozsah a trvání sněhové pokrývky mohou potenciálně vést k vyšší expozici ozimých plodin nízkým teplotám. Na druhou stranu vede zvyšování teplot k nárůstu produkčního potenciálu v některých oblastech (zejména v polohách nad 400 m n. m.) a u některých plodin a typů kultur (u vinné révy, kukuřice, slunečnice či sóji) a poskytne tak i nové příležitosti. Nicméně je třeba vnímat, že zemědělské systémy jako takové nemohou reagovat na změnu klimatu např. operativní změnou portfolia pěstovaných plodin jednak v důsledku dlouhodobě fixované poptávky po tradičních produktech a také potřebami návazné výroby (např. živočišné), bez níž je hospodaření v podmínkách ČR dlouhodobě obtížně udržitelné bez adekvátních opatření směřujících k zachování půdní úrodnosti.

Trendy v ekonomickém vývoji sektoru v souvislosti s měnícím se klimatem, povaha dopadů, jejich síla a pravděpodobnost jsou popsány, viz tabulka 78.

Tabulka 78 Ekonomické dopady ZK na zemědělství

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota	Delší vegetační období, ale zkrácení doby růstu	Vyšší výnosy pokud existují odrůdy schopné tohoto faktu využít/jinak pokles výnosu	+ +	4
	Možnost pěstovat nové odrůdy	Vyšší výnos/nížeší ztráty/vyšší kvalita produkce	+ / -	4
Snížení objemu srážek	Vhodnější podmínky pro šíření některých chorob a zejména termofilních škůdců	Nížeší výnosy/nížeší kvalita a vyšší náklady na prevenci	- - -	4
	Změny v agronomických postupech	Náklady na technologie	-	4
	Vyšší nároky na vodu (rostlinná i živočišná výroba)	Vyšší náklady na vodu (vyšší spotřeba)	- - -	4
	Omezení v rybářství a rybníkářství	Vyšší ztráty a náklady na produkci	-	4
	Tlak na mineralizaci organické hmoty, nížeší stabilita agregátu a riziko	Pokles půdní úrodnosti a nížeší výnosy	-	4

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
	větší eroze a snižování schopnosti půdy vázat vodu a živiny			
Zvýšená frekvence extrémních událostí	Zničení úrody	Nižší výnosy	- -	4
	Ztráty na domácích zvířatech	Nižší výnosy	-	2
	Zničení techniky a infrastruktury	Ztráty majetku	-	3

Zdroj: (Stuczynski et al., 2000; Tan & Shibasaki, 2003; OECD 2008, 2010)

6.2.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Problematika výnosů ve spojení s projevy změny klimatu je velmi komplexní záležitostí a bude docházet k větším výkyvům nejen mezi jednotlivými lety, ale i v rámci regionů ČR. Kromě toho, konkrétní hydrometeorologická situace může mít odlišný dopad i na různé druhy plodin v závislosti na oblasti a období pěstování. Dále lze očekávat posun výrobních oblastí, který se bezesporu na výnosech jednotlivých plodin také podepíše a pravděpodobně vyústí ve změnu skladby rostlinné produkce v regionu, což může v extrémnějším případě znamenat i poměrně zásadní změny na trhu se zemědělskými komoditami. Zároveň je potřeba brát v potaz vývoj politik a legislativy, především Společné zemědělské politiky EU a agroenvironmentálních opatření.

Vzhledem k očekávanému nárůstu průměrných ročních teplot lze u některých plodin (v našich podmínkách např. ječmen, ozimá pšenice) očekávat nárůst průměrných výnosů. Tato situace bude ale aktuální pouze za předpokladu vhodných klimatických podmínek a jen do doby, než teploty překročí přípustnou hranici pro každou danou plodinu. V otázce obilovin se pro region střední Evropy jako tato hranice nejčastěji uvádí nárůst průměrné roční teploty o více než 2°C (OECD 2008 a 2010). Podle zmíněných studií můžeme ve výrobě obilovin předpokládat nárůst až o 10-15 %, ale pouze za předpokladu, že se průměrná roční teplota zvýší o 1 až 2°C. Naopak při zvýšení o více než 2 °C bude možno zachovat stávající produktivitu jedině za předpokladu přijetí adaptačních opatření. Zvýší-li se průměrná roční teplota o 3°C a více, pak pravděpodobně nebude možno v našich podmínkách udržet stávající výnosy pšenice a kukuřice ani za asistence vhodných adaptačních opatření. Ta budou v této situaci sloužit ke zmírnění dopadů zvyšujících se teplot, které by mohly mít jinak devastující účinek. Podle výstupů projektu PESETA II může dojít v regionu střední Evropy až k propadu v zemědělské produkci o 9 %, nicméně další autoři (Stuczynski et al., 2000; Tan & Shibasaki, 2003) uvádějí, že ztráty na úrodě zemědělských plodin mohou přesahovat 20 % stávajícího stavu. V roce 2014 se na území ČR vypěstovalo celkem 8 779 299 tun obilovin na ploše 1 409 610 ha a s průměrným výnosem 6,23 t/ha (ČSÚ, 2015). Ceny zemědělských výrobců se ve stejném roce pohybovaly v rozmezí 3 285 až 5 006 Kč/t v závislosti na konkrétní obilovině, přičemž cena za pšenici, tedy u nás nejrozšířenější obilovinu, byla 4 197 Kč/t (SZIF, 2015). Vezmeme-li v úvahu předchozí informace a zaměříme se pouze na obiloviny, lze očekávat, že dopady změny klimatu by se mohly v první fázi, tedy při oteplení maximálně do 2°C podepsat na ekonomice kladně. Nárůst v produkci by mohl dosahovat hodnoty okolo 3,7 miliard Kč ročně (v cenách zemědělských výrobců). Oproti tomu, při větším oteplení by mohly roční ztráty činit zhruba 3,3 miliard Kč (podle mírnějších odhadů), v případě pesimističtějších odhadů až 8,5 miliard Kč.

Druhým fenoménem, který velmi pravděpodobně negativně ovlivní výši zemědělských výnosů, jsou sucha a také výskyt extrémně vysokých teplot. Např. při vlně veder v Evropě v roce 2003 došlo v Itálii k 36 % ztrátám na úrodě kukuřice (OECD, 2010), a tato situace je v menším měřítku patrná i na našem území v sezóně 2015.

Kromě ztrát na výnosech zemědělských plodin lze očekávat ekonomické dopady i v jiných oblastech zemědělské výroby. V oblasti živočišné výroby bude při nárůstu teplot docházet zejména ke stresu hospodářských zvířat, přičemž zvýšení průměrných ročních teplot o více jak 2 stupně Celsia již pravděpodobně vyústí v mírné produkční ztráty (OECD, 2010). Další zásadní položkou je otázka škůdců a chorob jak v rostlinné, tak v živočišné výrobě. Přestože tato problematika je zcela zásadní a může mít devastační následky (zejména při vypuknutí epidemii mezi hospodářskými zvířaty), obecné odhady předpokládaného rozsahu dopadů zatím nejsou známy.

6.2.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

V případě zemědělství bude základní podmínkou pro efektivní adaptace zaměření se na udržitelné nakládání s přírodními zdroji, především s půdou a vodou. Právě s důrazem na tento fakt je potřeba volit vhodné agronomické postupy, zemědělské technologie i pěstované plodiny.

Z ekonomického hlediska byly mezi největší rizika pro tento sektor zařazeny především nižší výnosy v důsledku ohrožení škůdci a nemocemi, vedle toho je zde i hrozba rostoucích nákladů na obstarání vody souvisejících s problematikou sucha. Vedle těchto dopadů, které jsou spojeny spíše s postupným vývojem klimatu, je třeba zmínit problematiku extrémních událostí, jako např. bouře, vichřice či povodně. Tyto jevy mohou mít na zemědělství (stejně jako na ostatní sektory) účinky zcela devastující. Na druhou stranu může mít změna klimatu na zemědělský sektor i pozitivní dopady. Hlavním přínosem může být delší vegetační období a kratší doba růstu (a potenciálně tedy více sklizní za rok). Ovšem i v tomto případě jsou vyšší výnosy podmíněny přijetím a implementací vhodných adaptačních opatření, v opačném případě by mohly být dopady velmi negativní.

Podle Adaptační strategie ČR by se adaptační opatření měla zaměřit zejména na vhodné prostorové uspořádání zemědělské půdy, půdoochrana a protierozní opatření, zlepšování půdní struktury, zvyšování podílu organické hmoty v půdě, podporu agrobiodiverzity a využívání odrůd a plemen odolných k novým klimatickým podmínkám. Část těchto opatření je flexibilní a lze jí do jisté míry aplikovat v krátkodobém horizontu, protože je spojena s rozhodováním a adaptací na úrovni každé farmy (např. druhová skladba a rotace plodin, objem používaných hnojiv a pesticidů, způsob orby). Obecně se ale má za to, že plánování adaptací v zemědělském sektoru je záležitostí spíše dlouhodobější, tzn. v horizontu 10 – 20 let (Iglesias et al., 2009). Úlohou státu je v tomto případě především použitím vhodných nástrojů farmáře motivovat k tomu, aby tato opatření aplikovali v praxi. Takovým nástrojem může být zejména přijetí odpovídajících legislativních aktů, šíření informací a vzdělávání jak farmářů, tak spotřebitelů, investice do výzkumu a vývoje, či různé dotace a finanční pobídky (OECD, 2008b). Jako velmi vhodná se jeví zejména agroenvironmentální schémata či koncept plateb za ekosystémové služby. Přehled vybraných adaptačních opatření a jejich nákladnosti je znázorněn v tabulce (tabulka 79).

Tabulka 79 Přehled adaptačních opatření v zemědělství, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota	Delší vegetační období a zkrácení doby růstu	Změny v načasování aktivit	1	5	F
	Možnost pěstovat nové odrůdy	Pěstování nových odrůd	2	5	F, S
Snížení objemu srážek	Vhodnější podmínky pro šíření některých chorob a zejména termofilních škůdců	Změna pěstebních postupů a odrůd	2	3	F, S
	Změny v agronomických postupech	Implementace nových technologií	2	4	F, S

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
	Vyšší nároky na vodu (rostlinná i živočišná výroba)	Zefektivnění nakládání s vodou	2	3	F, S
		Pěstování suchomilných odrůd (rostlinná výroba)	2	3	F, S
	Omezení v rybářství a rybníkářství	Implementace technologií pro šetrnější nakládání s vodou	2	3	F, S
		Změna technologie pěstování (např. způsob orby)	2	4	F, S
	Tlak na mineralizaci organické hmoty, nižší stabilita agregátu a riziko větší eroze a snižování schopnosti půdy vázat vodu a živiny	Implementace agroenvironmentálních opatření	2	4	F, S
		Správný výběr plodin a jejich rotací	2	4	F, S
Zvýšená frekvence extrémních událostí	Zničení úrody	V případě extrémních událostí je adaptace problematická. Stejně jako v předchozích případech lze do jisté míry podpořit adaptační proces výběrem vhodných plodin, technologií a agroenvironmentálních opatření. Jejich efekt však závisí na rozsahu a povaze dané události.			
	Ztráty na domácích zvířatech				
	Zničení techniky a infrastruktury				

Vzhledem ke komplexnosti a provázanosti celého sektoru a nerovnoměrnému rozložení jednotlivých dopadů je složité vyčíslit na národní úrovni jak vliv dopadů změny klimatu, tak i náklady na adaptační opatření, o to spíše jsou-li implementována na úrovni jednotlivých farem a financována formou dotací či jiných plateb. Náklady na taková opatření jsou pak odvislé od počtu zapojených farem, jejich velikosti a rozsahu opatření. Adaptivní kapacita evropských farmářů je vysoká, tudíž při správně nastaveném systému by neměly nastat zásadnější potíže s aplikací daných opatření (Iglesias et al., 2009). Zároveň mnohá opatření vznikají na úrovni jednotlivých farem zcela nezávisle na politice státu, pouze z vůle zemědělců (Brooks et al., 2005). Z pohledu nákladů na přijetí související legislativy a řízení procesu na národní úrovni by pravděpodobně nedošlo k žádným větším nákladům, zejména v případě agroenvironmentálních schémat, která na území ČR již existují. V tomto případě mohou jako inspirace sloužit schémata z jiných zemí EU, např. státy Velké Británie či Francie, kde se v jejich rámci více propagují zmiňovaná opatření na ochranu a zlepšování vlastností půdy, a podporu biodiverzity.

Díky výše zmíněným důvodům je pro hodnocení opatření v zemědělství vhodnější použít odhad celkové efektivity adaptačních opatření, tedy jaký je jejich celkový dopad na zemědělskou produkci/výnosy (OECD, 2008b). V rámci Evropy se uvádí, že adaptační opatření ve formě změny načasování osevních procesů mohou zmírnit dopady změny klimatu o 43 % do roku 2050 (Tan & Shibasaki, 2003). Pro porovnání, podle stejných autorů se odhady pro Spojené státy pohybují okolo 48 %. Jak uvádí Reilly et al. (2001), při změně načasování osevů a výběru vhodných kultivarů lze v rámci USA počítat s kladným dopadem na výnosy, přičemž zmíněná adaptační opatření ho mohou ještě umocnit, konkrétně o 45 % do roku 2030 a 31 % do roku 2090. Podle studie z Polska (Stuczynski et al., 2000) mohou opatření v podobě změny načasování osevů, vhodných kultivarů a zemědělských postupů zmírnit negativní dopady změny klimatu o 20-100 % a v některých případech lze docílit dokonce pětiprocentního nárůstu oproti současnému stavu.

6.2.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Zemědělství se bude v České republice potýkat zejména s rostoucími teplotami, které mohou jednak vyústit ve ztráty, ale i příležitosti k vyšším výnosům. To, zda se tuto příležitost podaří využít a vyhnout se ztrátám na úrodě, je především otázkou včasných a vhodně zvolených adaptačních opatření. Podle odhadů lze v našich podmínkách při dobře nastaveném adaptačním procesu a

rostoucí teplotě o maximálně 2°C vyprodukovat obiloviny v hodnotě o 3,7 miliardy Kč ročně víc než je tomu nyní. Pokud se ale budou teploty zvyšovat i nad hranici dvou stupňů, může dojít k ročním ztrátám na produkci obilovin v rozmezí 3,3 – 8,5 miliard Kč (Stuczynski et al., 2000; Tan & Shibasaki, 2003; PESETA II, 2014).

Jako vhodná opatření se v tomto případě nabízí zejména vhodné načasování agronomických aktivit a zvolení odpovídajících odrůd, které vytěží maximum z nových klimatických podmínek. Zároveň je více než žádoucí se zaměřit na co nejšetrnější způsob hospodaření, který podpoří přírodní procesy v agroekosystémech a zároveň pomůže zlepšovat kvalitu půdy, chránit proti erozi a podporovat zadržování vody v půdě. Vzhledem k tomu, že zemědělství je specifický sektor a většina adaptací probíhá na úrovni jednotlivých farem, je potřeba, aby byla možná rizika a vhodná adaptační opatření zahrnuta v legislativě a politikách. V tomto sektoru se přímo nabízí zapracování těchto aspektů do systému agroenvironmentálních opatření (např. redukováná orba, snížení intenzity aplikace chemických hnojiv a pesticidů, diverzifikované kultury a rotační zemědělství, zakládání krajinných prvků, aj.), což by mohlo být účinným způsobem rozvoje adaptačních opatření a s přijatelně vysokými náklady. Důraz na měkká opatření v zemědělství prosazuje i UNFCCC, podle něž je potřeba investovat zejména do výzkumu (McCarl, 2007). V roce 2030 by měla finanční podpora do adaptací v zemědělství vzrůst o 2% oproti úrovni z roku 2000. V roce 2000 se finanční podpora zemědělství v ČR vyšplhala na 10,848 miliardy Kč (MZe, 2001b). Na základě metodiky, kterou uvádí McCarl lze pro rok 2030 v podmínkách ČR počítat s ročními náklady na adaptace zemědělství v hodnotě 217 milionů Kč, což je jen zlomek v porovnání s očekávaným rozsahem dopadů uvedeným výše (je potřeba zdůraznit, že kalkulace škod je pouze modelová pro obilniny a ostatní plodiny nejsou zahrnuty).

6.3 VODNÍ REŽIM A VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

6.3.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Změna klimatu se do sektoru vodního režimu a vodního hospodářství v ČR promítne zejména změnou distribuce srážek v čase a prostoru. Pretel et al. (2011) předpokládají mírný nárůst zimních úhrnů srážek (5 – 20 %) a pokles letních úhrnů srážek (20 – 40 %), celkový úhrn srážek se však příliš dramaticky měnit nebude. Očekávané vyšší teploty se primárně projeví vyšší evapotranspirací, akcelerací nástupu sucha a možným snížením kvality zdrojů vody. Vodní hospodářství jako takové pak bude muset čelit přímým i nepřímým ekonomickým dopadům. Závažné ekonomické následky pak mohou vyvstát z extrémních situací, především povodní a sucha, viz tabulka 80.

Tabulka 80 Ekonomické dopady ZK na vodní režim a hospodářství

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Změna distribuce srážek v čase a prostoru	Sucha	Nedostatek vody, omezení odběrů	- - -	4
Vyšší průměrná teplota	Rostoucí evapotranspirace a ztráta vody v půdě	Ztráty vody, omezení odběrů	- -	4
	Snížení kvality vody	Rostoucí náklady na udržování kvality vody	-	3
Povodně a jiné živelné pohromy	Znečištění vodních zdrojů	Náklady na úpravu vody	- -	3
	Poškození koryt a okolí vodních toků	Náklady na opravy	- -	3

Zdroj: (Peseta II, 2014; Econadapt, 2015)

6.3.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Hlavní položkou nákladů, respektive ekonomických dopadů v případě nečinnosti, budou především škody způsobené extrémními událostmi, zejména povodněmi a suchy. V případě sucha je v konečném důsledku ekonomicky poškozen zejména sektor zemědělství (viz kapitola 6.2 PO zemědělství). Budeme-li uvažovat možné dopady na dostupnost vodních zdrojů z pohledu celkové poptávky a nabídky, pak odhadované dopady pro Evropskou část OECD jsou stanoveny na zhruba 1,52 miliard eur při oteplení o 1°C (Tol, 2002). Kirshen (2007) dále uvádí, že na globální úrovni bude v roce 2030 potřeba vynaložit ročně dodatečných 11,8 – 14,4 miliard eur na zajištění dodávek vody. Na úrovni České republiky pak lze počítat s nárůstem poptávky po vodě především v souvislosti s epizodami sucha (Malý et al., 2009).

V případě povodní jsou škody často multisektorové (viz PO mimořádné události), přičemž sektorem s tradičně nejvyššími škodami je průmysl a energetika (viz výše). Škody ale vznikají i přímo v sektoru vodního režimu a vodního hospodářství (např. v roce 2002 dosáhly škody v tomto sektoru 1,7 mld. Kč, tj. 2,3 % celkových škod). Jedná se zejména o škody na vodohospodářských objektech a stavbách (např. podemleté břehy, poškozené jezy). Z pohledu celkových škod se však jedná spíše o marginální hodnotu (Aus der Beek et al., 2011; Flörke et al., 2013; Rojas et al., 2013). Zvýšené náklady mohou v případě nečinnosti vyvstát také v důsledku vyšších průměrných teplot, a to v souvislosti se snížením kvality vody. Ztráty způsobené zvýšenou evapotranspirací v ČR jsou prozatím víceméně kompenzovány zvýšeným úhrnem srážek (Pretel et al., 2011).

6.3.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Adaptační strategie ČR definuje širokou paletu adaptačních opatření, která lze dle prostorového uplatnění rozdělit na: (i) adaptační opatření v povodí (opatření pro zajištění stability vodního režimu v krajině, systémy hospodaření se srážkovými vodami a její opětovné využití, plány povodí a plány pro zvládání povodňových rizik, plány rozvoje vodovodů a kanalizací, opatření na vodárenských systémech, opatření na ČOV a kanalizacích); a (ii) adaptační opatření na vodních tocích a v nivách (optimalizace funkce stávajících nádrží a vodohospodářských soustav, obnova malých vodních nádrží a zvyšování jejich spolehlivosti, úprava vodních koryt a niv, racionalizace licenčního systému pro odběr vody a vypouštění, ochrana stávajících a výhledových vodních zdrojů, opatření k infiltraci povrchových vod do vod podzemních, převody vody, realizace vodních nádrží v lokalitách chráněných pro akumulaci povrchových vod).

Uvedená uvažovaná adaptační opatření jsou z ekonomického hlediska velmi různorodá (tabulka 81). Realizace méně nákladných opatření se pohybuje v řádech mil. Kč (např. optimalizace funkce stávajících vodohospodářských soustav či aktualizace plánů zvládání povodňových rizik), zatímco realizace mimořádně nákladných opatření v řádech mld. Kč (např. realizace nových vodních nádrží, úprava vodních koryt a niv velkých toků). Volba adaptačních opatření by měla být posuzována zejména na lokální a regionální úrovni (Martin-Ortega, 2011).

Mezi nejdůležitější adaptační opatření z hlediska ČR patří snížení/zpomalení povrchového odtoku a podpora retence. Toho lze docílit například vhodným uspořádáním krajiny a zaváděním systémů malých vodních nádrží a mokřadů (realizace v řádech jednotek až desítek mil. Kč / projekt; např. Naumann et al., 2011). Dalším významnou skupinou opatření jsou ta, která podporují sběr a využívání srážkové vody (např. systémy sběru srážkové vody v cenách od desítek do stovek tis. Kč / individuální projekt; Doménech and Saurí, 2011) a opětovné využití vody obecně. Taková opatření spočívají zejména v budování oddělených odvodňovacích systémů se vsakováním dešťové vody nezávislým na kanalizaci, snižování podílu nepropustných ploch a decentralizovaném systému na hospodaření se srážkovou vodou. S problematikou povodní souvisí také protipovodňové systémy sestávající nejen z šedé, ale i modré a zelené infrastruktury, a zahrnující tzv. „měkká opatření“, která spočívají např. ve zvyšování povědomí obyvatel či rozvoji krizového managementu. V oblasti vyrovnání se s dlouhodobějším suchem přicházejí v úvahu především zmiňovaná opatření na podporu zadržování vody v krajině, optimalizace funkce stávajících nádrží a vodohospodářských soustav, převody vody, realizace vodních nádrží v lokalitách chráněných pro akumulaci povrchových voda poté zejména legislativní a finanční nástroje motivující spotřebitele k šetrnějšímu nakládání s vodními zdroji.

Tabulka 81 Přehled adaptačních opatření ve vodním hospodářství, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Změna distribuce srážek v čase a prostoru	Sucha	Adaptační opatření v povodí			
		- Opatření pro zajištění stability vodního režimu v krajině.	3-4	4	S, M, F
		- Systémy hospodaření se srážkovými vodami a její opětovné využití.	3	3-4	M, F, O
		Adaptační opatření na vodních tocích a v nivách			
		• Optimalizace funkce stávajících nádrží a vodohospodářských soustav.	2	3	S, F
		• Obnova malých vodních nádrží a zvyšování jejich spolehlivosti.	3-4	3-4	S, M, F

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
		- Racionalizace licenčního systému pro odběr vody. - Převody vody. - Realizace vodních nádrží v lokalitách chráněných pro akumulaci povrchových vod.	2	4	S, F
			3-4	4	S
			5	4-5	S
Vyšší průměrná teplota	Rostoucí evapotranspirace a ztráta zásoby vody v půdě	Adaptační opatření v povodí			
		- Opatření pro zajištění stability vodního režimu v krajině. - Systémy hospodaření se srážkovými vodami a její opětovné využití.	3-4	4	S, M, F
			3	3-4	M, F, O
		Adaptační opatření na vodních tocích a v nivách			
		Opatření k infiltraci povrchových vod do vod podzemních.	3	3-4	S, M, F
	Snížená kvalita vody	Adaptační opatření v povodí			
		- Plány rozvoje vodovodů a kanalizací. - Opatření na ČOV a kanalizacích.	3	3	M, F
			3-4	4-5	M, F
		Adaptační opatření na vodních tocích a v nivách			
		Úprava vodních koryt a niv.	3-4	4	S, M
Povodně a jiné živelné pohromy	Znečištění vodních zdrojů, poničení koryt a okolí vodních toků	Adaptační opatření v povodí			
		Plány povodí a plány pro zvládání povodňových rizik.	3	3	S, M, F
		Adaptační opatření na vodních tocích a v nivách			
		- Úprava vodních koryt a niv. - Optimalizace funkce stávajících nádrží a vodohospodářských soustav.	3-4	4	S, M
			2	3	S, F

6.3.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Efektivita nákladů na adaptační opatření pro zabezpečení zdrojů vody ve světle měnícího se klimatu je nezbytné pro fungování lidské společnosti, protože s vodním hospodářstvím je provázána většina ostatních sektorů (např. zemědělství, energetika a průmysl, zdraví a hygiena). Adaptace sektoru vodního režimu a vodního hospodářství lze tedy jednoznačně vyhodnotit jako prioritní, a to navzdory nákladům, které bude nutné vynaložit. Náklady na jednotlivá adaptační opatření jsou však značně variabilní (viz výše) a odvíjí se zejména od typu realizovaných opatření a jejich prostorového rozsahu. Efektivitu nákladů na adaptační opatření lze vyhodnotit na úrovni jednotlivých opatření či povodí. De Bruin et al. (2009) uvádějí, že při správné aplikaci lze pomocí vhodných adaptačních opatření snížit předpokládané škody způsobené změnou klimatu až o 33 %. V případě extrémních událostí typu dlouhodobého sucha či povodní se tedy může jednat o škody v řádech až desítek mld. Kč napříč sektory pro jednotlivé události. Včasná volba a implementace vhodné kombinace adaptačních opatření na úrovni povodí a adaptačních opatření na úrovni vodních toků a v nivách tedy může v případě očekávaných dopadů změny klimatu na našem území významně snížit ekonomické škody.

6.4 BIODIVERZITA A EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY

6.4.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Lidé ovlivňují ekosystémy a biodiverzitu mnoha způsoby. Mezi nejvýznamnější faktory patří změny využití území, fragmentace prostředí, depozice dusíku či šíření nepůvodních druhů živočichů a rostlin. Změna klimatu ovlivní celé spektrum ekosystémových služeb, na kterých je lidská společnost závislá a má z ekosystémů prospěch. K hodnocení dopadů změny klimatu na ekosystémové služby a biodiverzitu lze v současnosti využít několik modelů, které obvykle pracují s různými scénáři dopadů na využití území a tím distribuci ekosystémů a rostlinných a živočišných druhů.

Změna klimatu ovlivní dostupnost ekosystémových služeb v mnoha sektorech, především zemědělském, vodním hospodářství, a lesnickém. To pouze nepřímo souvisí se změnami v oblasti biodiverzity. Díky očekávaným změnám lze s vysokou pravděpodobností předpovídat posun areálů, se zvýšeným rizikem vymizení ochranných nebo ekonomicky významných druhů. Někdy ale může posun areálů naopak hodnotu ekosystémových služeb zvýšit. Některé změny v oblasti biodiverzity mohou ovlivnit ekosystémové služby přímo. Například rozšíření výskytu druhů do nových oblastí může vést k vyšším ekonomickým škodám spojeným se škůdci, nebo naopak může dojít k vymizení druhů nezbytných pro zajištění klíčových služeb, jako je opylování v zemědělství. Výskyt extrémních projevů počasí může vést ke zvýšené frekvenci lesních požárů, s dopady na ekosystémové služby lesů jako je ukládání uhlíku.

V evropském měřítku nejsou údaje o nákladech spojených s dopady změny klimatu na ekosystémy příliš dostupné, čerpáme proto z jedné z mála studií provedené v Kalifornii. Mezi dopady změny klimatu patří dopady na přímé trhy zajišťování ekosystémových služeb. Jako příklad lze uvést posouzení dopadů klimatických změn na zisky chovu dobytka. Podle různých scénářů by změna klimatu mohla mít za následek ekonomické ztráty na dobytku mezi 14 a 191 milionů dolarů (18 – 250 mil. eur) od roku 2035 a v rozmezí 22 - 312 milionů dolarů (29 – 409 mil. eur) pro období 2070-2099. Mezi další příklady přímých dopadů v souvislosti s ekosystémy patří například rekreační a komerční lov ryb citlivých na změnu klimatu.

Pokud jde o sociální náklady celosvětové regulace klimatu / ukládání uhlíku jako ekosystémové služby, modely předpovídají, že suchozemské ekosystémy v Kalifornii by mohly zvýšit jejich schopnosti ukládání uhlíku a mohly by vytvářet dodatečnou hodnotu pro světové hospodářství více než 300 milionů dolarů (293 mil. eur) ročně v blízké budoucnosti, a v hodnotě až 18 miliard dolarů (23,6 miliard eur) ročně do roku 2070. Studie Gret-Regamey et al. (2008) ze švýcarských Alp využila GIS založený přístup k modelování s cílem posoudit přidanou hodnotu ekosystémových služeb (biotopových služeb, ochrana před lavinami) poskytovanou podle scénáře změny klimatu počítajícím s nárůstem teploty o 2,4 ° C do roku 2050. Vzhledem k tomu, že rostoucí teplota vyústila ve zhuštění a rozšíření lesního porostu ve vyšších nadmořských výškách, hodnoty všech ekosystémových služeb vzrostly o 45,3 -111,7 tisíc švýcarských franků (54,7 – 135 tisíc eur) pro biotopové služby a 8 -16,2 milionů franků (9,7 – 19,5 milionů eur) v případě ochrany před lavinami, a ve srovnání s rokem 2000 byla tato aktiva stále značně vyšší než odhadované náklady údržby lesů (140 tisíc franků, tzn. 169 tisíc eur).

Brander (2012) posoudil celkovou ekonomickou hodnotu evropských mokřadů ztracených v důsledku změny klimatu na více než 1 miliardu dolarů ročně (1,3 mld. eur) mezi 2000-2050. Hodnoty ekosystémových služeb poskytovaných mokřady byly odvozeny z pozorování provedených v USA a Evropě. Studie zahrnuje několik ekosystémových služeb, např. protipovodňovou ochranu, zásoby podzemní vody, zlepšení kvality vody, myslivost a rybářství, rekreaci nebo biotopové služby. Dopady změny klimatu na sektor a jejich ekonomický rozsah jsou popsány v tabulce (tabulka 82).

Tabulka 82 Ekonomické dopady ZK na biodiverzitu a ekosystémové služby

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota	Posuny areálu rozšíření druhů	Výdaje na management ZCHÚ	-	4
	Změny fungování ekosystémů	Náhrada ekosystémových služeb	- -	4
	Vymírání nebo vymizení biologických druhů a populací	Náklady na udržení populací druhů a jejich obnovu	-	3
	Šíření nepůvodních invazních druhů	Náklady spojené s managementem nepůvodních invazních druhů	-	4
Vyšší průměrné teploty a změny rozložení srážek	Změny využití území	Dopady na hodnotu ekosystémových služeb	- -	4

Zdroj: (Parry et al., 2008; Doswald and Osti, 2011)

6.4.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

V oblasti biodiverzity a služeb ekosystémů se usiluje o vyčíslení nákladů spojených se ztrátou služeb ekosystémů či naopak vyčíslení celkových přínosů plynoucích z ekosystémů lidské společnosti. Vůdčím mezinárodním procesem je v této oblasti Ekonomika ekosystémů a biodiverzity (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB). TEEB vychází ve svých hodnoceních z ocenění ekosystémových služeb v globálním měřítku (De Groot et al., 2012). Na dříve provedené ekonomické hodnocení v rámci iniciativy COPI (ten Brink et al., 2008) a studie TEEB navazuje práce De Groota et al. (2012) rozšířenou Databází hodnot ekosystémových služeb (Ecosystem Service Value Database, dále jen ESVD) s více než 1350 údaji o hodnotách ekosystémových služeb poskytovaných deseti hlavními biotopy Země). ESVD je považována za jednu z největších databází tohoto druhu. Kromě hodnot ekosystémových služeb obsahuje databáze i další důležité parametry, jako např. geografickou specifikaci ekosystému/služby, metodologický postup hodnocení, detailní informace o zdrojových studiích apod.

Problematika ekosystémových služeb a biodiverzity má do značné míry průřezový charakter, protože dopady změny klimatu a náklady spojené s nečinností mohou ovlivnit náklady v dalších sektorech, jako je zemědělství, lesnictví, rekreace nebo vodní hospodářství. Náklady v případě nečinnosti zahrnují dopady spojené s nedostatečným managementem chráněných území, stejně jako pokles ekosystémových služeb, jako je ukládání uhlíku v lesních ekosystémech nebo pokles zemědělské produkce spojené s vlivem změny klimatu na ekosystémové služby, jako opylování či přirozená protierozní ochrana.

6.4.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Souhrnnější zhodnocení nákladů spojených a adaptacemi pro biodiverzitu a ekosystémové služby zatím chybí. Většina odhadů se zaměřuje na zvýšení resilience ekosystémů v podobě správy a udržování soustavy zvláště chráněných území (Watson et al. 2012). Další adaptační opatření mohou vyžadovat akce typu relokace či reintrodukce ohrožených druhů nebo obnovu celých biotopů a ekosystémů. Odhady nákladů adaptací v oblasti ekosystémů a biodiverzity vycházejí z předpokladu, že autonomní adaptace bude nedostatečná a bude tedy potřeba plánovaná adaptace, zároveň však existují silné synergie s existujícími politikami ochrany biodiverzity a obnovy ekosystémů. Udržitelné řízení ekosystémů a zachování odolnosti ekosystémů mají poskytovat nákladově efektivní alternativy

k technologicky založeným opatřením. Zejména regulační ekosystémové služby byly uznány jako kriticky důležitá komponenta pro zmírňování změny klimatu a snižování rizika katastrof (Munang et al., 2013). Jak se naše schopnosti kvantifikovat, hodnotit, mapovat a modelovat ekosystémové služby relativně rychle zlepšují, přináší to nové příležitosti pro předvídaní budoucích ekosystémových služeb a kompromisů v souvislosti se změnou klimatu a přizpůsobení se změně klimatu.

Ekosystémově založené přístupy k adaptacím (EBA) byly v poslední době navrženy jako užitečný přístup k tlumení dopadů změny klimatu a zároveň zachování ekosystémů a biodiverzity (Jones et al., 2012). Biologická rozmanitost byla uznána jako nepostradatelná součást podpory poskytování ekosystémových služeb, které poskytují rovněž koncept pro zhodnocení přínosů plynoucích z biodiverzity (Mooney et al., 2009). Biologická rozmanitost poskytuje základ pro stabilitu dodávek služeb ekosystémů a vede k tzv. ekologickému pojištění¹, včetně pojištění proti nepříznivým dopadům změny klimatu.

Globální celkové náklady adaptace (celosvětově) byly odhadnuty v rozmezí 49 - 171 miliardy dolarů (64,3 – 224,3 mld EUR) ročně (Jones et al., 2012.). Jak uvádí Parry et al. (2009), investice do přizpůsobení přírodních ekosystémů se odhadují na 12 - 22 miliard dolarů (15,7 – 28,9 mld. EUR), což tvoří 12 – 25 % z celkových globálně odhadovaných nákladů na přizpůsobení. Tyto odhady však neodrážejí plné náklady EBA a jsou pravděpodobně podhodnocené. I když porovnání nákladů a přínosů EBA a inženýrských přístupů k přizpůsobení (např. výstavba tradičních protipovodňových systémů) je obtížné, důkazy na základě několika evropských případových studií ukazují, že náklady na EBA nemusí být nutně vyšší než v případě tradičních přístupů. Kromě toho další ekologické a sociálně-ekonomické přínosy pravděpodobně převáží výhody šedých adaptačních opatření (Naumann et al., 2011). Pro odhady nákladů spojených a adaptačními opatřeními v oblasti ochrany ekosystémů a biodiverzity existuje několik studií, souhrnnější vyhodnocení jejich nákladové efektivity však chybí nebo není dostatek dat (Doswald and Osti 2011, Naumann et al. 2011).

