



Energeticky úsporné renovace architektonicky a historicky cenných budov



**Metodická příručka: Energeticky úsporné renovace architektonicky
a historicky cenných budov**

Tato metodická příručka nepředjímá podmínky rozhodnutí nebo závazných stanovisek orgánů státní památkové péče podle zákona o státní památkové péči. Zejména při obnově kulturních památek musí dojít k individuálnímu posouzení návrhu a stejně tak při změně stavby jinak památkově chráněných budov. Nad rámec zákonných požadavků v takových případech doporučujeme předem se obrátit na odborná pracoviště Národního památkového ústavu.

ISBN: 978-80-7212-669-9

Vydalo Ministerstvo životního prostředí

Vršovická 1442/65, Praha 10, 100 10

www.mzp.gov.cz

Vychází z odborných textů a podkladů Centra pasivního domu

Texty: Ing. Michal Čejka, Ing. arch. Josef Smola, Ing. Jan Klečka, Ing. arch. Stanislav Žerava a Ing. Edvard Sequens

Ilustrace: Ing. arch. Josef Smola

Autor fotografie na obálce: PhDr. Jiří Vácha, Ph.D.

Grafické zpracování: Adéla Vorbová

1. vydání, Praha 4/2025



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY

Úvodní slovo	4
1. Shrnutí požadavků právních předpisů	5
2. Památkové souvislosti energetických renovací	9
3. Energetický koncept budovy	15
4. Energeticky úsporná opatření:	25
4.1 Svislé stěny obálky budovy	25
4.2 Střechy a stropy	36
4.3 Podlahy	46
4.4 Výplně otvorů	52
4.5 Koncept větrání budov	58
4.6 Technické systémy a energetické zdroje	65
5. Ukázkové příklady správné praxe	75

Úvodní slovo

Budoucí život civilizace v podobě, v jaké ho známe, který dokáže chránit a příštím generacím předávat i své architektonické dědictví, je ohrožen klimatickou krizí. Nezbytnou podmínkou pro zpomalení důsledků je co nejrychlejší ukončení spalování fosilních paliv a taktéž snížení energetické spotřeby. Historicky či architektonicky cenné budovy patří obvykle mezi objekty s vysokou energetickou náročností. Náklady na jejich provoz, zvláště v době rostoucích cen energie, pak vytváří ekonomický tlak na jejich majitele – obce, spolky, církve, firmy i jednotlivce – investovat do snížení její spotřeby.

Publikace, kterou otevíráte, reaguje na narůstající poptávku vlastníků takových objektů, zejména těch, kteří myslí na ochranu spravovaného nemovitého kulturního dědictví nebo je k této ochraně přímo vedou požadavky úřadů. Při hledání vhodných řešení zákonitě musí dojít k posuzování a citlivému vyvažování požadavků hned několika veřejných zájmů: ochrany klimatu, ochrany a zachování architektonického dědictví a jeho kulturních hodnot, energetické bezpečnosti a zároveň potřeb vlastníků nemovitostí na jejich ekonomicky udržitelný provoz.

V příručce popsaná energeticky úsporná opatření na jednotlivých stavebních částech budov jsou navrhována s respektem nejen k ochraně kulturního historického dědictví, ale taktéž ke stavebně-fyzikálním zákonům, kvalitě vnitřního prostředí budovy a se současnou snahou zachovat co nejvíce architektonických kvalit dané budovy bez škodlivého zásahu. Publikace také uživatelům přináší shrnutí požadavků právních předpisů na snižování spotřeby energie a na ochranu nemovitých kulturních památek a věnuje se i zpracování celkového energetického konceptu budovy. V závěru přináší několik příkladů, kde se podařilo obnovit architektonicky působivou podobu budov, kterou jim vtiskli stavitelé předchozích generací, a zároveň pomocí moderních materiálů a přístupů i výrazně snížit energetickou potřebu.

Autoři se věnují všem architektonicky cenným a historickým budovám, u kterých je žádoucí a principiálně správné zachovat či znovu obnovit jejich kulturní hodnotu. U některých objektů jsou vymezené hodnoty chráněné památkovým zákonem, u celé řady neméně cenných domů však chráněné nejsou. Publikace se zaměřuje primárně na technologicky neutrální uvedení široké škály aplikovatelných opatření s obecným komentářem k památkové ochraně. Pro každý posuzovaný případ je vhodná jiná sada a rozsah opatření. Ty navíc v případě památkové ochrany podléhají individuálnímu schvalovacímu procesu orgánů památkové péče. Investorům, architektům, projektantům, energetickým specialistům i pracovníkům veřejné správy by metodická příručka měla nabídnout vhodné postupy a technologie pro energetické renovace architektonicky a historicky cenných budov. Vzhledem k výše zmíněnému však nelze předjímat obecnou vhodnost či nevhodnost uvedených postupů pro konkrétní záměr. Doporučujeme seznámit se rovněž s doporučeními, které pro památkově chráněné objekty zveřejňuje Národní památkový ústav.

„Historické budovy určují ve velké míře ráz našich měst, obcí i kulturní krajiny. Bohužel na mnoha místech vidíme, že budovy chátrají nebo byly poničeny nahodilými dílčími zásahy. Zároveň svoje majitele včetně státu zatěžují vysokými náklady na provoz. Cílem připravované metodiky je proto hledat opatření, která zvýší kvalitu užívání těchto budov, sníží jejich energetickou náročnost a současně pomohou zachovat to, co je na nich skutečně hodnotné. K financování takových renovací mohou majitelé využít různé typy dotací, například z Modernizačního fondu v programu Nová zelená úsporám,“ řekl Petr Hladík, ministr životního prostředí ČR.

Shrnutí požadavků právních předpisů

Stát chrání kulturní památky jako nedílnou součást kulturního dědictví lidu, svědectví jeho dějin, významného činitele životního prostředí a nenahraditelné bohatství státu. Tolik zákon o státní památkové péči. Ochrana nemovitého kulturního dědictví je i předmětem několika mezinárodních úmluv. Podrobněji v kapitole PAMÁTKOVÉ SOUVISLOSTI ENERGETICKÝCH RENOVAČÍ. Budovy jsou ale také významným spotřebičem energie a jejich vlastníci a provozovatelé se přirozeně snaží snížit vysoké náklady. Se spalováním fosilních paliv, se kterými je dnes spojena významná část u nás získané energie, souvisí také prohlubující se klimatická krize, která přímo ohrožuje budoucí civilizovaný život v podobě, v jaké ho známe. A proto se i zpřísňují požadavky na energetickou náročnost budov a využívání dostupného potenciálu bezemisních obnovitelných energetických zdrojů. Stručně připomeneme postuláty týkající se historických a architektonicky cenných budov, včetně budov s památkovou ochranou.

Úmluva o ochraně architektonického dědictví Evropy je dokument, který zastřešuje na evropské úrovni národní předpisy. V České republice vstoupil v platnost 1. srpna 2000. K tématu naší publikace mají přímý vztah dva články, číslo 11. a 12.: „Při respektování architektonického a historického charakteru dědictví se každá strana zavazuje podporovat využívání chráněných statků s ohledem na potřeby současného života, a adaptaci starých budov pro nové účely, je-li to vhodné. Ačkoli každá strana uznává hodnotu zpřístupnění chráněných statků veřejnosti, zavazuje se přijmout opatření, která budou nutná k zajištění toho, aby důsledky tohoto zpřístupnění, zvláště jakékoli stavební úpravy, neovlivnily negativně architektonický a historický charakter takových statků a jejich okolí.“

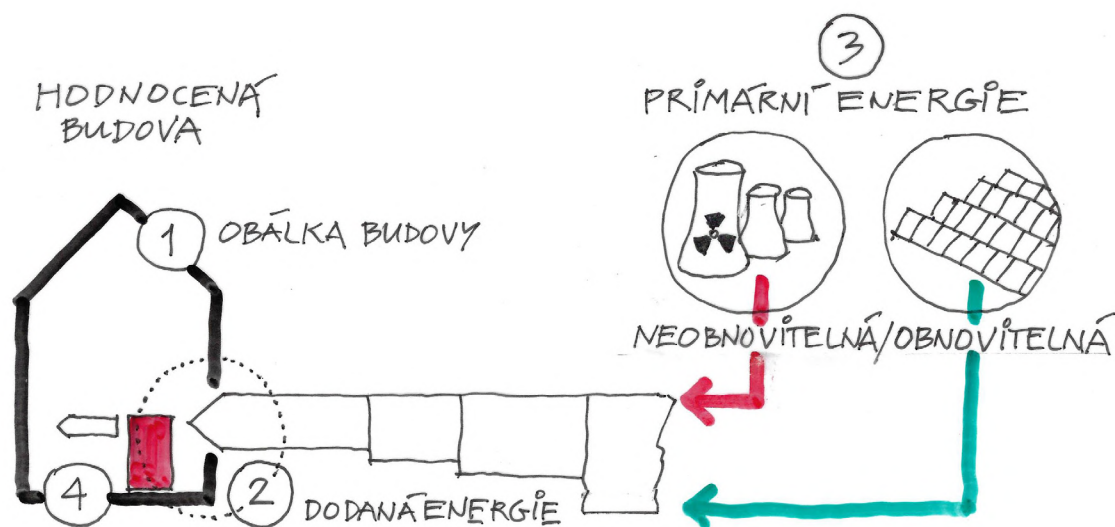
A. Energetické požadavky právních předpisů

Požadavky na energetickou náročnost budov historicky vzešly z normy ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov, která se mimo jiné odkazuje na tepelně-vlhkostní chování konstrukcí obálky budovy. Od roku 2007 jsou tyto požadavky definovány jako ucelený soubor energetických ukazatelů prostřednictvím průkazu energetické náročnosti budovy (dále jen "PENB").

Současné požadavky **evropské Směrnice o energetické náročnosti budov (2018/844/EU)** jsou do českého právního prostředí transponovány **zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií**, ve znění pozdějších předpisů. Jeho účelem je zvýšit energetickou účinnost při výrobě, přenosu, přepravě, distribuci, rozvodu, spotřebě energie a uskladňování plynu včetně souvisejících činností. Rovněž stanoví povinnosti stavebníků a vlastníků budov při hospodaření s energií, povinnosti organizačních složek státu, krajů, obcí, příspěvkových organizací, osob provozujících budovy pro účely školství, zdravotnictví, kultury, obchodu, sportu, ubytovacích a stravovacích služeb, zákaznických středisek odvětví vodního hospodářství, energetiky, dopravy a telekomunikací a veřejné správy. V zákoně jsou mimo jiné definovány povinnosti a výjimky plnění požadavků na energetickou náročnost budov a případy, ve kterých musí být zpracován PENB – jednotný dokument prokazující splnění požadavku na hospodárné využití energie.

Konkrétní soubor požadavků na budovy, postup hodnocení energetické náročnosti budov či závaznou podobu PENB pak definuje prováděcí **vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov**. Ta energetickou náročnost budovy chápe v rozsahu spotřeby energie na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti, ohřev teplé vody a osvětlení. Dále konkretizuje soubor ukazatelů energetické náročnosti budovy, prostřednictvím jichž definuje závazné požadavky na výstavbu nových budov a změnu budov stávajících. Ty musejí být nižší než hodnoty stanovené výpočtem tzv. referenční budovy (budova geometricky shodná s budovou hodnocenou, ale s vyhláškou definovanými parametry obálky budovy a účinností technických systémů). Hlavními ukazateli energetické náročnosti jsou:

1. **průměrný součinitel prostupu tepla** – hodnotí tepelněizolační schopnost celé obálky budovy;
2. **celková dodaná energie za rok** – zjednodušeně odpovídá fakturované spotřebě energie (bez započtení spotřebičů);
3. **primární energie z neobnovitelných zdrojů energie** – zastupuje požadavky státu na snižování spotřeby primárního paliva (zohledňuje i účinnost přeměny a dodávky energie mimo budovu);
4. **součinitel prostupu tepla jednotlivých měněných konstrukcí obálky budovy či účinnost měněných technických systémů budovy** – zastupuje minimální kvalitativní úroveň měněných prvků.