Většina odhadů nákladů spojených s realizací adaptačních opatření je založena na nákladových přístupech, tj. vyčíslení nákladů na management a administraci adaptačních opatření, jejich realizaci či vyčíslení nákladů pro ušlé příležitosti. Studie Doswald a Osti (2011) uvádí pět případových studií z různých částí Evropy:

Náklady spojené s managementem ekosystému a/nebo **obnovení pobřeží ostrova Wallasea** dosahují více než 5 milionů liber (6,6 mil. eur) na nákup pozemků a fyzickou realizaci díla zhruba ve výši 17,5 milionu liber (23 mil. eur). Projekt zahrnuje také náklady ušlé příležitosti, jako je ztráta zemědělské půdy v této oblasti, a potenciální negativní dopady na rekreačním jachtingu a ústřice rybolov. Vedlejšími benefity projektu jsou sekvestrace uhlíku v hodnotě 2 mil. eur v horizontu následujících 50 let (Eftec, 2008), náklady ušetřené údržbou stavebně-technických protipovodňových opatření (5,8 – 11,7 mil. eur). Výrazná dimenze projektu je také v rovině zaměstnanosti – autoři argumentují, že díky projektu vznikne až 16 nových pracovních míst, a to jednak ve vlastní rezervaci, ale také například v sektoru lovu ústřic.

V případě projektu **udržitelných odvodňovacích systémů Augustenborg** (Švédsko) dosáhla celková investovaná suma asi 200 milionů švédských korun (23 mil. EUR). Naumann et al. (2011) uvádějí, že vedle regulace vodního režimu a protipovodňové funkce dosáhl projekt implementací přírodě blízkých opatření řady vedlejších benefitů, např. redukci emisí CO_x, zvýšení biodiverzity, obohacení urbánního prostředí. Významnou položkou v analýze nákladů a přínosů pak hraje rovněž zvýšení turistického ruchu. Autoři, nicméně, neuvádějí finanční vyjádření těchto vedlejších přínosů.

Finanční náklady na **projekt De Doorbraak** v Holandsku dosahují výše přibližně 60,6 milionů eur. Projekt ochraňuje před povodněmi majetek v hodnotě 30 mil. EUR, v případě opakovaných povodní se tedy jedná z pohledu vynaložených nákladů a přínosů o efektivní projekt. Van der Veen and

¹ Ekologické pojištění („ecological insurance“) je formulace popisující vztah mezi biologickou rozmanitostí a odolností daného ekosystému vůči externím vzruchům. Čím vyšší je rozmanitost druhů, tím silnější je pomyslná „narázníková zóna“, která ekosystém brání a zajišťuje jeho stabilitu v případě negativních vnějších vlivů.

Kalfagianni (2006) navíc uvádějí, že součet pouze vedlejších benefitů (zvýšení biodiverzity, zvýšení odolnosti ekosystémů a zvýšení rekreační hodnoty) zhodnotí investovanou sumu o 1,7 %.

V případě **obnovy rašeliniště v Bělorusku** byly náklady na obnovu a údržbu ekosystému odhadnuty na 36,4 tisíc EUR a pravidelnou údržbu 38,18 eur/rok, kromě ostatních investičních a administrativních nákladů. Hlavním přínosem tohoto projektu je sekvestrace a uložení emisí CO₂, a to ve výši 2,9 t CO₂/ha/rok. Vedlejšími benefity projektu jsou regulace mikroklimatu (přínosy pro sousedící zemědělské plochy), ochrana půdy před degradací, regulace vodního režimu, prevence požárů. Dalším přínosem je produkční potenciál ekosystému – každým rokem rašeliniště poskytne maliny, borůvky, houby a ryby v hodnotě 2 300 euro.

Náklady ušlé příležitosti z těžby dřeva při **obnově lesa v Krkonoších** byly vyčísleny na 56 eur/m³. Benefity projektu nebyly finančně vyjádřeny, jedná se zejména o mitigaci změny klimatu, a to sekvestrací až 9,8 Mt CO₂, zlepšování kvality vzduchu, zlepšování vlastností půdy (deacidifikace) a protierozní funkce. Dále jsou poskytovány kulturní ekosystémové služby. Důležitou roli také hraje zvýšení atraktivnosti z hlediska turistického ruchu – bylo stanoveno, že v souvislosti se sektorem turistického ruchu bude každý rok zaměstnáno na období 7-8 měsíců až 140 zaměstnanců (Naumann et al., 2011).

Příkladem ekosystémových služeb, nebo hodnoty, která se zatím příliš v adaptačních studiích neúčtuje, je pojistná hodnota ekosystémů. Tento rámec navazuje na experimentální výzkum vztahu mezi biologickou rozmanitostí a fungováním ekosystémů (BEF), který přináší důkazy, že rozmanitější společenstva mohou mít kapacitu lépe vyrovnávat výkyvy prostředí a proto zajistit stabilnější dodávku ekosystémových služeb v delších časových obdobích. Výběrový experiment byl proveden v **národním parku Hainich v Německu** (Rajmis et al., 2009) s cílem odhadnout ochotu platit pro přizpůsobení se změně klimatu. Adaptační opatření v oblasti změny klimatu se skládala ze zvýšení odolnosti lesů a odolnost vůči škůdcům a bouří. Hodnoty získané pro adaptační opatření byly v průměru na osobu 27,54 eur za rok pro hmyzí škůdce a bouře a 16,83 eur za rok pro zvýšení celkové lesní odolnosti vůči zátěžovým faktorům životního prostředí. Přehled vybraných adaptačních opatření, jejich nákladnosti a efektivitu je znázorněn v tabulce (tabulka 83).

Tabulka 83 Přehled adaptačních opatření pro biodiverzitu, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota	Posuny areálu rozšíření druhů a biotopů	Výdaje na management a administraci ZCHÚ	3	5	S
	Změny fungování ekosystémů	Obnova ekosystémů	4	5	S, M
Vyšší průměrná teplota, změna rozložení srážek	Vymírání nebo vymizení biologických druhů a populací	Náklady na udržení populací druhů a jejich obnovu	5	3	S
Vyšší průměrná teplota, změna rozložení srážek	Šíření nepůvodních invazních druhů	Náklady na kontrolu nepůvodních invazních druhů	3	4	S, O

6.4.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

V současnosti nejsou dostupné agregované odhady nákladů a přínosů adaptačních opatření pro ekosystémové služby. Případové studie nicméně naznačují, že investice do ochrany ekosystémů a biodiverzity a ekosystémově založená adaptační opatření jsou nákladově efektivní. Například pro studii na **území národního parku a biosférické rezervace Šumava** byly zjištěny významné přínosy řádově přesahující náklady spojené s ekosystémově založenými adaptačními opatřeními (Harmáčková et al. 2015). Jakékoliv údaje spojené s adaptacemi pro ekosystémové služby a

biodiverzitu však nelze v současnosti odhadovat, protože chybí potřebné údaje a analýzy, které by zobecňovaly jednotlivé případové studie a vztahovaly je území celé republiky. Hodnota ekosystémových služeb je v současných účetních systémech zanedbávána, jak ukazuje například studie hodnoty ekosystémových služeb v ČR, kdy roční přínosy z ekosystémových služeb tvoří 1,5 násobek HDP ČR (Frélichová et al. 2013).

Odhady z případových studií ukazují, že náklady spojené s adaptačními opatřeními se pohybují obvykle v rozsahu několika jednotek až desítek milionů eur pro oblasti typu chráněných území či národních parků či srovnatelně velkého území volné krajiny. Studie zaměřené na obnovu ekosystémů obvykle zahrnují celou řadu nákladů, včetně investičních nákladů na obnovu ekosystému, náklady na management a provozní náklady. Zmíněná studie pro Šumavu například odhaduje náklady okolo 22,2 mil. eur pro období 2006 - 2050 (Harmáčková et al. 2015), podobně v případě projektu udržitelných odvodňovacích systémů Augustenborg (Švédsko) dosáhla celková investovaná suma asi 200 milionů švédských korun (23 mil. eur). Finanční náklady na projekt De Doorbraak v Holandsku dosahují výše přibližně 60,6 milionů eur. V případě obnovy rašeliniště v Bělorusku byly náklady na obnovu a údržbu ekosystému odhadnuty na 36,4 tisíc eur (Doswald a Osti 2011). Problémem těchto studií je často nedostatek údajů k celkovým přínosům provedených opatření vzhledem k ekosystémovým službám a biodiverzitě.

6.5 ZDRAVÍ A HYGIENA

6.5.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Ekonomická analýza dopadů změny klimatu na zdraví a hygienu v rámci této studie je zaměřena na hodnocení zdravotních efektů. Pro stanovení totální hodnoty těchto dopadů je třeba zohlednit především náklady na zdravotní péči, náklady ušlé příležitosti a náklady záporného užítu (PESETA, 2009). Změna klimatu může mít na lidské zdraví nejen negativní, ale i pozitivní vliv. Například mírnější či teplejší zimy mohou přispět k poklesu úmrtí souvisejících s nízkými teplotami. Oproti tomu zvýšená četnost a intenzita letních tropických dní a vln veder může mít za následek zvýšenou mortalitu. Nejvíce náchylní k tepelným extrémům jsou zejména starší obyvatelé, kteří v současnosti tvoří velkou část české populace. Změna klimatu způsobuje také zvýšenou pravděpodobnost šíření nemocí, především těch pocházejících z patogenů ve vodě a potravinách.

Tabulka 84 obsahuje přehled hlavních ekonomických rizik a příležitostí, jejich sílu a pravděpodobnost dopadu.

Tabulka 84 Ekonomické dopady ZK na zdraví a hygienu

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota a výskyt vln veder	Zhoršování chronických onemocnění u všech populačních skupin a zvýšená hospitalizace	Vyšší náklady na hospitalizaci a nemocniční léčbu (umocněno stárnoucí populací a přibývajícím počtem sociálně vyloučených osob)	--	5
	Nárůst v mortalitě a morbiditě v souvislosti s letními vedry	Vyšší náklady na léčbu, ztráty na životech. Ztráty produktivity.	--	5
Mírnější zimy	Pokles mortality a morbidity díky mírnějším zimám	Snížení nákladů na hospitalizaci a nemocniční léčbu. Snížení potenciálních ztrát na životech a produktivitě.	+	5
Extrémní události (povodně, bouře)	Zvýšené riziko nehod a fatalit způsobených živelnými událostmi	Vyšší náklady na léčbu, ztráty na životech. Ztráty produktivity.	-	4/5
Celoroční změna klimatických podmínek	Infekce - Změny v šíření nemocí, zejména nemocí pocházejících z patogenů, vody či potravin	Zvýšení nákladů na zlepšení systému hygienického dohledu. Rostoucí náklady na monitoring perzistentních znečišťujících látek. Rostoucí náklady na monitoring vektorů nemocí včetně tropických a jejich hostitelů.	-	3

Zdroj: (Kyselý, 2004; Watkiss et al., 2009; ClimateCost, 2011; Hutton, 2011)

Očekává se, že změna klimatu přinese mnoho potenciálních zdravotních dopadů, jako jsou choroby související se zvýšeným znečištěním ovzduší, zranění či úmrtí způsobených záplavami, úmrtnost související se změnami teplot. Dopady zohledněné v projektu ClimateCost (2011) kupříkladu

zahrnovaly úmrtnost související s vysokými teplotami, onemocnění ze stravy, vliv pobřežních záplav na zdraví a pracovní produktivitu. V rámci České republiky sice nemá smysl uvažovat pobřežní záplavy, ale ostatní problémy jsou velmi aktuální. Mortalita související s teplem byla pro úroveň Evropské Unie odhadnuta na hodnotu 31 miliard eur ročně pro horizont 2011-2040, 103 miliard eur ročně pro období 2041-2070, a 147 miliard eur ročně pro období 2071-2100. Metoda použitá pro tuto studii byla tzv. Statistická hodnota života (VSL - Value of a statistical life), která se v evropském průměru pohybuje okolo 63 tisíc eur. Druhou metodou, kterou je možno pro tyto účely aplikovat, je tzv. Hodnota ztraceného roku života (VOLY - Value of a life year lost), která v rámci Evropy činí 1,16 milionů eur.

V rámci projektu PESETA (Watkiss et al., 2009) se očekává, že ekonomické přínosy sníženého počtu úmrtí plynoucích ze zimy budou pravděpodobně vyšší než potenciální dopady spojené s nárůstem úmrtí v důsledku vln veder. Pomocí metody VSL byly náklady na úmrtí spojená s vlnami veder ohodnoceny na 64,9 miliard eur (2071-2100), kdežto přínosy plynoucí ze sníženého počtu úmrtí spojených se zimou na 112 miliard eur (2071-2100).

V kontextu chorob plynoucích z potravy je zřejmě nejvýznamnějším onemocněním salmonela, která je přímo ovlivněná teplotou. Podle projektu ClimateCost (2011) jsou ekonomické náklady na dodatečný výskyt onemocnění z potravy přibližně 36 milionů eur za rok (A1B) a postupně budou růst na 68 a 89 milionů eur ročně pro roky 2050 a 2080. Tyto částky mohou být pomocí efektivní regulace sníženy na 30, 46 a 49 mil. eur.

Posledním zmiňovaným aspektem je produktivita práce vypočítaná jako pracovní dny ztracené díky vysokým teplotám. V současné době se s tímto problémem potýkají pouze státy v jižní části Evropy. V rámci scénáře A1B lze však očekávat, že se začnou projevovat i na východě Evropy, kde se očekává nárůst o 0,5 %. Konkrétně v tomto případě lze dopady velmi dobře zmírnit pomocí vhodných adaptačních opatření (ClimateCost, 2011).

6.5.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Problematika ohrožení obyvatel je velmi široká a především individuální, takže také zahrnuje velkou škálu rozličných adaptačních opatření. Právě díky vysoké diverzitě je nejvhodnější zvolit systematická řešení, jako je např. zvyšování povědomí a informovanosti obyvatel nebo různé programy zdravotní péče, které mohou pomoci předcházet fatalitám a napomoci lidem připravit se na jevy spojené se změnou klimatu. K tomu je však potřeba, aby zdravotnický sektor změnil stávající přístup reakce na dopady změny klimatu na lidské zdraví a začal se chovat proaktivně, zapracoval problematiku spojenou s měnícím se klimatem do svých aktivit a plošně informoval obyvatele o možných rizicích a především způsobech ochrany (Costello et al., 2009).

Adaptační strategie ČR (MŽP, 2015) vymezuje v oblasti zdraví a hygieny dvě skupiny opatření: (i) opatření ke snížení výskytu až eliminaci infekčních a neinfekčních nemocí (definovat a upřesnit rizikové oblasti, zajistit kvalitní diagnostiku a léčbu), (ii) opatření týkající se informovanosti (preventivní informovanost a efektivní systém včasného varování). Jak uvádí Kovats (2009), náklady spojené s adaptací zdravotnického sektoru souvisejí především s budováním nové infrastruktury, vzděláváním nových zdravotnických pracovníků, nárůstem laboratorních a jiných kapacit, s výzkumem ve zdravotnictví, a dodatečnými výdaji na splnění zdravotních a environmentálních standardů. Právě z hlediska nákladnosti se doporučuje orientace především na včasné přijetí vybraných opatření, jelikož jsou většinou levnější, nebo mají lepší poměr nákladů a přínosů (ClimateCost, 2011). Mezi tato opatření se nejčastěji řadí tzv. měkká opatření jako např. zvyšování povědomí a informovanosti. Na druhou stranu opatření strukturální, např. investice do vybavení a infrastruktury, mohou výrazně zvýšit náklady.

Podle Světové zdravotnické organizace (WHO Regional Office for Europe, 2008) se náklady na realizaci systému včasného varování na vlny veder a spojená opatření pro Evropské země pohybují v rozmezí 200 tisíc – 6 mil. eur (234 tisíc – 7 mil. eur v cenách 2014). Vzhledem k vývoji dopadů a efektu adaptačních opatření i na ostatní sektory je složité vyčíslit přesné náklady právě a pouze na zdravotnictví (ClimateCost, 2011).

Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR stanovuje dvě hlavní skupiny adaptačních opatření, konkrétně opatření ke snížení výskytu až eliminaci infekčních a neinfekčních chorob a Informovanost a zdravotní péče. Tyto skupiny opatření by měly být doplněny opatřeními spojenými se zlepšováním a modifikováním zdravotního systému a infrastruktury, podporou výzkumu a implementací nových zdravotních intervencí (Kovats, 2009). Vhodná adaptační opatření jsou znázorněna v tabulce (tabulka 85).

Tabulka 85 Přehled adaptačních opatření v oblasti zdraví, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota a vyšší výskyt vln veder	Zhoršování chronických onemocnění u všech populačních skupin a zvýšená hospitalizace	Založení systému preventivní zdravotní péče a managementu chronických onemocnění	2	3	S
	Nárůst v mortalitě a morbiditě v souvislosti s letními vedry	Rozvoj systému včasného varování a pohotovostních plánů	1	3	S, M
Mírnější zimy	Pokles mortality a morbidity díky mírnějším zimám	-	-	-	-
Extrémní události (povodně, bouře)	Zvýšené riziko nehod a fatalit způsobených živelnými událostmi	Vývoj vědeckých a technických návodů a nástrojů pro podporu rozhodování pro systém včasného varování a pohotovostní plány zahrnující vhodný individuální přístup	1	4	S
Celoroční změna klimatických podmínek	Infekce - Změny v šíření nemocí, zejména nemocí pocházejících z patogenů, vody či potravin	Zajistit informovanost klinických a laboratorních odborníků o rizicích vyplývajících ze změn epidemiologické situace v souvislosti s ovlivněním výskytu infekcí změnou klimatu	2	3	S
		Výzkum a rozvoj rychlých diagnostických nástrojů pro nemoci pocházející z vody a potravin	2	4	S
		Vakcinace proti chorobám, jimž může být obyvatelstvo vystaveno	3	4	S

6.5.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Většina studií zaměřená na ekonomické hodnocení dopadů změny klimatu na tento sektor se zaměřuje pouze na mortalitu a morbiditu způsobenou vlnami veder, případně na související chronické choroby a nemoci pocházející z potravin a vody. U druhé zmíněné skupiny je však po metodologické a statistické stránce složité rozlišit, zda je na vině skutečně změna klimatu či jiné vlivy a podmínky.

Z ekonomického hlediska se odhaduje, že náklady spojené s mortalitou plynoucí z vln veder v Evropské Unii dosáhnou hodnoty 31 miliard eur za rok pro roky 2011-40, 103 miliard eur za období 2041-70, a 147 miliard eur pro období 2071-2100 (ClimateCost, 2011). Oproti tomu náklady na přijetí relevantních adaptačních opatření, především systému včasného varování, se pohybují v rozmezí 200 000 – 6 000 000 eur za rok (WHO Regional Office for Europe, 2008). Podle studií publikovaných v reakci na vlnu veder, která zasáhla Evropu v roce 2003, jsou přínosy systému včasného varování evidentní. Jak uvádí Carraro a Sgobbi (2008), přínosy tohoto systému v Římě dosahují hodnoty okolo 134 milionů eur za jedno léto. Ve Francii v roce 2006 zase tento systém zachránil přibližně 4400 lidských životů (Fouillet et al., 2008). V souvislosti s těmito publikacemi je potřeba zmínit, že obě byly na základě výsledků z případových studií aplikovány na větší region, což mohlo výsledky do jisté míry zkreslit. V každém případě je však zřejmý pozitivní efekt implementovaných adaptačních opatření a jejich finanční efektivita.

Náklady na realizaci opatření, především systému včasného varování, jsou výrazně nižší než náklady v případě nečinnosti (a to i o několik řádů). Přínosy implementace velmi pravděpodobně převáží náklady na realizaci, což mimo jiné dokazuje i vysokou efektivitu adaptačních opatření v tomto sektoru.

6.6 URBANIZOVANÁ KRAJINA

6.6.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Vlny veder a záplavy tvoří dohromady hlavní rizika plynoucí ze změny klimatu pro urbanizované oblasti v České republice. V některých oblastech se k nim připojují sucha a nedostatek vody.

Díky měnícímu se klimatu lze očekávat nárůst **průměrných teplot**, což je významný jev především v souvislosti s fenoménem **městského tepelného ostrova** (Runhaar, 2012). Efekt městského tepelného ostrova s sebou přináší rostoucí počet horkých dnů a nocí, umocňuje vlny veder a přímo ovlivňuje dopady na zdraví obyvatelstva a s tím související počet úmrtí (Salcedo Rahola et al., 2009). Lze očekávat, že efekt dopadů změny klimatu se bude do budoucna násobit (IPCC, 2014), vyústí v rostoucí náklady na topení, ventilaci a klimatizaci a zároveň na technickou infrastrukturu (Rossi et al., 2015) a budovy (Penga & Jim, 2015). Podle některých autorů (Kabat et al., 2005) jsou to právě města, která budou díky vysoké koncentraci obyvatel a ekonomických činností pravděpodobně čelit největším ekonomickým dopadům změny klimatu.

Vedle veder a městského tepelného ostrova jsou dalším rizikem plynoucím pro česká města ze změny klimatu **povodně**. Předpokládá se, že extrémní události se budou pravděpodobně opakovat s narůstající frekvencí. Díky tomu budou města, která leží na řekách více náchylná k záplavám.

Stejně tak se očekává, že se budou města do budoucna více potýkat s **nedostatkem vody a suchem**. Analýza hlavních ekonomických rizik a příležitostí, jejich síly a pravděpodobnosti je zobrazena v tabulce (tabulka 86).

Tabulka 86 Ekonomické dopady ZK na urbanizovanou krajinu

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota a vyšší výskyt vln veder	Vznik městského tepelného ostrova	Rostoucí náklady na topení, ventilaci a chlazení. Zvýšené náklady na zajištění technické infrastruktury a budov.	--	5
Extrémní události (povodně, bouře)	Zvýšené frekvence povodní	Náklady související se škodami v rezidenčních a průmyslových oblastech.	---	4
	Zvýšené riziko bleskových záplav	Náklady související se škodami v rezidenčních a průmyslových oblastech.	--	4
Nedostatek vody a sucha	Vyšší risk nedostatku vody	Zvýšení cen vody	--	4

Zdroj: (Hallegatte et al., 2008; Hutton, 2011; EEA, 2012)

6.6.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Rostoucí průměrná roční teplota a efekt **městského tepelného ostrova** budou mít do budoucna pravděpodobně výrazné dopady na životní podmínky ve městech a urbanizovaných oblastech. Vlny veder obecně umocňují nárůst mortality a morbidity spojené s vysokou teplotou. Rostoucí teploty zároveň vyvolávají větší poptávku po větrání a chlazení, které jsou popsány v kapitole o energetice.

V roce 2002 způsobily **povodně** na evropské úrovni škody za 15 miliard eur (Risk Management Solutions, 2003; Genovese, 2006). Ne všechny škody jsou snadno vyčíslitelné (Petry, 2002), protože vedle věcných škod (přímých i nepřímých), jsou tu škody nehmatatelné, jako např. ztráty na životech (škody přímé nehmatatelné) či ztráty kupní síly (nepřímé nehmatatelné). Během záplav v roce 2002 byly celkové škody v rámci ČR vyčísleny na téměř 4 miliardy eur, z toho 1 miliarda v Praze. V návaznosti na tyto události bylo přijato či upraveno značné množství adaptačních opatření, nicméně v rámci této problematiky existují v ČR ještě významné rezervy.

Nedostatek vody a sucho může mít neblahé dopady nejen na obyvatelstvo, ale také na soukromý sektor (především průmysl, zemědělství) kvůli omezením spotřeby vody.

6.6.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Urbanizované oblasti již pociťují potřebu se adaptovat (Carter, 2015), především díky faktu, že jsou to centra lidského osídlení a zároveň i citelných dopadů změny klimatu. Města jsou vystavena především vysokým teplotám, které jsou ještě umocněny fenoménem městského tepelného ostrova. Z tohoto důvodu je důležité, aby místní samosprávy začaly konat a přijaly různá adaptační opatření, která mohou zmírnit dopad vln veder na kvalitu života obyvatel a jejich zdraví.

Odolnost měst vůči změně klimatu lze posilovat skrze implementaci vhodných ekosystémově založených opatření do městského plánování a struktur (McPhearson et al., 2014). Ekosystémové služby mohou, skrze zelenou a modrou infrastrukturu, generovat služby na lokální úrovni, jako např. regulace mikroklimatu, zasakování dešťové vody a redukce rizika povodní, čištění vzduchu a odpadních vod, rekreace (Bolund & Hunhammar, 1999; Yumino, 2015). Ekosystémově založená řešení mohou být nejen velmi efektivní, ale zároveň i šetrná k rozpočtu. Jako příklady lze uvést třeba potoky, jezera, nádrže, umělé mokřiny či nádrže na zadržování dešťové vody (Elmqvist et al., 2015).

Ekosystémově založená opatření mohou hrát zásadní roli v adaptaci společnosti na změnu klimatu a podpoře rezilience (TNC, 2009; McPhearson et al., 2014). Mezi zelená opatření adaptace na městský tepelný ostrov patří zelené střechy (Van Mechelen et al., 2015), zelené fasády, městské parky, obnova vodních toků a další. Zelená infrastruktura ve městě podporuje územní plánování (Lafortezza et al., 2013; Wamsler et al., 2014) a může zároveň sloužit k adaptaci na vícero rizik spojených se změnou klimatu. Kromě toho mohou tato prostranství sloužit pro rekreaci, obohacení biodiverzity, čištění vzduchu a zadržování a akumulaci vody (EEA, 2012).

Podle Plánu zelené infrastruktury (City of New York, 2010), který byl přijat v New Yorku, každý akr plně zarostlý vegetací může poskytnout následující roční přínosy: 8 522 dolarů (11 180 eur) díky snížené spotřebě elektřiny, 166 dolarů (218 eur) díky snížení emisí CO₂, 1 044 dolarů (1 370 eur) v podobě zvýšené kvality ovzduší a 4 725 dolarů (6 200 eur) díky zvýšené hodnotě okolních nemovitostí. Podle stejného dokumentu může zelená infrastruktura pomoci odlehčit kanalizaci o zhruba 7,6 milionů m³ vody do roku 2030, což se také promítne v nákladech na její úpravu.

Zelená infrastruktura může oproti tradičnímu způsobu úpravy vody ušetřit zhruba 1,5 miliardy dolarů, tzn. 2 mld. eur (Foster et al., 2011). Město Portland investovalo 8 milionů dolarů (8,14 mil. eur) do zelené infrastruktury za účelem ušetření 250 milionů dolarů (225 milionů eur) na odpovídajících šedých opatřeních. Portland implementoval projekt zelených ulic (Green Street project), jehož retenční a infiltrační kapacita je zhruba 163 tisíc m³ ročně. Kromě zasakování a odvodu dešťové vody a zvyšování kvality ovzduší může zelená infrastruktura posloužit i k redukci efektu městského tepelného ostrova. Ostatní studie zaměřené na snižování spotřeby energie dokazují, že **zastínění domů stromy z 20 % může ročně ušetřit 8-18% elektřiny na chlazení a 2-8% energií na vytápění** (Foster et al., 2011). Je potřeba vzít v úvahu, že tyto hodnoty jsou specifické pro každou lokalitu, nicméně dokazují, že zelená a modrá infrastruktura může být velmi účinným způsobem adaptace na změnu klimatu v městském prostředí.

Přestože ekosystémově založené adaptační přístupy se prokázaly jakožto ekonomicky efektivní (Munang, 2013), přínosy je potřeba zohlednit z dlouhodobé perspektivy. Například potenciální hodnota zelených střech v Torontu v celoměstském kontextu ušetří jakožto nástroj pro adaptaci na městský tepelný ostrov více než 12,3 milionů dolarů ročně, tj. 10,4 milionů eur (Banting et al., 2005). Přírodě blízká opatření mají potenciál pomoci úspěšně adaptovat česká města, nicméně díky jejich rozmanitým charakteristikám je velmi obtížné stanovit celkové ekonomické náklady a přínosy.

Vedle zelené a modré infrastruktury jsou tu ještě opatření šedá a měkká. Šedá opatření jsou taková, která (na rozdíl od zelených) nevyužívají přírodní funkce a vlastnosti ekosystémů, ale jsou především založena na člověkem vynalezených strukturách a konstrukčních řešeních adaptace. Mezi šedou infrastrukturu patří např. konstrukce chladicích systémů, inteligentní design poskytující stín a ventilaci. Mezi měkká opatření patří především zvyšování povědomí obyvatel a jejich podněcování k adaptacím na úrovni domácností či komunit. Jako příklady mohou sloužit např. mapování městského tepelného ostrova, tvorba akčních plánů, poskytování informací o vhodném chování v průběhu vln veder, především v rámci ohrožených skupin jako jsou starší občané a děti.

Celkové náklady na realizaci adaptačních opatření pro Paříž a region Île-de-France zaměřené především na problematiku vln veder, tepelného ostrova a vodního hospodářství, sestávající z kombinace šedé infrastruktury, měkkých opatření a ekosystémově blízkých řešení, byly vyčísleny ročně na 0,2 % HDP regionu (Hallegatte et al., 2007). Jak však autoři sami uvádí, taková investice by byla potřeba pouze v případě „přestavby“ města a úprav drtivé většiny budov, jejich rozložení a infrastruktury, což by bylo relevantní pouze v případě extrémního oteplení. Takový scénář je ovšem v současné době nepravděpodobný, autoři jej uvádějí v horizontu 150 let. V současné době by měla postačit jen opatření o několik řádů levnější.

Adaptační opatření, jejich nákladnost a efektivita jsou popsána v následující tabulce (tabulka 87).

Tabulka 87 Přehled adaptačních opatření v oblasti urbanismu, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota a vyšší výskyt vln veder	Vznik městského tepelného ostrova	Opatření k zajištění funkčního a ekologicky stabilního systému sídelní zeleně	2	3	M
		Zelená a modrá infrastruktura	2	4	M
		Vytvoření akčních plánů	1	3	M, S
Extrémní události (povodně, bouře)	Zvýšené frekvence povodní	Modrá infrastruktura	3	3	M
		Management povodňových rizik, plánování	1	3	M, S
	Zvýšené riziko bleskových záplav	Opatření k minimalizaci povrchového odtoku	2	2	M
		Zvyšování podílu ploch s propustným povrchem v sídlech	2	2	M
Nedostatek vody a sucho	Vyšší riziko nedostatku vody	Zvyšování vodní efektivity budov a produktů nakládajících s vodou v domácnostech, komerčních budovách, průmyslu a zemědělství	3	4	M, F, O

6.6.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Zelená infrastruktura nabízí obecně velmi dobrý poměr přínosů a nákladů. Mimo benefity spojené s adaptací na změnu klimatu také zelená infrastruktura poskytuje mnohé ekosystémové služby (od regulačních po kulturní), díky čemuž je potenciál a celková výše přínosů stále výrazně podhodnocena, a to především z dlouhodobější perspektivy. Tato opatření mohou být samozřejmě kombinována s tradiční šedou infrastrukturou, díky čemuž lze dosáhnout vysoký stupeň ochrany i udržitelnosti, především v případě protipovodňové ochrany.

Na základě výše zmíněných studií lze vypočítat efektivitu daných opatření. Studie z Portlandu dokládá, že náklady na zelená opatření se rovnaly pouhým 3 % hodnoty získaných benefitů. Podle studie z Washingtonu (GSA, 2011) se návratnost investice do zelených střech pohybuje kolem 200% v horizontu 6,5 roku v závislosti na velikosti a typu střechy, a to pouze díky snížení nákladů na zpracování dešťové vody a úsporám energie na chlazení a vytápění. Další přínosy spočívající zejména v ukládání uhlíku, přínosu pro společnost či zvýšení tržní hodnoty nemovitosti, nejsou v analýze přímo zahrnuty, nicméně jsou vyčísleny ročně na zhruba desetinásobek nákladů na údržbu. Pokud bychom uvažovali kalkulace, které uvádí Hallegatte et al. (2007), roční náklady na adaptaci Prahy a Středních Čech na fenomén tepelného ostrova a vln veder by se mohly v případě extrémního nárůstu teplot do budoucna vyšplhat až k hranici tří miliard Kč (ČSÚ, 2014). Včasným zapracováním hrozeb plynoucích ze změny klimatu je však možné tyto náklady snížit o několik řádů. Pokud by adaptace směřovala především cestou zelených střech, náklady na jejich vybudování jsou v porovnání se střechami běžnými vyšší o zhruba 20-25 % (Foster et al., 2011).

Je naprosto nezbytné, aby města zahrnula adaptaci na změnu klimatu do svých strategických dokumentů, ať už do adaptační strategie nebo do územního plánu. Implementace adaptačních opatření posilá odolnost a připravenost měst na změnu klimatu a s ní spojené jevy. Náklady na tato opatření jsou však velmi individuální a specifická pro dané socio-ekonomické, demografické a ekologické podmínky. Obecně lze však s jistotou říci, že zelená infrastruktura je výrazně méně nákladná než šedá a nabízí se jako velmi atraktivní a efektivní alternativa.

6.7 CESTOVNÍ RUCH

6.7.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Změna klimatu ovlivňuje turistický ruch a s ním spojené aktivity. V zimním období se na něm negativně podepisují rostoucí teploty. Jak uvádí Hantel et al. (2000) ve studii zaměřené na alpský region, při nárůstu průměrné teploty o 1°C se v níže položených oblastech Alp může lyžařská sezóna zkrátit až o 6 týdnů. To se může, spolu s redukcí sněhové pokrývky během zimních měsíců, podepsat velmi negativním způsobem na odvětví zimního turismu a rekreace. Rozsah těchto dopadů bude záviset především na schopnosti turistů se adaptovat a jejich přeorientování na jiné aktivity během zimních měsíců.

Během letních měsíců lze očekávat jak negativní, tak pozitivní dopady. Jak uvádí Hamilton a Tol (2004), turistický ruch v ČR (podle odhadů pro východní Evropu) může být velmi pozitivně ovlivněn teplejším klimatem a vyústit v nárůst v hodnotě až 0,5 % HDP v roce 2050. Prodlužující se turistická sezóna může převážit negativní dopady teplejších zim. Zároveň je pravděpodobné, že samotné prodloužení sezóny by přineslo více ekonomických benefitů než rozšiřování turistické infrastruktury v místech, která mohou být zasažena vlnami veder.

Analýza hlavních ekonomických rizik a příležitostí, jejich síly a pravděpodobnosti je zobrazena v následující tabulce (tabulka 88).

Tabulka 88 Ekonomické dopady ZK na cestovní ruch

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota	Delší turistická sezóna ve městech (nyní v Praze květen-srpen) i mimo města	Vyšší příjmy plynoucí z delší turistické sezóny a většího počtu přijíždějících turistů.	+	4
Mírnější zimy	Pokles turistického ruchu na horách	Ztráty na zisku díky kratší/mírnější sezóně a menšímu zájmu turistů v lyžařských střediscích.	-	3
		Vyšší náklady na údržbu lyžařské infrastruktury.	-	3
Extrémní události (povodně, bouře)	Škody na turistické infrastruktuře ve městech	Rostoucí náklady na údržbu/opravy turistické infrastruktury ve městech.	-	4
	Škody na turistické infrastruktuře mimo města	Rostoucí náklady na údržbu/opravy turistické infrastruktury mimo města.	-	2
	Pokles turistického ruchu	Nižší tržby způsobené menším počtem turistů.	--	3

Zdroj: (Viner, 1999; UNWTO & UNEP 2008; Greiving et al. 2011; Füssel et al. 2012; Davoudi et al. 2012)

6.7.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Cestovní ruch hraje významnou roli v české ekonomice. Podle Světového úřadu pro cestování a turismus se v roce 2013 cestování a turismus přímo podíly na HDP země částkou 110,4 miliard Kč (2,9 % HDP). Ve stejném roce podpořil tento sektor národní ekonomiku díky celkové nabídce 248 500 pracovních míst, tedy 5 % celkové zaměstnanosti (World Travel & Tourism Council, 2014). Turistický

ruch v České republice je koncentrován především v oblasti hlavního města Prahy. V roce 2013 celkem Prahu navštívilo 5,5 milionu turistů, přičemž 86,4 % z nich bylo ze zahraničí. Právě z tohoto důvodu mohou mít městský tepelný ostrov a povodně, jak bylo diskutováno v předchozí kapitole, velmi zásadní vliv na vývoj turistického ruchu v Praze. Dle ČSÚ došlo ve třetím kvartálu roku 2002 díky povodním v Praze k poklesu turistického ruchu o 17,5 %, což vyústilo v milionové ztráty. Vzhledem k tomu, že změna klimatu má, podle očekávaného vývoje, přispět k nárůstu četnosti extrémních událostí, lze ji spojit i s negativním vlivem na příjmy z turistického ruchu nejen ve městech, ale i mimo ně.

V porovnání s ostatními regiony ČR má Praha z pohledu turistického ruchu majoritní postavení. V roce 2014 ji navštívilo více než 6 milionů turistů. Podle ČSÚ (ČSÚ, 2014c) byly druhými nejčastěji navštěvovanými regiony Jihomoravský a Jihočeský kraj, každý z nich s přibližně 1,2 miliony návštěvníků. Následují pak kraje Královéhradecký, Středočeský, Karlovarský a Liberecký, přičemž počet návštěvníků v každém z nich se pohyboval v rozmezí 700 – 900 tisíc. Právě v případě Libereckého kraje může mít změna klimatu negativní dopad na zimní turistiku a sporty. Teplejší zimy se logicky pojí s nedostatkem sněhu a díky tomu i zvýšenými náklady na provoz a údržbu lyžařských středisek. Kupříkladu na vytvoření 1 m³ umělého sněhu je třeba 250-500 l vody, což při jeho vrstvě 20-35 cm představuje spotřebu 70-120 l/m², tedy 700 000 – 1 200 000 l na hektar sjezdovky. Útlum zimního turistického ruchu také souvisí s potenciálním růstem nezaměstnanosti a ekonomickými dopady.

6.7.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Změna klimatu bude mít jak negativní, tak pozitivní vliv na cestovní ruch v České republice. Na jednu stranu zvyšující se průměrná teplota prodlouží turistickou sezónu a tím (po odpovídajících investicích do infrastruktury) zvýší i příjmy tohoto odvětví. Na druhou stranu dojde ke zkrácení zimní turistické sezóny a negativnímu dopadu na zimní cestovní ruch v horských oblastech. Je očekávána snižující se průměrná mocnost sněhové pokrývky a úměrně se zvyšující náklady na umělé zasněžování. Je pravděpodobné, že některé tradiční oblasti zimní turistiky (a zejména ty situované pod 1400 m n.m.) budou trpět nedostatkem přírodního sněhu a poklesem počtu dní se sněhovou pokrývkou, což v důsledku povede ke zvýšení tlaku na výše položené resorty (Whetton et al., 1996). Většina sjezdovek v ČR leží ve výšce pod 1400 m n.m.

Adaptační strategie ČR (MŽP, 2015) poukazuje na nedostatečnou znalostní základnu pro definici specifických adaptačních opatření, navrhuje však široké spektrum obecně definovaných adaptačních opatření, které lze v budoucnu implementovat pro udržitelný rozvoj cestovního ruchu v zemi. Jedná se o: (i) opatření v oblasti státní správy (např. vzdělávací a osvětové programy pro zainteresované strany v sektoru cestovního ruchu); (ii) opatření spotřebitelská (např. stimulace k upřednostňování turistických aktivit a destinací šetrných k životnímu prostředí); (iii) výzkum a komunikaci (podpora výzkumu dopadů změny klimatu na sektor cestovního ruchu).

Implementace těchto opatření by měla být součástí udržitelných strategií cestovního ruchu (Waligoa et al., 2015), žádoucí je také zahrnutí všech zainteresovaných stran rozvoje cestovního ruchu (Lee, 2013). Podpora udržitelných forem cestovního ruchu, jenž bere v potaz klimatické, environmentální, ekonomické a sociální aspekty je důležitá. Udržitelné formy turistického ruchu zvyšují poptávku po „místních“ destinacích dostupných na kole či veřejnou dopravou, aktivních formách cestování, kognitivní poznávání kulturních a přírodních památek atd. Další adaptační opatření se vztahují k výzkumu dopadů klimatických změn na sektor cestovního ruchu a jeho zpětných dopadů na změnu klimatu.

Sektor cestovního ruchu je náchylný k dopadům extrémních hydrometeorologických projevů. Adaptační opatření vztahující se k těmto rizikům jsou popsána výše, systémy včasného varování

mohou významně přispět ke komfortnímu pocitu turistů a měly by být rovněž zohledněny ve strategiích cestovního ruchu.

Všechna výše uvedená měkká adaptační opatření jsou považována za nízkonákladová, jejich pozitivní ekonomické důsledky pro sektor cestovního ruchu však mohou být vysoké. Cestovní ruch je charakteristický vysokou adaptivní kapacitou a flexibilitou vůči změnám, což může pozitivně ovlivnit adaptaci na očekávané dopady změny klimatu na tento sektor. V současné době neexistují žádné relevantní studie hodnotící benefity adaptačních opatření v turistickém ruchu, které by byly aplikovatelné na české podmínky. Adaptační opatření, jejich nákladnost a efektivita jsou popsána v následující tabulce (tabulka 89).

Tabulka 89 Přehled adaptačních opatření v oblasti cestovního ruchu, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota	Delší turistická sezóna ve městech (nyní v Praze květen-srpen) i mimo města	Rozvoj a implementace udržitelných strategií cestovního ruchu	1	2	M
Mírnější zimy	Pokles turistického ruchu na horách v zimní sezóně	Rozvoj a implementace udržitelných strategií cestovního ruchu	1	2	M
		Vzdělávací programy pro zainteresované strany v oblasti cestovního ruchu	1	3	M
Extrémní události (povodně, bouře)	Škody na turistické infrastruktuře ve městech	Implementace sektorových adaptačních opatření	3	4	M
		Rozvoj předpovědi mimořádných událostí a systému včasného varování	1	2	M
	Pokles turistického ruchu	-	-	-	-

6.7.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Česká republika patří do skupiny zemí, jejichž turistický ruch může být změnou klimatu ovlivněn pozitivně (Ciscar et al., 2010). Lze očekávat, že při zvýšení průměrné roční teploty o 2,5°C dojde k nárůstu příjmů z turistického ruchu o 2 % a při oteplení o 5,4°C až o 17 % (Ciscar et al., 2010). Nicméně, změna klimatu bude mít negativní dopad na zimní sporty a resorty. Např. ve Švédsku se odhaduje, že v rámci scénáře RH-B2 se lyžařská sezóna zkrátí o 64 dní (tj. o 40 %), což vyústí ve škody v hodnotě 946,5 milionů švédských korun, tzn. 118,5 milionů eur (Moen a Fredman, 2007). Vzhledem k tomu, že lyžování není klíčovou složkou českého turistického ruchu, lze očekávat spíše lokální dopady, které však budou převáženy delší letní sezónou.

Hlavním problémem pro cost-benefit analýzu je nedostupnost dat a nedostatek studií zabývajících se adaptačními opatřeními inicializovanými na národní úrovni (MŽP, 2015). Specifická adaptační opatření na lokální úrovni jsou totiž ve většině případů implementována jednotlivými středisky/podnikateli (tzn. soukromými subjekty), přičemž na národní úrovni se jedná spíše o měkká opatření či investiční pobídky. Počasí, respektive klima, je zcela zásadním faktorem určujícím poptávku po turismu a rekreaci. Vzhledem k flexibilitě sektoru (Ciscar et al., 2010), zřejmě není v současné době státem finančně stimulovaná adaptace tohoto sektoru prioritní. Je však potřeba se připravit na případné lokální problémy, které mohou nastat právě v souvislosti s kratší zimní sezónou a nižší profitabilitou lyžařských středisek. Také je vhodné vzít v úvahu měnící se turistické vzorce v Evropě (destinace a sezónnost), které je možné do jisté míry ovlivnit institucionálními faktory jako jsou např. školní prázdniny (UNWTO, 2008).

6.8 PRŮMYSL A ENERGETIKA

6.8.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Změna klimatu, především pak vyšší teploty a vlny veder, nárůst četnosti extrémních událostí a pokles srážek v průběhu zimy mohou vyústit v zásadní problémy pro výrobu a distribuci energií a následně i pro průmyslovou výrobu. Vyšší průměrná teplota a vyšší výskyt vln veder vedou ke zvýšeným nákladům na chlazení v komerčním sektoru, zejména díky prodloužené chladicí sezoně. Například Rosenthal et al. (1995) uvádí, že při zvýšení teploty o 1°C dochází k nárůstu chlazení o 20 % u rezidenčních budov a o 15 % u budov komerčních.

Vyšší průměrná teplota může také zvýšit náklady spojené se ztrátami v elektrické síti. Sathaye et al. (2013) uvádí, že vyšší vzdušná teplota může snižovat přenosnou kapacitu o 7-8 %. Zhoršená dostupnost vody má zase negativní vliv na produkci elektřiny jak z fosilních paliv (díky nedostatku vody pro chlazení), tak i z obnovitelných zdrojů, především pak z hydroelektráren. Hlavní ekonomické dopady jsou popsány v následující tabulce (tabulka 90).

Tabulka 90 Ekonomické dopady ZK na průmysl a energetiku

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Vyšší průměrná teplota a vyšší výskyt vln veder	Nárůst teplot a zvýšení poptávky po chlazení	Vyšší náklady na chlazení/klimatizaci v komerčních budovách.	--	4
		Vyšší náklady spojené s kompenzací častějších výpadků dodávek elektřiny.	--	4
		Nižší příjmy z produkce fotovoltaických elektráren.	-	3
		Vyšší spotřeba elektřiny a vyšší tržby za produkci elektřiny.	+	4
	Větší počet bezoblačných dní	Vyšší příjmy z produkce fotovoltaických elektráren	+	3
Extrémní události (povodně, bouře)	Požáry, vichřice, námraza, sněhové kalamity	Vyšší náklady na opravu rozvodné sítě v důsledku škod způsobených extrémním počasím či požáry.	-	3
	Záplavy	Rostoucí náklady spojené s opravami infrastruktury.	--	4
Nedostatek vody a sucho	Snížený výkon vodních elektráren	Nižší příjmy z produkce hydroelektráren.	-	3
	Snížená dostupnost vody pro chlazení	Rostoucí náklady na produkci elektřiny.	-	4

Zdroj: (Mima et al., 2011)

6.8.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Poptávka po energiích do budoucna poroste, a to především v letních měsících, kdy bude narůstat chlazení, ale zároveň se bude snižovat v zimě díky mírnějším zimám (Mima et al, 2011). V případě nečinnosti a klimatického scénáře A1B (střední emise) se očekává, že dodatečná spotřeba elektřiny v zemích EU27 vzroste do roku 2050 o přibližně 22 miliard euro za rok, přičemž celková spotřeba se

bude pohybovat okolo 89 miliard eur za rok (Mima et al., 2011). Nárůst chlazení bude vyžadovat zvýšení investic do nových klimatizačních zařízení, přičemž roční hodnota této investice je v rámci EU27 odhadována na 8 miliard eur do roku 2050 a na 20 miliard eur do roku 2100 (Mima et al., 2011). Úspory způsobené sníženou poptávkou po topení lehce převyšují náklady na chlazení (34 a 121 miliard eur pro roky 2050 a 2100).

Nedostatek vody a zvýšený výskyt sucha může mít neblahý vliv na produkci elektrické energie z vodních elektráren. Podle projektu ClimateCost (2011) lze v Evropě očekávat pokles o 3 % do roku 2050 a 8 % do roku 2100. Podle ČSÚ (2015b) byla v roce 2013 produkce z obnovitelných zdrojů z největší části reprezentována právě vodními elektrárnami. Ty se na celkové produkci elektřiny v ČR podílely ze 4 %. Vedle negativního vlivu na produkci vodních elektráren díky sníženému průtoku může mít však změna klimatu pozitivní vliv na produkci z fotovoltaických elektráren, které zažily v posledních letech velký rozmach, nicméně pouze za předpokladu většího počtu slunečných ale ne extrémně horkých dnů.

Změna klimatu může znamenat zvýšené riziko pro přenosnou infrastrukturu. Případný výpadek dodávek elektřiny může způsobit velké ztráty průmyslové výroby. Jediná dostupná studie zaměřená na problematiku vlivů počasí na rozvodnou síť byla provedena ve Spojených státech a prokázala, že mezi lety 2000 a 2012 došlo k nárůstu četnosti takovýchto událostí a tedy i ekonomických dopadů s nimi spojených (Zamuda et al., 2013).

6.8.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Průmysl a energetika jsou jedny z nejpomaleji se adaptujících odvětví, a to kvůli mimořádně vysokým nákladům, časově náročné výstavbě zdrojů a liniových staveb, a tedy i dlouhému implementačnímu období adaptačních opatření. Energetika však představuje důležitý sektor, na jehož fungování je přímo vázána funkčnost dalších sektorů. V této kapitole jsou detailněji popsána opatření zvyšující resilienci zejména v oblasti energetiky.

V Adaptační strategii ČR se adaptační opatření pro energetiku a průmysl zaměřují především na zkvalitňování systémů managementu rizika a rozvoj existujících bezpečnostních opatření. V případě extrémních hydrometeorologických událostí (např. povodně, bouře, vichřice) je zachování základní funkčnosti energetiky (klíčová infrastruktura) prioritní. Další adaptační opatření kladou důraz na zvyšování efektivity využívání vodních zdrojů ve výrobním procesu, efektivní nakládání s odpady a recyklaci.

Adaptační opatření v oblasti výroby elektrické energie cílí na zajištění dostatečného výrobního potenciálu zdrojů elektrické energie a jejich diverzifikaci. Dále jsou zaměřena na diverzifikaci importérů klíčových energetických surovin, které nepokrývají domácí zdroje (ropa a zemní plyn), a vytváření jejich dostatečných rezerv pro případ kolapsu jejich dodávek. Implementace těchto adaptačních opatření je mimořádně náročná z hlediska finančních nároků na realizaci, dalším problémem je dlouhý časový rámec vlastní implementace.

V případě očekávaného nárůstu průměrné teploty vzduchu budou zvýšené nároky kladeny také na přenosovou soustavu (např. zvýšené spotřeby při vlnách horka v důsledku plošného rozmachu klimatizace). Uplatnění tzv. zelených adaptačních opatření (např. zelených střech a zdí) v designu průmyslových budov může efektivně snížit energetické nároky na jejich chlazení a tím i nároky kladené na přenosovou síť (Susorova, 2015). Příklad z Los Angeles dokazuje, že zvyšování reflexivity zpevněných povrchů o 10-35 % může snížit teplotu ve městě až o 0,8°C a tudíž ušetřit zhruba 90 milionů dolarů (75,7 milionů eur) ročně díky nižší spotřebě elektřiny (Foster et al., 2011). Ostatní studie zaměřené na snižování spotřeby energie dokazují, že zastínění domů stromy z 20 % může ročně ušetřit 8-18 % elektřiny na chlazení a 2-8 % energií na vytápění, především díky izolační schopnosti a ochraně proti větru (Foster et al., 2011). V rámci adaptačních opatření však bude třeba

nadále systematicky zvyšovat odolnost přenosové sítě a vyvíjet tzv. inteligentní sítě („smart-grids“, Niestena & Alkemadeb, 2015), decentralizovat a diverzifikovat produkci elektrické energie. Adaptační opatření, jejich nákladnost a efektivita jsou popsána v následující tabulce (tabulka 91).

Tabulka 91 Přehled adaptačních opatření v oblasti průmyslu a energetiky, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Vyšší průměrná teplota a vyšší výskyt vln veder	Zvýšená poptávka po chlazení	Podpora rozvoje tzv. inteligentních sítí a podpora decentralizace a diverzifikace produkce elektrické energie	3	4	S
		Zajištění dostatečného výrobního potenciálu	4	4	S
		Podpora zelených opatření pro chlazení průmyslových budov	2	2	S, M
Extrémní události (povodně, bouře, vichřice)	Narušení standardního provozu	Adaptace a rozvoj existujících bezpečnostních opatření	1	3	S, M, F
		Rozvoj systémů managementu rizika	1	3	S, M, F
Nedostatek vody a sucho	Snížený výkon vodních elektráren	Systém managementu vod	2	2	S
		Diverzifikace obnovitelných zdrojů energie	3	4	S
	Snížená dostupnost vody pro chlazení	Systém využití dešťové vody a opakovaného využití vody	3	3	S, F

6.8.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Vyhodnocení nákladů a přínosů změny klimatu a možných adaptačních opatření v průmyslu je nesmírně složité, především vzhledem zásadním mezerám ve výzkumu spojeným s tímto odvětvím (Econadapt, 2015). Pro solidní evaluaci očekávaných dopadů změny klimatu a s nimi spojených adaptačních opatření je nezbytné více výzkumných výstupů a případových studií, než je v současné době k dispozici. V rámci Evropy je zatím v centru pozornosti dopad změny klimatu na spotřebu energií než na jejich výrobu (PESETA II, 2014). Proto také v současnosti chybí detailnější informace nejen o vhodných adaptačních opatřeních, ale také nákladech na jejich realizaci. Průmysl jako takový je velmi pestrým odvětvím, kde hrají zcela zásadní roli soukromé společnosti, což samozřejmě významně snižuje dostupnost dat, a tedy i znemožňuje jejich kvantifikaci. V každém případě, průmysl je velmi silně závislý na dodávkách energií, které jsou poněkud více zkoumány ve vztahu k měnícímu se klimatu. To se na energetice podepisuje negativně především skrze vysoké teploty a vlny veder, a také častějšími extrémními událostmi.

Adaptační opatření, jako např. vývoj chytrých sítí („smart grids“), důraz na decentralizaci produkce elektřiny a podpora zelených opatření pro chlazení rezidenčních a průmyslových prostor, mohou přinést značné benefity, nicméně jejich rozsah zatím nebyl monetárně kvantifikován. Vzhledem k tomu, že energetika je zcela zásadní složkou dobře fungující národní ekonomiky a je nezbytně nutná pro všechny ostatní sektory zmíněné v této studii, investování do vhodných adaptačních opatření bude nevyhnutelnou součástí zajištění bezpečnosti a prosperity státu do budoucna (Lise a van der Laan, 2015).

6.9 DOPRAVA

6.9.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

V oblasti dopravy lze očekávat hlavní ekonomické dopady klimatické změny ve formě změny nákladů na údržbu, opravy a zajištění funkčnosti infrastruktury. Konkrétně v tomto sektoru je pravděpodobné, že některé z dopadů budou pozitivního charakteru. Příkladem může být snížení nákladů potřebných k zajišťování sjízdnosti silnic během zimního období. Z nepřímých dopadů budou významné především vlivy na veřejnou dopravu a spolehlivost spojů. Dopady, jejich rozsah a pravděpodobnost jsou popsány, viz následující tabulku (tabulka 92).

Tabulka 92 Ekonomické dopady ZK na dopravu

Klimatický jev	Efekt na sektor	Ekonomický dopad	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Živelné pohromy (zejména povodně)	Poničení infrastruktury	Náklady na opravu	- -	5
	Výpadky v dopravě	Náklady na náhradní dopravu, kompenzace, ušlý zisk	--	5
Vysoké letní teploty	Deformace infrastruktury (koleje, silnice)	Náklady na opravy, ušlý zisk díky výpadkům	--	4
	Problémy s fungováním dopravních prostředků	Náklady na opravy, ušlý zisk díky výpadkům	-	4
Nižší srážky	Omezení vodní dopravy	Ušlý zisk, náklady na alternativní dopravu	-	4
Mírnější zimy	Snížení potřeby solení	Nižší náklady na údržbu silnic	+	4
	Nižší nároky na odmrzování	Nižší náklady na dopravu.	+	4

Zdroj: (Koetse & Rietveld, 2009; Schwartz, 2010; PESETA II)

6.9.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Dopady na dopravní sektor mohou být rozděleny do dvou základních skupin: (i) dopady na dopravní infrastrukturu a (ii) dopady na provoz jako takové. Podle výstupů z projektu Econadapt (2015) lze za největší hrozby pro dopravní infrastrukturu považovat především extrémní srážky a povodně. Kromě těchto jevů mohou být škody způsobené i vysokými teplotami, bouřemi, vichřicemi, a nestálým zimním počasím, kdy se střídá mráz a tání.

Stejně jako ve většině předchozích sektorů se i v dopravě dopady odvíjejí od lokálních specifíků, která zahrnují geograficko-klimatické faktory a dopravní charakteristiky (např. délka silnic, železnic, jejich vytíženost, počet mostů a jejich délka, charakter veřejné dopravy). Z těchto důvodů je nesmírně obtížné specifikovat dopady na národní úrovni, protože ty budou heterogenní povahy v každém regionu (SCCV, 2007). Například mírnější zimy mohou v nížinách snížit náklady na údržbu silnic, ale ve vyšších polohách se dá očekávat, že budou mít naopak negativní vliv na stav a životnost vozovek díky střídání mrazu a tání.

S poničenou infrastrukturou se však pojí náklady na objížďky a náhradní dopravu. Podle Švédské komise pro klima a zranitelnost dosahují tyto náklady zhruba 50 % celkových přímých nákladů spojených s dopady klimatických jevů na silniční dopravu. Nepřímé náklady potom tvoří 5-25 % nákladů, v závislosti na druhu klimatického jevu, který danou situaci způsobil (SCCV, 2007). Stejná studie uvádí, že ve Švédsku se pravděpodobně zvýší v dlouhodobém výhledu náklady na škody způsobené záplavami a erozí o 77 – 230 % oproti stavu v letech 1994 až 2006. Larsen et al. (2008) předpokládají, že změna klimatu na Aljašce si vyžádá zvýšení nákladů na dopravu o 10 – 20 % oproti

stávajícímu stavu. Podle projektu PESETA II (2014) lze v rámci scénáře A1B v EU očekávat zvýšení nákladů na údržbu a opravu silnic o 50 – 192 milionů euro ročně.

Mírnější zimy pravděpodobně zlevní zimní údržbu silnic a nároky na jejich solení. Při oteplení o 2°C lze ve střední Evropě očekávat pokles nákladů spojených s údržbou a opravami silnic v zimním období o přibližně 77 milionů eur za sezónu. Již zmiňované změny v zimních teplotách mohou mít však zároveň špatný vliv na asfaltové povrchy vozovek a je tedy třeba počítat s nárůstem výdajů na jejich opravu v hodnotě zhruba 64 milionů eur ročně (PESETA II, 2014). Zároveň budou mít pozitivní vliv na náklady v letecké dopravě, protože se sníží potřeba odmrazování. Např. v jižním Švédsku poklesne do roku 2050 potřeba odmrazování v letectví o 50 – 75 % (SCCV, 2007). Teplejší a sušší léta zase ve Spojeném Království pravděpodobně způsobí dodatečné náklady na údržbu silniční sítě ve výši 9 - 76 milionů liber (7,3 – 61,7 mil. eur) v závislosti na scénáři, k čemuž se ještě připojují roční náklady v rozmezí 4,3 – 33,3 milionů liber (3,5 – 27 mil. eur) spojené se zpožděním plynoucím z dodatečné údržby silnic (Atkins, 2013).

V současné době neexistují odhady toho, jakého rozměru dosáhnou dopady změny klimatu na dopravu v České republice bez přijetí vhodných adaptačních opatření. Vzhledem ke specifickým v každé zemi i regionu nelze dost dobře použít data ze zahraničních studií. Přestože dojde pravděpodobně ke snížení nákladů na zimní údržbu silnic, v létě lze očekávat nárůst výdajů. Zároveň je potřeba brát v úvahu náklady nepřímě spojené s opravami a údržbou. Právě ty lze výrazně snížit pomocí přijetí vhodných adaptačních opatření.

6.9.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Naprosto zásadním bodem adaptace sektoru dopravy je implementace efektivních dopravních řešení, která zajišťují plynulý provoz a flexibilitu dopravy. Tato opatření mohou zároveň přispívat i k adaptaci v jiných sektorech, zejména pokud se jedná o plynulou dopravu ve městech, která může při vlnách veder či městském tepelném ostrově do jisté míry pomoci daný problém zmírnit. Naopak strukturální opatření se nejlépe uplatní při výstavbě dopravní infrastruktury jako takové. Patří mezi ně například použití vhodných materiálů a technologií při výstavbě, zohlednění rizika spojená s měnícím se klimatem v designu infrastruktury a jejím bezprostředním okolí.

Podle Adaptační strategie ČR jsou v rámci dopravního sektoru nejdůležitějšími adaptačními opatřeními dobré plánování a zajištění spolehlivosti a flexibility dopravního sektoru, což souvisí i se schopností zajistit provoz a funkčnost po extrémních projevech počasí. Kromě toho je s měnícím se klimatem potřeba počítat i při budování dopravní infrastruktury, zejména pak v souvislosti s výběrem vhodných řešení pro odvod přívalových vod, odolávání výkyvům teplot aj. S tím také souvisí problematika vhodného zastínování komunikací vegetací, které může výrazně ulevit extrémně namáhaným materiálům. S extrémními teplotami se také pojí otázka pohodlí pasažérů. Především během vln veder a extrémních mrazů je nezbytné zajistit odpovídající úroveň chlazení či vytápění. Adaptační opatření, jejich nákladnost a efektivita jsou popsána v následující tabulce (tabulka 93).

Tabulka 93 Přehled adaptačních opatření v dopravě, jejich nákladnost a efektivita

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Živelné pohromy (zejména povodně)	Poničení infrastruktury	Zohlednění rizika při výstavbě	3	5	S, M
	Výpadky v dopravě (povrchové i vodní)	Plánování, zajištění plynulé a flexibilní dopravy	2	4	S, M, F
Vysoké letní teploty	Deformace infrastruktury (koleje, silnice)	Zastínění vegetací	2	4	S, M
		Zohlednění při výstavbě (poloha, materiály)	3	4	S, M
	Problémy s fungováním	Výběr vhodných dopravních	4	4	M

Klimatický jev	Efekt na sektor	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
	dopravních prostředků	prostředků			
Nižší srážky	Omezení vodní dopravy	Plánování, rizikový management	2	3	S, F
Mírnější zimy	Snížení potřeby solení	-	-	-	-
	Nižší nároky na odmrzování	-	-	-	-

Vzhledem k tomu, že hlavní přístup k adaptacím v dopravním sektoru bude spočívat v lepším managementu dopravy, především na ohrožených a/nebo vytížených úsecích, otázka ekonomické nákladnosti není v tomto případě úplně na místě. V první řadě je nezbytné celou problematiku náležitě ošetřit formou politik a legislativy. Stejně tak je tomu v případě plánování nové infrastruktury, kde je nezbytné brát v potaz vývoj klimatu a počítat s adaptacemi hned od první fáze projektu. Co se týká opatření strukturálních, ta bude potřeba implementovat nejen v případě nové infrastruktury, ale především v rámci té stávající.

Podle reportu projektu PESETA II lze v rámci Evropy počítat s velkým nárůstem nákladů na údržbu mostů, které budou čelit podemílání způsobeným zvýšením rizika povodní a vysokých průtoků. Roční náklady jsou odhadovány na 541 mil. eur pro období 2040-70 a 383 mil. eur pro období 2070-2100. Celkové adaptační náklady pro silniční síť v Evropě se v rámci scénáře A1B se pohybují v rozmezí 314 – 560 mil. euro za rok, což odpovídá 1,2 – 2,2 % ročních nákladů na údržbu silnic, přičemž je potřeba zdůraznit, že škody, kterým lze pomocí adaptačních opatření předejít, mohou být několikanásobně vyšší. Ještě výraznějších rozdílů pak dosahují potenciální škody na mostech - v případě kolapsu mostní konstrukce mohou škody překročit dvou až deseti násobek hodnoty daného mostu (PESETA II, 2014). V případě tzv. zelených opatření, která v rámci dopravy spočívají především ve vysazování vegetace za účelem přirozeného zastínění, budou náklady záviset na počtu kilometrů silnic a kolejí identifikovaných jako vhodných k tomuto způsobu adaptace. Při zvažování tohoto konkrétního adaptačního opatření je vhodné vzít v úvahu i fakt, že ochrana infrastruktury nebude jediným benefitem, který může toto opatření poskytnout. Je tedy vhodné do případné kalkulace započítat i ostatní benefity, které však závisejí na konkrétních podmínkách.

6.9.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

V sektoru dopravy se setkáváme jak s negativními, tak i pozitivními dopady změny klimatu na očekávanou budoucí ekonomickou bilanci. Vedle potenciálního nárůstu škod na infrastruktuře způsobené jak živelnými pohromami, tak i vysokými letními teplotami či zimními teplotami kolem nuly (opakované tání a mrznutí), lze očekávat i snížení nákladů na zimní údržbu infrastruktury a cestovních prostředků. Kromě těchto položek je ovšem nezbytné připočítat i náklady na zpožděné spoje, náhradní dopravu a objížďky, které dohromady tvoří významnou položkou. Vzhledem k tomu, že v rámci České republiky neexistuje dostatek dat a studií k tomu, aby byly přesněji vyhodnoceny náklady a přínosy měnícího se klimatu a adaptačních opatření, je potřeba použít příklady ze zahraničí.

V roce 2014 dosahovaly náklady na údržbu a opravu pozemních komunikací hodnoty 16,17 mld. Kč (Ministerstvo dopravy, 2015). Podle metodiky ze studie PESETA II (2014) by se tedy roční adaptační náklady v rámci ČR mohly pohybovat v intervalu 194 – 356 milionů Kč, pravděpodobně však u spodní hranice tohoto rozmezí. Adaptační opatření tvoří 1,2 – 2,2 % ročních nákladů na údržbu komunikací a spočívají především ve zkvalitňování dopravních systémů a jejich řízení. Preventivní charakter těchto opatření může významně přispět k řešení krizových situací a ušetřit pozdější výdaje.

6.10 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI A OCHRANA OBYVATELSTVA A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

6.10.1 Ekonomická analýza dopadů změn klimatu

Změna klimatu úzce souvisí se změnou výskytu extrémních hydrometeorologických jevů, jejichž důsledkem může být vznik mimořádné události (krizové situace, katastrofy; např. povodně, bouře, sucha) v čase a prostoru (IPCC, 2012; Sauerborn & Ebi, 2012). Tyto události mohou zasáhnout rozličné sektory (viz výše) a jsou často spojeny se značnými ekonomickými dopady (např. MunichRE, 2015a,b). Ty jsou sektorově zohledněny v předešlých kapitolách. Kromě nich je však potřeba analyzovat také ekonomický tlak změny klimatu na sektor ochrany životů a zdraví obyvatelstva (viz Tabulka 1), tzn. vlastní náklady implementace komplexního rámce managementu rizika (např. rámce Sendai; UNISDR, 2015), respektive náklady spojené s aktualizací a rozvojem stávajících rámců, a v konečném důsledku také investice vyplývající z implementace nezbytných adaptačních opatření.

Tabulka 94 ZK a ekonomický tlak na sektor ochrany životů a zdraví obyvatelstva

Klimatický jev	Ovlivněný sektor	Ekonomický tlak na sektor ochrany životů a zdraví obyvatelstva	Rozsah dopadu (+++ až ---)	Pravděpodobnost (1 nejnižší – 5 nejvyšší)
Četnější výskyt dlouhodobě extrémních (zejména vysokých) teplot	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9	- zvýšené investice vyplývající z budování a rozvoje institucí zaměřených na management rizika - investice vyplývající z rozvoje PPRR ² konceptu managementu rizika ochrany životů a zdraví obyvatel - náklady vyplývající z implementace (případně i provozu a údržby) adaptačních opatření	---	5
Změna distribuce srážek v čase a prostoru; sucha a povodně	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	- zvýšené investice vyplývající z budování a rozvoje institucí zaměřených na management rizika - investice vyplývající z rozvoje PPRR konceptu managementu rizika ochrany životů a zdraví obyvatel - náklady vyplývající z implementace (případně i provozu a údržby) adaptačních opatření	---	4
Četnější ostatní extrémní projevy (bouřky, vichřice ...)	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9	- zvýšené investice vyplývající z budování a rozvoje institucí zaměřených na management rizika - investice vyplývající z rozvoje PPRR konceptu managementu rizika ochrany životů a zdraví obyvatel - náklady vyplývající z implementace (případně i provozu a údržby) adaptačních opatření	---	5

Zdroj: (What-if analýza; UNISDR, 2015)

Ovlivněné sektory: 1 – Lesní hospodářství; 2 – zemědělství; 3 – vodní režim a vodní hospodářství; 4 – biodiverzita a ekosystémové služby; 5 – zdraví a hygiena; 6 – urbanizovaná krajina; 7 – cestovní ruch; 8 – průmysl a energetika; 9 – doprava.

6.10.1.1 Hodnocení dopadů v případě nečinnosti

Dle celosvětové databáze přírodních katastrof zajišťovny MunichRE (NatCatService, MunichRE, 2015a) bylo 92 % významných přírodních katastrof v roce 2014 (n=980) právě hydrometeorologického původu, z hlediska škod byly tyto události zodpovědné za 93 % způsobených škod (tj. 102 mld.

²Koncept PPRR z anglického „Prevention – Preparedness – Response – Recovery“ (např. CPR, 1979; UNISDR, 2015).

dolarů, tedy 134 mld. eur) a 89 % obětí na životech (tj. 6 853 obětí). Důkazem vlivu změny klimatu na vývoj počtu hydrometeorologicky podmíněných katastrof za sledované období 1980-2014 je dlouhodobý nárůst počtu hydrometeorologicky podmíněných katastrof, zatímco trend geologicko-geomorfologických katastrof (zemětřesení, vulkanická činnost, tsunami) zůstává v celém analyzovaném období víceméně konstantní (MunichRE, 2015b). Obdobný trend je pozorován i na evropské úrovni (EEA, 2010). Z hlediska škod způsobených hydrometeorologicky podmíněnými katastrofami není tento trend tak očividný a celkové škody více kolísají mezi jednotlivými lety v návaznosti na jednotlivé katastrofy, k určitému dlouhodobému nárůstu těchto škod však dochází.

Evropa se do statistiky hydrometeorologických katastrof za období 1980-2014 promítá s 20 % zastoupením na celkovém počtu zaznamenaných katastrof, 17 % zastoupením obětí (tj. 144 500 obětí) a 19 % zastoupením škod (tj. 561 mld. dolarů, tzn. 736 mld. eur), z toho 150 mld. eur mezi lety 1998 a 2009 (EEA, 2010). Nejvyšší škody v období 1998-2009 pak způsobily povodně (52 mld. eur) a bouře (44 mld. eur), je také zřejmý rostoucí trend vzniklých škod (např. Barredo, 2009) a rovněž poměrně ojedinělé budoucí prognózy předpovídají jejich nárůst, a to až v řádech desítek procent (např. Leckebusch et al., 2007). Podíl pojištěných škod pak v Evropě dosahuje 31,8 %, což je lehce nad světovým průměrem (MunichRE, 2015b).