Obrázek 1: Požadavky na energetickou náročnost (viz výše uvedené ukazatele energetické náročnosti budovy)

V případě změn dokončených budov je možné požadavky splnit kombinací průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy s celkovou dodanou energií anebo primární energií z neobnovitelných zdrojů. To vyžaduje komplexní zateplení většiny konstrukcí na min. normou požadované hodnotě. Splnění požadavku celkově minimalizované spotřeby energie dosáhneme instalací účinných zdrojů, nebo vyšším podílem využití obnovitelné energie. Další možností využívanou nejčastěji v případě méně rozsáhlých renovací je splnění kvalitativní úrovně měněných prvků obálky budovy na přísnější úrovni než v předchozím případě. Měněné prvky musí mít lepší než doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2.

Výstavba nových budov má přísnější kritéria než změny dokončených budov. Splněny musejí být tři kritéria současně – průměrný součinitel prostupu tepla (o 30 % přísnější než referenční budova), celková dodaná energie a primární energie z neobnovitelných zdrojů (cca o 40 % přísněji než referenční budova).

V případě přístaveb, vestaveb či nástaveb na stávající budovy, které zvětšují původní energeticky vztažnou (vytápěnou) plochu na více než 2,5násobek plochy původní, musejí být splněny požadavky na výstavbu nových budov. To platí i v případech, kdy původní budova nebyla vytápěna či došlo k odstranění původní stavby pod úroveň stropu prvního nadzemního podlaží.

Primární energie z neobnovitelných zdrojů je nyní hlavním klasifikačním ukazatelem v PENB, podle které jsou budovy rozříděny do sedmi kategorií A – mimořádně úsporná až G – mimořádně ne hospodárná. Tento ukazatel vyjadřuje celkovou efektivitu a účinnost využití energie v celém procesu mezi vyvolanou spotřebou (provoz budovy) a konečnou spotřebou neobnovitelné složky primární energie (energie neprošla proměnou). Například u elektřiny dnes na 1 kWh spotřebovanou v budově musíme vynaložit přibližně 2,1 kWh energie na její získání, přeměnu a přenos (faktor 2,1). PENB může vypracovat pouze energetický specialista s oprávněním od Ministerstva průmyslu a obchodu.

Pokud by se u budov, které jsou kulturní památkou nebo se nacházejí v památkové rezervaci nebo památkové zóně, s ohledem na zájmy památkové péče splněním některých požadavků na energetickou náročnost těchto budov výrazně změnil jejich charakter nebo vzhled, nemusí být dle **zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií** požadavky na energetickou náročnost budovy splněny. Tato skutečnost se musí doložit závazným stanoviskem orgánu státní památkové péče, mající omezující charakter. Nestačí tedy fakticky prosté umístění budovy např. v památkové zóně, ale musí být současně závazně definovány skutečnosti omezující možnost plnění požadavků na energetickou náročnost. Toto se posuzuje individuálně. Požadavky také nemusí plnit budovy obvykle užívané jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely. U budov, které jsou kulturní památkou nebo se nacházejí v památkové rezervaci, nemusí být vypracován průkaz energetické náročnosti budovy, vlastník si jej však i tak může opatřit z jiných důvodů.

U všech budov bez rozdílu však platí v zákoně definované požadavky na zajištění regulace dodávaného tepla a povinnost vlastníka vybavit měřidly tepla otopná zařízení konečných odběratelů, pokud se nachází v budově. V případě bytových domů a víceúčelových staveb s dodávkou tepla (nebo chladu) ze soustavy vnějšího zásobování nebo s ústředním vytápěním (či chlazením) anebo společnou přípravou teplé vody pak musí být každý byt a nebytový prostor vybaven přístroji umožňujícími změřit dodávku tepla a rozdělovat náklady na vytápění.

Budoucí směřování legislativy a renovační strategie ČR

Podle **revidované evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD IV)** přijaté v dubnu 2024, která má být do dvou let zahrnuta do českého právního prostředí, budou muset být všechny nově vystavěné domy pro bydlení budovami „s nulovými emisemi“ skleníkových plynů. Ale co s těmi stávajícími? Směrnice požaduje po členských státech EU vytvořit renovační strategii, jejímž výsledkem bude bezemisní fond obytných budov do roku 2050. U budov pro nebytové účely revidovaná směrnice předpokládá postupné zavádění minimálních standardů energetické náročnosti. Cílem má být snižování průměrné spotřeby primární energie fondu obytných budov alespoň o 16 % do roku 2030 a o 22 % do roku 2035. Jednotlivé členské státy se v renovační strategii a prostřednictvím národních předpisů mohou rozhodnout, jaká konkrétní opatření pro dosažení požadovaných cílů využijí a na které budovy se budou vztahovat. U obytných budov však musí dojít k minimálně 55% zlepšení energetické náročnosti prostřednictvím renovace těch s nejhorší energetickou náročností, u nichž bývají potřebné investice nákladově nejefektivnější.

Pokud jde o historické budovy a památkově chráněné objekty, bytové i nebytové, přestože právě ty bývají energeticky náročné, je možné je z povinností daných směrnic vyjmout, případně bezemisivitu splnit alternativními způsoby. Například dodávkou garantované bezemisní energie. I zde však bude rozhodující míra ochrany a vliv na změnu charakteru budovy. Bez zdrojů na spalování fosilních paliv (včetně zemního plynu) by se všechny budovy měly obejít do roku 2040. Směrnice požaduje, aby byly všechny nové budovy navrhovány tak, že na ně bude možné umístit solární systémy (fotovoltaické panely nebo termické kolektory). Vhodná solární zařízení mají být instalována i na velkých, již dnes existujících veřejných budovách či nebytových budovách, které procházejí významnou rekonstrukcí.

Směrnice ve svém posledním znění také požaduje do roku 2030 doplnit PENB nových budov výpočtem emisí skleníkových plynů během celého životního cyklu. Kromě emisí spojených s provozem budovy bude nutné zahrnout i „zabudované uhlíkové emise“ z výroby a dopravy stavebních materiálů, ze samotné výstavby, údržby, ale i odstranění budovy.

B. Požadavky Stavebního zákona

V rámci navrhování a provádění energetické renovace stavby je vždy nutné respektovat další související technické požadavky na stavby a postupovat v souladu se **Stavebním zákonem č. 283/2021 Sb.** Proto by u každé renovace měla být přítomna autorizovaná osoba registrovaná u České komory architektů nebo České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Ti jediná jsou oprávněni zpracovat a na stavební úřad předložit projektovou dokumentaci k povolení daného záměru.

Povolení záměru nepodléhají drobné stavby, tj. stavby uvedené v Příloze č. 1 zákona a u energetických renovací především:

- „e) stavební úpravy, pokud se jimi nezasahuje do nosných konstrukcí stavby, nemění se vzhled stavby ani způsob užívání stavby, jejich provedení nemůže ovlivnit požární bezpečnost stavby a nejde o stavební úpravy stavby, která je kulturní památkou,*
- f) stavební úpravy pro instalaci využívající obnovitelný zdroj energie s celkovým instalovaným výkonem do 50 kW, pokud se jimi nezasahuje do nosných konstrukcí stavby, nemění se způsob užívání stavby, nevyžaduje posouzení vlivů na životní prostředí, jsou splněny podmínky zejména požární bezpečnosti podle právního předpisu upravujícího požadavky na bezpečnou instalaci výroben elektřiny, a nejde o stavební úpravy stavby, která je kulturní památkou.“*

Změnou dokončené stavby stavební zákon rozumí stavební úpravy, při kterých se zachovává vnější půdorysné i výškové ohraničení stavby. Dodatečné vnější zateplení tedy není drobnou stavbou a podléhá stavebnímu povolení záměru.

Návrh a provedení budovy dále musí respektovat základní požadavky na stavby, které jsou definovány v § 145 stavebního zákona:

1. **Nesmí narušit stabilitu stávajících konstrukcí a samotný návrh musí přenést návrhové zatížení** (například navržené vnější zateplení musí obsahovat návrh kotevního systému dimenzovaného na vlastní tíhu a vliv větru) **a umístění technických zařízení** (například nosná střešní konstrukce musí přenést zatížení od fotovoltaických panelů).
2. **Musí být zajištěna požární bezpečnost stavby**, tj. navrženy materiály a výrobky dle technických norem. Například u vnějšího zateplení dle výšky objektu se volí tepelná izolace dle její třídy hořlavosti.
3. **Nesmí ohrozit bezpečnost, život a zdraví osob.** Vnitřní mikroklima musí být navrženo a udržováno dle povoleného účelu stavby a zajištěny odpovídající parametry kvality vzduchu, akustického a tepelného komfortu osob. Návrh nuceného větrání musí mít odpovídající dimenze výměny čerstvého vzduchu dle počtu osob. Obálka jako celek musí mít nezbytný akustický útlum (například tepelné čerpadlo musí být umístěno tak, aby v chráněném vnitřním prostoru budovy i vnějším prostoru byly splněny hygienické limity). Znamená to i splnění požadavků na tepelnou ochranu budov. Renovací nesmí dojít ke vzniku tepelných mostů, jejichž důsledkem může být kondenzace vodní páry a následný vznik plísní (například vnitřním zateplením k nežádoucím teplotně vlhkostním jevům, které mohou vést až k degradaci dřevěných nosných konstrukcí a jejich následnému zhroucení).
4. **Nesmí mít negativní vliv na životní prostředí**, tj. například riziko uvolňování nebezpečných látek do životního prostředí, nebo vznik nežádoucího světelného znečištění. Návrh také nesmí obsahovat zakázané látky, chladiva apod.
5. **Musí být bezpečné a musí být zajištěna přístupnost osob s omezenou schopností pohybu a orientace**, pokud to daný účel stavby vyžaduje. Návrh střešního pláště musí obsahovat záchytný systém, pokud je nutná údržba daného zařízení na střeše, kde hrozí riziko pádu osob do hloubky.
6. **Při návrhu musí být zohledněny přístupy udržitelnosti**, tj. zajistit udržitelné využití přírodních zdrojů včetně původních nebo recyklovaných materiálů a konstrukcí.

Konkrétní technické požadavky na stavby jsou uvedeny v prováděcí **vyhlášce č. 146/2024 Sb., o požadavcích na výstavbu**, především v § 16 až 48 a v dalších právních předpisech dle daného účelu stavby (např. městské vyhlášky Praha, Brno a Ostrava).

Památkové souvislosti energetických renovací

Kapitola se věnuje té části architektonicky cenných a historických budov, které spadají pod památkový zákon.

Architektonické dědictví je nedílnou součástí odkazu naší minulosti, významnou součástí kvalitního prostředí pro život současných generací a naším odkazem pro generace budoucí. Z těchto důvodů k nim společnost přistupuje zodpovědně. Nejhodnotnější část tohoto dědictví je chráněna podle zákona o státní památkové péči některou z forem individuální (národní kulturní památka, kulturní památka) či plošné (památkové rezervace, památkové zóny a ochranná pásma) památkové ochrany. Při hledání cest a způsobů, jak zlepšit energetické charakteristiky tohoto významného fondu památek, je ale nezbytné pracovat v souladu s jejich chráněnými hodnotami a nepoškodit je. U budov bez památkové ochrany jsou tyto postupy pouze doporučené.

Nemovité kulturní památky (dále jen „kulturní památky“) a památkově chráněná území představují sice malou, ale důležitou část fondu budov a je nezbytné s nimi nakládat s respektem a řádnou reflexí hodnot, jejichž jsou nositeli.

Mnohé zásahy cílící na zvýšení energetických úspor mohou být provedeny bez ztráty hodnot estetických či materiálních. Ovšem řada jinak obvyklých metod stavebních zásahů může mít zásadní následky (např. zejména tolik rozšířené kontaktní zateplovací systémy, nevhodné výměny oken apod.). V případě staveb požívajících některou z forem památkové ochrany je pak nezbytné mít na paměti, že je třeba sledovat princip tzv. reverzibility zásahů a rovněž aspekt zachování materiálové podstaty a estetického vlivu památek a území (národních kulturních památek, kulturních památek a objektů v plošně chráněných územích).