V ČR se povodně od roku 1997 vyžádaly 115 obětí na životech. Povodňové škody v roce 1997 dosáhly 62,2 mld. Kč (tzn. 3,5 % ročního HDP), v roce 2002 to bylo 75,1 mld. Kč (3,2 % ročního HDP), v roce 2010 dosáhly škody hodnoty 16 mld. Kč (0,4 % ročního HDP) a v roce 2013 činily škody 16,5 mld. Kč (tj. 0,4 % ročního HDP). Co se týká dopadů povodní na jednotlivé sektory, v roce 1997 způsobily povodně následující škody: 20 mld. Kč v průmyslu a obchodu (52,9 % celkových škod), 10 mld. Kč v zemědělství (28,9 % celkových škod), 5 mld. Kč v dopravě (13,4 % celkových škod). Povodně z roku 2002 zasáhly z největší části opět průmysl a obchod (oddělená statistika dle typu budov). Na ostatních sektorech se podepsaly následující mírou: 2,4 mld. Kč na zemědělství (3,2 % celkových škod), 1,7 mld. Kč na vodních tocích (2,3 % celkových škod). Dále bylo při těchto povodních složkami IZS evakuováno 123 200 osob a přímo zachráněno bylo 3 374 osob (Čamrová et al., 2006). Při povodni v červnu 2013 bylo složkami IZS evakuováno 26 tis. osob. Celkové náklady na řešení povodňové situace přesáhly 130 mil. Kč (ČHMÚ, 2013).

Předpovědět a úspěšně modelovat průběh a výskyt hydrometeorologicky podmíněných mimořádných událostí (krizových situací a katastrof) v čase a prostoru je jednou z klíčových vědeckých výzev současnosti. Současný stav poznání neumožňuje katastrofy přesně předpovídat ani zcela eliminovat jejich negativní dopady. Na základě projekce trendů výše uvedených statistických dat a modelových prognóz lze však do budoucna předpokládat zvýšení počtu přírodních katastrof a v případě nečinnosti také nárůst škod způsobený jednak měnící se (zvyšující se) extremitou a časoprostorovou distribucí vlastních rizikových procesů, a také měnícím se socioekonomickým prostředím (tj. zranitelností; např. Cutter & Finch, 2008), a to v globálním, regionálním i národním měřítku (podrobněji viz EEA, 2010). Zranitelnost v čase a prostoru je považována za dynamičtější se měnící parametr, než vlastní změna klimatu (Bouwer, 2011).

6.10.2 Ekonomické aspekty adaptačních opatření

Cílem adaptace na mimořádné události související s klimatickou změnou je v první řadě ochrana životů a zdraví obyvatel, dále pak ochrana kritické infrastruktury (např. elektrárny, produktovody, komunikační sítě, doprava), ochrana životního prostředí a majetku. Protože ochrana kritické infrastruktury a ochrana majetku je v této studii rozpracována sektorově (viz výše), akcent této kapitoly je kladen zejména na ochranu životů a zdraví obyvatel. Dále není rozlišeno mezi adaptacemi na jednotlivé typy klimaticky podmíněných hrozeb, jelikož existují značné překryvy (např. krizové plány).

Základní kostra rámce managementu rizika má z pohledu nástupu a průběhu mimořádné události v konceptu PPRR (z anglického „Prevention – Preparedness – Response – Recovery“; např. CPR,

1979; UNISDR, 2015) čtyři navazující fáze: (i) prevence (předcházení mimořádným událostem); (ii) připravenost (znalost průběhu možných katastrof a chování během nich); (iii) reakce (aplikace krizových plánů během vlastní mimořádné události); (iv) obnova (uvedení fungování systému do stavu před mimořádnou událostí / lepšího).

Z pohledu ochrany života a zdraví obyvatel jsou zásadní zejména dvě fáze – připravenost (plošná individuální odpovědnost každého jednotlivého obyvatele) a reakce (předem určený postup v případě mimořádné události, a to podle krizových plánů; nasazení IZS). Z hlediska připravenosti, kromě přijetí technických opatření, je důležitým krokem informovanost obyvatelstva, uvědomění si potenciálních hrozeb a znalost základních vzorců chování v případě mimořádné události. Připravenost obyvatelstva lze výrazně zvýšit pomocí cílených informačních kampaní a implementací respektive aktualizací a případným rozšířením existujících vzdělávacích rámců chování při mimořádných událostech (zejména se jedná o vzdělávací rámce základních škol) a pravidelnými preventivními cvičeními (např. nácvik evakuace). Vedle připravenosti, která v první řadě cílí na individuální zodpovědnost každého jednotlivého obyvatele, je pro eliminaci negativních následků probíhající mimořádné události důležitá také řízená cílená a včasná reakce. Mezi adaptační nástroje této kategorie patří zvyšování efektivity fungování krizového řízení na národní a lokální úrovni (investice do infrastruktury a lidských zdrojů), aktualizace stávajících krizových plánů reflektující změny přinášené měnícím se klimatem (v souladu s platnou legislativou, zejména zákonem č. 240/2000 Sb., krizový zákon, a dále systematický rozvoj složek integrovaného záchranného sboru (IZS).

Klíčovým aspektem zhodnocení efektivity finančních prostředků vynaložených na adaptační opatření vůči mimořádným událostem, respektive adaptačních opatření sloužících k ochraně životů a zdraví obyvatel, je, z bioetického hlediska choulostivé stanovení hodnoty lidského života („value of life“; „cost of life“; Horrobin, 2006). Existuje řada přístupů, které stanovují hodnotu lidského života pro různé účely (např. pojišťovnictví, zdravotnictví, soudnictví). Výsledná hodnota se značně liší dle přístupu, účelu a zejména pak dle socio-ekonomických poměrů cílové skupiny (Costa & Kahn, 2004). Dle review americké agentury pro ochranu životního prostředí (U. S. EPA) byla hodnota lidského života stanovena v rozmezí 0.85 – 19.8 milionů dolarů, tedy 720 tisíc – 16,7 milionu eur (EPA, 2010). Jelikož plošná adaptačních opatření, která eliminují ztráty na životech při mimořádných klimaticky podmíněných událostech, jsou cílena na velký počet obyvatel (připravenost), lze tato opatření a jejich efekt, byť obtížně kvantifikovatelný, z ekonomického pohledu (poměru vynaložených nákladů a benefitů) hodnotit jako mimořádně efektivní (viz tabulka 95) a to zejména pro regionálně 'nové' hrozby související se změnami klimatu (např. vlny veder). Tato opatření se při velkých katastrofách v zahraničí ukázala jako extrémně efektivní při eliminaci přímých ztrát na životech z hlediska vynaložených nákladů (např. Muttarak & Lutz, 2014).

Tabulka 95 Přehled adaptačních opatření k ochraně životů a zdraví obyvatel při mimořádných událostech souvisejících se změnou klimatu, jejich relativní nákladnost a efektivita

Fáze rámce managementu rizika	Adaptační opatření	Nákladnost (1 – 5)	Efektivita (1 – 5)	Zdroj financí
Připravenost	Informační kampaně	3	4	S, M
	Aktualizace vzdělávacích rámců	2	5	S, M
	Pravidelná preventivní cvičení	2	5	S, M
Reakce	Zvyšování efektivity krizového řízení	4	4	S, M
	Aktualizace krizových plánů	2	4	S, M
	Rozvoj IZS	4	4	S, M

6.10.3 Efektivita nákladů na adaptační opatření

Vzhledem k očekávané zvýšené frekvenci a intenzitě mimořádných událostí souvisejících s klimatickou změnou je nezbytné odpovídajícím způsobem navyšovat investice do relevantních adaptačních opatření. Jelikož přesné předpovězení frekvence a intenzity budoucích mimořádných událostí a chování jednotlivých obyvatel ve specifických krizových situacích je problematické, nelze ani přesně odhadnout počet životů, které mohou být zachráněny implementací vhodných adaptačních opatření (zejména tzv. měkkých opatření typu informačních kampaní), ani přesně stanovit nepřímé zisky adaptačních opatření v podobě neinvestovaných financí (např. prostředky ušetřené za nevynaloženou zdravotní péči). Adaptační opatření zacílená na ochranu životů a zdraví obyvatel v případě očekávaných mimořádných událostí však lze jednoznačně považovat za zcela prioritní a jejich implementaci za neodkladnou.

Ekonomické dopady katastrof souvisejících s hydrometeorologickou situací a klimatem (jeho změnou) přesáhly v některých letech 3 % ročního HDP (např. povodňové škody v letech 1997 a 2002, viz výše), tzn. řádově stovky mld. Kč. Pokud by obdobný objem financí vynaložených na nápravu vzniklých škod byl předem vynaložen na podporu a implementaci vhodných adaptačních a mitigačních opatření, škody jednotlivých událostí by byly pravděpodobně podstatně nižší a tím i nákladnost následné obnovy. Z dlouhodobého hlediska tedy finanční efektivita adaptačních opatření roste v závislosti na počtu a extremitě proběhlých katastrof / krizových situací. S probíhající změnou klimatu je očekávaný nárůst jak počtu, tak extremity mimořádných událostí (viz výše). Implementace jednotlivých dílčích opatření (zejména strukturálních) vůči konkrétním hrozbám však vyžaduje podrobnou analýzu nákladů a přínosů (cost-benefit analysis; CBA) vzhledem k očekávaným charakteristikám (frekvence, extrimita) budoucích hrozeb a zranitelnosti potenciálně zasažených elementů.

Je potřeba zohlednit také vedlejší multisektorové benefity (tzv. co-benefits) implementovaných opatření (např. investice do rozvoje IZS či krizového řízení se dlouhodobě pozitivně promítá do řady dalších sektorů a kvalitativních stránek lidského bytí). Je však potřeba uvědomit si, že jednotlivě nebo nahodile implementovaná adaptační opatření nemohou mít takový efekt, jako implementace komplexního rámce managementu rizika (např. Rámce ze Sendai pro snižování rizika katastrof (UNISDR, 2015), který nahradil rámec Hyogo pro období 2005-2015 (UNISDR, 2005)). Nadsektorový Rámec Sendai pro snižování rizika katastrof stanovuje pro období 2015-2030 čtyři dílčí priority: (i) porozumění riziku katastrof; (ii) posílení managementu rizika a jeho vedení (governance); (iii) investování do opatření snižujících riziko (risk reduction) a zvyšujících resilienci; (iv) posílení konceptu připravenosti, reakce a obnovy (preparedness, response, recovery); a to jak na národní, tak na lokální úrovni (UNISDR, 2015). Implementace a rozvoj komplexního rámce managementu rizika na národní úrovni se všemi dostupnými nástroji (strukturální x nestrukturální opatření) je účinnou metodou ochrany životů a zdraví obyvatel a předcházení (respektive snižování) škod v případě výskytu předpokládaných mimořádných událostí přírodního původu (krizových situací, katastrof) (např. Thieken et al., 2007; Keim, 2008; Kelman, 2015).

7 KRITÉRIA PRO STANOVOVÁNÍ INVESTIČNÍCH PRIORIT V ZÁVISLOSTI NA RIZIKU

7.1 KRITÉRIA PRO STANOVENÍ INVESTIČNÍCH PRIORIT

Při stanovování kritérií pro stanovení investičních priorit, respektive při návrhu investičních priorit, bylo vycházeno z analýzy rizik pro jednotlivé prioritní oblasti, kdy celková míra předpokládaného rizika je na základě expertního zhodnocení přehledně shrnuta v rámci What if analýz za jednotlivé prioritní oblasti, a to na základě vyhodnocení pravděpodobnosti scénáře, závažnosti možných dopadů a zranitelnosti systému. Na základě tohoto hodnocení byla pro jednotlivé oblasti identifikována nejvýznamnější rizika.

Dalším kritériem pro stanovení investičních priorit by měl být rozsah ekonomických dopadů pro řešení jednotlivých rizik, která jsou popsána opět pro jednotlivé prioritní oblasti v rámci části Ekonomická analýza dopadů změny klimatu na jednotlivé sektory a vyčíslení finančních dopadů v případě nečinnosti. Rozsah dopadů je zde hodnocen na škále od velmi negativních (- - -), středně negativních (- -) a mírně negativních (-) přes neutrální (- / +), mírně kladné (+), středně kladné (+ +) až po velmi kladné dopady (+ + +). Dalším vstupem pro výběr podporovaných investičních priorit by měl vycházet z odhadu nákladů na realizaci jednotlivých adaptačních opatření a jejich efektivity.

V druhé polovině roku 2015 probíhal proces přípravy a schvalování koncepce Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, jejíž zpracování předcházelo termín zpracování samotné studie. Proto je při návrhu investičních priorit pro jednotlivé prioritní oblasti přihlíženo také k opatřením uvedeným v této tzv. „Adaptační strategii“. Avšak na rozdíl od Adaptační strategie jsou v následující části uváděna pouze (především) investiční opatření, nikoliv opatření administrativní, organizační nebo legislativní. Doporučení pro výběr investičních priorit je členěno do jednotlivých prioritních oblastí dle jednotlivých rizik. S ohledem na podrobný popis adaptačních opatření obsažený v Adaptační strategii, který byl meziresortně projednáván a prošel procesem posouzení vlivů koncepcí na životní prostředí, jsou doporučení pro výběr investičních priorit k jednotlivým identifikovaným rizikům popsána pouze stručně a nejedná se o vyčerpávající výčet, nýbrž souhrn hlavních doporučení.

7.2 DOPORUČENÍ PRO VÝBĚR INVESTIČNÍCH PRIORIT

7.2.1 Lesní hospodářství

Tabulka 96 Lesní hospodářství – doporučení pro výběr investičních priorit

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Nevhodné podmínky pro pěstování smrkových porostů především v nižších LVS a jejich chřadnutí díky zvýšení teplot, častějším a delším obdobím sucha a lepším podmínkám pro šíření škůdců. Překročení kritických zátěží a další zhoršení zdravotního stavu lesních porostů (zejména jehličnatých) s negativními ekonomickými dopady	středně negativní	Změna druhové a prostorové skladby směřující ke zvýšení stability a odolnosti lesních porostů. - Cílená postupná redukce stanovištně nevhodných dřevin (především smrk) v nižších polohách. Předčasné smýcení stanovištně nevyhovujících porostů jehličnanů a náhrad těchto porostů směsí s širší ekologickou valencí. - Cílené pěstování druhů vhodných pro budoucí podmínky uváděné v klimatických scénářích. - Vytváření smíšených porostů více odolné ke změnám klimatu. Opatření ke snížení vstupu dusíku a dalších okyselujících látek do lesních ekosystémů. Zajištění výzkumu v oblasti vlivu přízemního ozonu na lesní ekosystém, problematice lesních škůdců apod. Omezení nadměrného odebírání živin z lesních půd: - ponechávání těžebních zbytků v porostech, odkorňování hroubí v porostech, zákaz pálení klestu, ponechávání určitého podílu dříví k zetlení
Díky snížení množství srážek, delším obdobím sucha a zvyšujícím se teplotám zejména v letním období zvýšená četnost lesních požárů s nárůstem jejich negativních dopadů na lesní porosty	středně negativní	Minimalizace technického odvodnění lesních pozemků a opatření k lepšímu zadržení vody v lesních porostech. - Realizace opatření pro zadržení vody v krajině, obnova mokřadů, výstavba malých vodních nádrží, poldrů apod.). - Tvorba bezodtokých nebo regulovaných tůň či drobných nádrží a opatření směřující k přirozené morfologii vodních toků.

Mezi hlavní rizikové projevy klimatické změny pro lesní hospodářství patří zvýšené průměrné teploty (zejména v jarním a letním období), výraznější pokles srážek v letním období a související zvýšená frekvence období sucha a prodlužování jeho délky. Uvedené projevy změn klimatu v kombinaci s dalšími abiotickými a biotickými faktory budou v případě zachování stávajícího systému lesního hospodaření způsobovat chřadnutí (především smrkových) lesních porostů. S uvedenými riziky souvisí i nárůst četnosti a intenzity lesních požárů. Obojí bude negativně ovlivňovat ekonomiku lesního hospodářství.

Jako základní dlouhodobý cíl, ke kterému by měla směřovat hlavní opatření, je proto postupná změna druhové a prostorové skladby směřující ke zvýšení stability a odolnosti lesních porostů. Především se jedná o náhradu jehličnatých porostů porosty s širší ekologickou valencí, které budou lépe adaptovatelné na předpokládané budoucí výkyvy klimatu.

7.2.2 Zemědělství**Tabulka 97 Zemědělství – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Prohloubení deficitu vodní bilance a četnější a intenzivnější epizody sucha. V případě potřeby závlahové vody vznik rizika její nedostupnosti.	velmi negativní	Komplexní pozemkové úpravy Realizace protierozních a protipovodňových opatření v krajině s cílem předcházet půdní erozi (vodní a větrné) a povodním. Podpora zadržování vody v krajině - optimalizace zavlažovacích systémů - obnova a budování mokřadů a malých vodních nádrží - revitalizace vodních toků
Díky vyššímu stresu suchem propady výnosů zemědělských plodin, především v nížinách. Nárůst potřeby závlahové vody pro eliminaci výnosových ztrát.		
Riziko vážného poškození obilnin v citlivých fázích růstu, riziko stresu vysokými teplotami u plodin s dobou vegetace během letních měsíců (pícniny, kukuřice, řepa...)	velmi negativní	Opatření ke snížení spotřeby vody Zatravňování, zalesňování a zakládání prvků mimolesní zeleně na zranitelné lokality. V údolních nivách podpora zatravňování, obnovy lužních lesů (zejm. na podmáčené půdě podél vodních toků).
Výrazné snížení rozlohy oblastí odpovídajících agroklimatickými podmínkami obilnářsko-bramborářské a pícninářské výrobní oblasti.	neutrální/mírně negativní	Diverzifikace zemědělské činnosti: - Ekologické zemědělství - Agroturistika - Energetická produkce
Riziko větrné eroze během zpracování půdy i mimo operace zejména v suchých oblastech.	středně negativní	Podpora zemědělského výzkumu, vzdělávání a ochrana agrobiodiverzity: - systém pěstování zemědělských plodin a výběru vhodných odrůd a plemen odolávajících předpokládaným dopadům změny klimatu - šlechtění nových a revitalizaci starých odrůd a kultivarů kulturních rostlin i plemen hospodářských zvířat, s dobrou odolností proti škodlivým činitelům, suchu, vlnám vysokých teplot vzduchu, půdní erozi atd. - vzdělávání zemědělců
Narůstající riziko odnosu půdy na svažitých pozemcích bez patřičných protierozních opatření		
Poškození porostů na orné půdě v důsledku přívalových dešťů a krupobití a zaplavení pozemků.		
Rizika šíření škůdců		

Dopady měnícího se klimatu v sektoru zemědělství jsou spojena především se zvyšující se teplotou a snížením množství srážek v letním období roku. Především nižší oblasti budou stále častěji ohroženy epizodami zemědělského sucha, což negativně ovlivňuje kvalitu výnosů. Souvisejícím dopadem je dřívější začátek vegetační sezóny s rizikem poškození jarními mrazíky. Dalším významným rizikem je úbytek vody z důvodu teplejších zim a nižšího množství srážek, a to jak v podzemních, tak i povrchových vodách. Očekává se také změna ve variabilitě srážek, kdy ubývá především v jarním a letním období počet srážkových dnů, zatímco se zvyšuje intenzita jednotlivých srážek. Pěstování plodin v nižších nadmořských výškách bude výrazně ohroženo především na vysychavých a lehkých půdách. Také se předpokládá zvýšená četnost a intenzita jevů, jako jsou lokální přívalové srážky, krupobití nebo záplavy, které mohou negativně ovlivňovat výnosy zemědělské produkce a vést k degradaci půdy.

Podmínkou úspěšné adaptace je flexibilní a šetrné využívání území, zavádění nových technologií a diverzifikace zemědělství. V krajině by měla být podporována adaptačně-preventivní opatření chránících a zlepšujících kvalitu půdy, opatření vedoucí k zadržování vody v krajině a agrobiodiverzita. Klíčovou podmínkou je udržitelné využívání půdy, které spočívá na těchto principech: vhodné prostorové uspořádání zemědělské půdy, půdoochranná a protierozní opatření, zlepšování půdní struktury, zvyšování podílu organické hmoty v půdě, šlechtění a využívání odrůd a plemen odolných ke změnám klimatickým podmínkám. Nedílnou součástí musí být také podpora výzkumu v daných oblastech.

7.2.3 Vodní režim a vodní hospodářství**Tabulka 98 Vodní režim a vodní hospodářství – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Celkové snižování zásob povrchové a podzemní vody, snížení průtoků ve vodních tocích, snížení hladiny ve vodních plochách – nedostatek vody.	středně negativní	Stabilizace vodního režimu a podpora zadržování vody v krajině - obnova a budování mokřadů a malých vodních nádrží - revitalizace vodních toků a niv - podpora vsaku vody Optimalizace funkcí vodohospodářské infrastruktury (vodovodů a kanalizací) v případě extrémních hydrologických situací (sucho, povodně, zhoršená kvalita vody). Rozšiřování a propojování vodovodních systémů. Opatření ke snižování spotřeby pitné vody, ztrát ve vodohospodářské infrastruktuře a podpora znovuvyužití částečně čištěných odpadních vod. Zefektivnit hospodaření se srážkovými vodami.
Četnější výskyt srážkových extrémů s vyšší intenzitou, zvýšení ohrožení lidských životů, ohrožení vodohospodářské infrastruktury, zvýšení nákladů na údržbu a likvidaci povodňových škod	středně negativní	Realizace protipovodňových (a protierozních) opatření v krajině s cílem předcházet povodním. V krajině preferovat přírodě blízká opatření – obnova přirozených rozlivů, výstavba poldrů, podpora zásaku a zpomalení odtoku. V sídlech možná i technická protipovodňová opatření. Integrovaný záchranný systém, systém monitoringu a hlášená a předpovědní služba.
Zvýšení erozního ohrožení zemědělské půdy a zintenzivnění dopadu eroze na vodní zdroje.	mírně negativní	Komplexní pozemkové úpravy řešené se zřetelem na problematiku povodní, sucha, ekosystémových služeb a protierozní ochrany. Realizace protierozních opatření v krajině s cílem předcházet půdní erozi (vodní a větrné).
Snížení kvality vod vlivem snížených průtoků, zvýšených teplot a rychlejšímu průběhu nežádoucích chem. reakcí a procesů.	mírně negativní	Stabilizace vodního režimu a podpora zadržování vody v krajině Opatření k zajištění čištění odpadních vod – centrální, decentralizované a domácí ČOV. Snižování znečišťování vod zemědělskou činností.

V některých povodích v ČR je možno již dnes sledovat negativní dopady změny klimatu na vodní hospodářství, zejména v poklesu průtoků. Příčinou tohoto je a dále bude průběžné zvyšování teploty vedoucí k růstu evapotranspirace, jež je sice na většině území kompenzována růstem srážek, nicméně v některých (zatím omezených) oblastech k této kompenzaci nedochází. Bezprostředně souvisejícím předpokládaným rizikem je snížení zásoby vody v půdě a ve vodních útvech, což celkově povede k nedostatku vody pro jiné sektory (zejména průmysl a zemědělství). Mezi další předpokládané dopady patří četnější výskyt srážkových extrémů a jejich intenzita. Malé průtoky, snížení rychlosti proudění vody a zvýšená teplota vody způsobí, že voda bude mít v řekách a vodních nádržích delší dobu zdržení a bude se více prohřívat, což jsou obecně hlavní důvody snížení kvality povrchových vod. Očekávané změny hydrologického cyklu a jakosti vody představují nebezpečí porušení funkce vodohospodářské infrastruktury a zřejmě povedou ke zvýšeným nárokům na odběry.

Z hlediska investičních priorit je cílem adaptačních opatření stabilizace vodního režimu, ochrana a posilování vodních zdrojů, co nejefektivnější a udržitelné využívání vodních zdrojů a zvládání extrémních hydrologických jevů – povodní a dlouhotrvajícího sucha.

7.2.4 Biodiverzita a ekosystémové služby**Tabulka 99 Biodiverzita a ekosystémové služby – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Zánik vhodných podmínek pro biotopy a druhy subalpinského a alpského pásma, ochuzení a změna druhové skladby	neutrální	Vysokohorské klima a dopady jeho změny na místní biodiverzitu fakticky nelze ovlivnit. Aktuálně jsou již chráněny vybrané fenomény těchto poloh systémem zvláště chráněných území, proto nejsou navrhovány další investiční priority. Žádoucí zachování stávajícího systému ochrany.
Vysychání vodních ploch a omezování průtoků (až vysychání) vodních toků – ohrožení pro vodní biotopy a organismy.	mírně negativní	Zabezpečit ochranu a obnovu (revitalizaci či samovolnou renaturaci) ekosystémů a přírodních prvků ve volné krajině s důrazem na vodní nivy a zemědělsky intenzivně využívané oblasti. Zajištění migrační propustnosti vodních toků a navazujících údolních niv. Stabilizace vodního režimu a podpora zadržování vody v krajině, preferovat přírodě blízká opatření.
Změna areálu rozšíření druhů – tj. posun vhodných podmínek pro výskyt druhů do vyšších zeměpisných šířek a nadmořských výšek a současně zhoršení podmínek pro tyto druhy v původních areálech výskytu). Změna ekologických vazeb a druhové rozmanitosti.	neutrální	Opatření k ochraně a obnově propojenosti a propustnosti krajiny a rezistence a rezilience krajinných prvků tj.: - komplexní řešení krajiny v rámci územního plánování a KPÚ - realizace územního systému ekologické stability - zajištění migrační propustnosti vodních toků a navazujících údolních niv. - zajištění migrační propustnosti krajiny Řešení problematiky invazních druhů – výzkum, monitoring a opatření proti šíření Opatření k ochraně ohrožených druhů, přírodních biotopů.

Mezi hlavní dopady klimatické změny v oblasti biodiverzity patří změna areálu rozšíření druhů (změnou stávajících podmínek, zánikem vhodných biotopů stejně jako jejich rozšířením), změna ekologických vazeb prostřednictvím změny klimatických faktorů, riziko šíření nepůvodních druhů a ohrožení vodních ekosystémů vlivem sucha.

V podmínkách ČR jsou z hlediska biodiverzity jednoznačně nejohroženějšími regiony vysokohorské polohy – alpské a subalpinské polohy nad horní hranicí lesa - klimatické podmínky jsou zde velmi specifické, vyskytující se biotopy a druhy jsou vázány na ně vázány jako specialisté. I malá změna podmínek může znamenat zánik druhů a biotopů na celém území ČR. Druhým nejvíce ohroženým regionem je Jižní Morava (v dlouhodobějším horizontu i další území s nižším množstvím atmosférických srážek, jako jsou středozápadní Čechy, Polabí apod.), a to díky předpokládané kombinaci nárůstu teploty se snížením srážkových úhrnů. Avšak vlivů, které ohrožují stabilní výskyt předmětných fenoménů v tomto regionu, je více – především intenzivní zemědělství a lesnictví. Změnou klimatu dojde také obecně ke změně podmínek pro výskyt řady druhů a biotopů, kdy se optimální podmínky pro jejich výskyt budou posunovat do vyšších zeměpisných šířek a nadmořských poloh. Tento trend nelze (s výjimkou výše uvedených vysokohorských oblastí) považovat za jednoznačně negativní ani pozitivní.

Vysokohorské klima a dopady jeho změny na místní biodiverzitu fakticky ovlivnit nelze, maximálně lze implementovat speciální opatření na ochranu vybraných fenoménů. To už se dnes díky pokrytí těchto ploch zvláště chráněnými územími děje a není proto navrhováno tyto již stanovené a dostatečně financované priority ještě více upřednostňovat.

V případě problematiky Jižní Moravy a dalších oblastí ohrožených suchem se jako nejvhodnější investiční priority určené pro financování z hlediska adaptace jeví soustava opatření směřující k plošnému zlepšení ekologické stability krajiny a zvýšení schopnosti její resilience v ploše a současně posilování migrační propustnosti krajiny a vodních toků a podpora zadržování vody v krajině. Zároveň je vhodné přijmout změny ve využívání pozemků v záplavových územích pro zajištění protipovodňové ochrany vhodné pro ohrožené druhy a přírodní stanoviště. Podporována by měla být společenstva vodních toků (náplavy, proudy) a jejich aluvií (luhy, vlhké louky, tůně).

7.2.5 Zdraví a hygiena**Tabulka 100 Zdraví a hygiena – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Díky zvýšení teplotních maxim a prodloužení četnosti a délky vln veder dojde k nárůstu zdravotních problémů a zvýšení úmrtnosti obyvatel. (S ohledem na tepelný ostrov města především ve větších městech)	Středně negativní	Péče a rozšiřování ploch veřejné zeleně ve městech optimálně ve vazbě na vodní plochy. - Ochrana a péče o stávající zeleň - Rozšiřování ploch parkové zeleně - Plochy zeleně v okolí vodních ploch Zajištění klimatizace budov – především veřejných (nemocnice, objekty pro zajištění péče o seniory, mateřské školky, úřady ...) Klimatizace v oblasti veřejné dopravy Stavební úpravy budov – zastínění budov, zelené a bílé střechy, využití zeleně, klimatizace ...
Díky prodloužení délky květu dojde k prodloužení pylové sezóny a prodloužení délky alergických onemocnění a astmatu.	Mírně negativní	Péče a rozšiřování ploch veřejné zeleně ve městech optimálně ve vazbě na vodní plochy (viz výše)
Díky zvyšujícímu se množství a intenzitě srážkových extrémů dojde k ohrožení majetku, zdraví a životů obyvatel.	Mírně negativní	Realizace protipovodňových opatření a rozvoj integrovaného záchranného systému (více viz část vodní hospodářství). Lokalizace veřejných a soukromých budov mimo záplavová území.
Díky zvýšeným teplotám se zlepší podmínky pro šíření nových v ČR dosud běžně se nevyskytujících onemocnění.	Mírně negativní	Rozvoj informačních a monitorovacích systémů v oblasti zdraví Zajistit podmínky a prostředky pro diagnostiku a léčbu nových předpokládaných onemocnění Zajistit připravenost na krizové situace

Projevy změny klimatu ovlivňují a budou ovlivňovat lidské zdraví řadou přímých i nepřímých způsobů. Mezi přímé účinky patří teplotní změny (tj. nárůst teplot), zvýšené frekvence a intenzita extrémních jevů počasí (povodně, bouřky, vlny horka...). Nepřímé účinky jsou dány působením jednotlivých složek životního prostředí ovlivněných působením změny klimatu (např. podmínky pro šíření infekčních onemocnění, alergie apod.). S tímto souvisí také stresová zátěž. Zvýšení teplot zejména v letním období (a ve městech ještě umocněných vlivem tepelného ostrova města) povede ke zvýšenému riziku přehřátí organismu, dehydratace a výskytu dalších zdravotních problémů, respektive úmrtnosti, u rizikových skupin obyvatel. Potenciálně možný je také zvýšený výskyt infekcí a také nově výskyt onemocnění, které se doposud vyskytují pouze v tropickém nebo subtropickém pásmu. Mezi další potenciální rizika související se změnou klimatu patří prodloužení pylové sezóny, což může zhoršovat průběh alergií a astmatu nebo zvyšování koncentrací ozónu

Adaptační opatření by proto měla směřovat převážně k prevenci předpokládaných onemocnění, zlepšení životních podmínek ve městech a veřejných budovách s cílem snižovat negativní účinky tepla (urbanistické řešení měst, způsob konstrukce veřejných budov, klimatizace) a dále ke snižování negativních účinků extrémních meteorologických jevů, jako jsou povodně. Je nutné zohlednit zejména potřeby nejvíce ohrožených skupin obyvatel (senioři, děti, lidé s onemocněním).

7.2.6 Urbanizovaná krajina**Tabulka 101 Urbanizovaná krajina – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Nepohoda, stres a zdravotní ohrožení obyvatel v důsledku zvýšených teplot, vln horka a výkyvů teplot zejména ve větších městech.	Středně negativní	Péče a rozšiřování ploch veřejné zeleně ve městech optimálně ve vazbě na vodní plochy. - Ochrana a péče o stávající zeleň - Rozšiřování ploch parkové zeleně - Plochy zeleně v okolí vodních ploch Zajištění klimatizace budov – především veřejných (nemocnice, objekty pro zajištění péče o seniory, mateřské školky, úřady ...) Klimatizace v oblasti veřejné dopravy Stavební úpravy budov – zastínění budov, zelené a bílé střechy, využití zeleně, klimatizace ...
Ohrožení vodních zdrojů a jejich znečištění v důsledku kombinací nízkého průtoku vody a tepla a nedostatek vody pro obyvatele, služby, výrobu a údržbu zeleně.	Mírně negativní	Udržitelné hospodaření s vodou, tj. podpora opatření směřující k: - zvýšení retence vody v městské krajině a zpomalení odtoku vody ze zpevněných ploch - využití zachycené povrchové a dešťové vody - podpora zasakování vod (oproti odvádění) – vhodné povrchy - vznik a revitalizace vodních ploch v městské krajině - snižování spotřeby pitné vody Optimalizace funkcí vodohospodářské infrastruktury (vodovodů a kanalizací) - rozšiřování a propojování vodovodních systémů. Opatření k zajištění čištění odpadních vod – centrální, decentralizované a domácí ČOV.
Narušení hospodářství a veřejné infrastruktury díky snížené produktivitě, zvýšených nároků na zdravotní služby a ohrožení dopravních a energetických sítí.	Středně negativní	Stavební úpravy budov – zastínění budov, zelené a bílé střechy, využití zeleně, klimatizace ... Klimatizace v oblasti veřejné dopravy
Ohrožení zdraví, životů a majetku a obyvatel, škody na hospodářství a veřejné infrastruktuře v důsledku povodňových stavů.	Velmi negativní	Realizace protipovodňových opatření a rozvoj integrovaného záchranného systému (více viz část vodní hospodářství). Lokalizace veřejných a soukromých budov mimo záplavová území.

Mezi hlavní projevy změny klimatu, které budou ovlivňovat sídla v rámci ČR, patří především zvýšení teplot (ještě umocněné efektem tepelného ostrovu města), zvýšená četnost povodňových stavů a nedostatek vody až sucho díky poklesu srážek v letním období a větší četnosti a intenzitě suchých období. Tyto projevy budou mít řadu dopadů a rizik na život ve městech. Při zvýšených teplotách lze očekávat přímé zdravotní dopady zvláště na ohrožené skupiny obyvatel (senioři, nemocní...), dopady na pohodu obyvatel nebo snížení pracovní produktivity. Zvyšují se také teplotní výkyvy, tj. např. rozdíl denních minim a maxim. Povodně představují riziko škod na majetku a zdraví obyvatel včetně škod na dopravní a technické infrastruktuře. Nedostatek vody až sucho omezují výrobu, dodávku služeb, mohou vést k vyčerpávání vodních zdrojů a snižování kvality vod ve vodních tocích až po jejich vysychání. Ve městech jsou rizika zvyšována také vysokou hustotou osídlení a koncentrací hospodářských činností a služeb. Proto je potřeba zefektivnit nakládání s pitnou vodou, zlepšit využití dešťových vod a zajistit dostatek vody i v období kritických situací, jako je dlouhodobé sucho.

7.2.7 Cestovní ruch**Tabulka 102 Cestovní ruch – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Zhoršení podmínek pro zimní rekreaci - zkracování sezóny zimních sportů, zhoršení sněhových podmínek, nevyhovující podmínky zejména v nižších polohách.	mírně negativní	Investiční priority nejsou jednoznačně stanoveny, obecně lze doporučit opatření vedoucí k diverzifikaci forem cestovního ruchu a současně ochrana biologické rozmanitosti krajiny. (Pozn.: Při rozvoji zimního cestovního ruchu je vždy nutné respektovat přírodní hodnoty v území – zejména v horských polohách – a zohledňovat udržitelnost rozvojových záměrů (např. podmínky pro zasněžování).
Snížení atraktivity městské turistiky (především velká města – Praha) díky nárůstu teplot zejména v letním období a efektu tepelného ostrova.	mírně negativní	Obnova, údržba a rozvoj městské zeleně. Obnova, údržba a rozvoj vodních ploch v městském prostředí. Zajištění tepelného komfortu ve veřejných budovách.
Zhoršení podmínek pro vodáckou turistiku díky menším průtokům ve vodních tocích.	mírně negativní	Opatření vedoucí k lepšímu zadržování vody v krajině.

S klimatickými změnami je nejtěsněji spojen cestovní ruch „sportovní-outdoorový“, který je vázán na podmínky přírodní a je změnami nejvíce dotčen. Přímými vlivy na přírodní podmínky je nejvíce dotčena sezóna zimních sportů, kdy ubýváním ledových dní a srážkového úhrnu v zimním období se zhoršují podmínky pro provozování zimních sportů, jako je sjezdové lyžování, běh na lyžích, skialpinismus, snowboarding apod. Mezi další rizika patří snížení atraktivity městské turistiky ve větších městech, především v Praze, která je suverénně nejvýznamnější českou turistickou destinací. Riziko je dáno očekávaným nárůstem teplot a efektem městského tepelného ostrova. Dále lze předpokládat zhoršení přírodních podmínek pro vodní turistiku snížením průtoků ve vodních tocích.

Pro udržení atraktivity cestovního ruchu se tedy jeví jako nejdůležitější prioritou udržení co nejatraktivnějších přírodních podmínek, které zároveň dokáží ekosystémovými funkcemi zmírňovat vliv a intenzitu probíhajících klimatických změn, tj. přispějí k udržení sněhové pokrývky, zmírnění vln veder ve městech a lepšímu zadržování vody v krajině. Naopak podporovat umělé zasněžování z veřejných prostředků není s ohledem na dlouhodobou udržitelnost, ekonomickou náročnost a požadavky na životní prostředí (čerpání vody) doporučováno.

Opatření ve městech by měla být zaměřena na ochranu a rozvoj zeleně a ploch zeleně za současného udržitelného rozvoje a využití vodních ploch v městském prostředí. Adaptační opatření jsou velmi úzce provázány s opatřeními mitigačními a systémově významná je proto také propagace šetrných forem cestovního ruchu.

7.2.8 Průmysl a energetika**Tabulka 103 Průmysl a energetika – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Ohrožení kritické infrastruktury z důvodů zvýšení četnosti a intenzity extrémních meteorologických jevů.	Středně negativní	Zajištění dostatečných zásob a alternativních dodavatelů paliv pro výrobu elektřiny a tepla. Podpora opatření využívajících domácí druhotné zdroje pro výrobu elektřiny a tepla. Zajištění dostupnosti potřebných regulačních a rezervních výkonů a jejich přiměřené rozdělení do možných ostrovních provozů. Zajištění schopnosti přenosové soustavy ČR pracovat dlouhodobě v ostrovním režimu. Opatření vedoucí k zajištění odolnosti přenosové sítě proti poruchám a zajištění schopnosti rychlé obnovy sítě. Podpora decentralizace výroby energie. Udržení dostatečné kapacity tuzemských zásobníků zemního plynu a dostatečných zásob ropy. U zdrojů tepla a elektrické energie opatření podporující schopnost přechodu na alternativní palivo v případě krizového režimu.
Snížení produkce elektrické energie z hydroelektráren v důsledku sucha a nižších průtoků. Snížení produkce biomasy využívané pro výrobu elektřiny a tepla a výrobu.	Mírně negativní	Stabilizace vodního režimu a podpora zadržování vody v krajině
Zvýšení náročnosti chladicích procesů tepelných elektráren (jaderných, uhelných a paroplynových) a zvýšená spotřeba elektřiny na chlazení.	Středně negativní	Zvýšení efektivity využívání vodních zdrojů ve výrobních procesech (úsporné nakládání a recyklace vody, uplatnění vhodných technologií a využití srážkových vod v provozech). Systémy hospodaření se srážkovými vodami a opětovného využití vody. Zvýšení podílu výroby energie z obnovitelných zdrojů.
Zvýšení rizika pro bezpečnost průmyslu a podnikání, ohrožení zaměstnanců, fungování výrobních a provozních zařízení z důvodů extrémních meteorologických jevů.	Mírně negativní	Přízpůsobení současných bezpečnostních opatření, např. krizových a havarijních plánů a systémů řízení rizik pro případy havárií v důsledku extrémních meteorologických jevů.

Energetická infrastruktura zahrnuje zásobování elektřinou, teplem, plynem a ropou a je součástí tzv. kritické infrastruktury, jejichž nefunkčnost by měla závažný dopad na chráněné zájmy státu, jako jsou bezpečnost, životy a zdraví obyvatel, ekonomika nebo veřejná správa. V sektoru energetiky bude v Evropě vlivem změny klimatu velmi pravděpodobně docházet k rozdílům v nabídce energie a poptávce po ní. Změna klimatu také ovlivní distribuci srážek v průběhu roku a to se promítne do výroby elektrické energie z vodních zdrojů. Nepříznivý vliv na chladicí proces tepelných elektráren může mít předpokládaný nižší objem srážek v letním období a větší četnost extrémně horkých období. Důležitý vliv na distribuční a přenosovou soustavu mohou mít extrémní jevy typu vichřic, povodní, srážek a extrémů teplot. Díky těmto extrémním jevům mohou být narušeny elektrické sítě a produktovody a omezeno dopravní zásobování, což by vedlo následně také k omezení výroby a služeb.

Častější a delší období vysokých teplot budou nepříznivě ovlivňovat chladicí procesy tepelných elektráren (jaderných, uhelných a paroplynových) a spolu s vyšší spotřebou elektřiny na chlazení mohou mít za následek přetížení sítě. S vyššími teplotami souvisí také vyšší namáhání materiálů a jejich nižší životnost a poruchy. Při dlouhodobějších suchých obdobích se zvyšuje riziko poklesu množství vody v akumulacích nádrží vodních elektráren, čímž dojde ke snížení výroby vodní energie. Obdobný

problém se dá předpokládat i u vodních toků při předpokládaném snížení průtoků. S nižším množstvím letních srážek souvisí i předpoklad snížení výnosů z produkce biomasy.

Díky výše uvedeným skutečnostem by adaptační opatření měla směřovat především k zajištění fungování této kritické infrastruktury, aby byly zajištěny chráněné zájmy státu. Další část opatření by měla směřovat k zajištění bezpečnosti průmyslových zařízení.

7.2.9 Doprava

Tabulka 104 Doprava – doporučení pro výběr investičních priorit

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Zrychlená degradace materiálů použitých při konstrukci silniční a železniční sítě (letišť) v důsledku zvyšování extremity hydrometeorologických jevů (převážně vysoké teploty, extrémita srážkových úhrnů, povodně, námraza, ledovka, vichřice, bouřky...)	středně negativní neutrální	- Zajistit flexibilitu a spolehlivost dopravního sektoru při a po extrémních projevech počasí, odstraňování tzv. „bottlenecks“ - Výzkum a vývoj nových materiálů a technologií snižujících rizika - Nové dopravní stavby plánovat a realizovat s ohledem na výskyt předpokládaných rizik způsobených změnami klimatu - Rozvoj telematických a inteligentních dopravních systémů - Zajistit vhodné využití krajiny v okolí komunikací - protierozní a protipovodňová opatření, větrolamy - zastínění komunikací - stabilizace svahů
Zatarasení nebo poškození komunikace nebo železnice v důsledku extrémních hydrometeorologických jevů (pády stromů, zatopení a poškození komunikace, sesuvy půdy). Přerušování přepravy na letištích		
Snížení bezpečnosti, přehlednosti a plynulosti provozu v důsledku extrémních meteorologických jevů (bouřky, přívalové deště, mlha, husté sněžení, námraza...)		
Zhoršení podmínek pro plavbu v důsledku sucha	mírně negativní	- Posilování retenčních schopností krajiny - Opatření vedoucí k zajištění stabilní výšky vodní hladiny na vybraných úsecích vodních toků
Snížení pozornosti řidičů, strojvedoucích a komfortu cestujících v důsledku extrémně vysokých teplot (vlny veder)	neutrální	Opatření vedoucí k optimalizaci teplot v dopravních prostředcích – zajištění klimatizace

Česká republika hraje významnou roli tranzitní země jak v dopravě silniční, tak i železniční, lodní a letecká doprava mají menší význam. Nejcitlivěji reaguje na klimatickou změnu doprava silniční (i díky hustotě a četnosti využití), kdy materiály povrchů jsou poměrně citlivé na poškození obzvláště vlivem extrémních teplot a povodní. Železniční doprava je ovlivněna obdobně. Pro všechny druhy přepravy představují nejvyšší subjektivní riziko extrémy týkající se srážek. Extrémní teploty mají spíše vliv na komfort cestujících a řidičů a méně závažná, i když často rozsáhlejší, poškození dopravní infrastruktury. Hlavním adaptačním opatřením je zajistit flexibilitu a spolehlivost dopravního sektoru při a po extrémních projevech počasí, tj. předcházet poškození silničních komunikací a železnic vhodnými materiály, jejich lokalizací nebo využitím okolní krajiny. S tímto souvisí také zachování propustnosti při a po extrémních událostech a zajištění dopravní dostupnosti území např. díky segregovaným trasám veřejné a individuální dopravy, inteligentními dopravními systémy apod.

7.2.10 Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí**Tabulka 105 Mimořádné události – doporučení pro výběr investičních priorit**

Hlavní identifikovaná rizika	Ekonomické dopady rizika	Doporučení pro výběr investičních priorit
Zvýšený výskyt krizových situací s rostoucím rizikem ohrožení zdraví a životů obyvatel, včetně nárůstu škod na majetku a infrastruktuře.	Středně negativní	Rozvoj integrovaného záchranného systému. Rozvoj systémů monitoringu a hlášené a předpovědní služby. Zajištění systémů pro včasné informování veřejnosti. Vymezení rizikových obydlených oblastí. Vzdělávání obyvatelstva v problematice krizových situací. Podpora výzkumu a vývoje v oblasti environmentální bezpečnosti.
Četnější výskyt intenzivnějších a větší území postihujících povodní a svahových nestabilit s rostoucím rizikem ohrožení zdraví a životů obyvatel, včetně nárůstu škod na majetku a infrastruktuře.	Středně negativní	
Četnější výskyt intenzivnějších a větší území postihujících období dlouhodobého sucha s doprovodným nedostatkem vody a tlak na vodní zdroje.	Středně negativní	
Četnější výskyt lesních a jiných požárů.	Středně negativní	

Předpokládaným projevem/dopadem změny klimatu je zvýšená pravděpodobnost vzniku mimořádných událostí a nárůst jejich intenzity. Předpokládá se nárůst extrémních teplot, vlh horka, srážky a dlouhodobého sucha, které povede ke snížení dostupnosti vodních zdrojů. S uvedenými projevy souvisí zvýšený výskyt povodní, sesuvů půdy (v důsledku extrémních srážek) a rozsáhlých lesních požárů. Tyto události zvyšují riziko ohrožení lidských životů, zdraví, životního prostředí a škod na majetku. Související oblastí je environmentální bezpečnost, kdy je nutno zajistit ochranu životního prostředí při krizových situacích. Dále je možno předpokládat zvyšování tlaku na migraci z oblastí, které budou předpokládanými změnami klimatu postiženy mnohem intenzivněji.

S ohledem na výše uvedené předpoklady je prioritou zajištění ochrany obyvatel, majetku a životního prostředí. Cílem je tedy minimalizace negativních dopadů těchto mimořádných událostí. Žádoucí je proto podpora rozvoje a efektivního fungování složek integrovaného záchranného systému, rozvoj monitorovacích a hlášených/výstražných systémů, zvyšování odolnosti kritické infrastruktury a ochrana environmentální bezpečnosti.

8 TECHNICKÉ SHRNUÍ PRO POTŘEBY UPLATNĚNÍ V OPŽP A IROP A V AKČNÍM PLÁNU PŘIZPŮSOBNÍ SE ZMĚNĚ KLIMATU

8.1 ZÁKLADNÍ SHRNUÍ PROVEDENÝCH ANALÝZ

Předmětem Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR byla především podrobná analýza očekávaných dopadů změn klimatu a souvisejících rizik na jednotlivé prioritní oblasti a vyhodnocení jejich zranitelnosti. V návaznosti na předchozí dále posouzení ekonomických dopadů způsobených změnami klimatu a ekonomické zhodnocení možných adaptačních opatření. Adaptačními opatřeními se podrobně zabývá Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR.

V první části studie je provedeno hodnocení dosavadních trendů změny klimatu v evropském a národním měřítku a současně je podrobně uveden souhrn předpokládaných scénářů vývoje na úrovni České republiky. V rámci této části je hodnocen jak vývoj do současnosti, tak současně uváděny predikce dalšího vývoje do konce 21. století. Tato část vychází z evropských studií a v případě ČR pak nejvíce ze studie „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (Pretel, 2011). Informace uvedené v této kapitole slouží jako jedno z hlavních východisek pro analýzy prováděné v následujících částech pro jednotlivé prioritní oblasti.

V druhé části byl zpracován Přehled odborných aktivit v ČR se zaměřením na předmět studie a provedeno shrnutí přístupů a výsledků ze středoevropského regionu. Zde byla provedena analýza relevantních a aktuálních výstupů provedených jak v ČR, tak i výstupů zaměřených na oblast střední Evropy. Tato analýza slouží jako jeden ze vstupů pro zpracování dalších analýz pro jednotlivé definované prioritní oblasti.

Třetí a nejrozsáhlejší část studie se zabývá podrobně analýzou dopadů predikovaných scénářů změny klimatu na jednotlivé prioritní oblasti zájmu a podle identifikovaných hlavních dopadů, a to v těchto prioritních oblastech:

- 1) Lesní hospodářství
- 2) Zemědělství
- 3) Vodní hospodářství
- 4) Biodiverzita
- 5) Zdraví a hygiena
- 6) Urbanizovaná krajina
- 7) Cestovní ruch
- 8) Průmysl a energetika
- 9) Doprava
- 10) Mimořádné události

Analýza dopadů vychází především z výše popsaných scénářů. V některých oblastech, které uvedená studie řešila pouze okrajově, jsou analýzy doplněny také z jiných aktuálních studií na úrovni ČR, zejména „Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060“ (Univerzita Karlova, 2015), nebo na úrovni evropské. Analýzy pro jednotlivé sektory jsou zpracovány v této výchozí struktuře, která je místy dle potřeby upravena:

- souhrn za danou oblast
- základní informace pro danou oblast v národním a evropském kontextu
- dopady predikovaných scénářů změn klimatu a analýza rizik
- stanovení indikátorů a vyhodnocení zranitelnosti včetně identifikace nejzranitelnějších regionů v ČR
- souhrnná „What if“ analýza
- analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie

V závěru analýz jednotlivých prioritních oblastí byla pro souhrn hlavních skutečností a rizik použita tzv. What if analýza, jejímž účelem bylo v jednotné podobě vyjádřit přehledně hlavní identifikovaná rizika pro jednotlivé oblasti.

Součástí jednotlivých analýz je i návrh a (z větší části) vyhodnocení indikátorů včetně jejich předpokládaných trendů. S jejich pomocí je také vyhodnocována zranitelnost i na úroveň jednotlivých regionů.

Další část studie je zaměřena na ekonomické dopady změn klimatu. V první části byla zpracována ekonomická analýza dopadů změny klimatu na jednotlivé sektory a provedeno orientační vyčíslení finanční dopadů v případě nečinnosti. Pro každý sektor byly analyzovány dopady z hlediska příležitostí a rizik, rozsahu a pravděpodobnosti výskytu. Pomocí tohoto přístupu byly vyhodnoceny dopady změny klimatu nejen z hlediska jejich síly a vlivu, ale i směru jejich působení.

Následně byl proveden odhad nákladů na realizaci adaptačních opatření podle sektorů. V této kapitole jsou nastíněna adaptační opatření pro jednotlivé sektory, jejich odhadovaná nákladnost a efektivita. V obou částech zde existuje značná nejistota plynoucí nejen z klimatického vývoje, ale i dopadů v jednotlivých regionech, které se vzájemně liší. Velmi důležitý je fakt, že adaptační opatření nemohou vždy zcela eliminovat očekávané negativní dopady klimatické změny, nicméně mohou je v různém rozsahu zmírnit.

Poslední ekonomicky zaměřená část hodnotí celkovou ekonomickou efektivnost (costs & benefits) adaptačních opatření.

Z výše popsaných analýz vychází část řešící doporučení pro výběr investičních priorit. Zde bylo vycházeno jak z analýzy rizik pro jednotlivé prioritní oblasti, tak i analýz ekonomických. Současně byly doporučené investiční priority porovnávány s opatřeními uvedenými v koncepci Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, jejíž zpracování předcházelo termín zpracování samotné studie. Na rozdíl od Adaptační strategie byla uváděna především investiční opatření, nikoliv opatření administrativní, organizační nebo legislativní. S ohledem na podrobný popis adaptačních opatření obsažený v Adaptační strategii byla doporučení pro výběr investičních priorit k jednotlivým identifikovaným rizikům popsána stručněji a jedná se o souhrn hlavních doporučení.

Adaptační opatření uvedená v Adaptační strategii budou následně rozpracována v Akčním plánu přizpůsobení se změně klimatu, kde budou uvedeny konkrétní kroky pro nadcházející nejbližší období.

V následující části je provedeno zhodnocení možností Operačního programu životní prostředí a Integrovaného regionálního operačního programu přispět k realizaci adaptačních opatření řešících potřeby jednotlivých řešených prioritních oblastí.

8.2 MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ OPŽP Z HLEDISKA ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

V této části je provedeno zhodnocení možnosti Operačního programu životní prostředí přispět k řešení adaptačních opatření. Byla provedena orientační analýza hodnotící OPŽP dle jednotlivých prioritních oblastí a specifických cílů a jejich možností finanční podpory realizace opatření přispívajících k adaptaci na změny klimatu. K jednotlivým specifickým cílům je uveden souhrnný (nikoliv úplný) výčet konkrétnějších podporovaných aktivit.

Hodnocení bylo provedeno tabulkově pro všechny sektory v základní škále 0,1, 2. Škála orientačně charakterizuje možnost/potenciál specifického cíle pro podporu adaptačních opatření v daném sektoru, a to:

- 0 - žádný, velmi nízký, minimální potenciál podpory
- 1 - částečný, středně významný
- 2 - velmi významný, přímo přispívá k podpoře adaptačních opatření pro daný sektor

Zhodnocení vycházelo jak z analýzy rizik, tak i doporučených investičních priorit a současně i opatření uvedených v rámci adaptační strategie a je provedeno tabulkovou formou, kdy na konci je uvedeno souhrnné hodnocení pro daný specifický cíl z hlediska jeho celkového významu pro podporu adaptačních opatření. Je nutno jej chápat spíše orientačně, neboť hranice významnosti nemusí být u jednotlivých SC jednoznačná.

Z hodnocení vyplývají jako nejvýznamnější potenciální zdroje podpory tyto specifické cíle:

Prioritní osa 1: Zlepšování kvality vody a snižování rizika povodní

- **SC 1.1. Snižit množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod**
- **SC 1.3. Zajistit povodňovou ochranu intravilánu**
- **SC 1.4. Podpořit preventivní protipovodňová opatření**

Podporovaná opatření mají největší průřezový dopad na jednotlivé sektory a navržená adaptační opatření. Uvedené specifické cíle přispívají k řešení významných rizik, jako je zvyšující se riziko četnosti a intenzity povodňových situací a současně podporují zajištění dostatečného množství kvalitní pitné vody a zajištění kvality povrchových a podzemních vod. Jsou jimi podporována adaptační opatření k řešení rizik identifikovaných zejména v oblastech zemědělství, vodního hospodářství, biodiverzity, zdraví a hygieny, sídel, cestovního ruchu a řešení mimořádných událostí (ale i dalších).

Prioritní osa 4: Ochrana a péče o přírodu a krajinu

- **SC 4.3: Posílit přirozené funkce krajiny**
- **SC 4.4: Zlepšit kvalitu prostředí v sídlech**

Tyto specifické cíle jsou zaměřeny podporu přirozených funkcí jak krajiny mimo sídla, tak krajiny v sídlech. Důraz v rámci tohoto SC je – obdobně jako u adaptačních opatření pro řadu sektorů – kladen na stabilitu ekosystémů, prostupnost krajiny, funkčnost krajinných prvků, revitalizace vodních toků a niv, zlepšování druhové, věkové a prostorové struktury lesů, realizace přírodě blízkých protipovodňových a protierozních opatření, rozvoj sídelní a krajinné zeleně a ochrana vodních ploch včetně nakládání se srážkovými vodami. Z předchozích provedených analýz vyplývá, že právě tato opatření patří mezi klíčová nejen v rámci ochrany biodiverzity, ale také např. v oblastech zemědělství, vodního hospodářství, veřejného zdraví, kvality života v sídlech a dalších.

Mezi další specifické cíle s významem pro přizpůsobení se změnám klimatu patří také:

- **SC 1.2: Zajistit dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství**
- **SC 2.3: Zlepšit systém sledování, hodnocení a předpovídání vývoje kvality ovzduší a souvisejících meteorologických aspektů**
- **SC 3.5: Snížit environmentální rizika a rozvíjet systémy jejich řízení**
- **SC 4.1: Zajistit příznivý stav předmětu ochrany národně významných chráněných území**
- **SC 4.2: Posílit biodiverzitu**
- **SC 5.1: Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití OZE**
- **SC 5. 2: Dosáhnout vysokého energetického standardu nových veřejných budov**

Zhodnocení uplatnění jednotlivých specifických cílů OPŽP pro podporu adaptačních opatření je uvedeno v tabulce níže (tabulka 106).

Tabulka 106 OPŽP – Potenciál specifických cílů pro podporu adaptace na rizika změn klimatu

Prioritní osa	Specifický cíl	Podporované aktivity - Souhrn	Potenciál SC pro podporu adaptace na rizika změn klimatu										
			1. Lesní hospodářství	2. Zemědělství	3. Vodní hospodářství	4. Biodiverzita	5. Zdraví a hygiena	6. Urbanizovaná krajina	7. Cestovní ruch	8. Průmysl a energetika	9. Doprava	10. Mimořádné události	Celkový potenciál
Prioritní osa 1: Zlepšování kvality vody a snižování rizika povodní	1. Snižít množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod	Kanalizace a čištění odpadních vod, zvyšování kvality zdrojů pitné vody, vodovodní síť	0	1	2	1	2	2	1	1	0	1	2
	2. Zajistit dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství	Odstraňování příčin nadměrného zatížení povrchových vod živinami (eutrofizace vod), likvidace nepotřebných vrtů	0	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1
	3. Zajistit povodňovou ochranu intravilánu	Zprůtočnění a zvýšení retenčního potenciálu koryt vodních toků a přilehlých niv, hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu, vodní díla sloužící povodňové ochraně, řešení svahových nestabilit	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2
	4. Podpořit preventivní protipovodňová opatření	Analýza odtokových poměrů, návrh protipovodňových opatření. Varovné, hlásné, předpovědní a výstražné systémy, digitální povodňové plány.	0	1	2	0	2	2	0	2	1	2	2
Prioritní osa 2: Zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech	1. Snižít emise z lokálního vytápění domácností podílející se na expozici obyvatelstva nadlimitním koncentracím znečišťujících látek	Náhrada stávajících stacionárních spalovacích zdrojů v domácnostech.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2: Snižít emise stacionárních zdrojů podílející se na expozici obyvatelstva nadlimitním koncentracím znečišťujících látek	Náhrada a rekonstrukce stávajících stacionárních zdrojů znečišťování	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
	3: Zlepšit systém sledování, hodnocení a předpovídání vývoje kvality ovzduší a souvisejících	Výstavba a obnova systémů sledování kvality ovzduší a souvisejících meteorologických aspektů	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1

Prioritní osa	Specifický cíl	Podporované aktivity - Souhrn	Potenciál SC pro podporu adaptace na rizika změn klimatu										Celkový potenciál
			1. Lesní hospodářství	2. Zemědělství	3. Vodní hospodářství	4. Biodiverzita	5. Zdraví a hygiena	6. Urbanizovaná krajina	7. Cestovní ruch	8. Průmysl a energetika	9. Doprava	10. Mimořádné události	
	meteorologických aspektů												
Prioritní osa 3: Odpady a materiálové toky, ekologické zátěže a rizika	1: Prevence vzniku odpadů	Podpora inovativních technologií pro předcházení vzniku a nakládání s odpady (zahrnující BAT)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	2: Zvýšit podíl materiálového a energetického využití odpadů	Výstavba a modernizace zařízení pro sběr, třídění a úpravu odpadů	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	3: Rekultivovat staré skládky	Odstraňování nepovolených skládek (zejména v ZCHÚ), rekultivace starých skládek a odstranění tzv. černých skládek (v ZCHÚ)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	4: Dokončit inventarizaci a odstranit ekologické zátěže	Inventarizace, sanace a odstranění starých ekologických zátěží a skládek	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	5: Snížit environmentální rizika a rozvíjet systémy jejich řízení	Řešení environmentálních rizik a systémy jejich řízení, zvyšování bezpečnosti provozů, řešení následků závažných havárií a vytváření informačních systémů pro jejich prevenci, rekonstrukce zařízení pro nakládání s nebezpečnými látkami	0	0	1	0	1	1	0	1	0	2	1
Prioritní osa 4: Ochrana a péče o přírodu a krajinu	1: Zajistit příznivý stav předmětu ochrany národně významných chráněných území	Zajišťování péče o NP, CHKO, NPR, NPP a lokality soustavy Natura 2000 (včetně návštěvnické infrastruktury). Tvorba informačních a technických nástrojů a podkladů pro zajištění ochrany a péče.	1	1	1	2	0	0	1	0	0	0	1
	2: Posílit biodiverzitu	Péče o vzácné druhy (ve volné krajině i urbanizovaném prostředí) a jejich biotopy, péče o cenná stanoviště, prevence šíření invazních druhů, řešení škod způsobených zvláště chr. druhy živočichů	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1
	3: Posílit přirozené funkce krajiny	Migrační prostupnost pro živočichy, funkčnost krajinných prvků, revitalizace vodních toků a niv, ekostabilizační funkce vodních ekosystémů, zlepšování druhové, věkové a prostorové struktury lesů mimo ZCHÚ, realizace přírodě blízkých protipovodňových a protierozních opatření.	1	1	2	2	2	1	1	0	1	0	2

Prioritní osa	Specifický cíl	Podporované aktivity - Souhrn	Potenciál SC pro podporu adaptace na rizika změn klimatu										
			1. Lesní hospodářství	2. Zemědělství	3. Vodní hospodářství	4. Biodiverzita	5. Zdraví a hygiena	6. Urbanizovaná krajina	7. Cestovní ruch	8. Průmysl a energetika	9. Doprava	10. Mimořádné události	Celkový potenciál
	4: Zlepšit kvalitu prostředí v sídlech	Revitalizace sídelní zeleně. Ochrana zeleně a doprovodných vodních ploch a prvků v sídlech, zlepšení ŽP, ekologická stabilita a biodiverzita, zlepšení hospodaření se srážkovými vodami, zvýšení odolnosti území proti suchu a přívalem dešťům.	1	1	2	1	2	2	1	0	1	0	2
Prioritní osa 5: Energetické úspory	1: Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití OZE	Snižování energetické náročnosti budov, využití odpadního tepla, nízkoemisní a obnovitelné zdroje tepla.	0	0	0	0	1	2	0	2	0	1	1
	2: Dosáhnout vysokého energetického standardu nových veřejných budov	Vícenáklady na dosažení pasivního energetického standardu v případě výstavby nových budov. Tato oblast podpory slouží jako podpora implementace čl. 9 směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (a § 7 transpozičního zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií).	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1

8.2.1 Doporučení pro uplatnění OPŽP z hlediska podpory adaptací na změny klimatu**8.2.1.1 Doporučení z hlediska územního zacílení podpory**

Z hlediska doporučení se lze zabývat územním zacílením podpory. Většina opatření je podporována celoplošně pro celou oblast ČR v rámci individuálních výzev. Opatření je však také možno zacílit průběžně dle územních podmínek, z čehož vychází následující doporučení zohledňující identifikovaná rizika změny klimatu. Ta jsou uvedena pro specifické cíle s největším identifikovaným potenciálem. Současně je vhodné zohlednit požadavky vyplývající z Národního dokumentu k územní dimenzi.

Tabulka 107 OPŽP – Možnosti územního zacílení opatření

Specifický cíl	Možnosti územního zacílení
SC 1.1. Snížit množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod	Území s vysokou koncentrací obyvatel – větší města a jejich zázemí
SC 1.3. Zajistit povodňovou ochranu intravilánu	Směrování do území s nejvyšší koncentrací obyvatel a hospodářských aktivit v záplavových územích (Q_{100}) a územích s výskytem svahových nestabilit.
SC 1.4. Podpořit preventivní protipovodňová opatření	Směrování do území s nejvyšší koncentrací obyvatel a hospodářských aktivit v záplavových územích (Q_{100}) – tj. města
SC 4.3: Posílit přirozené funkce krajiny	Zacílení podpory do oblastí s nejvyšším podílem zemědělské krajiny (orné půdy) a současně nejvíce ohrožených suchem. Tj. zejména jižní Morava, oblast Polabí, Žatecka a úvalů
SC 4.4: Zlepšit kvalitu prostředí v sídlech	Směrování podpory do území s nejvyšší koncentrací obyvatel - města (velikostní hranici nelze jednoznačně stanovit)

8.2.1.2 Doporučení z hlediska podporovaných aktivit

Operační program životní prostředí uvádí pro jednotlivé specifické cíle výčet podporovaných aktivit. Tyto podporované aktivity jsou v některých případech dále podrobněji specifikovány výčtem podporovaných opatření. Níže je uvedeno podrobnější zhodnocení těchto aktivit a opatření z hlediska využití pro podporu adaptací na změny klimatu. Případně jsou v některých případech uváděna doporučení.

Tabulka 108 OPŽP – Zhodnocení a doporučení podporovaných aktivit z hlediska podpory adaptací na změnu klimatu

Specifický cíl	Podporované aktivity a typy podporovaných projektů	Zhodnocení a doporučení k vybraným podporovaným aktivitám a projektům z hlediska adaptací na klimatické změny
SC 1.1. Snížit množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod	Aktivita 1.1.1: výstavba kanalizace za předpokladu existence vyhovující čistírny odpadních vod v aglomeraci, výstavba kanalizace za předpokladu související výstavby, modernizace a intenzifikace čistírny odpadních vod včetně decentralizovaných řešení likvidace odpadních vod (domovní čistírny odpadních vod nebudou podporovány), Aktivita 1.1.2: výstavba, modernizace a intenzifikace čistíren odpadních vod, Aktivita 1.1.3: odstraňování příčin nadměrného zatížení povrchových vod živinami (eutrofizace vod) – je podporována zejména u vodárenských nádrží, nádrží koupacích vod a na přítocích do těchto nádrží.	Všechny podporované aktivity v rámci SC 1.1 podporují realizaci adaptačních opatření dle schválené AS a žádou z nich proto nelze považovat za jednoznačně vhodnější oproti ostatním. Z hlediska přijatelnosti je vhodné aplikovat uvedené kritérium přijatelnosti pro dešťovou kanalizaci, tj. její výstavbu realizovat pouze v lokalitách s existující jednotnou kanalizací, kdy oddělením srážkových vod dojde k významnému omezení množství odlehčovaných vod z jednotné kanalizace v období srážek. Zároveň musí být splněna podmínka, že likvidace srážkových vod není proveditelná vsakem nebo akumulací. Dále – dle materiálu „Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů

Specifický cíl	Podporované aktivity a typy podporovaných projektů	Zhodnocení a doporučení k vybraným podporovaným aktivitám a projektům z hlediska adaptací na klimatické změny
		sucha a nedostatku vody (MŽP, 2015)“ – v souladu s úkolem E/7 podporovat projekty umožňující modernizace čistírenské infrastruktury ve vybraných, suchem postihovaných povodích z důvodu zvýšených požadavků na jakost vypouštěné odpadní vody v období sucha (např. prostřednictvím dalšího stupně čištění pod stávajícími ČOV nebo terciárního stupně čištění). Současně v rámci čištění odpadních vod podporovat – dle technických možností – zásak.
SC 1.3. Zajistit povodňovou ochranu intravilánu	Aktivita 1.3.1 – Zprůtočnění nebo zvýšení retenčního potenciálu koryt vodních toků a přilehlých niv, zlepšení přirozených rozlivů Aktivita 1.3.2 – Hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich další využití namísto jejich urychleného odvádění kanalizací do toků Aktivita 1.3.3 – Obnovení, výstavba a rekonstrukce, případně modernizace vodních děl sloužících povodňové ochraně Aktivita 1.3.4 – Stabilizování a sanace svahových nestabilit ohrožujících zdraví, majetek a bezpečnost obsažených v „Registru svahových nestabilit“	Všechny uváděné podporované aktivity v rámci SC 1.3 podporují realizaci adaptačních opatření dle schválené AS a žádnou z nich proto nelze považovat za jednoznačně vhodnější oproti ostatním. Upřednostňovat záměry posilující retenční kapacitu vodních toků a niv oproti zrychlování odtoku srážkových vod z území. Pro posílení synergie opatření podporovat současně zlepšení současného ekologického stavu vodního útvaru a migrační prostupnost toku.
SC 1.4. Podpořit preventivní protipovodňová opatření	Aktivita 1.4.1 – Analýza odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření Aktivita 1.4.2 – Budování, rozšíření a zkvalitnění varovných, hlásných, předpovědních a výstražných systémů na celostátní úrovni, digitální povodňové plány Aktivita 1.4.3 – Budování a rozšíření varovných, hlásných, předpovědních a výstražných systémů na lokální úrovni, digitální povodňové plány	Všechny uváděné podporované aktivity v rámci SC 1.4 směřují k podpoře adaptací na změny klimatu dle schválené AS a žádnou z nich proto nelze považovat za jednoznačně vhodnější oproti ostatním.
SC 4.3: Posílit přirozené funkce krajiny	Aktivita 4.3.1: Zprůchodnění migračních bariér pro živočichy a opatření k omezení úmrtnosti živočichů spojené s rozvojem technické infrastruktury Aktivita 4.3.2: Vytváření, regenerace či posílení funkčnosti krajinných prvků a struktur Aktivita 4.3.3: Revitalizace a podpora samovolné renaturace vodních toků a niv, obnova ekostabilizačních funkcí vodních a na vodu vázaných ekosystémů Aktivita 4.3.4: Zlepšování druhové, věkové a prostorové struktury lesů (s výjimkou lesů ve vlastnictví státu) zařízených LHP mimo ZCHÚ a území soustavy Natura 2000 Aktivita 4.3.5: Realizace přírodě blízkých opatření vyplývajících z komplexních studií cílených na zpomalení povrchového odtoku vody, protierozní ochranu a adaptaci na změnu klimatu	Všechny uváděné podporované aktivity jako celek v rámci SC 4.3 směřují k podpoře adaptací na změny klimatu dle schválené AS a žádnou z nich proto nelze považovat za jednoznačně vhodnější oproti ostatním. V případě aktivity 4.3.1 je z hlediska adaptací na změny klimatu žádoucí zacílit podporu zejména na opatření zlepšující migrační prostupnost na vodních tocích (rybí přechody, odstranění migračních překážek na tocích) a obnova konektivity vodního toku s nivními biotopy apod. V případě dalších podporovaných aktivit a typů podporovaných aktivit přispívají všechny k adaptacím na změny klimatu. U aktivity 4.3.4 je žádoucí změřit podporu na lesní porosty v 3. - 5. LVS s převahou nepůvodních smrkových porostů.