Případné poškození (např. odstranění profilace fasády) je často zcela nevratné. Nevzniká tak škoda pouze vizuální, ale může dojít i ke ztrátě významného společného kulturního dědictví. Tyto škody nepřinášejí jen ztrátu ekonomickou, ale i společenskou. Možnosti přístupů a informace o limitech, stanovené u objektů požívajících některý ze stupňů zákonem stanovené památkové ochrany, je třeba respektovat a dodržovat. Ke každé takové budově se proto přistupuje individuálně.

Ve veřejném zájmu je dosažení objektivního posuzování jednotlivých přístupů energetické sanace, a to především u staveb s definovanou zákonnou ochranou. U historických a architektonicky hodnotných objektů mimo památkovou ochranu, které jsou dokladem naší minulosti, je žádoucí aplikovat navržené přístupy jako doporučující.

Řešení novostaveb v historickém prostředí je samostatným tématem, přesahujícím tuto publikaci. Obecně může být navržena kopie, parafráze zaniklé stavby či zcela nové tvůrčí dílo (pokud zde nikdy stavba nebyla, anebo postrádá potřebnou architektonickou hodnotu). Nové tvůrčí dílo nabízí celou škálu možných přístupů: historizující, neutrální, kontrastní (zcela soudobý), apod. Z hlediska principů památkové ochrany plošných území ale platí, že musí být urbanisticky a architektonicky kontextuální (nikoli nutně prvoplánově). Vždy záleží na formě plošné ochrany, umístění, kontextu okolí, historickém vývoji a mnoha dalších okolnostech.

A. Formy památkové ochrany

Stát chrání kulturní památky jako nedílnou součást kulturního dědictví lidu, svědectví jeho dějin, významného činitele životního prostředí a nenahraditelné bohatství státu, jak definuje **zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči**. To zahrnuje činnosti, opatření a rozhodnutí, jimiž v souladu se společenskými potřebami zabezpečuje zachování, ochranu, zpřístupňování a vhodné společenské uplatnění kulturních památek. Povinnost projednat stavební zásahy a úpravy vyplývá přímo ze zákona.

Zákon o státní památkové péči rozlišuje ochranu objektů (národní kulturní památky, kulturní památky) a ochranu území (památkové rezervace, památkové zóny). Kulturní hodnoty památek a památkově hodnotných území (důvod právní ochrany) nejsou totožné. Na památkových hodnotách území se podílejí nejen kulturní památky, ale i objekty, které jimi nejsou. Ze skutečnosti, že do zákona je zavedena ochrana území, vyplývá, že chráněny jsou specifické hodnoty území, nejen vybrané objekty. Zároveň platí, že objekty v památkově chráněném území se podílejí na jeho hodnotách. V případě posuzování záměrů v památkově chráněných územích je nezbytné primárně vycházet z kulturně-historických hodnot daného chráněného území. Posouzení pouze dotčeného objektu není postačující.

- **Kulturní památkou** ve smyslu zákona rozumíme nemovité a movité věci, popřípadě jejich soubory, které jsou významnými doklady historického vývoje, životního způsobu a prostředí společnosti od nejstarších dob do současnosti, jako projevy tvůrčích schopností a práce člověka z nejrůznějších oborů lidské činnosti, pro jejich hodnoty historické, umělecké, vědecké a technické, nebo které mají přímý vztah k významným osobnostem a historickým událostem. Kulturní památky prohlašuje Ministerstvo kultury České republiky.
- **Národní kulturní památkou** rozumíme kulturní památku, která tvoří nejvýznamnější součást kulturního bohatství národa. Národní kulturní památky prohlašuje vláda České republiky nařízením, přičemž stanoví podmínky jejich ochrany včetně obecných podmínek zabezpečování památkové péče o tyto památky.
- **Památkovou rezervací** rozumíme území, jehož charakter a prostředí určuje soubor nemovitých kulturních památek, popřípadě archeologických nálezů. Území jako celek může za památkovou rezervaci prohlásit nařízením vláda České republiky a zároveň může stanovit podmínky pro zabezpečení její ochrany. Tyto podmínky se mohou v potřebném rozsahu vztahovat i na nemovitosti na území památkové rezervace, které nejsou kulturními památkami.
- **Památkovou zónou** rozumíme území sídelního útvaru nebo jeho části s menším podílem kulturních památek, historické prostředí nebo část krajinného celku, které vykazují významné kulturní hodnoty. Území jako celek může za památkovou zónu včetně určení podmínek její ochrany prohlásit opatřením obecné povahy Ministerstvo kultury po projednání s krajským úřadem. Podrobnosti o prohlašování památkových zón stanoví **vyhláška č. 66/1988 Sb.**
- **Památkou světového dědictví UNESCO** rozumíme nemovitou věc nebo soubor nemovitých věcí zapsaných na Seznamu světového dědictví dle **Úmluvy o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví**. Tyto jsou zároveň chráněny na národní úrovni v nejvyšším statusu ochrany v dané kategorii. V rámci památek světového dědictví UNESCO jsou v České republice v celkovém počtu 17 společně evidována území, sídla i jednotlivé stavby.
- **Ochranným pásmem** rozumíme území určené pro ochranu nemovité kulturní památky, památkové rezervace, památkové zóny nebo jejího prostředí. Zajišťuje mimo jiné i ochranu pohledů na předmět ochrany nebo z předmětu ochrany do jeho okolí.

B. Metodika ochrany památek

Provádění energetických sanací objektů sestává z řady možných zásahů, jež mohou ovlivnit hmotnou podstatu staveb a zároveň vytvořit novou historickou vrstvu, která se často stává jejich ihned identifikovatelnou součástí. Podmínkou je komplexní posouzení plánovaných zásahů tak, aby bylo zajištěno, že provedení energetických opatření neohrozí sledované hodnoty chráněných objektů či území.

Provádění zásahů ve prospěch energetických úspor v budovách nebo na stavbách v územích podléhajících různým formám ochrany je nezbytné posuzovat také z níže uvedených hledisek:

- hlediska konkrétní chráněné kulturní hodnoty;
- formy památkové ochrany (kulturní památky, chráněná území...);
- rozsahu zásahu do stavební konstrukce posuzované budovy, který má být proveden;
- vizuální změny posuzovaného objektu nebo území.

Chráněné kulturní hodnoty

Kulturní hodnoty jsou důvodem, proč společnost pečuje o zachování památek. To je potřeba zohlednit i při plánování opatření s cílem snížení energetické náročnosti budov. Znehodnocení kulturních hodnot je důvodem pro odmítnutí navrhovaného opatření, v opačném případě je lze akceptovat. Vymezení konkrétních památkových hodnot je pro posouzení energeticky příznivých renovací klíčové a je třeba mu věnovat odpovídající pozornost a to:

- **Hmotné podstatě architektonického dědictví**, která je základem ochrany a základním zájmem památkové péče. Spočívá v respektu a v ochraně dochovaných materiálů, konstrukcí, povrchů, výzdobných a tvaroslovných prvků či dokladů historických řemesel.
- **Hodnotě architektonického dědictví**, která spočívá mimo jiné v tom, že architektonické dědictví je jiné než současná stavební produkce; používá jiné materiály, odlišné konstrukce a rozdílné tvarosloví. Péče o ně udržuje výrobu tradičních materiálů a znalost jejich zpracování a také možnost jejich volby v případě potřeby. Kdybychom na zachování této odlišnosti rezignovali a s architektonickým dědictvím nakládali stejně jako se současnou produkcí, časem zanikne.
- **Vedutám, náměstím, významným průhledům ulicemi, pohledům shora, pohledům na dominanty a pohledům z odstupu** – patří obvykle k ustáleným a žitým hodnotám historických sídel. Jejich ochrana je jedním ze základních úkolů při ochraně památkových rezervací a zón, kde jde především o celkové hodnoty daného sídla a zachování jeho urbanistické struktury.
- **Historickým fasádám**, jsou součástí architektonického dědictví, spoluvytvářejí identitu historických sídel a regionů; jsou tvář architektury, všímá si jich mnoho lidí, vytvářejí veřejný prostor, jejich podobě byla vždy věnována velká pozornost.
- **Historickým střechám**, protože jsou důležitou součástí prostředí historických sídel, kdy často významnou měrou spoluvytvářejí jejich historickou identitu; jsou důležitou součástí architektonicky řešených průčelí, mohou být neodmyslitelnou součástí vedut a obecně celkových pohledů.
- **Veřejným prostranstvím** (náměstí, návsí, ulice, veřejná zeleň atd.), jsou součástí urbanistické struktury sídla a v ojedinělých případech i krajinných celků sloužících obecnému užívání. Spoluvytvářejí identitu a prostředí historických sídel: čím hodnotnější sídlo, tím větší hodnotu má i jejich prostředí a veškerá veřejná prostranství.

C. Forma památkové ochrany

Kulturní památky (KP)

U kulturních památek bude posuzování energetických úsporných opatření vždy individuální. V obecné rovině lze říct, že relativně bezproblémové může být provedení takových opatření, která nijak výrazně nenaruší stavební podstatu objektu (např. výměna tepelného zdroje, zateplení stropu nad posledním podlažím, repase oken apod.). Naopak realizace opatření, která do stavební podstaty zasáhnou (např. provedení venkovního zateplení), či podstatně promění podobu objektu (např. instalace fotovoltaických panelů), budou u kulturních památek výjimečné a budou omezené na specifické situace – typicky na novodobé části kulturních památek, nebo na objekty obecně utilitární povahy. Specifickými případy pro individuální posouzení může být například atypická realizace zateplení fasád či instalace fotovoltaických panelů při opravách moderní architektury (např. staveb s lehkými obvodovými pláštěmi) a průmyslových staveb. Zde je nutnou podmínkou vysoká kvalita návrhu vedoucí k přirozenému začlenění do celku objektu i území, ve kterém se nachází.

Chráněná území (CHrÚ)

Výchozím obecným přístupem je energetická úsporná opatření v chráněných územích posuzovat dle stupně a charakteru chráněného území. Chráněná území netvoří stejnorodý soubor, ale liší se kulturně historickými hodnotami v závislosti na charakteru, typu, struktuře zástavby, stáří, míře dochování, míře homogennosti, terénní konfiguraci, pohledovém uplatnění v celkových pohledech a pohledech z výšky, existenci a významu dominant, převládající podobě střech a užívanými střešními krytinami, typem a kompozicí krajinných celků a dalšími charakteristikami. Přístup k jednotlivým chráněným územím či jejich uceleným částem proto musí tuto rozdílnost zohlednit. To znamená, že přístup k různým památkově chráněným územím či uceleným částem jednoho chráněného území se může lišit.

Kritériem posouzení energetických renovací a s nimi spojených zásahů v chráněných územích je:

- **Dotčení kulturně historických hodnot celku chráněných historických sídel** a návazné ochrany prostředí, případně jeho ucelených částí. Zvážit, zda se jedná o homogenní území, ke kterému se přistupuje jako k celku, nebo o území heterogenní, k jehož uceleným částem je důvod přistupovat odlišně. Zvážit možnosti připuštění výjimek, které se mohou týkat jak ucelených částí, tak určitých typů staveb.
- **Zásah do hmotné podstaty objektů v limitech dle předmětu ochrany daného území** (např. materiálová charakteristika – průčelí, střešní krajiny apod.; tvarové a výzdobné prvky; hmotová skladba sídla aj.)
- **Vyhodnocení pohledového zásahu do celku**, a to jak sídla, tak historické kulturní krajiny včetně všech jejich prostorových vztahů. Jedná se např. o uplatnění krajinné dominanty, významné veduty sídla, charakteru krajinné scény nebo prostorové charakteristiky krajinného obrazu.
- **Památková hodnota** vybraných objektů.

Památkové rezervace (PR)

PR chrání nejvýznamnější jádra historických měst s vysokým podílem kulturních památek a malou mírou narušení. To se týká též území, která jsou památkami Světového dědictví.

V PR a v území, která jsou památkami Světového dědictví, je realizace energetických úsporných opatření možná tam, kde jejich provedení nijak nenaruší hodnoty stavebního fondu daného území. Z celé škály možných zásahů je třeba navrhovat takové, které nepovedou ke ztrátě chráněných hodnot příslušného sídla. Samozřejmě by měl být respekt k těmto hodnotám.