Specifický cíl	Podporované aktivity a typy podporovaných projektů	Zhodnocení a doporučení k vybraným podporovaným aktivitám a projektům z hlediska adaptací na klimatické změny
		U všech aktivit s výjimkou 4.3.1 současně zohledňovat požadavek na současné posílení retenčních funkcí krajiny.
SC 4.4: Zlepšit kvalitu prostředí v sídlech	Aktivita 4.4.1: Revitalizace funkčních ploch a prvků sídelní zeleně	Uvedená aktivita jako celek a podporovaná opatření v rámci SC 4.4 přímo směřují k podpoře adaptací na změny klimatu dle schválené AS. Nejsou uváděna žádná doporučení pro výběr a podporu konkrétních opatření.

Zdroj: Operační program životní prostředí a související dokumenty

Z hlediska dalších specifických cílů, ze kterých mohou být také částečně podporována adaptační opatření, je jejich zhodnocení prováděno stručněji.

- **SC 1.2: Zajistit dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství** – podporované aktivity jako celek směřují částečně k podpoře některých adaptačních opatření uváděných v AS.
- **SC 2.3: Zlepšit systém sledování, hodnocení a předpovídání vývoje kvality ovzduší a souvisejících meteorologických aspektů** – zaměřeno prioritně na kvalitu ovzduší (a související meteorologické jevy). Vhodné podpořit projekty zaměřené na sledování, modelování a predikci jevů souvisejících se změnou klimatu.
- **SC 3.5: Snížit environmentální rizika a rozvíjet systémy jejich řízení** – s problematikou adaptací na změny klimatu souvisí nepřímo (tj. adaptace na změnu klimatu je vedlejším efektem opatření) – tj. zejména v případě předcházení rizikům způsobeným mimořádnými událostmi. Vhodné podpořit rozvoj informačních systémů pro prevenci vzniku závažných havárií (jež by mohly být způsobeny mimořádnými událostmi – např. povodně). Možno prioritně zacílit na objekty nacházející se v povodňových nebo jiných rizikových územích (povodně, svahové nestability ...)
- **SC 4.1: Zajistit příznivý stav předmětu ochrany národně významných chráněných území** – SC zaměřen na národně významná chráněná území a území Natura 2000. Z hlediska adaptací na změny klimatu je vhodné podporu v oblasti lesních porostů zaměřit na zlepšení jejich struktury a přirozené druhové složení (prioritně u smrkových porostů v 3.-5. LVS). Dále v rámci podpory konkrétních projektů zvýhodnit (nad rámec požadavků ochrany přírody) také projekty přispívající k protierozní ochraně, zlepšující retenci vody v krajině a další opatření v souladu s Adaptační strategií.
- **SC 4.2: Posílit biodiverzitu** – platí obdobně jako v případě u SC 4.1.
- **SC 5.1: Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití OZE** – částečně podpora mitigačních opatření. Všechna podporovaná opatření směřují k podpoře opatření uvedených v rámci Adaptační strategie. Při podpoře projektů je vhodné zohlednit i další aspekty, jako jsou klimatizace, zelené střechy, zadržování a využívání srážkových vod apod.
- **SC 5. 2: Dosáhnout vysokého energetického standardu nových veřejných budov** - platí obdobně jako v případě u SC 5.1.

8.2.1.3 Doporučení z hlediska hodnotících kritérií

Potřeby vyplývající z rizik změn klimatu a navazující podpora adekvátních adaptačních opatření lze v některých případech začlenit i mezi hodnotící kritéria stanovená pro jednotlivé specifické cíle Operačního programu životní prostředí 2014–2020. Z tohoto důvodu byla posouzena – na základě dostupných zdrojů (www.opzp.cz) – stanovená hodnotící kritéria pro tyto vybrané specifické cíle nejvíce přispívající k realizaci adaptačních opatření (viz výše). Současně byla posuzována možnost doplnění dalších hodnotících kritérií, které by zachycovaly požadavky řešené problematiky.

S ohledem na komplexnost řešené problematiky jsou doporučení specifikována v obecnější rovině a hodnotící kritéria je možno konkrétně nastavovat v rámci jednotlivých výzev.

Tabulka 109 OPŽP – Možnost doplnění hodnotících kritérií

Specifický cíl	Možnost doplnění hodnotících kritérií
SC 1.1. Snížit množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod	Hodnotící kritéria jsou nastavena dostatečně. Možnost doplnění: Lokalizace záměru do suchem postihovaných povodí (z důvodu zvýšených požadavků na jakost vypouštěné odpadní vody v období sucha): - Záměr je plánován v povodích postihovaných suchem = +
SC 1.2: Zajistit dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství	Hodnotící kritéria jsou nastavena dostatečně. Není navrženo doplnění.
SC 1.3. Zajistit povodňovou ochranu intravilánu	Hodnotící kritéria jsou nastavena dostatečně. Možnost doplnění: Počet obyvatel a rozsah hospodářských aktivit, k jejichž ochraně záměr přispívá: - Vyšší bodové hodnocení při zajištění ochrany vyššího počtu obyvatel a rozsahu hospodářských aktivit
SC 1.4. Podpořit preventivní protipovodňová opatření	Hodnotící kritéria jsou nastavena dostatečně. Není navrženo doplnění.
SC 2.3: Zlepšit systém sledování, hodnocení a předpovídání vývoje kvality ovzduší a souvisejících meteorologických aspektů	Hodnotící kritéria nejsou nastavena. Specifický cíl zaměřen především na oblast kvality ovzduší meteorologické jevy související se změnami klimatu řešeny pouze okrajově. Doporučení pro hodnotící kritéria nejsou navržena.
SC 3.5: Snížit environmentální rizika a rozvíjet systémy jejich řízení	Hodnotící kritéria nejsou nastavena/zveřejněna. Možnost doplnění: Lokalizace záměru do oblastí s vyšším rizikem výskytu mimořádných událostí (povodně, svahové nestability): Záměr je plánován v oblastech s vyšším rizikem mimořádných událostí = +
SC 4.1: Zajistit příznivý stav předmětu ochrany národně významných chráněných území	Zaměření SC je konkrétně zaměřené na ZCHÚ a soustavu Natura 2000, čemuž odpovídají hodnotící kritéria. Možnost doplnění: Synergické účinky: Posilování retenčních funkcí krajiny, protipovodňová a protierozní ochrana Vyšší bodové hodnocení při současném řešení dalších problémů v území – retence vody v krajině, protipovodňová a protierozní ochrana
SC 4.2: Posílit biodiverzitu	Aktivita 4.2.1: Péče o vzácné druhy a jejich biotopy vč. obnovy a tvorby těchto biotopů – hodnotící kritéria nastavena specificky dle zaměření aktivity. Není navrženo doplnění Aktivita 4.2.2: Péče o cenná stanoviště a jejich obnova a tvorba. Možnost doplnění hodnotících kritérií: Synergické účinky: Posilování retenčních funkcí krajiny, protipovodňová a protierozní ochrana Vyšší bodové hodnocení při současném řešení dalších problémů v území – retence vody v krajině, protipovodňová a protierozní ochrana Aktivita 4.2.3: Budování a údržba návštěvnické infrastruktury v PR a PP. Aktivita bez přímé vazby na problematiku změny klimatu. Není navrženo doplnění hodnotících kritérií. Aktivita 4.2.4: Prevence šíření a omezování výskytu invazních druhů (včetně jejich sledování, hodnocení rizik a tvorby metodických a koncepčních podkladů a nástrojů Aktivita 4.2.5: Předcházení, minimalizace a náprava škod působených zvláště chráněnými druhy živočichů na majetku Hodnotící kritéria u obou aktivit nastavena specificky dle zaměření aktivity. Není

Specifický cíl	Možnost doplnění hodnotících kritérií
	navrženo doplnění.
SC 4.3: Posílit přirozené funkce krajiny	Hodnotící kritéria jsou nastavena relativně dostatečně. Možnost doplnění: Aktivita 4.3.1: Zprůchodnění migračních bariér pro živočichy a opatření k omezování úmrtnosti živočichů spojené s rozvojem technické infrastruktury Možnost doplnění: Lokalizace záměru do suchem postihovaných povodí (z důvodu vyššího rizika narušení migrační prostupnosti toku suchem): - Záměr je plánován v povodích postihovaných suchem = + Aktivita 4.3.4: Zlepšování druhové, věkové a prostorové struktury lesů (s výjimkou lesů ve vlastnictví státu) zařízených LHP mimo ZCHÚ a území soustavy Natura 2000 Problematika smrkových porostů v nižších LVS - Záměr je zaměřen na zlepšení struktury porostů v 3. - 5. LVS s převahou nepůvodních smrkových porostů. = + U všech aktivit možnost doplnění: Synergické účinky: Posilování retenčních funkcí krajiny, protipovodňová a protierozní ochrana - Vyšší bodové hodnocení při současném řešení dalších problémů v území – retence vody v krajině, protipovodňová a protierozní ochrana
SC 4.4: Zlepšit kvalitu prostředí v sídlech	Hodnotící kritéria jsou nastavena dostatečně. Návrh doplnění: Synergické účinky: Zlepšení podmínek pro vsakování srážkových vod, protipovodňová a protierozní ochrana Vyšší bodové hodnocení při současném řešení dalších problémů v území – zasakování dešťových vod, protipovodňová a protierozní ochrana
SC 5.1: Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití OZE SC 5. 2: Dosáhnout vysokého energetického standardu nových veřejných budov	Hodnotící kritéria nejsou nastavena/zveřejněna. Možnost doplnění: Synergické účinky: Aspekty změn klimatu Vyšší bodové hodnocení při současném řešení dalších problémů souvisejících se změnou klimatu – klimatizace budov, zelené střechy, zadržování a využívání srážkových vod

8.3 MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ IROP Z HLEDISKA ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

V této části je provedeno zhodnocení možnosti Integrovaného regionálního operačního programu přispět k řešení adaptačních opatření. Byla provedena orientační analýza hodnotící IROP dle jednotlivých prioritních oblastí a specifických cílů a jejich možností finanční podpory realizace opatření přispívajících k adaptaci na změny klimatu. Hodnocení bylo provedeno obdobně jako v případě Operačního programu životní prostředí. Z hodnocení mnohem menší potenciál pro podporu adaptačních opatření než v případě OPŽP. Jako nejvýznamnější potenciální zdroje podpory byly identifikovány tyto níže uvedené specifické cíle, přičemž za nejvýznamnější je možno považovat průřezový SC 1.3 - Zvýšení připravenosti k řešení a řízení rizik a katastrof.

Prioritní osa 1: Konkurenceschopné, dostupné a bezpečné regiony

- SC 1.2 - Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy
- SC 1.3 - Zvýšení připravenosti k řešení a řízení rizik a katastrof

Hlavní význam má SC 1.3, který směřuje k rozvoji IZS, zlepšení jeho vybavení, výcviku a posílení akceschopnosti. Tento SC má největší průřezový dopad na jednotlivé sektory a přispívá k řešení významných rizik, jako je zvyšující se riziko četnosti a intenzity povodňových situací, rizika požárů, extrémních meteorologických jevů a dalších.

SC 1.2 podporuje jednak udržitelné formy dopravy a současně také inteligentní dopravní systémy, jež pomáhají adaptaci nejen v oblasti dopravy, ale také např. v oblasti adaptací sídel, zdraví, cestovního ruchu apod.

Prioritní osa 2: Zkvalitnění veřejných služeb a podmínek života pro obyvatele regionů

- SC 2.5 - Snížení energetické náročnosti v sektoru bydlení

Podpora adaptačních opatření nejen v oblasti lidského zdraví a sídel, ale tak v oblasti energetiky a prevenci mimořádných událostí.

Prioritní osa 3: Dobrá správa území a zefektivnění veřejných institucí

- SC 3.3 - Podpora pořizování a uplatňování dokumentů územního rozvoje

Nepřímá podpora pro realizace adaptačních opatření ve všech sektorech.

Tabulka 110 IROP – Potenciál specifických cílů pro podporu adaptace na rizika změn klimatu

Prioritní osa	Specifický cíl	Podporované aktivity - Souhrn	Potenciál SC pro podporu adaptace na rizika změn klimatu										
			1. Lesní hospodářství	2. Zemědělství	3. Vodní hospodářství	4. Biodiverzita	5. Zdraví a hygiena	6. Urbanizovaná krajina	7. Cestovní ruch	8. Průmysl a energetika	9. Doprava	10. Mimořádné události	Celkový potenciál
Prioritní osa 1: Konkurenceschopné, dostupné a bezpečné regiony	SC 1.1 - Zvýšení regionální mobility prostřednictvím modernizace a rozvoje sítě regionální silniční infrastruktury navazující na síť TEN-T	Budování silnic a budování obchvatů s napojením na síť TEN-T. Zahrnuje silniční zeleň a prvky silniční infrastruktury za účelem snížení fragmentace krajiny.	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0
	SC 1.2 - Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy	Přestupní terminály pro VD, inteligentní dopravní systémy. Podpora alternativních pohonných systémů ve vozidlech VD a alternativních druhů dopravy. Nízkoemisní vozidla a dobíjecí stanice. Bezbariérovost a bezpečnost dopravy, cyklostezky a cyklotrasy, doplňková zeleň.	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	1
	SC 1.3 - Zvýšení připravenosti k řešení a řízení rizik a katastrof	Rozvoj IZS - posílení odolnosti staveb IZS, vybavení složek IZS s důrazem na přizpůsobení se změnám klimatu a novým rizikům. Podpora výcviku složek IZS.	0	0	2	0	2	2	1	2	1	2	2
Prioritní osa 2: Zkvalitnění veřejných služeb a podmínek života pro obyvatele regionů	2.1 - Zvýšení kvality a dostupnosti služeb vedoucí k sociální inkluzi	Zařízení pro poskytování komunitní péče. Infrastruktura pro služby pro osoby sociálně vyloučené či ohrožené chudobou a sociálním vyloučením. Sociální bydlení. Současně doplňující zeleň.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	2.2 - Vznik nových a rozvoj existujících podnikatelských aktivit v oblasti sociálního podnikání	Výstavba, rekonstrukce, rozšíření a vybavení sociálních podniků.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.3 - Rozvoj infrastruktury pro poskytování zdravotních služeb a péče o zdraví	Podpora vysoce specializované zdravotnické péče - přístrojové vybavení, stavební úpravy. Deinstitutionalizace psychiatrických nemocnic – vybavení mobilních týmů a nová zařízení. Současně	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0

Prioritní osa	Specifický cíl	Podporované aktivity - Souhrn	Potenciál SC pro podporu adaptace na rizika změn klimatu										
			1. Lesní hospodářství	2. Zemědělství	3. Vodní hospodářství	4. Biodiverzita	5. Zdraví a hygiena	6. Urbanizovaná krajina	7. Cestovní ruch	8. Průmysl a energetika	9. Doprava	10. Mimořádné události	Celkový potenciál
		doprovodná zeleň.											
	2.4 - Zvýšení kvality a dostupnosti infrastruktury pro vzdělávání a celoživotní učení	Rozvoj předškolního a školního vzdělávání. Podpora výuky přírodovědných a technických oborů – technické vybavení, úpravy objektů včetně související zeleně.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	2.5 - Snížení energetické náročnosti v sektoru bydlení	Realizace energetických úspor. Prvky pasivního vytápění a chlazení, stínění a instalace systémů řízeného větrání s rekuperací odpadního vzduchu. Šetrné způsoby vytápění, OZE, kombinovaná výroba elektřiny a tepla.	0	0	0	0	2	2	0	1	0	1	1
Prioritní osa 3: Dobrá správa území a zefektivnění veřejných institucí	3.1 – Zefektivnění prezentace, posílení ochrany a rozvoje kulturního a přírodního dědictví	Ochrana kulturního dědictví – revitalizace NKP, památek UNESCO a dalších včetně revitalizace parků a zahrad.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3.2 – Zvyšování efektivity a transparentnosti veřejné správy prostřednictvím rozvoje využití a kvality systémů IKT	Rozvoj eGovernmentu, infrastruktury a informační a komunikační systémy veřejné správy. Rozvoj informačních systémů složek IZS, kybernetická bezpečnost.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	3.3 - Podpora pořízování a uplatňování dokumentů územního rozvoje	Pořízení územních plánů, pořízení regulačních plánů, pořízení územních studií.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Pozn.: Nejsou uváděny SC 4.1 – Posílení komunitně vedeného místního rozvoje za účelem zvýšení kvality života ve venkovských oblastech a aktivizace místního potenciálu a SC 4.2 – Posílení kapacit komunitně vedeného místního rozvoje na účelem zlepšení řídicích a administrativních schopností MAS, a to z důvodu jejich specifického zaměření.

8.3.1 Doporučení pro uplatnění IROP z hlediska podpory adaptací na změny klimatu**8.3.1.1 Doporučení z hlediska územního zacílení podpory**

Většina opatření je podporována celoplošně pro celou oblast ČR v rámci individuálních výzev. Opatření jsou uvedena pro specifické cíle s největším identifikovaným potenciálem.

Tabulka 111 IROP – Možnosti územního zacílení opatření

Specifický cíl	Možnosti územního zacílení
SC 1.2 - Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy	Podpora do větších sídel (města - hranici nelze jednoznačně stanovit – mimo hl. města Prahy)
SC 1.3 - Zvýšení připravenosti k řešení a řízení rizik a katastrof	Celoplošné opatření (mimo hl. města Prahy)
SC 2.5 - Snížení energetické náročnosti v sektoru bydlení	Zaměření na větší sídla (hranici nelze jednoznačně stanovit – mimo hl. města Prahy)
SC 3.3 - Podpora pořizování a uplatňování dokumentů územního rozvoje	Celoplošné opatření (mimo hl. města Prahy)

8.3.2 Doporučení z hlediska podporovaných aktivit

Integrovaný regionální operační program uvádí pro jednotlivé specifické cíle výčet podporovaných aktivit. Tyto podporované aktivity jsou v některých případech dále podrobněji specifikovány do opatření. Níže je uvedeno podrobnější zhodnocení těchto aktivit z hlediska využití pro podporu adaptací na změny klimatu. V některých případech jsou uváděna doporučení.

Tabulka 112 IROP – Zhodnocení a doporučení podporovaných aktivit z hlediska podpory adaptací na změnu klimatu

Specifický cíl	Podporované aktivity a typy podporovaných projektů	Zhodnocení a doporučení k vybraným podporovaným aktivitám a projektům z hlediska adaptací na klimatické změny
SC 1.2 - Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy	• Terminály (podpora multimodality) • Telematika (inteligentní dopravní systémy) • Bezpečnost (a bezbariérovost) • Nízkoemisní vozidla a související plnicí stanice • Cyklodoprava a doprovodná infrastruktura	Z větší části směřuje podpora do oblastí mitigačních opatření (nízkoemisní vozidla, cyklodoprava, inteligentní dopravní systémy, dopravní terminály ...). V rámci podpory je z hlediska změn klimatu žádoucí zohlednit problematiku <u>klimatizace</u> ve veřejných dopravních prostředcích (nízkoemisní vozidla). V případě podpory inteligentních dopravních systémů je žádoucí podpořit využití těchto systémů např. pro řízení dopravy při mimořádných a krizových událostech.
SC 1.3 - Zvýšení připravenosti k řešení a řízení rizik a katastrof	• Zajištění adekvátní odolnosti s důrazem na přizpůsobení se změnám klimatu a novým rizikům (podpora složek IZS např. v případě mimořádných událostí) • Posílení vybavení základních složek IZS technikou a věcnými prostředky k zajištění připravenosti základních složek IZS v exponovaných územích s důrazem na přizpůsobení se změnám klimatu a novým rizikům • Modernizace vzdělávacích a výcvikových středisek pro základní složky IZS (simulátory, trenažéry, polygony apod. a jejich vybavení),	Uvedený SC jako celek a podporované aktivity a opatření přímo směřují k podpoře adaptací na změny klimatu dle schválené AS. Nejsou uváděna žádná doporučení pro výběr a podporu konkrétních opatření.

Specifický cíl	Podporované aktivity a typy podporovaných projektů	Zhodnocení a doporučení k vybraným podporovaným aktivitám a projektům z hlediska adaptací na klimatické změny
	zaměřených na rozvoj specifických dovedností a součinnost základních složek IZS při řešení mimořádných událostí	
SC 2.5 - Snížení energetické náročnosti v sektoru bydlení	• Snižování spotřeby energie zlepšením tepelných vlastností budov • Zařízení pro vytápění nebo přípravu teplé vody • Přechod na šetrné, ekologické zdroje	Z části směřuje podpora do oblasti mitigačních opatření (snížování spotřeby energie, ekologicky šetrné zdroje vytápění). Podporovaná opatření směřují k naplňování Adaptační strategie. Při podpoře projektů je vhodné zohlednit i další aspekty, jako jsou klimatizace, zelené střechy, zadržování a využívání srážkových vod apod.
SC 3.3 - Podpora pořizování a uplatňování dokumentů územního rozvoje	Pořízení územních a regulačních plánů a studií.	Z hlediska adaptací na změnu klimatu je žádoucí podpořit zejména studie zaměřené na řešení krajiny. Územní studie musí řešit krajinu podrobně i s ohledem na opatření obsažené v Adaptační strategii.

Zdroj: Integrovaný regionální operační program a související dokumenty

8.3.2.1 Doporučení z hlediska hodnotících kritérií

Potřeby vyplývající z rizik změn klimatu a navazující podpora adekvátních adaptačních patření lze v některých případech začlenit i mezi hodnotící kritéria stanovená pro jednotlivé specifické cíle Integrovaného regionálního operačního programu. Z tohoto důvodu byla posouzena – na základě dostupných zdrojů (www.strukturalni-fondy.cz) – stanovená hodnotící kritéria pro tyto vybrané specifické cíle nejvíce přispívající k realizaci adaptačních opatření. Současně byla posuzována možnost doplnění dalších hodnotících kritérií, které by zachycovaly požadavky řešené problematiky.

S ohledem na komplexnost řešené problematiky jsou doporučení specifikována v obecnější rovině a hodnotící kritéria je možno konkrétně nastavovat v rámci jednotlivých výzev.

Tabulka 113 IROP – Možnost doplnění hodnotících kritérií

Specifický cíl	Doporučení z hlediska možného doplnění hodnotících kritérií
SC 1.2 - Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy	Kritéria pro daný SC nejsou doposud uvedena. Návrh východisek pro nastavení kritérií: V případě telematiky: Využitelnost při mimořádných a krizových událostech. - Záměr přispívá k efektivnějšímu zvládnutí mimořádných a krizových situací = + S ohledem na skutečnost, že opatření mají převážně mitigační charakter, nejsou další kritéria navrhována.
SC 1.3 - Zvýšení připravenosti k řešení a řízení rizik a katastrof	Kritéria pro daný SC jsou navržena dostatečně a zohledňují problematiku adaptací na změny klimatu. Není navrženo doplnění.
SC 2.5 - Snížení energetické náročnosti v sektoru bydlení	Kritéria pro daný SC nejsou doposud uvedena. Návrh východisek pro nastavení kritérií: Synergické účinky: Klimatizace, využívání srážkových vod, OZE Vyšší bodové hodnocení při současném řešení dalších problémů souvisejících s adaptacemi na změnu klimatu – klimatizace objektů, využívání srážkových vod, využití OZE apod.
SC 3.3 - Podpora pořizování a uplatňování dokumentů územního rozvoje	Kritéria pro daný SC jsou navržena dostatečně a zohledňují problematiku adaptací na změny klimatu. Doporučení - územní studie řeší krajinu podrobně ve všech souvislostech i ve

Specifický cíl	Doporučení z hlediska možného doplnění hodnotících kritérií
	vazbě na Adaptační strategii ČR.

9 PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Agrawala, S., 2007. Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management. OECD — Organisation for Economic Co-operation and Development. http://www.oecdilibrary.org/environment/climate-change-in-the-european-alps_9789264031692-en
- Amelung, B., Nicholls, S., Viner, D., 2007, Implications of Global Climate Change for Tourism Flows and Seasonality. *Journal of Travel Research*, 45, 285-296. DOI: 10.1177/0047287506295937
- Andersson Y, Ekdahl K., 2006. Wound infections due to *Vibrio cholerae* in Sweden after swimming in the Baltic Sea, summer 2006. *Euro Surveill.* 2006;11(31):pii=3013. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3013>
- Argaud L, Ferry T, Le QH, et al., 2003. Short- and long-term outcomes of heatstroke following the 2003 heat wave in Lyon, France. *Arch Intern Med* 2007;167:2177–83
- Arnfield, A.J., 2003. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*
- Atkins, 2013. Economics of Climate Change Adaptation and Risks. Final reports, Highways Agency.
- Aus der Beek, T., Voß, F., Flörke, M., 2011. Modelling the impact of Global Change on the hydrological system of the Aral Sea basin. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 36, p.684-695.
- Barredo, J.I., 2009. Normalised flood losses in Europe: 1970 – 2006. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 97-104.
- Bauer, Z., Bartošová, L., Bauerová, J., Trnka, M., Štěpánek, P., Možný, M., Dubrovský, M., Nyklová, E., Žalud, Z., 2014. Observed phenological response of ecosystems to the climate: Part I. Flood plain forest. 1. vyd. Brno: Global Change Research Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic, 2014. 120 p. ISBN 978-80-87902-00-4.
- Bauer, Z., Trnka, M., Bauerová, J., Možný, M., Štěpánek, P., Bartošová L., Žalud, Z., 2009. Changing climate and the phenological response of Great Tit and Collared Flycatcher populations in floodplain forest ecosystems in Central Europe. *International Journal of Biometeorology*, Int J Bio meteorol DOI 10.1007/s00484-009-0259-7
- Belda, M., Pišoft, P., Žák, M., 2015. Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 – 2060. Katedra fyziky atmosféry, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze
- Beran, J., Vaništa, J., Machala L., Wertzová V., 2006. Základy cestovního lékařství, Galén, 2006, ISBN 80-7262-435-0
- Bolund, P., & Hunhammar, S., 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301.
- Bottýán et al., 2005. The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary
- Bottýán, Z., Unger, J., 2003. A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island. *Theoretical and Applied Climatology*
- Bouwer, L.M. 2011. Have Disaster Losses Increased Due to Anthropogenic Climate Change? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(1): 39.
- Boyd M. R., 1984. Metabolic activation and Lung Toxicity: A Basis for Cell-Selective Pulmonary Damage by Foreign Chemicals, *EHP*, Vol. 55, s. 47 – 51
- Brázdil, R., Chromá, K., Dobrovolný, P., Tolasz, R. 2008. Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961-2005. *Journal of Climatology*, 29 (2): 223-242.
- Brázdil, R., Trnka, M. et al., 2015. Sucho v Českých zemích, minulost, přítomnost, budoucnost, Global Change Research Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic, 400 p. ISBN 978-80-
- Brázdil, R., Chromá, K., Valášek, H., Dolák, L., 2012 Hydrometeorological extremes derived from taxation records for south-eastern Moravia, Czech Republic, 1751–1900 AD. *Climate of the Past*, European Geosciences Union, Německo. ISSN 1814-9324, vol. 8, no. 2, s. 467-481.
- Broadmeadow, M.S.J., 2002. Climate Change: Impacts on UK Forests (2nd ed), The Forestry Commission, Edinburgh.
- Brooks, N., Adger, W.N., Kelly, P.M., 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and implications for adaptation. *Global Environmental Change*, vol. 15, p.151-163.

- BRS (Bezpečnostní rada státu), 2012. Rozhodnutí Bezpečnostní rady státu, schvalující Koncept environmentální bezpečnosti České republiky 2012-2015 (s výhledem do roku 2020), včetně příloh. Praha.
- Carraro, C. and Sgobbi, A., 2008. Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Italy: An Economic Assessment.
- Carter J.G., Cavan G., Connelly A., Guy S., Handley J., Kazmierczak A., 2015. Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation, *Progress in Planning*, Vol. 95, pp. 1–66.
- CDC (Centres for Disease Control and Prevention), 2004. Global Distribution (Robinson Projection) of Dominant or Potentially Important Malaria Vectors. Dostupné z <http://www.cdc.gov/malaria/about/biology/mosquitoes/map.html>
- CENIA, 2014. Zpráva o životním prostředí ČR 2013. Dostupné z http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Zprava%20o%20zivotnim%20prostredi%20CR%202013_141112.pdf
- CENIA. Geoportál, 2015. Registr zařízení IPCC. Dostupné z <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map/>.
- CENIA. ISSAR (Informační systém statistiky a reportingu), 2014. Dostupné z <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1508>.
- City of New York, 2010. NYC Green Infrastructure Plan: A Sustainable Strategy for Clean Waterways. The City of New York, Office of the Mayor.
- ClimateCost, 2011. Technical Policy Briefing Note 5: Health. The Impacts and Economic Costs of Climate Change on Health in Europe.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K.L. Ebi, M. Hauengue, R.S. Kovats, B. Revich, and A. Woodward, 2007. Human health. In: *Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. Van Der Linde, and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431.
- Costa, D.L., Kahn, M.E., 2004. Changes in the value of life, 1940-1980. *Journal of Risk and Uncertainty*, 29(2): 159-180.
- Costello A., Abbas M., Allen A., et al. 2009. Managing the health effects of climate change: *Lancet* and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet*, 373 (9676), pp. 1693–1733.
- CPR (Center for Policy Research), 1979. Comprehensive Emergency Management. Center for Policy Research, National Governors' Association, 64 p.
- Cutter, S.L., Finch, C., 2008. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(7): 2301-2306.
- Čamrová, L., Jílková, J. et al., 2006. Povodňové škody a nástroje k jejich snížení. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP) Fakulty národohospodářské, Vysoká škola ekonomická v Praze, 420 p.
- ČEPS (Česká energetická přenosová soustava), 2015. Údaje o přenosové soustavě. Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka. Dostupné z <https://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Technicka-infrastruktura/Stranky/Udaje-o-PS.aspx>.
- ČGS (Česká geologická služba), 2012. Svahové nestability. Dostupné z <http://www.geology.cz/svahovenestability>
- ČGS (Česká geologická služba), 2015. Mapa svahových nestabilit [Mapa]. Dostupné z http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/
- ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav), 2015. Hlásná a předpovědní povodňová služba. Dostupné z <http://hydro.chmi.cz/hpps/>
- ČHMÚ(Český hydrometeorologický ústav), 2013. Vyhodnocení povodní v červnu 2013. Český hydrometeorologický ústav, 48 s.
- ČHMÚ, 2012. Počasí a voda- předpovědní výstražná informace. Dostupné z <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/zpravy/index.html>
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2007. Cestovní ruch v hl. m. Praze 2000 až 2005, situace z pohledu statistických údajů. Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/czso/44004daf69>.

- ČSÚ (Český statistický úřad), 2013. Návštěvnost v hromadných ubytovacích zařízeních. Archiv 2000 – 2013. Cestovní ruch. Časové řady. Dostupné z https://www.czso.cz/csu/czso/crua_cr.
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2014. Databáze regionálních účtů. Dostupné na: <https://apl.czso.cz/pll/rocenka/rocenkavyber.volba?titul=Ukazatele%20za%20region%E1ln%ED%20celky&mypriznak=RB&typ=2&proc=rocenka.presmsocas&mylang=CZ&jak=4> (čerpáno 29. 10. 2015)
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2014a. Databáze územních jednotek 2008-13 (2014)
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2014b. www.czso.cz
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2014c. <https://www.czso.cz/csu/czso/ari/tourism-4-quarter-2014-1lkfxzeiz8>
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2015a. Lesnictví a myslivost 2014. Dostupné online na: <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-a-myslivost-2014> (čerpáno 16. 9. 2015).
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2015b. Statistická ročenka 2014 – energetika. Dostupné online na: https://www.czso.cz/csu/czso/320198-14-eng_r_2014-1600 (čerpáno 28. 9. 2015).
- Daniel M., et al., 2006. Risk assessment and prediction of Ixodes ricinus tick questing activity and human tick-borne encephalitis infection in space and time in the Czech Republic *International Journal of Medical Microbiology* 296 (2006) S1, 41–48
- Danielová, J. Holubová, J., and Daniel, M., 1990. Tick-borne encephalitis virus prevalence in Ixodes ricinus ticks collected in high risk habitats of the South-Bohemian region of the Czech Republic. *Experimental and Applied Acarology*
- Darwin, R., Kennedy, D., 2000. Economic effects of CO₂ fertilization of crops: transforming changes in yield into changes in supply. *Environ. Model. Assess.*, 5: 157–168.
- Davoudi, S., Tranos, E. and Lükenkötter, J., 2012. Climate change and winter tourism — A Pan-European perspective (EWP No. 45). Global Urban Research Unit, Newcastle University, Newcastle upon Tyne. <http://www.ncl.ac.uk/guru/publications/working/>.
- De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R. et al. (2012): Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1: 50-61.
- Dobrovolný, P. et al., 2012. Víceúrovňová analýza městského a příměstského klimatu na příkladu středně velkých měst, Projekt Grantové agentury ČR č. 205/09/1297 / Klima Brna - víceúrovňová analýza městského klimatu
- Doménech L., Saurí, D., (2011): A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7): 598-608.
- Dore, M. and Burton, I., 2001. The costs of adaptation to climate change in Canada: a stratified estimate by sectors and regions—social infrastructure. St. Catharines: Brock University, Niagara, Canada.
- Doswald, N., Osti, M., 2011. Ecosystem-based approaches to adaptation and mitigation – good practice examples and lessons learned in Europe. German Federal Agency for Nature Conservation and UNEP-WCMC, 48 pp.
- Dubrovský, M., Hayes, M., Duce, P., Trnka, M., Svoboda, M., Zara, P., 2014. Multi-GCM projections of future drought and climate variability indicators for the Mediterranean region, *Regional Environmental Change*, 14, 5, pp. 1907-1919
- Dubrovský, M., Svoboda, M., Trnka, M., Hayes, M., Wilhite, D., Žalud, Z., Hlavinka, P., 2009. Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical and Applied Climatology*. 96, No. 1-2, p. 155-171.
- Easterling, W.E., P.K. Aggarwal, P. Batima, K.M. Brander, L. Erda, S.M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber and F.N. Tubiello, 2007: Food, fibre and forest products. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 273-313.
- Ebi KL, McGregor G, 2010. Climate change, Tropospheric Ozone and Particulate Matter , and Health Impact, *Environ Health Perspect* 116: 1449 -1456
- Ebia K. L., Burtonb I., 2008, Identifying practical adaptation options: an approach to address climate change-related health risks. *Environmental Science & Policy*, Vol. 11, Issue 4, p. 359–369.

- ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control), 2007. Chikungunya in Italy Mission Report 17 – 21 September 2007 Joint ECDC/WHO visit for a European risk assessment. Dostupné z http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/Pages/Climate_Change_Vector_Borne_Diseases.aspx
- Econadapt, 2015. The costs and benefits of adaptation. Results from the ECONADAPT project, (July), 8.
- EEA (European Environment Agency), 2008. Impacts of Europe's Changing Climate – 2008 indicator-based assessment, *EEA Report No4/2008, European Environmental Agency*, Copenhagen.
- EEA (European Environment Agency), 2010. Impact of climate change on bird populations. Dostupné z <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/impact-of-climate-change-on/impact-of-climate-change-on>
- EEA (European Environment Agency), 2010. Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. European Environment Agency, Technical report 13/2010, 146 p.
- EEA (European Environment Agency), 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. EEA Report No 12/2012. Dostupné z <http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>
- EEA (European Environment Agency), 2012. Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies. No 2/2012, ISSN 1725-9177
- Eftec, 2008. Wallasea Island Economic Benefits Study: Final report submitted to the East of England Development Agency. RSPB and ABP Mer.
- Eitzinger, J., Kersebaum, K. C., Formayer, H., 2009. Landwirtschaft im Klimawandel - Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. <http://de.agrimedia.com,320,Agrimedia,D-29459Clenze,Deutschland>.
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J.N., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D.J., Kronenberg, J., de Groot, R., 2015. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 14, p. 101-108.
- EPA (Environmental Protection Agency), 2010., Guideline for preparing Economic Analyses. U.S. Environmental Protection Agency, 300 p.
- ERÚ (Energetický regulační úřad), 2015. Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2014. Dostupné z http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2014.pdf/933fc41a-ad79-4282-8d0f-01eb25a63812
- EU (European Commission), 2013. The EU strategy on adaptation to climate change strengthening Europe's resilience to the impacts of climate change. Brussels, 2013. ISBN 978-927-9329-753.
- Eurostat, 2008. Statistic in focus 72/2008
- Fiala, 2011. Vývoj nedostatkových objemů a průměrných a malých průtoků v České republice. *Disertační práce*
- Field, C.B. (ed.), 2012. IPCC/SREX. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. Field CB, Barros V, Stocker TF, et al.). Cambridge University Press. Dostupné z <http://ipcc-wg2.gov/SREX/>
- Finley, T., Schuchard, R., 2009. Adapting to Climate Change—A Guide for the Energy and Utility Industry. Dostupné z http://www.bsr.org/reports/BSR_Climate_Adaptation_Issue_Brief_Energy_Uutilities.pdf
- Floerke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F., Alcamo, J., 2013. Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change*, vol. 23, p. 144-156.
- Flörke, M., Alcamo, J., 2004. European outlook on water use. Final report, Center for Environmental Systems Research, Kassel, 83 s.
- Flousek, J., Harčarik, J., 2009. Sjezdové lyžování a ochrana přírody. *Ochrana přírody*. 6. 8-10.
- Forestry Commission, 2010. Forestry and Climate Change pack, available at: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/packinsertslowres.pdf/\\$FILE/packinsertslowres.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/packinsertslowres.pdf/$FILE/packinsertslowres.pdf) (čerpáno 20.8.2015).
- Foster, J., Lowe, a., & Winkelmann, S., 2011. The Center for Clean Air Policy. The Value of Green Infrastructure for Urban Adaptation.

- Fottová, D. et al., 2011. Hodnocení vlivu klimatických změn na hydrologickou bilanci a návrh praktických opatření ke zmírnění jejich dopadů. *Česká geologická služba*, Ústav pro hydrodynamiku AV ČR.
- Fouillet, A., Rey, G., Wagner, V., Laaidi, K., Empereur-Bissonnet, P., Le Tertre, A., Frayssinet, P., Bessemoulin, P., Laurent, F., De Crouy-Chanel, P., Jougla, E., Hémon, D., 2008. Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *Int J Epidemiol.* 2008 Apr; 37(2): 309-17.
- Frélichová, J., Vačkář, D., Pártl, A., Loučková, B., Harmáčková, Z. V., Lorencová, E., 2014. Integrated Assessment of Ecosystem Services in the Czech Republic. *Ecosystem Services* 8: 110-117.
- Füssel, H., Jol, Kurnik, B., & Hemming, D., 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report. EEA Report.
- Genovese, E., 2006. A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study. European Communities, DG-JRC, Ispra, EUR.
- Golden J, Hartz D, Brazel A, Lubert G, Phelan P., 2006. A biometeorology study of climate and heat-related morbidity in Phoenix from 2001 to 2006. *Int J of Biometeorology*.
- Greiving, S., Flex, F., Lindner, C., J. Lückenkötter, A. Holsten, J. Kropp, S. Juhola, P. Niemi, L. Peltonen, J. Vehmas, S. Davoudi, E. Tranos, P. Schmidt-Thomé, J. Klein, T. Tarvainen, et al., 2011. ESPON Climate - Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies. (Applied Research Project No. 2013/1/4). ESPON. http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/inceptionreport_final.pdf.
- Grêt-Regamey, A., Bebi, P., Bishop, I.D., Schmid, W.A., 2008. Linking GIS-based models to value ecosystem services in an Alpine region. *Journal of Environmental Management* 89, 197–208.
- GSA (2011). The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings. A Report of the United States General Services Administration, available online at: http://www.gsa.gov/portal/mediald/158783/fileName/The_Benefits_and_Challenges_of_Green_Roofs_on_Public_and_Commercial_Buildings.action (čerpáno 29. 10. 2015)
- Haines et al., 2006, Climate change and health : Impact, vulnerability and public health, Public health, vol. 120, p.585-596.
- Hallegatte, S., Henriot, F., & Corfee-morlot, J., 2008. The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale A CONCEPTUAL FRAMEWORK, (4), 0–48.
- Hallegatte, S., Hourcade, J.-C., Ambrosi, P., 2007. Using climate analogues for assessing climate change economic impacts in urban areas. *Climatic Change*, vol. 82, p. 47-60.
- Hamilton, J. M., & Tol, R. S. J., 2004. The impact of climate change on tourism and recreation. *Engineering*, 1–27.
- Hanel et al., 2011. Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. *Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha*
- Hanewinkel, M., Cullmann, D.A., Schelhaas, M.-J., Naaburs, G.-J., Zimmermann, N.E., 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, vol. 3, p. 203-207.
- Hansen, A.J., Neilson, R.P., Dale, V.H., Flather, C.H., Iverson, L.R., Currie, D.J., Shafer, S., Cook, R., Bartlein, P.J., 2001. Global change in forests: responses of species, communities, and biomes. *BioScience* 51, 765–779.
- Hantel, M., Ehrendorfer, M. and Haslinger, A., 2000. Climate sensitivity of snow cover duration in Austria. *International Journal of Climatology* 20(6), 615–640.
- Harmáčková, Z., Krkoška Lorencová, E., Vačkář, D., 2015. Ecosystem-based adaptation and disaster risk reduction: costs and benefits of participatory ecosystem services scenarios for Šumava National Park, Czech Republic. Chapter in Sudmeier-Rieux, K., Renaud, F., et al., *The role of ecosystems in disaster risk reduction and climate change adaptation*, Springer, in press.
- Harrison, P.A., Berry, P.M., Simpson, G., Haslett, J.R., Blicharska, M., Bucur, M., Dunford, R., Egoh, B., Garcia-Llorente, M., Geamana, N., Geertsema, W., Lommelen, E., Meiresonne, L. and Turkelboom, F., 2014. Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services*, 9: 191-203.

- Hollan, J. 2012, Zvláštní zpráva Jak reagovat na rizika extrémních událostí a pohrom a zlepšit adaptace na změnu klimatu. Český překlad od J. Hollana. Cambridge University Press. Dostupné z http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/srex/srex_cz.pdf
- Holman, I.P., Harrison, P.A. and Metzger, M.J., 2014. Cross-sectoral impacts of climate and socio-economic change in Scotland: implications for adaptation policy. *Regional Environmental Change*.
- Hope C. 2009. The costs and benefits of adaptation (In): Parry, M., Arnell, N., Berry P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T. (2009), Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates, International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change. pp 100–111.
- Horáček, S., Kašpárek, L., 2011. Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulací schopností povodí Rakovnického potoka. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha 2011
- Horrobin, S., 2006. Immortality, human nature, the value of life and the value of life extension, *Bioethics*, 20(6): 279-292.
- Hov, Ø., Cubasch, U., Fischer, E., Höppe, P., Iversen, T., Gunnar Kvamstø, N., others, 2013. Extreme weather events in Europe: Preparing for climate change adaptation. Oslo: Norwegian Meteorological Institute. Dostupné z <http://real.mtak.hu/id/eprint/8366>
- Huglin, P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture*, France: 1117–1126.
- Hutton, G., 2011. The economics of health and climate change: key evidence for decision making. *Globalization and Health*, 7(1), 18.
- Chloupek, O., Hrstková, P., Schweigert, P., 2004. Yield and its stability and response to climate changes, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Research*, 85: 167–190.
- Christensen, J.H. et al., 2007. Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- ICMM (International Council on Mining and Metals), 2013. Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry. London. Dostupné z <https://www.icmm.com/document/5173>
- Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S., Moneo, M., 2009. Impacts of climate change in agriculture in Europe. PESETA-Agriculture study. JRC, Luxembourg.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change), 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change), 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. 4th Assessment Report. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland. pp 104.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press. Cambridge University Press. (2007). Dostupné on-line: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the

- intergovernmental panel on climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 582 p.
- Jones, H.P., Hole, D.G., Zavaleta, E.S., 2012. Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change* 2: 504-509.
- JRC (Joint Research Centre), 2009. PESETA – Project of Economic Impact in Sectors of Europe Based on Bottom up Analysis, JRC, IPTS, EN 4135 EN, 2009
- Kabat, P., van Vierssen, W., Veraart, J., Vellinga, P., Aerts, J., 2005. Climate proofing the Netherlands, *Nature*, vol. 438, p. 283-284.
- Keim, M.E., 2008. Building Human Resilience The Role of Public Health Preparedness and Response As an Adaptation to Climate Change, *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5): 508-516.
- Kelman, I., 2015. Climate Change and Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6: 117-127.
- Kliment, Z., Matoušková, M., 2008. Long-term Trends of Rainfall and Runoff Regime in Upper Otava River Basin. *Soil & Water Research*, 3 (3), str. 155–167.
- Kocmánková, E., Trnka, M., Žalud, Z., Semerádová, D., Dubrovský, M., Muška, F., Možný, M., 2008. Comparison of two mapping methods of potential distribution of pests under present and changed climate. *Plant Protection Science*, 44: 49–56.
- Koetse, M.J., Rietveld, P., 2009. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol.14, p.205-221.
- Kovats, S., 2009. "Adaptation costs for human health". Chapter 4 in Parry, M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., R. Tiffin and T. Wheeler (2009) Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and other recent estimates. IIED and Grantham Institute for Climate Change, London.
- Kovats, RS, Haines A, Stanwel-Smit R, Martnes P, menne B, Bertollini R., 1999. Climate change and human health in Europe, *BMJ* Vol 318,19, 1999: 1682-85
- Kovats, RS., Elbi KL., 2006. Heat waves and public health in Europe. *European Journal of Public Health*, 2006, Vol , No 6: 592-599
- Kredba V., et. al., 1970. Infekční nemoci, Praha 1970, Avicenum
- Kyselý J, Kríz B., 2008. Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response? *Int J Biometeorol.* 2008 Nov;52(8):733-45. doi: 10.1007/s00484-008-0166-3. Epub 2008 Jul 9.
- Kyselý J., 2010. Recent severe heat waves in central Europe: how to view them in a long-term prospect? *Int. J. Climatol.* 30: 89 – 109 (2010) Published online 23 February 2009 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com)
- Kyselý J., Huth R., 2004. Možnosti konstrukce budoucích scénářů úmrtnosti související se stresem z horka v ČR a jejich omezení in Rožnovský et al.: Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, 11. března 2004, ISBN 80866 90 – 12 – 1
- Lafortezza, R., Davies, C., Sanesi, G., Konijnendijk, C.C.C. 2013, Green infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions, *J. Biogeosci. For.*, 6, pp. 102–108
- Larsen, P., et al., 2008. Estimating Future Costs for Alaska Public Infrastructure at Risk from Climate Change. Institute for Social and Economic Research.
- Leckebusch, G.C., Ulbrich, U., Frohlich, L., Pinto, J.G., 2007. Property loss potentials for European midlatitude storms in a changing climate. *Geophysical Research Letters*, 34(5): L05703.
- Lee T.H., 2013. Influence analysis of community resident support for sustainable tourism development, 2013, *Tourism Management*, Vol. 34, pp. 37–46.
- Legrand, J. P., 1978. Fluctuations météorologiques, vendanges et activité solaire. *La meteorologie*, 9: 73–91.
- Linderholm, H. W., Walther, A., Chen, D. L., 2008. Twentieth-century trends in the thermal growing season in the Greater Baltic Area. *Climatic Change*, 87: 405–419.
- Lise, W., & van der Laan, J., 2015. Investment needs for climate change adaptation measures of electricity power plants in the EU. *Energy for Sustainable Development*, 28, 10–20.
- Lobell, D. B., Field, C. B., 2007. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters* 2, 014002. doi: 10.1088/1748–9326/2/1/014002.

- Luber G, McGeehin M., 2008. Climate Change and Extreme Heat Events. *Am J Prev Med* 2008;35(5):429–435
- MAG Consulting, 2013. Tiskové zprávy. Povodně budou mít vliv i na cestovní ruch. Dostupné z <http://www.magconsulting.cz/povodne-budou-mit-vliv-cestovni-ruch/>.
- Malý, V., Slavíková, L., Rost, M., Petružela, L., Vojáček, O., Kavan, J., 2009. Analýza vlivu teploty a srážek na poptávku po pitné vodě. Dostupné online na: http://www.ieep.cz/download/projekty/www_sek/wp2010_2.pdf (čerpáno 16.9.2015).
- Martin-Ortega, Julia, 2011. Cost of adaptation to climate change impacts on fresh-water systems: existing estimates and research gaps. *Economia Agraria y Recursos Naturales*, vol. 11, p.5-28.
- McCarl, B.A., 2007. Adaptation Options for Agriculture, Forestry and Fisheries. A Report to the UNFCCC Secretariat Financial and Technical Support Division.
- McMichael, D.H., C.F. Campbell-Lendrum, K. Corvalan, L. Ebi, A. Githeki, J.D.Scheraga, and A. Woodward, 2003. Climate Change and Human Health: Risks And Responses. WMO, Geneva, Switzerland.
- McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N., 2014. Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services*, 1–5.
- Medellin-Azuara, J., Harou, J.J., Olivares, M.A., Madani. K., Lund, J.R., Howitt, R.E., Tank, S.K., Jenkins, M.W. and Zhu, T., 2008. Adaptability and adaptations of California's water supply system to dry climate warming. *Climatic Change*, 87: 75-90.
- Metroeconomica et al (2006) Climate change impacts and adaptation: Crossregional research programme to quantify the cost of future impacts. Dostupné online na: <http://sciencesearch.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=13231> (čerpáno 16.9.2015).
- Metzger, M. J., Bunce, R. G. H., Jongman, R. H. G., Múcher, C. A., Watkins, J. W., 2005. A climatic stratification of Europe. *Global Ecol. Biogeogr.*, 14: 549–563.
- Mima, S., Criqui, P., & Watkiss, P., 2011. The Impacts and Economic Costs of Climate Change on Energy in Europe. Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project. The ClimateCost Project. Final Report. Volume 1: Europe, 27pp.
- Ministerstvo dopravy (2015). Ročenka dopravy 2014. Ministerstvo dopravy České republiky.
- MMR (Ministerstvo pro místní rozvoj), 2015. Podpora regionů a cestovní ruch. Cestovní ruch. Statistiky a analýzy. Dostupné z <http://www.mmr.cz/cs/Podpora-regionu-a-cestovni-ruch/Cestovni-ruch/Statistiky-Analyzy>.
- Moisselin, J. M., Schneider, M., Canellas, C., Mestre, O., 2002. Les changements climatiques en France au XX^e siècle : étude des longues séries homogénéisées de température et de précipitations. *Météorol.*, 38: 45–56.
- Montaveza et al., 2008. Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment – Feasibility Study
- Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmqvist, T., et al., 2009. Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current Opinion on Environmental Sustainability* 1: 46-54.
- MPO (Ministerstvo průmyslu a obchodu), 2014. Národní akční plan energetické úspory. Dostupné z <http://www.mpo.cz/dokument150542.html>
- MPO (Ministerstvo průmyslu a obchodu), 2014a. Státní energetická koncepce. Praha.
- MPO (Ministerstvo průmyslu a obchodu), 2014b. Národní akční plán energetické účinnosti ČR. Dostupné z <http://www.mpo.cz/dokument150542.html>
- MPO (Ministerstvo průmyslu a obchodu), 2014c. Energetický report, Elektřina 2014. Dostupné z <http://www.mpo.cz/dokument160779.html>
- MPSV (Ministerstvo práce a sociálních věcí), 2013. <http://www.mpsv.cz/cs/>
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J., Rivington, M., 2013. Climate change and ecosystem-based adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion on Environmental Sustainability* 5: 67-71.
- MunichRE, 2015a. Loss events worldwide 2014. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risk Research, NatCatSERVICE, 2 p.
- MunichRE, 2015b. 1980-2014 loss events worldwide. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risk Research, NatCatSERVICE, 10 p.

- Muttarak, L., Lutz, W., 2014. Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and hence Unavoidable Climate Change? Ecology and Society, 19(1): 42.
- MVČR (Ministerstvo vnitra České republiky), 2013. Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030. Praha. Dostupné z http://www.vlada.cz/assets/ppov/brs/dokumenty/Koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030_1_.pdf
- MVČR GŘ HZS (Ministerstvo vnitra, generální ředitelství hasičského záchranného sboru České republiky), 2015a. Chování občana při mimořádné události. Dostupné z <http://www.hzscr.cz/clanek/chovani-obcana-pri-mimoradne-udalosti.aspx>
- MVČR GŘ HZS (Ministerstvo vnitra, generální ředitelství hasičského záchranného sboru České republiky), 2015b. Statistická ročenka hasičského záchranného sboru 2014. Praha. Dostupné z <http://www.hzscr.cz/soubor/rocenka2014-pdf.aspx>
- MVČR GŘ HZS (Ministerstvo vnitra, generální ředitelství hasičského záchranného sboru České republiky), (2015c). Vyhlášené krizové stavy. Dostupné, z <http://www.hzscr.cz/clanek/web-krizove-rizeni-a-cnp-krizove-stavy-krizove-stavy.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- MZe (Ministerstvo zemědělství), 2001b. Zpráva o stavu zemědělství v ČR za rok 2000. Ministerstvo zemědělství České republiky.
- MZe (Ministerstvo zemědělství), 2010. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací České republiky. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/plany-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci/prvku-cr/plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-ceske.html>
- MZe (Ministerstvo zemědělství), 2014. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v roce 2013. Ministerstvo zemědělství České republiky. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/337394/Zprava_o_stavu_lesa_2013.pdf
- MZe (Ministerstvo zemědělství), 2014a. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2013. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/vyrocní-a-hodnotící-zpravy/zpravy-o-stavu-vodního-hospodářství/zprava-o-stavu-vodního-hospodářství.html>
- MZe (Ministerstvo zemědělství), MŽP (Ministerstvo životního prostředí), 2015. Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/legislativa/dalsi-metodicke-pomucky/zakon-o-vodach/priprava-realizace.html>
- MŽP (Ministerstvo životního prostředí), 2011. Předběžné vyhodnocení povodňových rizik v České republice 2011, Implementace Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik. Praha 2011, 31 s.
- MŽP (Ministerstvo životního prostředí), 2011a. Zpráva o naplňování cíle 2010 v ochraně biodiverzity v ČR. Dostupné z [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/DCDC245D147DC3ACC125780E0049429C/\\$file/OVV-Zprava_naplnovani_cile-20101220.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/DCDC245D147DC3ACC125780E0049429C/$file/OVV-Zprava_naplnovani_cile-20101220.pdf)
- MŽP (Ministerstvo životního prostředí), ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav), 2015. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (nepublikovaná verze)*. Praha.
- Naumann, S., Anzaldúa, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A., Gerdes, H., Sanders, M., 2011. Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. Final report to the European Commission, DG Environment, Contract no. 70307/2010/580412/SER/B2, Ecologic institute and Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment.
- Němec, J., 2001. Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. *Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky Praha*. ISBN: 80-85898-90-X.
- Niestena E., Alkemade F., 2015, How is value created and captured in smart grids? A review of the literature and an analysis of pilot projects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 53, pp. 629–638.
- NINA (Norsk Institute for naturforskning), 2010. The Norwegian Nature Index. Dostupné z <http://www.nina.no/english/Environmental-monitoring/The-Norwegian-Nature-Index>.
- NMI (Norwegian Meteorological Institute), 2013. Extreme Weather Events in Europe: preparing for climate change adaptation. ISBN 978-82-7144-101-2. Dostupné z

- http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Extreme_Weather/Extreme_Weather_full_version_EASAC-EWWG_final_low_resolution_Oct_2013f.pdf
- Novotný, R., Hůnová, I., Skořepová, I., Zapletal, M., Seidl, V., Buriánek, V., Corbet, L., Fadrhonsová, Hellebrandová, K., Chroust, P., V. Češka, P., Buriánek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L., Neudertová Hellebrandová, Kurfürst, P., Lachmanová, Z., Ostatnická, J., Schovánková, J., Schreiberová, M., Šrámek, V., Vlček, O., 2014. Stav lesních půd jako určující faktor vývoje zdravotního stavu, biodiverzity a naplňování produkčních a mimoprodukčních funkcí lesů. *Projekt NAZV Q112A168*. VÚLHM Praha.
- Oberstein, I., Cach, J., 2001. Názvosloví urbanismu a územního plánování. Praha: FA ČVUT - výzkumný úkol MSM 210000026 „Proměny urbanismu“
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 2013. Report of the Workshop on NATECH Risk Management, OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Chemical Accidents No. 25, ENV/JM/MONO.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development), 2008a. Cost of Inaction on Key Environmental Challenges. OECD Publishing, Paříž.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development), 2008b. Economic Aspects of Adaptation Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments. OECD Publishing, Paříž.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development), 2010. Climate Change and Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation. OECD Publishing, Paříž.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development), 2015. Climate Change Risks and Adaptation. OECD Publishing, Paříž.
- Oke, T. R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*
- Oke, T. R., 1981. Canyon geometry and the nocturnal heat island: comparisons of scale model and field observations. *Journal of Climatology*
- Oke, T. R., 1982. The energetic basis of the urban heat island
- Oke, T. R., 1987. Boundary Layer Climates
- Oke, T. R., 1997. Urban climates and global environmental change. In: Thompson, R. D., Perry, A., eds.: *Applied Climatology Principles & Practices*. Routledge, London, New York
- Olesen, J. E., Bindi, M., 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16: 239–262.
- Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Peltonen-Sainio, P., Skejvåg, A. O., Rossi, F., Kozyra, J., Seguin, B., Micale, F., 2008. Risk assessment and foreseen impacts on agriculture, s. 279–339 In: NEJEDLÍK, P., ORLANDINI, S. (eds.) *Survey Of Agrometeorological Practices and Applications In Europe Regarding Climate Change Impacts*, COST – ESF, Brussels, 339p.
- Osberghaus, D., & Reif, C., 2010. Total costs and budgetary effects of adaptation to climate change: an assessment for the European Union (No. 3143). CESifo working paper Energy and Climate Economics.
- Oxfam (2007), Adapting to climate change. What's needed in poor countries, and who should pay, pp. 47. dostupné online na: <https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/adapting%20to%20climate%20change.pdf>, (čerpáno 9.9.2015).
- Paerl, H. W., & Paul, V. J., 2012. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water research*, 46(5), 1349–1363.
- Parry, M., Arnell, N., Berry P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T.(2009) *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*, International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change.
- Pásková, M., Zelenka, J., 2002. Výkladový slovník cestovního ruchu. Praha, Ministerstvo pro místní rozvoj, 448 s. ISBN 80-239-0152-4
- Penga, L., Jim, C., 2015. Economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: The case of Hong Kong, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 14, Issue 3, p. 554–561.
- PESETA II, 2014. Climate Impacts in Europe. The JRC PESETA II Project. Publications Office of the European Union in Luxembourg.

- Peterson, 2003. Assessment of urban Versus Rural In situ Surface temperatures in the Contiguous United States
- Petry B., 2002. "Coping with floods: complementarity of structural and non-structural measure". In: Wu B. et al., Flood Defence 2002, ed. Science Press, New York Ltd., ISBN 1-880132-54-0.
- Piao, S. L., Friedlingstein, P., Ciais, P., Viovy, N., Demarty, J., 2007. Growing season extension and its impact on terrestrial carbon cycle in the Northern Hemisphere over the past 2 decades, *Global biochemical cycles* 21: GB3018
- Posh, M., Smet, P. A. M. de, Hettelingh, J. P., Downing, R. J. (eds.), 1999. Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe - Status Report 1999, RIVM Report No. 259101009, Coordination Centre for Effects, National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, The Netherlands.
- Posch, M., Hettelingh, J.-P., Slootweg, J. and Downing, R.J., (eds.). 2003. Modelling and Mapping of Critical Thresholds in Europe. CCE Status Report 2003, ICP M&M Coordination Center for Effects, RIVM Report No. 259101013, Bilthoven.
- Prabhakar, S.V.R.K., Srinivasan, A., Shaw, R., 2008. Climate change and local level disaster risk reduction planning: need, opportunities and challenges. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14: 7-33.
- Pracovní skupina Komise EU. 2009. Společná implementační strategie pro rámcovou směrnici o vodách (2000/60/EC) – stav k 11 2009
- Pretel, J., Metelka, L., Novický, O., Daňhelka, J., Rožnovský, J., Janouš, D., others. (2011). *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. TECHNICKÉ SHRNUÍ VÝSLEDKŮ PROJEKTU VaV SP/1a6/108/07 v letech 2007–2011.* Praha: ČHMÚ. Dostupné z http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKE_SHRNUTI_2011.pdf
- Rajmis, S., Barkmann, J., Marggraf, R., 2009. User community preferences for climate change mitigation and adaptation measures around Hainich National Park, Germany. *Climate Research* 40: 61-73.
- Ray, D., Morison, J., Broadmeadow, M., 2010, Climate change: impacts and adaptation in England's woodlands, available at: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN201.pdf/\\$FILE/FCRN201.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN201.pdf/$FILE/FCRN201.pdf) (čerpáno 20.8.2015).
- Reilly, J. Schimmelpfennig, D., 1999. Agricultural impact assessment, vulnerability, and the scope for adaptation. *Clim. Change*, 43: 745–788
- Reilly, J., J. Graham and J. Hrubovcak, 2001. Agriculture: The Potential Consequences of Climate Variability and Change for the United States, Cambridge University Press.
- Reyer, C., Lasch-Born, P., Suckow, F., Gutsch, M., Murawski, A., Pilz, T., 2014. Projections of regional changes in forest net primary productivity for different tree species in Europe driven by climate change and carbon dioxide. *Annals of Forest Science*, vol. 71, p.211-225.
- Rixen, C., Teich, M., Lardelli, C., Gallati, D., Pohl, M., Pütz, M. and Bebi, P., 2011. Winter tourism and climate change in the Alps: An assessment of resource consumption, snow reliability, and future snowmaking potential. *Mountain Research and Development* 31(3), 229–236. doi:10.1659/MRDJOURNAL-D-10-00112.1.
- Rojas, R., Feyen, L., Watkiss, P., 2013. Climate change and river floods in the European Union: Socio-economic consequences and the costs and benefits of adaptation. *Global Environmental Change*, vol. 23, p.1737-1751.
- Rosenthal, D.H., Gruenspecht, H. K., Moran, E., 1995. Effects of Global Warming on Energy Use for Space Heating and Cooling in the United States, *The Energy Journal*, vol. 16(2), p. 77-96.
- Rossi, F., Bonamente, E., Nicolini, A., Anderini, E., Cotana, F. (2015), A carbon footprint and energy consumption assessment methodology for UHI-affected lighting systems in built areas, *Energy and Buildings*, Article in Press.
- Rossi, F., Bonamente, E., Nicolini, A., Anderini, E., Cotana, F., 2015. A carbon footprint and energy consumption assessment methodology for UHI-affected lighting systems in built areas, *Energy and Buildings*, Article in Press.

- Runhaar, H., Mees, H., Wardekker, A., van der Sluijs, J., Driessen, P., 2012. Adaptation to climate change-related risks in Dutch urban areas: stimuli and barriers, *Reg Environ Change*, vol. 12(4), p. 777-79.
- Sailor, D. J., Lu, L., 2004. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. *Atmospheric Environment*
- Salcedo Rahola, B., van Oppen, P., Mulder, K., 2009. Heat in the city. An inventory of knowledge and knowledge deficiencies regarding heat stress in Dutch cities and options for its mitigation. Report commissioned by the national research programme climate changes spatial planning. Delft University of Technology, Delft.
- Sathaye, J., Dale, L., Larsen, P., Fitts, G., Lewis, S., Koy, K., Lucena, A., 2013. Estimating impacts of warming temperatures on California's electricity system, *Global Environmental Change*
- Sauerborn, R., Ebi, K., 2012. Climate change and natural disasters - integrating science and practice to protect health. *Global Health Action*, 5: 1-7.
- SCCV (Swedish Commission on Climate and Vulnerability), 2007. Sweden facing climate change – threats and opportunities. Final report from the Swedish Commission on Climate and Vulnerability. Stockholm, Sweden.
- Semenza JC, Menne B., 2009. Climate Change and Infectious Diseases in Europe. *Lancet ID*. 2009;9:365-75
- SHMÚ (Slovenský hydrometeorologický ústav), 2011. Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektorech. Dostupné z <http://www.shmu.sk/File/projekty/Zaverecna%20Sprava%20projektu%20Klim.%20zmena%20a%20Adaptacie%202012.pdf>
- Schultze, R., 2006. Einfluss der Klimaveränderung auf die phänologische Entwicklung der Rebe sowie die Säurestruktur der Trauben, Klimawandel und Klimafolgen in Hessen, 16. 5. 2006. Dostupné z <http://www.hlug.de/klimawandel/inklim/dokumente/fachtagung/schultz.pdf>
- Schwartz J, Samet JM, Patz JA., 2004. Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity, *Epidemiology*. 12/2004; 15(6):755-61
- Schwartz Jr., H.G., 2010. Adaptation to the Impacts of Climate Change on Transportation. *The Bridge*, vol.40, p.5-13.
- Skořepová, I., 2005. Modelování kritických zátěží pomocí VSD. In: Zapletal, M., Chroust, P., Sánka, M., Seják, J., Skořepová, I., Fottová, D., Pačes, T., Kazmarová, H., Kratěnová, J., Žejglicová, K., Kotlík, B., Čupr, P., Holoubek, I., Fara, M., P., Budská, E., Šrámek, V. Fabiánek, P.: Zjišťování účinnosti opatření na omezení znečištění ovzduší na základě snížení negativních účinků polutantů na složky životního prostředí a lidské zdraví. *Projekt MŽP ČR VaV 740/1/02*. Ekotoxa Opava.
- Skořepová, I., 2007. Diskuse hodnocení kritických zátěží nutričního dusíku s předpokládanými změnami klimatu. In: Seják, J., Cudlín, P., Černý, K., Petříček, V., Pokorný, J., Skořepová, I., Šindlar, N., Vacek, V., Zapletal, M., Prokopová, M., Burešová, R.: Objasnění dlouhodobých interakcí mezi ekosystémy ČR a jejich vnějším prostředím v podmínkách globálních změn. *Projekt MŽP SP/2d3/99/07*. UJEP Ústí nad Labem.
- Skořepová, I., Fottová, D., 2004. Kritické zátěže na území České republiky, Zpráva o řešení projektu VaV 740/1/02 Zjišťování účinnosti opatření na omezování znečištění ovzduší na základě snížení negativních účinků polutantů na složky ŽP a lidské zdraví. ČEÚ, ČGS, Praha.
- Soukalová, E., Muzikář, R. 2015. Hydrologické sucho v podzemních vodách. VTEI. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. Publikováno 25. 8. 2015. ISSN 1805-6555. Dostupné z <http://www.vtei.cz/2015/08/hydrologicke-sucho-v-podzemnich-vodach/>
- Steenneveld et al., 2011. Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands
- Stern, N. (2006), *The Economics of Climate Change – The Stern Review*. Cambridge University Press ISBN: 780521700801, 712 p.
- Stock, M., Gerstengarbe, F. W., Kartschall, T., Werner, P. C., 2005. Reliability of Climate Change Impact Assessments for Viticulture. *Acta Horticulture*, 689: 29–40.

- Střeštík, J., 2002. Srážková bilance a průtoky vody ve Vltavě za dvě století. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2.–4. září 2002, ISBN 80-85813-99-8, str. 412–419.
- Stuczynski, T., et al., 2000., Adaptation Scenarios of Agriculture in Poland to Future Climate Changes, Environmental Monitoring and Assessment 61(1), pp. 133-144.
- Susorova I., 2015, Green facades and living walls: vertical vegetation as a construction material to reduce building cooling loads, Eco-Efficient Materials for Mitigating Building Cooling Needs, Design, Properties and Applications, pp. 127–153
- Svensson, M. K., 2004. Sky view factor analysis implications for urban air temperature differences. Meteorological Applications
- SZIF (Státní zemědělský intervenční fond), 2014. Zpráva o trhu obilovin, olejnin a krmiv – listopad 2014. Státní zemědělský intervenční fond, dostupné online na: http://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy_o_trhu%2F05%2F1420804549273.pdf (čerpáno 9.9.2015).
- SZÚ (Státní zdravotní ústav), 2015. www.szu.cz
- Štěpánek, P., Skalák, P., Farda, A., Zahradníček, P., 2012. Climate change in the area of the Czech Republic according to various model simulations. In: Kožnarová, V., Sulovská, S., Hájková, L., eds.: Proceedings of BIOCLIMATE 2012 — Bioclimatology of Ecosystems. Ústí nad Labem 29–31 August 2012, 122–124.
- Taleb, N., N. 2007. The black swan: the impact of the highly improbable (1. vyd.). London: Penguin.
- Tan, G. and R. Shibasaki, 2003. Global Estimation of Crop Productivity and the Impacts of Global Warming by GIS and EPIC Integration. Ecological Modelling 168(3), pp. 357-370.
- Taylor, K.E., R.J. Stouffer, G.A. Meehl, 2012. An Overview of CMIP5 and the experiment design." *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 485-498.
- Tebaldi, C., Knutti, R., 2007. The use of the multi-model ensemble in probabilistic climate projections. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 365, 2053-2075.
- Ten Brink, P., Chiabai, A., Rayment, M., Braeuer, I., Peralta Bezerra, N., Kettunen, M., Braat, L., 2008: The cost of policy incation – in monetary terms. Brussels: European Commission, DG Environment.
- Thieken, A.H., Kreibich, H., Muller, M., Merz, B., 2007. Coping with floods: preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002. *Hydrological Sciences Journal*, 52(5): 1016-1037.
- TNC, 2009. Adapting to Climate Change: Ecosystem-based Approaches for People and Nature, The Nature Conservancy.
- Tol, R.S.J., 2002. Estimates of the Damage Costs of Climate Change. Environmental and Resource Economics, vol. 21, p.47-73.
- Tolasz, R et al. 2007. Atlas podnebí Česka. ČHMÚ. Praha. 256 s. ISBN 978-80-86690-26-1.
- Trnka, M. et al., 2015. General vodního hospodářství krajiny České republiky, Etapa I., Kapitoly 1,2&3, 97 S.
- Trnka, M., Brázdil, R., Možný, M., Štěpánek, P., Dobrovolný, P., Zahradníček, P., Balek, J., Semerádová, D., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Eitzinger, J., Wardlow, B., Svoboda, M., Hayes, M., Žalud, Z., 2014a. Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology*
- Trnka, M., Dubrovský, M., Svoboda, M., Semerádová, D., Hayes, M., Žalud, Z., Wilhite, D., 2009. Developing a Regional Drought Climatology for the Czech Republic. *International Journal of Climatology*. sv.10.1002joc, č. 1745: 1–21.
- Trnka, M., Hlavinka, P., Semerádová, D., Dubrovský, M., Žalud, Z., Možný, M., 2007: Agricultural drought and spring barley yields in the Czech Republic. *Plant, Soil and Environment* sv. 53, č. 7: 306–316
- Trnka, M., Rotter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K.-C., Olesen, J. E., Žalud, Z., Semenov, M. A., 2014. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change* 4, 7, 637-643
- UBA (Umweltbundesamt), 2004. Manual on Methodologies and Criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollutions effects, risks and trends. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Texte 52/04, Berlin.