Principem je, že některá opatření bude možné většinou realizovat, jiná při dodržení specifických podmínek a jiná budou nežádoucí. Část opatření pak bude možné provádět pouze na doplňkovém či nějak atypickém stavebním fondu (viz níže uvedené výjimky).

K relativně bezproblémovým zásahům může patřit například výměna tepelného zdroje (nevyžaduje-li jeho realizace nadměrné zásahy do objektu a jeho umístění se nedotkne archeologických hodnot) nebo zateplení stropu nad posledním podlažím. V závislosti na konkrétní situaci a podmínkách je možné provádět úpravy oken se zvýšením jejich tepelněizolačních schopností, a to v celé škále možných přístupů – repase, výměna za kopii, nebo replika. Podmínkou je definování hodnot, k jejichž ztrátě nemá dojít, a materiálových a technických parametrů zásahu.

Do skupiny opatření, jejichž realizace bude v rozsahu památkových rezervací výjimečná, patří obecně vnější zateplování fasád objektů, používání soudobých materiálů pro výměnu oken, realizace fotovoltaických elektráren apod.

Případné výjimky se týkají velmi specifických případů, např. novostaveb (ve smyslu nově vznikajících staveb) či atypických řešení při obnově moderní architektury. Všechny takové instalace budou posuzovány a projednávány individuálně, jednotlivá řešení budou vyhodnocována, jakým způsobem vstoupí do chráněných hodnot území a jakým se začlení do konkrétního objektu a celku daného území.

Památkové zóny (PZ)

U PZ je při posuzování energetických úsporných opatření přijatelná vyšší míra tolerance. Ta však vyplývá obvykle z vyšší přítomnosti doplňkových či atypických staveb. Významnou roli zde hraje charakter území – zda se jedná o heterogenní nebo homogenní celek. Výrazně vyšší míru akceptovatelnosti možných energetických opatření mají areály nebo ucelené části chráněných území, které se vymykají charakteru památkově chráněného území a nejsou v rozporu s kritérii stanovenými v tomto vyjádření (např. objekty s plochou střechou – pro osazení fotovoltaických panelů). Dalším příkladem pro užití moderních přístupů mohou být novostavby, stavba v panelové technologii, industriální areály (včetně brownfieldů), velkovýrobní zemědělské a skladové areály, přízemní garáže ve vnitroblohách a další zpravidla rušivé stavby.

Ochranná pásma (OP)

V ochranných pásmech je realizaci energetických úsporných opatření možno považovat za akceptovatelnou s výjimkou případů vážného narušení pohledových hodnot chráněného území (typicky se bude týkat např. umístění fotovoltaických panelů).

D. Strukturální a konstrukční změny posuzovaných objektů

Při vyhodnocování návrhů jednotlivých opatření je třeba posoudit jejich dopad komplexně. Zvažovat je nutné jak ztráty původní materie konstrukcí, jejich povrchů či řemeslných prvků, tak i vliv navržených opatření na budoucí funkci objektu. Zahrnout je třeba i realizační nároky na instalaci.

Při vyhodnocování konstrukčních a strukturálních změn, které by realizace energetických opatření mohla způsobit, památková péče posuzuje:

- rozsah, velikost strukturální změny, zásah do hmotné podstaty
- možnost navrácení do původní podoby (reverzibilitu)
- míru vizuální změny s instalací spojenou

Pro určení míry ovlivnění konstrukcí objektů jednotlivými opatřeními je orientačně možné použít následující dělení. Je ovšem třeba mít na paměti, že hranice jednotlivých skupin je neostrá a rozhodnutí bude vždy záviset na individuálním posouzení konkrétního návrhu, respektive míry zásahů, kterou si jeho realizace vyžádá:

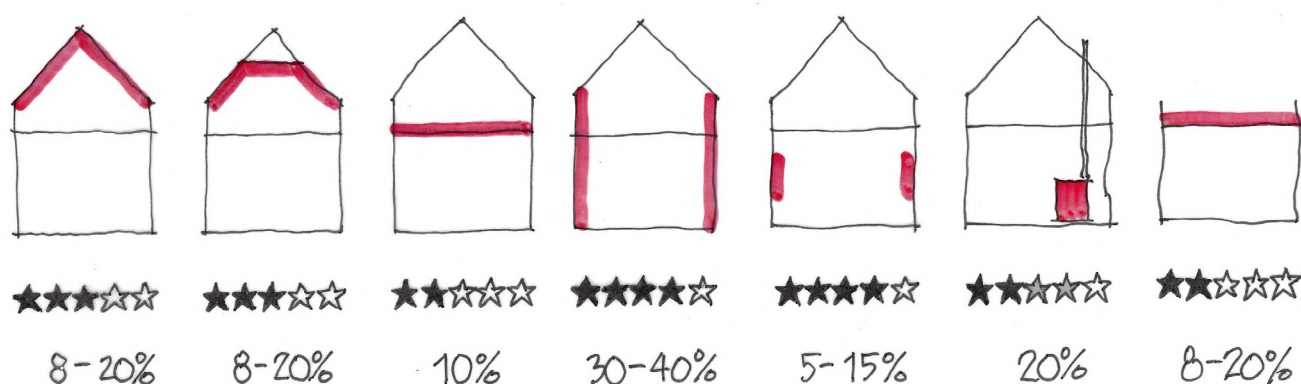
- **Opatření uskutečnitelná „neinvazivně“ s vysokou mírou reverzibility** – jedná se o opatření, zásahy či stavební úpravy, které nevykazují žádnou, nebo velmi nízkou nutnost zásahů do stavebních konstrukcí a vyznačují se vysokou mírou reverzibility. Typicky se může jednat o některá technologická zařízení, např. o instalaci nového tepelného zdroje s malými nároky na stavební zásahy. Dalšími příklady mohou být zateplení stropů nad posledním podlažím formou položení izolace či provedení repase stávajících oken spojené s obnovou jejich funkce.
- **Opatření s nároky na částečné zásahy do konstrukcí, případně opatření spojená s výměnou řemeslných prvků** – jsou potenciálně spojené s určitými ztrátami existující materie. Ty mohou být kladně posouzeny pouze za situace, kdy se nejedná o zásah do hodnotných částí objektu, nebo jde o zásah s nevýznamnými dopady, či v situaci, kdy dotčená část budovy je již dožilá a její náhrada je nezbytná. Podmínkou je ovšem nalezení takového způsobu provedení, které se do celku začlenění nerušivě, nepoškodí hodnotné konstrukce a bude odpovídat i původnímu materiálovému, architektonickému i stylovému řešení stavby. Příkladem mohou být některá opatření spojená s výměnou dožilých omítek soklových částí stěn, provedení izolací podlah v přízemí s vhodnou návazností na zděné konstrukce, nebo zateplení střechy v rovině krovu. Nekonfliktní je také zateplení podlahy u prostor nad průjezdy aj. Typický je i příklad výměny okenních výplní za nové s lepší tepelně izolační schopností.
- **Opatření spojená se zásahy do hmotné podstaty objektů obecně nevratné povahy** – jedná se o návrhy, jejichž realizace si vyžádá zásahy do konstrukcí a povrchů a je spojena s jejich tvarovými proměnami. Typicky se jedná o vnější zateplení objektů provedené jak kontaktním zateplovacím systémem, tak např. termoizolačními omítkami. Patří sem též výměny oken, které původním neodpovídají svým typem, materiálem a tvarem. Naopak v některých specifických případech (převážně u architektury 20. století) se zde mohou vhodně uplatnit chytrá řešení, např. užití speciálních izolací s nízkou tepelnou vodivostí, významné je také řešení hlavních problémových míst (tedy ne celého průčelí), zejména tepelných mostů. Ty jsou zejména typické pro stavby z 20. století (funkcionalistické stavby).

Opatření navržená v rámci energetické renovace objektů, která lze zařadit do první skupiny, bude možné realizovat bez problémů ve všech případech; opatření zařaditelná do skupiny druhé za jasně stanovených podmínek a opatření ve skupině třetí pak pouze výjimečně u staveb atypických či doplňkových. Konstrukční a strukturální změny je ovšem nutné vždy posuzovat a vyhodnocovat se změnami vizuálními.

Vizuální změny posuzovaného objektu nebo území způsobené v důsledku navržených opatření se mohou dotknout jak interiéru, tak exteriéru a tvoří je stavební zásahy i instalace nejrůznějších zařízení. U objektů s plošnou ochranou (městských památkových rezervací, památkových zón či ochranných pásem) půjde většinou o vyhodnocení dopadů na exteriér (s ohledem na míru jeho ochrany). U kulturních památek a národních kulturních památek i na interiéru.

Realizace komplexní stavební obnovy může přinést v kombinaci řady zásahů celkovou vizuální proměnu objektu. V obecné rovině je možné konstatovat, že stavební zásahy jsou přijatelné, pokud vycházejí z typologie stavby a pracují s původním tvarem, materiálem a způsobem zpracování. Vhodné je dodržovat princip kontextuality – tedy způsob, kdy opravované či doplňované části stavby nerušivě doplní původní celek.

Technologická zařízení jsou běžnou součástí staveb, objekty s památkovou ochranou (národní kulturní památky, kulturní památky, městské památkové rezervace a zóny) nevyjímaje. Protože je exteriér objektů velmi citlivý na změny, je třeba dbát určitých zásad. Ty spočívají především v jejich instalaci na vhodně zvolených, pohledově neexponovaných místech, a to jen v nezbytně nutné míře. V opačném případě pak může dojít k podstatné proměně vzhledu objektu, klíčových vedut či celého sídla. Potencionálně velký vliv na vizualitu staveb může mít instalace vzduchotechniky a fotovoltaických zařízení.



Obrázek 2: Ideové znázornění investiční nákladovosti (hvězdičky) a rozsahu úspory energie různých energeticky úsporných opatření

Energetický koncept budovy

Energetický koncept budovy je soubor koncepčních, stavebních a technologických opatření tvořící ucelený plán na zajištění komfortního a zdravého vnitřního prostředí s důrazem na optimalizaci využití energie a minimalizaci její spotřeby. Jde tedy o úvodní rozvahu, která má zajistit holistický přístup.

Energetický koncept vzniká na počátku záměru a je přirozenou součástí každé projektové studie. Jeho úkolem je definovat možné přístupy k energetické sanaci na úrovni koncepčních, stavebních i technologických opatření. Kde výsledkem je sofistikovaný a propojený celek. S ohledem na multidisciplinární úlohu vzniká v úzké kooperaci širšího týmu odborníků. Nejčastěji je jeho tvůrcem energetický specialista se znalostí stavební fyziky v součinnosti s architektem, projektantem a specialisty na techniku prostředí budov, především v oboru vzduchotechnika, vytápění a chlazení.

V oblasti renovace památkově chráněných budov musí být energetický koncept konzultován i se zástupci orgánu památkové péče tak, aby byl nalezen co nejcitlivější možný přístup a byl v souladu s hodnotami ochrany dané budovy nebo území. Prováděcí **vyhláška č. 66/1988 Sb., k zákonu o státní památkové péči** ukládá v případě vydání závazného stanoviska orgánu památkové péče v rámci uložených podmínek, aby zajistil mimo jiné i „kvalitu a hospodárnost všech přípravných a prováděcích prací obnovy“ památky. Cílem je, aby nad míru přiměřenou nezatěžoval stavebníky vysokými pořizovacími i provozními náklady. Má se proto zato, že orgány památkové péče budou sledovat stav techniky a ceny jednotlivých opatření a toto ve svém stanovisku zohlední.

Historicky dnes většina chráněných či cenných budov využívala přerušného vytápění pomocí lokálních zdrojů na tuhá paliva situovaných v jednotlivých místnostech, teplota vzduchu byla oproti dnešku výrazně nižší a nerovnoměrně rozložená po místnostech i během dne. Koncept větrání spoléhal na netěsná okna a přirozený odtah vzduchu přes lokální spalovací zdroj. Lidé byli přivyklí mnohem vyšší míře diskomfortu a méně stabilnímu prostředí, než je tomu dnes. Prosté obnovení tohoto stavu může být z pohledu limitů památkové péče považováno za nejvhodnější řešení, současně však může představovat snížení užitného komfortu, se kterým by měl být budoucí uživatel vždy srozuměn. Určujícím kritériem nového energetického konceptu jsou především požadavky na tepelnou pohodu a komfort uživatelů, vždy však úměrně limitům a požadavkům památkové péče.

Energetická náročnost sice není nejdůležitější částí záměru renovace, úzce však souvisí s užíváním budovy a je součástí širšího pojmu udržitelnosti, tedy schopností budovy odolat času a adaptovat se na nové podmínky. V době vysokých cen energie může být kvalifikovaně zpracovaný energetický koncept klíčovým pro jejich další osud. Obnova a energetická sanace památkově chráněných budov a architektonicky cenných budov je vždy náročnější a často vyžaduje individuální přístup a atypická řešení tak, aby byla zachována jejich kulturní hodnota. Vhodné je tak počítat s vyšší finanční i časovou náročností renovace.

A. Energetické souvislosti

Stávající nerenovované budovy mají typicky vysokou energetickou náročnost a s tím související provozní náklady. Výroba i spotřeba energie (bez ohledu na její formu) bude do budoucna vždy nákladná, spojená s dopady na životní prostředí, a proto je jediným dlouhodobě udržitelným řešením energie spotřebovávat co nejméně.

Rozhodující spotřebou bývá vytápění, které se na celkové spotřebě podílí ze 70 až 90 %. Je tedy hlavním problémem, na který se v rámci energetického konceptu zaměřujeme. Spotřebu lze krátkodobě snížit změnou vlastního chování či snížením vnitřní teploty vzduchu (běžně v rozsahu 10 až 30 %). To je doprovázeno snížením komfortu a v některých případech to může ohrozit i zdraví.

Výměna zdroje tepla zvýší účinnost využití energie (běžně v rozsahu 5 až 25 %) a v případě změny paliva může dojít i ke změně nákladů. Nezmění ovšem energetickou náročnost samotné budovy. Hlavním dlouhodobým řešením nákladných energií je snížení energetické náročnosti tepelněizolační sanací obálky budovy. Výměna zdroje by měla přijít až po tomto kroku. V takovém případě by mělo být možné instalovat zdroj s nižšími pořizovacími náklady, nižším výkonem, vyšší účinností a levnějším provozem. Stavební opatření mají výrazně vyšší životnost než opatření technologická – např. výměna zdroje má běžně životnost jen okolo 15 až 20 let, během kterých je nutné zajistit finanční rezervu na jeho obnovu.

Nejefektivnější je komplexní renovace zahrnující současnou realizaci zateplení stěn, zateplení střechy, výměnu oken, instalaci nového zdroje tepla a instalaci fotovoltaických panelů na střechu. Taková renovace je nákladnější, ale při korektním provedení ušetří 70 až 90 % nákladů na vytápění i chlazení. Nemá-li stavebník dostatek finančních prostředků na komplexní renovaci, může ji rozdělit do menších etap, které na sebe budou vhodně navazovat a nebudou kontraverzní. V kontextu limitů památkové ochrany často nebude možné přistoupit k realizaci všech zamýšlených energeticky úsporných opatření či k jejich realizaci v plném nebo optimálním rozsahu. Výsledná energetická úspora tak bude nižší – podle stupně ochrany a rozsahu renovace 10 až 60 %.

Cíle energetického konceptu

Budova je navržena pro jasně definovaný účel a slouží uživateli, nikoliv naopak. **Klíčem ke korektnímu návrhu a realizaci je vždy komplexní (holistický) přístup**, směřující k zajištění bezpečného a stabilizovaného stavu nejen pro uživatele, ale i pro stavbu (včetně vybavení interiéru) a zachová urbanistické a památkové hodnoty. Výsledkem bude funkční, udržitelná a uživatelsky přívětivá budova.

Na začátku sestavení konceptu je vždy nastavení cílů a okrajových podmínek s ohledem na finanční možnosti stavebníka a limity památkové péče. Zásadou je finanční udržitelnost projektu, a to jak v rovině pořizovacích, tak i provozních nákladů.

V prvé řadě definujeme vnitřní mikroklimatické požadavky s ohledem na kvalitu vnitřního prostředí budovy a uživatelský komfort. V případě rozporu s finančními možnostmi stavebníka dochází k optimalizaci.

Cílíme na budovu v energetickém standardu odpovídajícím budoucím požadavkům, nikoli těm současným. Ustupovat z vytyčených cílů lze vždy. U budov, které nejsou podstatně limitovány požadavky památkové péče (např. budovy v zónách, architektonicky cenné budovy apod.), doporučujeme cílový stav nastavit na úrovni klasifikace B v PENB. V případě kumulace limitů (památkové péče, stav konstrukcí, provozní souvislosti, zásadní finanční omezení apod.) se cílový stav nastavuje úměrně rozsahu těchto limitů, vždy však přiměřeně ambiciózní tak, aby motivoval k diskusi a hledání vhodných řešení.

Energetický koncept je nástroj sloužící k uchování kontextu a poskytující zpětnou vazbu do všech následujících fází projektu.

Pro renovace historicky cenných budov (bez památkové ochrany) jsou stavební požadavky dle zákona závazné bez výjimky. V případě objektů pod ochranou a v gesci památkové péče je mimo jiné rozhodující způsob/režim využití a nová funkční náplň budovy, v případě celoročního využití a denního provozu však platí prakticky totéž. Je to podmíněno rovněž odpovědností projektanta, zhotovitele stavby, dozoru projektanta a technického dozoru stavebníka, jako autorizovaných osob. Týká se to například budov pro bydlení, administrativu, školství, kulturní stavby apod. V případě staveb se sezónním, výhradně letním provozem, případně staveb v zimě nevytápěných nebo pouze temperovaných, lze připustit selektivní, odůvodněné výjimky z tohoto ustanovení.

B. Obsah energetického konceptu

Při tvorbě energetického konceptu vycházíme z předem definovaných cílů, které mohou v průběhu plánování doznat korekcí. Vždy však s potřebnou mírou uvědomění si vzájemných vazeb. Odstranění dílčí části konceptu bez adekvátní náhrady narušuje funkčnost konceptu a má dopad do nákladů.

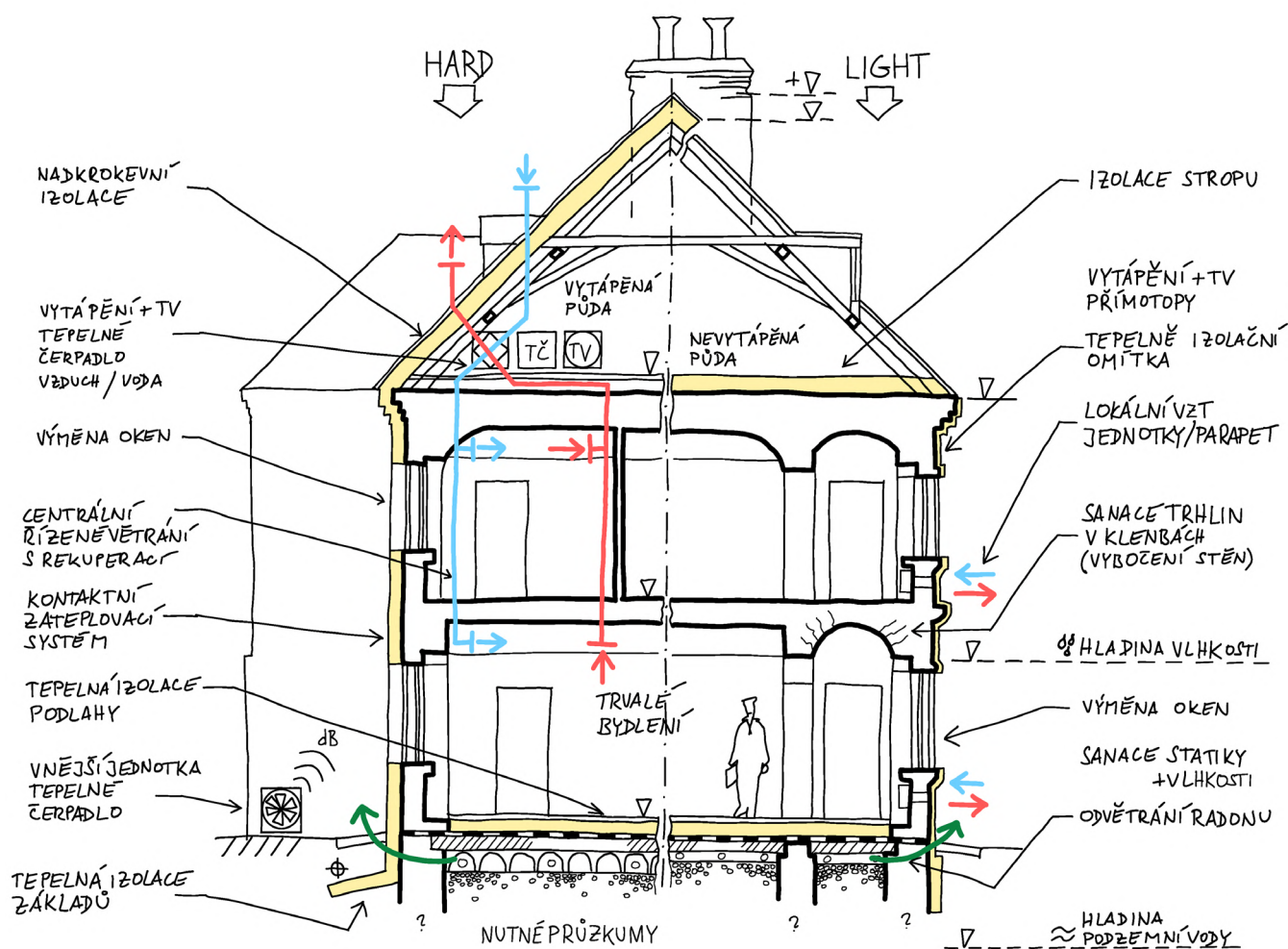
Koncept vychází ze znalosti stávajícího stavu budovy i nového funkčního využití, který s sebou nese silné a slabé aspekty. Silných je třeba využít (např. akumulární schopnost konstrukce, nižší míra prosklení, kompaktní tvar, větrací světlíky apod.), případně jimi vyvážit ty slabé. Na slabé stránky reagujeme návrhem vhodných opatření nebo změnou zadání. Každá budova je specifická, a proto bude i energetický koncept vždy individuální reakcí na dané podmínky a zadání.

Energeticky úsporná opatření lze rozdělit do několika kategorií. Návrh preferuje v posloupnosti beznákladová opatření, nízkonákladová a až v případě nutnosti ty finančně nejnáročnější:

- **Koncepční opatření** – představuje soubor úprav směřujících ke změně zadání či výchozího stavu návrhu. Ve většině případů mají vést k podstatným úsporám investičních nákladů a celkovému zjednodušení konceptu. Obecně však vyžadují diskusi s investorem a architektem, protože se dotýkají funkčního využití budovy, rozsahu renovace či vizuálního ztvárnění.

- **Stavební opatření** – soubor opatření realizovaných převážně na obálce budovy a mající největší vliv na vizuální stránku a následné koncipování technologické části projektu.
- **Technologie** – soubor technických zařízení budovy v kontextu s koncepčními a stavebními opatřeními, jejichž úkolem je zajištění požadované kvality vnitřního prostředí, případně snížení provozních nákladů.
- **Energetický a facility management (včetně optimalizace provozu)** – představuje soubor opatření zefektivňujících provoz jednotlivých technických zařízení a především korektní (úsporné) uživatelské návyky.

Technologie nejsou samospasitelným opatřením. Nevyřeší stavební, natož koncepční nedostatky. Při sestavení energetického konceptu postupujeme od koncepčních opatření, kterými se snažíme minimalizovat rozsah nutných stavebních úprav a instalované technologie. Následně definujeme způsob a možnosti realizace stavebních opatření na obálce budovy s cílem minimalizovat technologie. Cílem je zajištění kvality vnitřního prostředí a minimalizace provozních nákladů. Vždy je nutné vnímat kontext a v případě nutnosti se vracet k podstatě problému – koncepčnímu či stavebnímu řešení.