- ÚHUL, ČGS, 2009. Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), 1999. Preliminary Draft Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone. EB.AIR/WG.5/1999/11. UNECE.
- UNFCCC (2007), Investment and financial flows relevant to the development of an effective and appropriate international response to Climate Change, pp. 273.
- UNFCCC (2009), Potential costs and benefits of adaptation options: A review of existing literature. Technical paper, FCCC/TP/2009/2, pp.80.
- Unger, J., 2004. Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach. *Climate Research*
- Unger, J., 2006. Modelling of the Annual Mean Maximum Urban Heat Island Using 2D and 3D Surface Parametres. *Climate Research*
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2005. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 22 p.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2015. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 35 p.
- United Nations, 2010. Indicators on Human Settlements. United Nations Statistics Division
- UNESCO, Global Change in Mountain Regions (GLOCHAMORE), Dostupné z : <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/specific-ecosystems/mountains/glochamore/>
- UNWTO & UNEP, 2008. Responding to Global Challenges Climate Change and Tourism Responding to Global Challenges. Change (pp. 1–269). World Tourism Organization and United Nations Environment Programme.
- ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky), 2015. DPS-k aplikace – dynamické tabulky. <http://www.uzis.cz/cz/dps/index.html>
- Van Ierland et al. (2006), Qualitative assessment of climate change adaptation options and some estimates of adaptation costs. Wageningen, Netherlands: ARK/Routeplanner project, pp. 145.
- Van Mechelen C., Dutoit T., Hermia M., 2015, Adapting green roof irrigation practices for a sustainable future: A review, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 19, pp. 74–90.
- Viner, D., & Agnew, M., 1999. Climate Change and Its Impacts on Tourism, Climatic Research Unit, University of East Anglia.
- Voogt, J. 2002. Urban Heat Island. In Muun, T (ed.) *Encyklopedia of Global Environmental Change*. Vol.3
- Vystoupil J. et al., 2006. Atlas cestovního ruchu ČR. ESF MU, Brno, MMR, Praha, 2006. 156 s.
- Vystoupil, J. Šauer, M. Holešinská, A. Metelková, P., 2005. *Geografie cestovního ruchu*. Brno: ESF.
- Waligoa V., Clarke J., Hawkins R., 2015, Embedding stakeholders in sustainable tourism strategies, *Annals of Tourism Research*, Vol. 55, pp. 90–93.
- Wamsler C., Luederitz C., Brinka E., 2014, Local levers for change: Mainstreaming ecosystem-based adaptation into municipal planning to foster sustainability transitions, *Global Environmental Change*, Vol. 29, pp. 189–201.
- Watkiss, P., Horrocks, L., Pye, S., Searl, A., & Hunt, A., 2009. Impacts of climate change in human health in Europe. PESETA-Human health study (pp. 1–60).
- Watmough, S.A., Dillon, P.J., 2004. Major element fluxes from a coniferous catchment in central Ontario, 1983–1999. *Biogeochemistry* 67, 369–398.
- Watson, J. E. M., Rao, A.-L. Kang, et al., 2012: Climate change adaptation planning for biodiversity conservation: A review. *Adv. Clim. Change Res.*, 3(1).
- Whetton, P. H., Haylock, M. R., Galloway, R., 1996, Climate change and snow-cover duration in the Australian Alps, *Climatic Change*, 32(4): 447–479.
- WHO (World Health Organization), 1946. Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19–22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948

- WHO (World Health Organization), 2009. Protecting health from climate change: connecting science, policy and people ISBN 978 92 4 159888 0
- WHO (World Health Organization), 2012. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/floods-and-health/assessment-2>
- WHO Regional Office for Europe, 2008, Improving Public Health Responses to Extreme Weather/Heat-waves - EuroHEAT. Technical Summary. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. Development and Grantham Institute for Climate Change, London.
- Wilby, R.L., 2008. Constructing climate change scenarios of urban heat island intensity and air quality
- Willson TE, Crandall GG., 2011. Effect of Thermal Stress on Cardiac Function. *Exerc Sport Sci Rev* 2011 Jan 39:12-17
- World Bank (2009), The costs to developing countries of adapting to climate change. Global report of the 'Economics of Adaptation to Climate Change'. The World Bank, , Washington, DC. Pp. 101.
- World Travel & Tourism Council, 2014, Travel & Tourism Economic Impact 2014 Czech Republic, London, United Kingdom, available at: http://www.wttc.org/-/media/files/reports/economic%20impact%20research/country%20reports/czech_republic2014.pdf (čerpáno 1.9.2015).
- Wu, L., Cai, W., Zhang, L., Nakamura, H., Timmermann, A., Joyce, T., McPhaden, M. J., Alexander, M., Qiu, B., Visbeck, M., Chang, P., Giese, B., 2012. Enhanced warming over the global subtropical western boundary current. *Nature Clim. Change* 2, 161 – 166 (2012), doi: 10.1038/nclimate1353, dostupné z <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n3/full/nclimate1353.html>
- Yuminoa S., Uchidaa T., Sasakib K., Kobayashia H., Mochidaa A., 2015, Total assessment for various environmentally conscious techniques from three perspectives: Mitigation of global warming, mitigation of UHIs, and adaptation to urban warming, Sustainable Cities and Society, In Press, Corrected Proof.
- Zahradníček, P., Trnka, M., Brázdil, R., Možný, M., Štěpánek, P., Hlavinka, P., Žalud, Z., Malý, A., Semerádová, D., Dobrovolný, P., Dubrovský, M., Řezníčková, L., 2015. The extreme drought episode of August 2011–May 2012 in the Czech Republic, *International Journal of Climatology*, 35, 11, pp. 3335-3352
- Zamuda, C., Mignon, B., Biello, D., & Hallett, K., 2013. U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extrem Weather, U.S . Department of Energy.
- Zapletal, M., Pretel, J., Chroust, P., Cudlín, P., Edwards-Jonášová, M., Urban, O., Pokorný, R., Czerný, R., Hůnová, I., 2012. The influence of climate change on stomatal ozone flux to a mountain Norway spruce forest. *Environmental Pollution* 169 (2012) 267-273.
- Žalud, Z. (ed)., 2009. Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace, *Folia Universitas Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*, Brno, 155 pp.

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Dlouhodobé měsíční a roční průměry teploty vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích.....	16
Tabulka 2 Změny sezónních průměrů teplot pro scénářová období	17
Tabulka 3 Průměrné počty dní s mezními teplotami v jednotlivých obdobích	18
Tabulka 4 Dlouhodobé měsíční a roční srážkové úhrny (mm) v referenčním a ve scénářových obdobích	20
Tabulka 5 Změna dlouhodobých sezónních srážkových úhrnů ve scénářových obdobích.....	20
Tabulka 6 Dlouhodobé měsíční a roční průměry relativní vlhkosti vzduchu (%) v referenčním a ve scénářových obdobích	24
Tabulka 7 Změna sezónních průměrných relativních vlhkostí vzduchu ve scénářových obdobích	24
Tabulka 8 Změny globálního záření mezi scénářovými a referenčním obdobím 1961 - 1990	25
Tabulka 9 Hlavní projevy predikovaných scénářů změny klimatu – souhrn	27
Tabulka 10 Změna průměrné teploty vzduchu (°C) predikovaná pro období 2021-2050 a 2071-2100	31
Tabulka 11 Přehled nahodilých těžeb podle příčin (mil. m ³ /rok).....	39
Tabulka 12 Lesní požáry – základní statistiky	40
Tabulka 13 PLO nesplňující ekologickou valenci pro smrk ve scénářových obdobích	45
Tabulka 14 Lesní hospodářství – souhrnná „what if“ analýza	53
Tabulka 15 Lesní hospodářství – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie.....	54
Tabulka 16 Škála pro posouzení agroklimatických limitů pro jednotlivé environmentální zóny	57
Tabulka 17 Popis základních kritérií pro definici půdně klimatického vlhkostního režimu	74
Tabulka 18 Přehled GCM modelů použitých pro přípravu scénářů změny klimatu v této studii	78
Tabulka 19 Průměrný počet dní s denní maximální teplotou > 30°C v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.	79
Tabulka 20 Efektivní délka vegetačního období v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.	82
Tabulka 21 Průměrný počet dní s nedostatkem vláhy vyvolávajícím stres suchem (v povrchové vrstvě 0-40 cm) v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.	83
Tabulka 22 Zemědělství – souhrnná „what if“ analýza	85
Tabulka 23 Zemědělství – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie	88
Tabulka 24 Změny průměrné sezónní teploty v krátkodobém a střednědobém horizontu v porovnání s referenčním obdobím 1961 – 1990 podle simulace regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ pro scénář A1B.....	91
Tabulka 25 Dlouhodobé měsíční a roční úhrny potenciální evapotranspirace travního porostu [mm] v referenčním a ve scénářových obdobích	91
Tabulka 26 Změny průměrných srážek v krátkodobém a střednědobém horizontu v porovnání s referenčním obdobím 1961 – 1990 podle simulace regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ pro scénář A1B.....	92
Tabulka 27 Průměrné změny srážek (%) pro ČR v souboru klimatických modelů projektu ENSEMBLES	93
Tabulka 28 Změny základních složek hydrologické bilance [mm/rok] podle souboru klimatických modelů pro jednotlivé oblasti povodí pro časový horizont 2085	95
Tabulka 29 Vodní hospodářství – souhrnná „what if“ analýza.....	107
Tabulka 30 Vodní hospodářství – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie.....	109
Tabulka 31 Rozdělení fenoménů dle jejich použití (biotopy)	115

Tabulka 32 Rozdělení fenoménů dle jejich použití (druhy).....	116
Tabulka 33 Biodiverzita – souhrnná „what if“ analýza	131
Tabulka 34 Zdraví a hygiena – souhrnná „what if“ analýza	148
Tabulka 35 Srovnávací tabulka zdravotních rizik klimatických změn a návrh opatření pro Adaptační strategii.....	149
Tabulka 36 Intenzita městského ostrova ve městech nad 75 tis. obyvatel.....	159
Tabulka 37 Ohrožení měst nad 75 tis. obyvatel při působení klimatických změn a MTO (výpočet)	162
Tabulka 38 Urbanizovaná krajina – souhrnná „what if“ analýza	163
Tabulka 39 Urbanizovaná krajina – analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	165
Tabulka 40 Tabulka rizik – přírodní potenciál cestovního ruchu.....	168
Tabulka 41 Tabulka rizik – kulturně-historický potenciál cestovního ruchu	169
Tabulka 42 Tabulka rizik – základní a doprovodná infrastruktura cestovního ruchu.....	169
Tabulka 43 Rizika dle typologie cestovního ruchu.....	171
Tabulka 44 Předpokládaný časový trend indikátorů na území ČR.....	174
Tabulka 45 Identifikace nejzranitelnějších regionů a regionálně nejzávažnějších dopadů	174
Tabulka 46 Cestovní ruch – souhrnná „what if“ analýza.....	176
Tabulka 47 Cestovní ruch - urbanizovaná krajina – analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie	177
Tabulka 48 Rizika změny klimatu na český průmysl a energetiku	183
Tabulka 49 Zásahy u živelných pohrom (počet/rok).....	189
Tabulka 50 Vyhlášené krizové stavy od roku 2002 po současnost	189
Tabulka 51 Průmysl a energetika – souhrnná „what if“ analýza	192
Tabulka 52 Průmysl a energetika – analýza navržených adaptačních opatření dle návrhu Adaptační strategie.....	194
Tabulka 53 Doprava – souhrnná „what if“ analýza	203
Tabulka 54 Srovnání identifikovaných rizik s návrhy adaptačních opatření	205
Tabulka 55 Mimořádné události – souhrnná „what if“ analýza	216
Tabulka 56 Mimořádné události a ochrana obyvatelstva a životního prostředí – analýza navržených adaptačních opatření dle Adaptační strategie na změnu klimatu.....	218
Tabulka 57 Matice vazeb projevů změny klimatu a prioritních oblastí	221
Tabulka 58 Indikátory změny klimatu, jejich vazba k prioritním oblastem	222
Tabulka 59 Predikce indikátoru Průměrné roční teploty	223
Tabulka 60 Predikce indikátoru Průměrné letní teploty	224
Tabulka 61 Predikce indikátoru Průměrné zimní teploty	225
Tabulka 62 Průměrné počty tropických dní v jednotlivých obdobích.....	226
Tabulka 63 Průměrné počty vln veder v jednotlivých obdobích	227
Tabulka 64 Průměrné počty ledových dnů v jednotlivých obdobích.....	229
Tabulka 65 Průměrný počet dní se sněhem v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5. Hodnoty jsou vyjádřeny jako medián pro území ČR a území ČR do nadmořské výšky 400 m n. m.	231
Tabulka 66 Predikce vývoje indikátoru Počet dní bezesrážkového období.....	233
Tabulka 67 Průměrné letní srážkové úhrny v jednotlivých obdobích	235
Tabulka 68 Průměrné jarní srážkové úhrny v jednotlivých obdobích	236
Tabulka 69 Průměrné podzimní srážkové úhrny v jednotlivých obdobích.....	237
Tabulka 70 Počet dnů se srážkami nad 20 mm v jednotlivých obdobích	238
Tabulka 71 Počet lesních požárů v ČR v období 2005 - 2013	239
Tabulka 72 Indikátory dopadové a jejich příslušnost k prioritním oblastem	240
Tabulka 73 Náklady spojené s adaptací jako podíl HDP pro ČR na základě projekcí do roku 2030	243
Tabulka 74 Mezinárodní odhady ročních nákladů pro adaptace (Světová banka)	243
Tabulka 75 Přehled evropských hodnocení ekonomických dopadů změny klimatu na národní úrovni ...	243
Tabulka 76 Ekonomické dopady ZK na lesní hospodářství.....	248
Tabulka 77 Přehled adaptačních opatření v lesnictví, jejich nákladnost a efektivita	250
Tabulka 78 Ekonomické dopady ZK na zemědělství	252

Tabulka 79 Přehled adaptačních opatření v zemědělství, jejich nákladnost a efektivita	254
Tabulka 80 Ekonomické dopady ZK na vodní režim a hospodářství	257
Tabulka 81 Přehled adaptačních opatření ve vodním hospodářství, jejich nákladnost a efektivita	258
Tabulka 82 Ekonomické dopady ZK na biodiverzitu a ekosystémové služby	261
Tabulka 83 Přehled adaptačních opatření pro biodiverzitu, jejich nákladnost a efektivita	263
Tabulka 84 Ekonomické dopady ZK na zdraví a hygienu	265
Tabulka 85 Přehled adaptačních opatření v oblasti zdraví, jejich nákladnost a efektivita	267
Tabulka 86 Ekonomické dopady ZK na urbanizovanou krajinu	269
Tabulka 87 Přehled adaptačních opatření v oblasti urbanismu, jejich nákladnost a efektivita	271
Tabulka 88 Ekonomické dopady ZK na cestovní ruch	273
Tabulka 89 Přehled adaptačních opatření v oblasti cestovního ruchu, jejich nákladnost a efektivita	275
Tabulka 90 Ekonomické dopady ZK na průmysl a energetiku	276
Tabulka 91 Přehled adaptačních opatření v oblasti průmyslu a energetiky, jejich nákladnost a efektivita	278
Tabulka 92 Ekonomické dopady ZK na dopravu	279
Tabulka 93 Přehled adaptačních opatření v dopravě, jejich nákladnost a efektivita	280
Tabulka 94 ZK a ekonomický tlak na sektor ochrany životů a zdraví obyvatelstva	282
Tabulka 95 Přehled adaptačních opatření k ochraně životů a zdraví obyvatel při mimořádných událostech souvisejících se změnou klimatu, jejich relativní nákladnost a efektivita	284
Tabulka 96 Lesní hospodářství – doporučení pro výběr investičních priorit	287
Tabulka 97 Zemědělství – doporučení pro výběr investičních priorit	288
Tabulka 98 Vodní režim a vodní hospodářství – doporučení pro výběr investičních priorit	289
Tabulka 99 Biodiverzita a ekosystémové služby – doporučení pro výběr investičních priorit	290
Tabulka 100 Zdraví a hygiena – doporučení pro výběr investičních priorit	291
Tabulka 101 Urbanizovaná krajina – doporučení pro výběr investičních priorit	292
Tabulka 102 Cestovní ruch – doporučení pro výběr investičních priorit	293
Tabulka 103 Průmysl a energetika – doporučení pro výběr investičních priorit	294
Tabulka 104 Doprava – doporučení pro výběr investičních priorit	295
Tabulka 105 Mimořádné události – doporučení pro výběr investičních priorit	296
Tabulka 106 OPŽP – Potenciál specifických cílů pro podporu adaptace na rizika změn klimatu	301
Tabulka 107 OPŽP – Možnosti územního zacílení opatření	304
Tabulka 108 OPŽP – Zhodnocení a doporučení podporovaných aktivit z hlediska podpory adaptací na změnu klimatu	304
Tabulka 109 OPŽP – Možnost doplnění hodnotících kritérií	307
Tabulka 110 IROP – Potenciál specifických cílů pro podporu adaptace na rizika změn klimatu	310
Tabulka 111 IROP – Možnosti územního zacílení opatření	312
Tabulka 112 IROP – Zhodnocení a doporučení podporovaných aktivit z hlediska podpory adaptací na změnu klimatu	312
Tabulka 113 IROP – Možnost doplnění hodnotících kritérií	313

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Klíčové zjištěné a projektované projevy a dopady změn klimatu na jednotlivé evropské regiony	10
Obrázek 2 Předpoklad vývoje průměrných ročních, letních a zimních teplot v rámci Evropy do r. 2100 ...	11
Obrázek 3 Předpokládané změny ročních a letních srážek (%) mezi obdobími 1961-1990 a 2071-2100 ..	11
Obrázek 4 Ilustrace klíčových pojmů IPCC SREX	12
Obrázek 5 Průběh průměrných teplot vzduchu (°C) v období 1775 – 2012, Praha-Klementinum	15
Obrázek 6 Predikované průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) na území ČR včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099	16
Obrázek 7 Dlouhodobé měsíční průměry teploty vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích	17
Obrázek 8 Dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích ..	18
Obrázek 9 Průběh ročních úhrnů srážek (mm) v období 1775 - 2012, Praha-Klementinum	19
Obrázek 10 Predikované průměrné roční srážkové úhrny na území ČR (mm) včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099	20
Obrázek 11 Dlouhodobé měsíční srážkové úhrny (mm) v referenčním a ve scénářových obdobích	21
Obrázek 12 Dlouhodobé průměry ročních úhrnů srážek (mm) v referenčním a ve scénářových obdobích	21
Obrázek 13 Dlouhodobé roční průměry počtu dnů bezesrážkového období v jednotlivých vertikálních pásmech v referenčním a ve scénářových obdobích	22
Obrázek 14 Dlouhodobé průměry počtu dnů bezesrážkového období v referenčním a ve scénářových obdobích	23
Obrázek 15 Predikované průměrné roční hodnoty relativní vlhkosti vzduchu (%) na území ČR včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099	24
Obrázek 16 Dlouhodobé roční průměry relativní vlhkosti vzduchu (%) v referenčním a ve scénářových obdobích	25
Obrázek 17 Predikované průměrné roční hodnoty rychlosti větru (m/s) na území ČR včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099	26
Obrázek 18 Dlouhodobé měsíční průměry rychlosti větru (m/s) v referenčním a ve scénářových obdobích	26
Obrázek 19 Výsledky varianty multikriteriální analýzy založené na 6 vstupních parametrech	30
Obrázek 20 Změna ročního úhrnu srážek (%) predikovaná pro období 2021-2050 a 2071-2100	32
Obrázek 21 Vývoj podílu jehličnatých a listnatých porostů na celkové ploše lesů ČR [%], 1970–2013	41
Obrázek 22 Rekonstruovaná přirozená, současná a doporučená skladba lesů v ČR [%], 2013	41
Obrázek 23 Nástup vybraných vývojových fází na lokalitě Lednice na Moravě v letech 1961-2007	43
Obrázek 24 PLO splňující ekologickou valenci smrku v obdobích C-E (bez zahrnutí podrobnosti LVS) ...	46
Obrázek 25 Kritické zátěže nutričního dusíku pro lesní půdy	49
Obrázek 26 Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy do roku 2030	49
Obrázek 27 Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy do roku 2050	50
Obrázek 28 Překročení kritických zátěží nutričního dusíku pro lesní půdy k roku 2100	50
Obrázek 29 Rozdělení území Evropy do environmentálních zón	59
Obrázek 30 Agroklimatické faktory považované respondenty za limitující pro pěstování vybraných plodin pro 13 definovaných zón v rámci Evropy	60
Obrázek 31 Percentuální podíl měsíců s výskytem intenzivní (a horší) suché epizody	62
Obrázek 32 Percentuální podíl měsíců s výskytem suché epizody (intenzivní sucho a horší tj. rZindex < - 2) podle relativního Palmerova Z-indexu v období dubna-září mezi léty 1961-2012	62
Obrázek 33 Počet měsíců ve vegetačním období (duben-září) s negativním/pozitivním trendem Palmerova indexu intenzity sucha (PDSI) a standardizovaného srážkově evapotranspiračního indexu (SPEI) pro 12-měsíců	63
Obrázek 34 a-b) Průměrné relativní nasycení půdy (%) vypočtené jako průměrná hodnota pro celé území ČR v letech 1961 a 2012; c-d) podíl dnů, během nichž vlhkost půdy byla nižší než hodnota 10. percentilu v období duben-červen	64

Obrázek 35 Počátek prvního květu a plného květu meruňky obecné na lokalitě Lednice	65
Obrázek 36 Odhadovaná průměrná délka vegetační sezóny při realizaci emisního scénáře SRES-AS a použití GCM modelu HadCM (4AR)	67
Obrázek 37 Vlevo: Efektivní suma globální radiace (EGR); vpravo: efektivní délka vegetačního období (EDVO) pro referenční klimatické podmínky (1961-1990) a pro horizont roku 2050 (SRES-A2, vysoká citlivost klimatického systému) na základě výsledků GCM modelu HadCM, ECHAM a NCAR	68
Obrázek 38 Hodnoty Huglinova indexu vyznačující oblasti potenciálně vhodné pro pěstování vinné révy (na základě maximálních a průměrných teplot) pro (a) referenční klimatické podmínky (1961-1990) a pro horizont roku 2050 (SRES-A2, vysoká citlivost klimatického systému) na základě výsledků GCM modelů HadCM (b), ECHAM (c) a NCAR (d)	69
Obrázek 39 Schéma základní metodiky analyzující dopady změny klimatu na udržitelnost jednotlivých funkcí (systému) a posouzení možností adaptačních opatření	77
Obrázek 40 Průměrný počet dní s denní maximální teplotou > 30°C v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5.	79
Obrázek 41 Efektivní délka vegetačního období v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5	81
Obrázek 42 Průměrný počet dní s nedostatkem vláhy vyvolávajícím stres suchem (v povrchové vrstvě 0-40 cm) v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5.	83
Obrázek 43 Pozorované změny srážek mezi obdobími 1961–1980 a 1981–2005	91
Obrázek 44 Průměrný měsíční úhrn srážek na území ČR v referenčním období 1961 – 1990 a ve scénářových obdobích 2010 – 2039 a 2040 – 2069	92
Obrázek 45 Odhad změn vybraných složek hydrologické bilance [mm] v Evropě pro časový horizont roku 2085. Polygony ohraničují oblast, v níž leží projektované změny pro všechna uvažovaná povodí ...	93
Obrázek 46 Odhad změn odtoku pro období (a) 2011–2039 a (b) 2070–2099 v ČR dle ensemblu klimatických modelů	94
Obrázek 47: Počet epizod sucha pro scénáře RCP4.5 a RCP8.5. Absolutní počty pro simulace budoucích období 2015 – 2039 a 2040 – 2060	99
Obrázek 48: Změny srážkových extrémů v souboru klimatických modelů pro sezonní a roční maxima trvání 1 až 30 dní; barevně jsou odlišeny změny pro různé doby opakování	100
Obrázek 49 5letá průměrná intenzita srážkové události	101
Obrázek 50 Současný stav vodohospodářské soustavy	102
Obrázek 51 Výhledový stav vodohospodářské soustavy k období 2071-2100	102
Obrázek 52 Nástup vybraných vývojových fází na lokalitě Lednice na Moravě v letech 1961-2007	115
Obrázek 53 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na změnu teploty	118
Obrázek 54 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na změnu teploty	118
Obrázek 55 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na zvýšení frekvence povodní	119
Obrázek 56 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na zvýšení frekvence povodní	119
Obrázek 57 Současné rozšíření biotopů citlivých na zvýšení frekvence povodní	120
Obrázek 58 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na nárůst období sucha	120
Obrázek 59 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na nárůst období sucha	121
Obrázek 60 Současné rozšíření biotopů citlivých na nárůst období sucha	121
Obrázek 61 Současné rozšíření druhů ptáků citlivých na snížení počtu mrazových dní	122
Obrázek 62 Současné rozšíření druhů rostlin citlivých na snížení počtu mrazových dní	122
Obrázek 63 Současné rozšíření biotopů citlivých na snížení počtu mrazových dní	123
Obrázek 64 Současný areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším čtvrtletí v roce ..	124
Obrázek 65 Areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším čtvrtletí v roce při zdvojnásobení koncentrace CO ₂ (2XCO ₂ climate condition)	124
Obrázek 66 Současný areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším měsíci v roce ...	125
Obrázek 67 Areál vhodný pro horské biotopy v závislosti na nejchladnějším měsíci v roce při zdvojnásobení koncentrace CO ₂ (2XCO ₂ climate condition)	125
Obrázek 68 Indikátory Aichi cílů	127

Obrázek 69 Hrubá míra porodnosti podle krajů ČR.....	136
Obrázek 70 Standardizovaná úmrtnost mužů na choroby kardiovaskulárního systému.....	137
Obrázek 71 Standardizovaná úmrtnost žen na choroby kardiovaskulárního systému.....	137
Obrázek 72 Podíl obyvatel ohrožených povodněmi a sesuvy	140
Obrázek 73 Rozšíření hlavních a potenciálně důležitých přenašečů malárie	142
Obrázek 74 Tepelný ostrov města	154
Obrázek 75 Energetická bilance povrchů tepelného ostrova města	154
Obrázek 76 a, b, c, d Průměrné letní teploty za sledovaná období a poloha měst větších jak 75tis. obyvatel	160
Obrázek 77 Konkurenční výhody českého energetického sektoru	180
Obrázek 78 Energetická závislost, mezinárodní srovnání [%].....	187
Obrázek 79 Výroba elektřiny podle paliva	188
Obrázek 80 Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů.....	188
Obrázek 81 Graf zásahů u živelních pohrom	189
Obrázek 82 On-line dostupná mapa rozložení zranitelných IPCC zařízení na území ČR	190
Obrázek 83 Schéma zranitelné rozvodné sítě ČEPS, a.s.	191
Obrázek 84 Přístupy k adaptaci a k managementu rizik pohrom v podmínkách měnícího se klimatu s cílem snížit tato rizika.....	208
Obrázek 85 Vliv změn v rozložení teplot na extrémy	210
Obrázek 86 Průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (pro referenční a scénářová období).....	223
Obrázek 87 a, b, c, d Dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu v referenčním a scénářových obdobích	223
Obrázek 88 Průměrné hodnoty letní teploty vzduchu (pro referenční a scénářová období)	224
Obrázek 89 a, b, c, d Dlouhodobé průměry letních teplot vzduchu v referenčním a scénářových obdobích	224
Obrázek 90 Průměrné hodnoty zimní teploty vzduchu (pro referenční a scénářová období)	225
Obrázek 91 a, b, c, d Dlouhodobé průměry zimních teplot vzduchu v referenčním a scénářových obdobích.....	225
Obrázek 92 Vývoj počtu tropických dní (pro referenční a scénářová období).....	226
Obrázek 93 Vývoj indikátoru délka a četnost vln veder (minimální a maximální verze).....	227
Obrázek 94 Počet horkých vln v historickém období 1971-2000 a v obdobích 2014-2039 a 2040-2060	228
Obrázek 95 Vývoj počtu ledových dní (pro referenční a scénářová období).....	229
Obrázek 96 Počet ledových dní v historickém období 1971-2000 a v obdobích 2014-2039 a 2040-2060	230
Obrázek 97 Vývoj počtu dnů se sněhem (minimální a maximální verze).....	231
Obrázek 98 Průměrná délka trvání sněhové pokrývky (vyšší než 3 cm) v období v období 1961-1990 a 1991-2014 a jeho změna (oproti 1991-2014) pro období let 2021-2040 a 2081-2100 pro 3 GCM modely a RCP 4.5 a RCP 8.5.	232
Obrázek 99 Vývoj počtu dnů bezesrážkového období (pro referenční a scénářová období).....	233
Obrázek 100 a, b, c, d Dlouhodobé průměry počtu dnů bezesrážkového období v referenčním a ve scénářových obdobích	233
Obrázek 101 Dlouhodobé roční průměry počtu dnů bezesrážkového období v jednotlivých vertikálních pásmech v referenčním a ve scénářových obdobích	234
Obrázek 102 Průměrné hodnoty letních srážek (pro referenční a scénářová období).....	235
Obrázek 103 a, b, c, d Průměrné hodnoty letních srážek v referenčním a ve scénářových obdobích	235
Obrázek 104 Průměrné hodnoty jarních srážkových úhrnů (pro referenční a scénářová období).....	236
Obrázek 105 a, b, c, d Průměrné hodnoty jarních srážek v referenčním a ve scénářových obdobích	236
Obrázek 106 Průměrné hodnoty podzimních srážkových úhrnů (pro referenční a scénářová období) ...	237
Obrázek 107 a, b, c, d Průměrné hodnoty podzimních srážek v referenčním a ve scénářových obdobích	237
Obrázek 108 Počet dnů se srážkami nad 20 mm (pro referenční a scénářová období)	238
Obrázek 109 a, b, c, d Počet dnů se srážkami nad 20 mm v referenčním a ve scénářových obdobích ..	238
Obrázek 110 Počet lesních požárů.....	239

12 SEZNAM ZKRATEK

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
AS	Adaptační strategie
AV ČR	Akademie věd České republiky
BAT	Best Available Technology
BRS	Bezpečnostní rada státu
CBA	Cost-Benefit Analysis (Analýza nákladů a přínosů)
CDC	Centers for Disease Control and Prevention (Centrum pro kontrolu chorob a prevence)
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project
CR	Cestovní ruch
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
ČEZ	České energetické závody
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
EASAC	European Academies Science Advisory Council (Expertní rada evropských akademií)
EBA	Ekosystémově založené přístupy k adaptacím
EDVO	Efektivní délka vegetačního období
EEA	European Environment Agency (Evropská agentura životního prostředí)
EGR	Efektivní suma globální radiace
EK	Evropská komise
EPA	Environmental Protection Agency (Agentura na ochranu životního prostředí)
ERDF	Evropský fond pro regionální rozvoj
ERÚ	Energetický regulační úřad
ESF	Evropský sociální fond
ESVD	Ecosystem Service Value Database (Databáze hodnot ekosystémových služeb)
EU	Evropská unie
GCM	Global Climate Model (Globální klimatický model)
GR HZS	Generální ředitelství hasičského záchranného sboru
HDP	Hrubý domácí produkt
HUZ	Hromadné ubytovací zařízení
HZS	Hasičský záchranný sbor
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IHP	Identifikovaný hlavní dopad
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Mezivládní panel pro změnu klimatu)
IPPC znečištění)	Integrated Pollution Prevention and Control (Integrovaná prevence a omezování)
IROP	Integrovaný regionální operační program
IT	Informační technologie
IZS	Integrovaný záchranný systém
IUCN	International Union for Conservation of Nature
JPO	Jednotka požární ochrany
JRC	Joint Research Centre
KoPÚ	Komplexní pozemková úprava
KZ	Klimatická změna
LČR	Lesy České republiky
LHO	Lesní hospodářská osnova
LHP	Lesní hospodářský plán
LVS	Lesní vegetační stupeň

MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MPSV	Ministerstvo práce a sociálních věcí
MU	Mimořádná událost
MV	Ministerstvo vnitra
MZe	Ministerstvo zemědělství
NAPEÚ	Národní akční plán energetické účinnosti
NINA	Norwegian Nature Index
NKP	Národní klimatický program
NKP	Národní kulturní památka
NP	Národní park
NPP	Národní přírodní památka
NPR	Národní přírodní rezervace
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OPŽP	Operační program Životní prostředí
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PDSI	Palmerův index intenzity sucha
PLO	Přírodní lesní oblast
POP	Plán oblasti povodí
POZ	Prioritní oblast zájmu
PPRR	Prevention – Preparedness – Response – Recovery
RCM	Regional Climatic Model (Regionální klimatický model)
RV	Rostlinná výroba
SC	Specifický cíl
SCCV	Swedish Commission on Climate and Vulnerability
SEK	Státní energetická koncepce
SHMU	Slovenský hydrometeorologický ústav
SPI	standardizovaný srážkový index
SPEI	standardizovaný srážkový a evapotranspirační index
SREX	Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation
SRN	Spolková republika Německo
SVRS	Smogový varovný a regulační systém
SZIF	Státní zemědělský intervenční fond
OSN	Organizace spojených národů
SVF	Sky View Factor (stupeň pokrytí oblohy)
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity (Ekonomika ekosystémů a biodiverzity)
TENT–T	Transevropská dopravní síť
TCI	Tourism Climate Index
UBA	Umweltbundesamt
UHI	Urban Heat Island (urbanizovaný tepelný ostrov, tepelný ostrov města)
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
UK	Urbanizovaná krajina
UN	Organizace spojených národů
UNECE	Evropská hospodářská komise OSN
UNESCO	Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu
UNISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Rámcová úmluva OSN o změně klimatu)
UNWTO	United Nations World Tourism Organisation (Světová organizace cestovního ruchu)
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
VHK	Vodní hospodářství krajiny
VSD	Vodní sytostní deficit

VSL	Value of a Statistical Life (Statistická hodnota života)
VŠB-TUO	Vysoká škola Báňská, Technická univerzita, Ostrava
WHO	Světová zdravotnická organizace
WUE	Water Use Efficiency (Efektivní hospodaření rostlin s vodou, efektivní využití vody)
ZABAGED	Základní báze geografických dat České republiky
ZCHÚ	Zvláště chráněné území
ZK	Změna klimatu
ZÚJ	Základní územní jednotka
ŽP	Životní prostředí
ŽV	Živočišná výroba



Evropská unie

Spolufinancováno z Prioritní osy 8 – Technická pomoc financovaná z Fondu soudržnosti

Ministerstvo životního prostředí

Státní fond životního prostředí České republiky

www.opzp.cz, zelená linka 800 260 500, dotazy@sfzp.cz

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN Z FONDU SOUDRŽNOSTI PROSTŘEDNICTVÍM OPERAČNÍHO PROGRAMU ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A STÁTNÍHO ROZPOČTU ČESKÉ REPUBLIKY.