Obrázek 3: Příklad prvotní úvahy k energetickému konceptu revitalizace historicky cenných hospodářských budov. Původní funkce administrativa a služební byty. Výsledný stav trvalé bydlení. Krov je dochovaný, ve velmi dobrém stavu. Koncept je nastíněn schematicky ve dvou technicky a finančně odlišných variantách. Graficky jsou znázorněny vždy v polovinách řezu. V levé části se jedná o dvorní část fasády bez zdobných prvků. V pravé, vstupní průčelí s náročnější architektonickou profilací. Reprezentují rozdílnou míru snížení energetické náročnosti, ale i míru zásahu do stavby. Slouží jako příklad „myšlenkové mapy“ pro první jednání se stavebníky, nebo orgány památkové péče. Studie: Michal Čejka a Josef Smola, srpen 2024

Příklad 1: Do podzemních prostor jsou navrženy toalety společenského sálu. Z tohoto důvodu je nutné provést kompletní tepelně-technickou sanaci podzemních prostor a nákladné odvlhčení zdiva. Místnosti musí být vybaveny samostatným systémem řízeného větrání a zdroj tepla musí být naddimenzován o 20 %, aby pokryl vysoké tepelné ztráty. Koncepční možností je umístit toalety do nadzemních prostor, které nevyžadují tepelně-vlhkostní sanaci a lze je napojit na standardní systém větrání i na navržený zdroj.

Příklad 2: Návrh společenského sálu do prostor s vyšší mírou prosklení (cca 70 %) a západní orientací a realizací vnitřních stínících prvků představuje naddimenzování systému řízeného větrání na dvojnásobek a nutnost instalace řádově výkonnějšího zdroje chladu, včetně samostatného doplňujícího systému chlazení s nutností umístit vnější kondenzační jednotky a realizací náročného systému řízení a regulace. I tak budou uživatelé vystaveni značnému diskomfortu. Koncepční možností je umístit společenský sál do části budovy s výrazně menším prosklením, případně instalace vnějších stínících prvků.

Každé typologické (také funkční) využití budovy má jinou strukturu energetických spotřeb a pro energetický koncept tak může být zásadní, např. systém osvětlení či systém chlazení. Většinově však dominuje požadavek na vytápění (typicky budovy s nižší vnitřní tepelnou zátěží), proto bývá snížení tepelných ztrát obálkou základním opatřením většiny renovací.

Pro zajištění vnitřních mikroklimatických podmínek je nezbytné klást důraz na následující části:

- Funkční využití budovy ve vztahu k jejím možnostem a stavu konstrukcí
- Zajištění stability a statiky
- Zjednodušení trasování a zajištění spojitosti tepelněizolační obálky budovy
- Zvýšení kvality obálky budovy zajišťující vyšší povrchové teploty konstrukcí (nízkou tepelnou propustnost) a nízkou průvzdušnost
- Stabilizace vlhkostních poměrů konstrukcí
- Eliminace tepelných mostů a rizikových míst z pohledu kondenzace vodní páry
- Návrh konceptu větrání budovy
- Zajištění tepelné pohody uživatelů v letním období – eliminace rizika přehřívání
- Návrh zdroje ve vazbě na energetické potřeby budovy a teplotní spád otopné soustavy
- Systém regulace a řízení jednotlivých technických systémů a sběr dat

Energetický management může mít výrazný vliv na rozdíl mezi výpočtovou a reálnou spotřebou energie. Korektním způsobem užívaná budova a jednotlivé technické systémy mohou ušetřit 3 až 20 % energie. Kvalifikovaný energetický management je založen vždy na měření spotřeby energie, analyzování provozu technických systémů budovy a následné optimalizaci provozu. Významná část je věnována i proškolení uživatelů zaměřené na správné užívání budovy a energeticky úsporné návyky.

Postup sestavení konceptu

Sestavení energetického konceptu v kontextu technických, estetických a ekonomických limitů vyžaduje cyklickou úpravu zadání k získání optimálního výsledku (náročnost konceptu u rozsáhlejších budov obvykle vylučuje úspěšnost prvotního návrhu i u kompetentních odborníků).

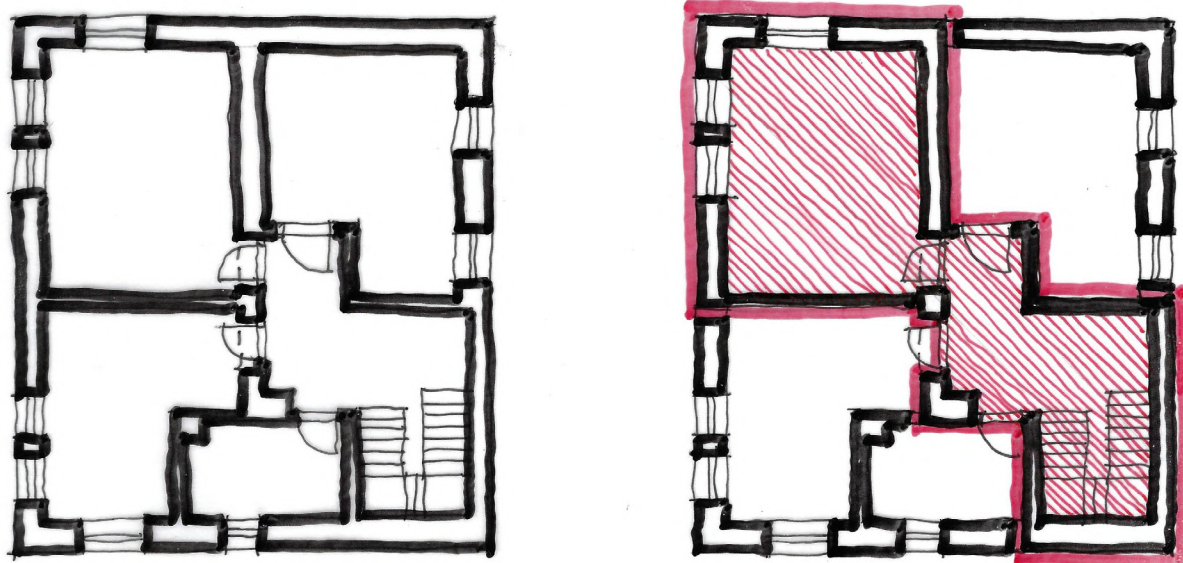
1. **Korektní teplotní zónování a koncepční opatření** – zvážíme funkční využití budovy, provozní vytížení a objem budovy s garantovanými mikroklimatickými podmínkami. Vyhneme se využití prostorů s komplikovanou tepelně-vlhkostní sanací – typicky suterénu. Zajistíme, aby mezi prostory s rozdílnými teplotami byly vždy dveře, do suterénu pak těsné dveře s prahem.
2. **Tepelně-technická sanace obálky budovy** – cílem je sanovat všechny části obálky budovy, tj. vnější stěny, strop či střechu, výplně otvorů, strop nad nevytápěným suterénem a podlahu na zemině, případně konstrukce k nevytápěným prostorům. Zvážíme a promyslíme optimální trasování tepelněizolační roviny i s ohledem na požadavky a doporučení památkové péče tak, aby byly maximálně zachovány hodnotné aspekty budovy. Klíčový je návrh řešení vnějších stěn s okny, který bude určující pro návrh technického zařízení budovy a z pohledu investičních nákladů.
3. **Koncept větrání** – je nezbytné zajistit dostatečnou výměnu vzduchu v době přítomnosti osob, ale i mimo ni. Koncept obsahuje návrh přírodních i odvodních prvků, způsob jejich ovládání a regulace v kontextu požadavků na kvalitu vnitřního prostředí budovy a celkovou energetickou náročnost budovy. Nadstandardní pozornost, zvláště u větších a kompaktních budov či u budov obytných, věnujeme systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla.
4. **Sestavení technologie vytápění a chlazení** – úpravou obálky budovy, konceptu větrání a změnou funkčního využití se mění i provozní a energetické nároky na zdroj tepla a chladu. Změna bude pravděpodobně doprovázena i návrhem nové či úpravou stávající otopné soustavy a doplněním soustavy chlazení vybraných částí budovy. Díky úsporné obálce a nízkým tepelným ztrátám je možné uvažovat i o zdrojích s finančně náročnějším provozem, ale komfortnějším automatickým ovládáním. Zvláště u budov s horšími tepelněizolačními vlastnostmi obálky budovy je nutné věnovat pozornost systému řízení a regulace zdroje a jeho provozním nákladům. Podmínkou efektivní funkce zdroje tepla je nezbytné tzv. termohydraulické vyregulování otopné soustavy a úprava regulace zdroje.
5. **Ostatní spotřeba** – vytápění není jedinou spotřebou energie v budově. Po snížení spotřeby se věnujeme také chlazení, ohřevu vody, osvětlení, větrání a úpravě vlhkosti, případně i spotřebičům. V mnoha případech lze instalovat technologie pro využití odpadního tepla, systém řízení a regulace a omezit spotřebu budovy. Vždy hledáme možné synergie při zjednodušení systému.
6. **Obnovitelné zdroje energie (OZE)** – v kontextu změny struktury, velikosti spotřeby energie a vývoje legislativy v oblasti energetické náročnosti budov je vhodné hledat možnosti a způsoby efektivního využití energie z obnovitelných zdrojů, zvláště v oblasti případné výroby elektrické energie. Velký důraz je kladen na kontext památkové ochrany a využití energie primárně pro potřeby dané budovy. Další možností, zvláště v případě limitů památkové péče, je rozvíjející se forma sdílení obnovitelné energie z jiných budov či energetických komunit. V rámci tohoto je vhodné zvážit, do jaké míry může budova fungovat v rámci “služeb flexibility” (např. výroba elektřiny, tepla či chladu).
7. **Uživatelské ovládání a regulace** – zaměřujeme se na provázanost a uživatelský komfort provozu budovy. Čím složitější energetický koncept nastavíme, tím více se musíme věnovat vzájemné provázanosti jednotlivých prvků a regulaci navržených technologií. Obecně musí být kladen velký důraz na jednoduchost, uživatelskou přívětivost a srozumitelnost, případně vyváženou automatizaci a možnosti zásahů uživatele do systému. Přílišná automatizace či kumulování složitých požadavků může vést k celkově nefunkčnímu konceptu.

Koncepční opatření

Prioritou je skloubení optimálního funkčního využití budovy z pohledu nezbytných stavebních úprav a požadovaných mikroklimatických podmínek. Dále je zásadní nekomplikované trasování a kompaktnost tepelněizolační roviny s ohledem na tepelné zónování budovy (sdružování prostor s obdobným režimem funkčního využití a teploty) či zkrácení trasy rozvodů technologií. V některých projektech se může jednat o regulaci počtu uživatelů/návštěvníků či dobu jejich pobytu. Dále obsahuje doplnění konstrukcí (např. příčky), vhodně řešenou přístavbu či redukci míry prosklení části fasády, vždy však úměrně limitům památkové ochrany.

Každá budova má svou stavební podstatu poplatnou době vzniku. Typicky kamenné masivní budovy mají typicky lepší tepelnou stabilitu než funkcionalistická výstavba či novější prosklené budovy brutalistní architektury. Změna funkčního využití musí respektovat charakter dané budovy a cílem je redukce, nikoliv kumulace či násobení problému:

- Vhodné funkční využití budovy ve vztahu k jeho možnostem, stavu konstrukcí a památkovým hodnotám. Týká se především prostorů, které vykazují tepelně-vlhkostní problémy nebo jsou umístěné pod úroveň terénu a předpokládají se vysoké náklady na jejich sanaci. Výchozí technický stav místností a jejich cílový stav musí odpovídat účelu jejich využití.
- Prostory s vysokou vnitřní tepelnou zátěží (např. přednáškové sály, učebny, administrativy...) nelze vystavovat expozici solárních zisků výrazně prosklené fasády. Kumulace vnitřních a solárních zisků negativně ovlivňuje dimenzování technického zařízení budovy i kvalitu vnitřního prostředí.
- Je-li součástí renovace budovy rozsáhlejší změna stavby (přístavba, vestavba či nástavba, samostatná dostavba), jejím zapojením do konceptu by měly být vždy zlepšeny energetické parametry původního celku.



Obrázek 4: Požadavek na vytápění suterénních prostor (červená barva) značně komplikuje, a především prodražuje celou renovaci budovy. Z koncepčního hlediska je vhodnější suterénní prostory ponechat bez úpravy vnitřního prostředí (vlevo, bílá barva).

Stavební opatření

Obecně platí, že má-li být budova energeticky úsporná, neobejde se bez nízkých tepelných ztrát obálky. Vysoké ztráty nelze jednoduše dohnat technologickými opatřeními, vždy to bude za cenu vyšších investičních i provozních nákladů do technologické části a provázeno nižším užitným komfortem.

Na obálku lze pohlížet jako na celek a horší vlastnosti jedné její části vyvážit lepšími vlastnostmi části jiné. Z pohledu návrhu technických systémů je však nutné věnovat pozornost i jednotlivým částem/zónám, od kterých se bude odvíjet návrh distribuční části soustavy.

Míra snížení tepelných ztrát obálky budovy zásadně ovlivňuje technologickou část budovy. V první řadě tepelné ztráty jednotlivých prostor a místností ovlivňují návrh otopného systému, a především jeho teplotní spád. Právě ten je určující pro následnou volbu zdroje a efektivitu jeho provozu. V druhé řadě je ovlivněno dimenzování samotného zdroje, což může mít závažné dopady nejen do ceny a provozních nákladů, prostorových nároků, ale i na umístění a povolení samotného zdroje.

U budov s nízkým objemovým faktorem A/V (poměrem plochy obálky budovy k vytápěnému objemu) není tepelná ztráta obálkou budovy tak dominantní jako u budov s vyšší hodnotou A/V . Vnější zateplení stěn pak nemusí hrát tak velkou roli jako například instalace řízeného větrání s rekuperací tepla. Naopak, u malých členitých budov je zateplení obálky budovy zcela klíčové a nelze jej z energetického pohledu opominout. U velkých kompaktních budov jsou i cílové hodnoty součinitele prostupu tepla vyšší než v případě malých členitých budov.

Důležité rozhodnutí, od kterého se bude odvíjet další postup, je učiněno z pohledu situování tepelněizolační roviny ve skladbě pláště. Cílem je souvislé a nepřerušené vedení izolační roviny po celém obvodu pláště budovy. Při každém záměru je nezbytné vyhodnotit možnosti rozsahu zateplení.

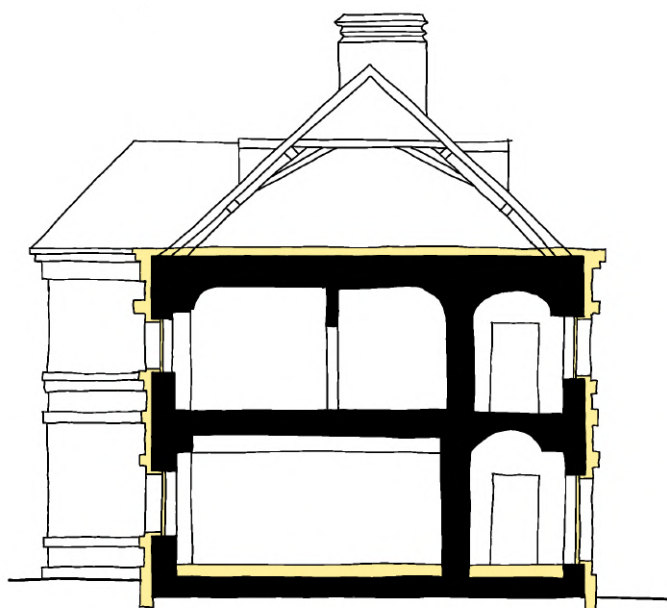
- **Vnější rovina** – ze stavebně-fyzikálního pohledu jde o nejvhodnější řešení s minimálním rizikem kondenzace vodní páry. Z pohledu památkové péče se však jedná o nejproblematictější část konceptu. Tato varianta vyžaduje obnovu fasády včetně jejich estetických prvků a řešení změny proporcí budovy či spárořezů obkladů. Do této části může spadat i realizace termoizolačních omítek ve větší tloušťce (typicky 40–60 mm), které zásadně neovlivňují rozložení izoterm v konstrukci.
- **Vestavba** – není-li vedení tepelněizolační roviny z vnější strany možné, je vhodné provést vestavbu nové budovy. Uvnitř domu je realizována nová nosná konstrukce odděleně od současné a v meziprostoru je umístěna tepelněizolační rovina. Často se uplatňuje u budov, které mají stávající vnitřní konstrukce (zejména stropy) staticky nevyhovující a bude je nutné odstranit.
- **Vnitřní zateplení** – realizace tepelněizolační roviny na vnitřní straně konstrukcí. Tento způsob je značně rizikový z hlediska stavební fyziky a defektních míst. Vyžaduje pečlivý návrh s využitím pokročilých tepelněizolačních systémů (např. kapilárně aktivních), včetně podrobné modelace tepelně-vlhkostního pole řady detailů. Nevhodný návrh může zapříčinit nejen kondenzaci vodní páry, ale i závažné poruchy a degradace především dřevěných konstrukčních prvků. Realizace vnitřních termoizolačních omítek ve větší tloušťce (typicky 40–60 mm) obvykle zásadně neovlivňují rozložení izoterm v konstrukci a lze je považovat za bezpečnou i z pohledu rizika kondenzace, představují však jen částečnou korekci tepelně-technických vlastností konstrukce.
- **Bez tepelněizolační roviny** – zejména v případě národních kulturních památek, kulturních památek, a městských památkových rezervací, pokud existují oprávněné nároky památkové péče, které omezují nebo znemožňují jakoukoliv tepelněizolační sanaci vnějšího zdiva, je přípustné přerušení této roviny nebo její výraznější oslabení, nebude-li docházet ke stavebně-fyzikálním poruchám. Koncept se následně soustředí na části konstrukce, u kterých je tepelně-technická sanace možná.

V případech, kdy není aplikovatelný ani jeden z výše uvedených způsobů snižování ztrát vnějších stěn, je nezbytné věnovat více pozornosti návrhu technických systémů budovy a pokusit se úspor provozních nákladů dosáhnout vhodnou volbou zdroje. Další variantou je rozvoj sdílení energie z komunit pro obnovitelné zdroje.

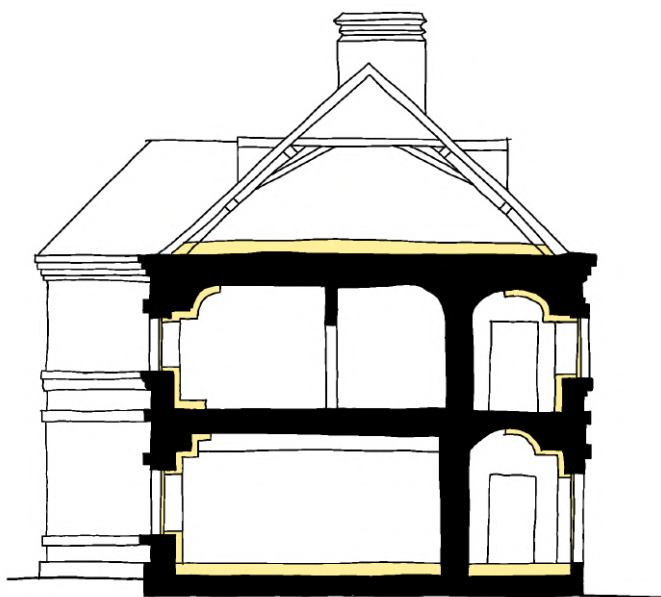
Technologické zařízení budov

Současně se změnou funkčního využití budovy i požadavků na vyšší komfort uživatelů a stabilizaci parametrů vnitřního prostředí budovy je nezbytné navrhnout vhodnou skladbu technických systémů budovy. Vycházíme ze znalosti kontextu původního stavu. Zvážit predispozice, porovnat je se současnými uživatelskými standardy, limity památkové péče a v rámci optimalizace nalézáme přijatelný kompromis pro naplnění cílů nového záměru.

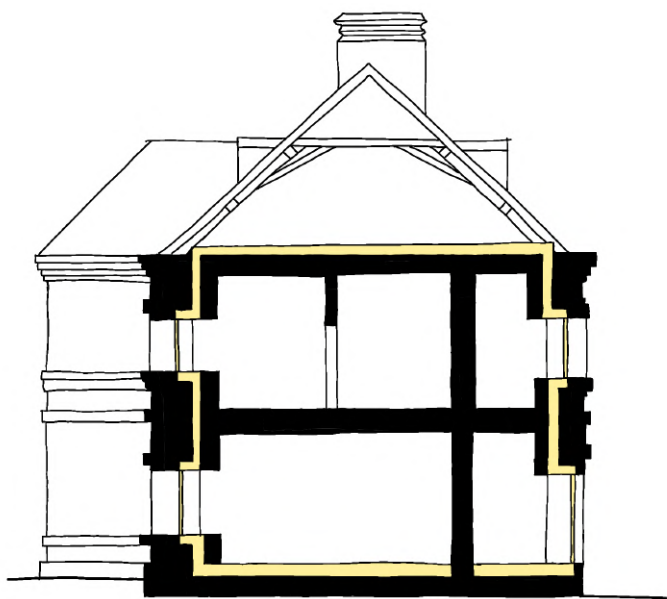
Nejdůležitější technologií je koncept větrání, tedy zajištění dostatečného přívodu a odvodu čerstvého vzduchu. Ten bude ve většině případů zasahovat jak do části stavební, tak i technologické. Rozdělit jej můžeme na primární a sekundární systém. Primární je hlavní systém zaručující stálou a dostatečnou výměnu vzduchu. Sekundární je doplňkový systém navržený ke zvýšení uživatelského komfortu za určitých podmínek (např. v letním období, při větší koncentraci osob apod.).



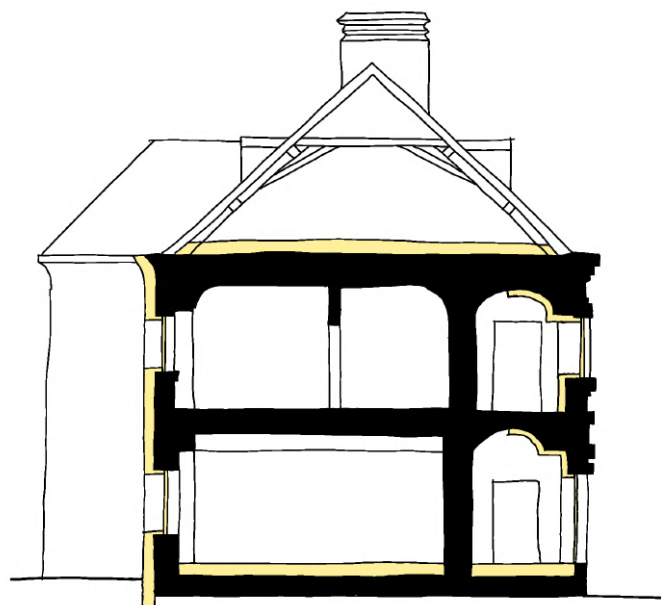
Obrázek 5: Vnější tepelněizolační rovina s reprofilací vnějších zdobných prvků



Obrázek 6: Vnitřní zateplení či termoizolační omítky z vnitřní strany u budov bez možnosti zásahu z vnější strany



Obrázek 7: Koncept vestavby s novou vnitřní nosnou konstrukcí a izolací v meziprostoru nové a původní konstrukce



Obrázek 8: Kombinace vnější členitá fasáda bez/s vnitřní izolací či termoizolační omítkou, dvorní jednoduchá fasáda s vnějším systémem zateplení

Vždy preferujeme větrání řízené (optimálně s rekuperací), které stabilizuje vnitřní mikroklimatické podmínky v budově. Výpočtově i praxí je ověřitelné, že pouhým otevíráním oken (jsou-li těsná) není zajištěna potřebná výměna vzduchu požadovaná právními předpisy (při zachování energetické efektivity, akustické pohody a dodržení zmíněných parametrů vnitřního prostředí).

Přirozené větrání je přímo závislé na návrhu oken a jejich reálném otevírání. V případě využití tohoto systému musí být vypracován koncept větrání zahrnující nejen okna samotná, ale i další funkční prvky, které zajistí požadovanou výměnu vzduchu i mimo přítomnost osob (např. větrací klapky, automatické otevírání oken apod.). Větrání klapkami, či tzv. mikroventilací, může generovat nežádoucí kondenzaci vodní páry. Přirozené větrání je přípustné v prostorách k trvalému bydlení, kde je každý vlastník zodpovědný za jeho provoz (otevírání oken), ale nefunkční v případě budov pro veřejnost.

Zásadní je technologie zajišťující tepelnou pohodu uživatelů, tedy systém vytápění a chlazení. Z pohledu požadavků na dekarbonizaci budov se jako nejvhodnější jeví využití tepelných čerpadel a systémů soustav zásobování teplem. Provoz kotlů na zemní plyn je z tohoto pohledu značně problematický z důvodu politické situace a zátěže na životní prostředí.

U budov s vyšší spotřebou energie na vytápění je nutné obecně volit technické systémy s nižšími provozními náklady, které často představují i nižší míru komfortu (např. nutnost zatápění, prostorové nároky na palivo apod.). Vysoké tepelné ztráty často vylučují aplikaci nízkoteplotních systémů vytápění nebo výrazně snižují jejich účinnost či míru pokrytí. Do budoucna pak mají tyto budovy značně omezené možnosti zdrojového využití s přiměřenou mírou provozních nákladů. Patří k nim např. centrální soustava zásobování teplem, zdroj na biomasu (mimo město), vysokoteplotní tepelná čerpadla, ve vzdálenější budoucnosti vodíkové zdroje.

Je-li v budově potenciál využití odpadního tepla, preferujeme jeho využití v rámci samotné budovy či širšího areálu budov.

Tepelný komfort v letním období musí být zajištěn primárně koncepčními a stavebními opatřeními. Vyskytují-li se i tak v budově prostory s vyšší tepelnou zátěží, je nezbytné je identifikovat a adekvátně zareagovat návrhem technologie. Distribuci chladu lze realizovat buď jako součást systému řízeného větrání, případně využít např. kapalinové systémy (podlahové vytápění/chlazení, stěnové, stropní), anebo instalovat lokální jednotky pouze v místě potřeby. Vždy však je nutné počítat s prostorovými nároky a začleněním vnějších jednotek do kontextu a výrazu stavby.

Koncept OZE se navrhuje vždy na základě velikosti a skladby spotřeby energie. Primárním cílem je energii co nejefektivněji využít v samotné budově. Nicméně své možnosti nabízí i rozvíjející se příležitosti v oblasti služeb flexibility, které jsou ovšem závislé na možnosti budovy aktivně řídit spotřebu energie v čase i v průběhu roku – tedy energii omezit v době špičky a naopak ji spotřebovat v době jejího přebytku. Toho jsou většinou schopné pouze budovy se stabilizovaným vnitřním prostředím.

Kap. 4

Energeticky úsporná opatření

Kapitola obsahuje popis souboru energeticky úsporných opatření v následujícím rozsahu podkapitol:

Kap. 4.1 Svislé stěny obálky budovy

Kap. 4.2 Střechy a stropy

Kap. 4.3 Podlahy

Kap. 4.4 Výplně otvorů

Kap. 4.5 Koncept větrání budov

Kap. 4.6 Technické systémy a energetické zdroje

AUTOMATICKÉ MLÝNY

Kap. 4.1 Svislé stěny obálky budovy

Kapitola se věnuje energetické sanaci obvodových stěn, které jsou rozhodující konstrukcí jak z pohledu energetického konceptu, tak i pohledem ochrany architektonického dědictví.

A. Specifika obnovy a památkové souvislosti

Obvodové stěny jsou součástí hmotné podstaty stavby. Venkovní fasády prezentují stavbu navenek, utvářejí veřejný prostor a tvoří základní část pohledových celků. Umožňují stavbu snadno identifikovat, respektive rozpoznat její charakter, funkci či dobu vzniku. Na plochách fasád je přítomna obvykle řada hodnotných výzdobných a tvaroslovných prvků, často i původních materiálů (stáří sto i více let). I plochy či prvky, které nemají dekorativní charakter, jsou vnímány jako hodnota.

Význam fasád historických staveb je dán jak hodnotou staveb samotných, tak i významem, který mají pro sídlo, v němž se nacházejí. V praxi to znamená, že i objekt zdánlivě méně kvalitní nabývá významu díky místu a urbanistickým souvislostem, v nichž se nachází. V rovině památkové ochrany tuto skutečnost dobře definuje plošná ochrana.

Zateplení stavby pomocí vnějšího kontaktního systému je novodobým stavebním postupem, který představuje obvykle významný zásah do fasády objektu. Ten může být spojen s poškozením stávajícího omítkového souvrství. Vytvoření nové fasádní roviny pak vyvolává nutnost vyřešit řadu citlivých detailů a může v některých případech vést k redukci, nahrazení nebo imitaci původního členění ve zvoleném systému či na něm. Princip kašírování detailů průčelí je pro většinu historicky či architektonicky cenných budov nevhodný a bude podléhat vždy individuálnímu posouzení. Správný přístup spočívá především v citlivé obnově dochovaného celku, v zachování maxima výzdobných prvků, řemeslných detailů i původních materiálů. U jednotlivých forem památkové ochrany je užití kontaktních zateplovacích systémů možné charakterizovat takto:

- U národních kulturních památek a kulturních památek je až na výjimky vyloučené; odchylky se mohou týkat novodobých částí památek (přístavby, nástavby...); rozsáhlé areály doprovází místy novodobé utilitární stavby bez výrazné architektonické hodnoty; posouzení zde bude záviset na způsobu proměny vnějšího výrazu stavby a dopadu na prostředí dané památky.
- U objektů v městských památkových rezervacích je užití vnějších kontaktních systémů obdobně výjimečné; u kmenového stavebního fondu je až na výjimky vyloučené, zvažovat ho lze pouze ve specifických situacích (např. štítové stěny bez členění), nebo u staveb vyložené utilitární povahy; v úvahu přicházejí též různé atypické stavby (industriální architektura, novodobá architektura z druhé poloviny 20. století a soudobé stavby).
- U objektů v památkových zónách jsou možnosti užití kontaktních systémů širší, vyplývá to především z vyšší míry doplňkových a atypických staveb; podstatné jsou zde areály, nebo ucelené části, které se vymykají charakteru daného území; příkladem mohou být novostavby, panelové stavby, industriální areály (včetně brownfieldů), velkovýrobní zemědělské a skladové areály, přízemní garáže ve vnitroblocích a další zpravidla rušivé stavby. Preferovaným zájmem památkové péče nejsou dispoziční změny a úpravy interiérů, což otevírá širší paletu možností energetické sanace stěn vnitřní strany i v případě hodnotných fasád.
- V ochranných pásmech je vnější zateplení možné považovat za akceptovatelné při zachování chráněných hodnot daného území, výše uvedené postupy jsou zde doporučeny.

Ve specifických případech lze obvodové stěny národních kulturních památek a kulturních památek zateplovat zevnitř. Tento postup připadá v úvahu u staveb s prostým interiérem. U objektů, kde preferovaným zájmem ochrany není dispoziční řešení či interiér, je vnitřní zateplení akceptovatelné při zachování chráněných hodnot budovy. Je velmi žádoucí zvažovat více variant řešení v kontextu celého energetického konceptu.

Termoizolační omítky mají širší možnosti užití, ale i svá specifika. Konstrukce, určené k sanaci je potřeba také posuzovat z hlediska vlhkosti, statických poruch a možností budoucích oprav. Užití termoizolačních omítek je vhodné zvážit tam, kde není možné použít klasické zateplovací systémy a kde během obnovy dochází k větším výměnám omítek.

U architektonicky hodnotných objektů mimo památkovou ochranu jsou uvedené postupy památkové péče doporučeny, s přihlédnutím k širším aspektům.

B. Stavebně-technické souvislosti

Stěny jsou z pohledu tepelných ztrát dominantní částí obálky budovy. Jejich energetická sanace, obecně zateplení, vede nejen ke snížení spotřeby energie a provozních nákladů. Dojde také ke zvýšení tepelné pohody v interiéru a stabilizace vnitřního prostředí, které bude méně závislé na změnách vnějších klimatických podmínek. Cílem sanace je také zajistit bezpečnost a dlouhodobou životnost stavebních konstrukcí, povrchů.

Poprvé byla systematicky věnovaná pozornost energetickým parametrům obálky budovy (zejména stěnám) za První republiky. Tehdy se po staletích konzervativně realizovaných a plně řemeslně zvládnutých zděných stavbách objevily v podstatě „experimentální“ železobetonové skelety s vyzděnými pláštěmi. Tím i první poruchy a úvahy o energetické náročnosti a roli tepelných mostů. Dobově byla zažita tloušťka zděné stěny 450 mm z plných cihel. Z hlediska statiky mnohdy předimenzovaná, ale bylo povědomí, že v principu vylučuje povrchovou kondenzaci.

Vnější část konstrukce v zimě promrzá a v létě se přehřívá. Tyto rozdíly teplot spolu s vlhkostí nejen nepříznivě ovlivňují vnitřní mikroklima, ale přispívají k degradaci obvodové konstrukce. Doplněním zateplení se teplota v konstrukci stabilizuje a zvyšuje se i vnitřní povrchová teplota. Tento jev současně zvyšuje i pocitovou teplotu v interiéru. Tu ovlivňuje teplota vnitřního vzduchu a sálavá složka teploty vnitřních povrchů. Čím nižší je teplota povrchů v místnosti, tím vyšší musí být teplota vzduchu. Proto u nezateplených budov je nutné k získání pocitové teploty na úrovni 20 °C vytápat na teploty vyšší než 23 °C.

Vedlejším efektem tepelné sanace stěn je snížení výkonu potřebného technického zařízení pro vytápění, v mnoha případech i pro chlazení budovy. Sanace souvisí i s volbou distribuční části otopné soustavy – druh distribučních prvků a jejich velikost, umístění v místnosti, teplotní spád a s ní související volba a efektivita zdroje. Možnost alespoň částečného snížení tepelných ztrát vnějších stěn tak zásadně ovlivňuje tvorbu celého energetického konceptu včetně výběru technologií.

Nejrozšířenější vnější zateplovací systém je z pohledu památkové péče v obecné rovině nejméně akceptovatelným řešením, se závažným zásahem do ochrany historických konstrukcí a podoby budovy. Na historických budovách mimo gesci památkové ochrany je realizovatelný v míře maximálně respektující historickou hodnotu budovy. Na budovách a územích s památkovou ochranou se připouští spíše výjimečně a ve specifických případech – rozhodující je definovaný předmět ochrany a míra jeho dotčení. Obecné parametry jeho možné aplikace jsou uvedeny výše (památkové souvislosti).

Kromě vnějšího zateplení je možné využít různé systémy a způsoby pro vnitřní zateplení, termoizolační omítky či sofistikované materiály jako jsou vakuové izolační panely, aerogelové rohože nebo materiály na bázi fenolické pěny. Zvolená forma a způsob sanace se bude nejčastěji odvíjet od limitů památkové ochrany na dané budově či v území, rozsahu renovace (dílčí či komplexní) a zásahu do jednotlivých konstrukcí i finančních možnostech stavebníka. Posouzení konkrétní aplikace a způsobu zateplení bude vždy individuální.

Více než kde jinde ovlivňuje volba a umístění tepelněizolační roviny i stavebně-fyzikální parametry celé budovy, zvláště v místech napojení ostatních konstrukcí – vnitřních stěn, střechy, podlahy, stropů, výplní otvorů a prostupů. Součástí konceptu proto musí být i návrh řešení stavebních detailů. Obecně doplnění izolačních materiálů zvýší povrchové teploty a odstraní případný problém s kondenzací vodní páry a následným výskytem plísní v ploše, ale naopak může vést ke zvýšení rizika kondenzace kumulované právě v místě nedomyšlených stavebních detailů.

Sanaci stěn je vhodné realizovat současně s výměnou nebo opravou oken. Ta jsou společně s fasádou nedílnou součástí autentického výrazu stavby. Změna tloušťky stěny vlivem přidání tepelného izolantu (z vnější i vnitřní strany), případně jiných vrstev měnících stavebně-fyzikální vlastnosti, ovlivňuje i optimální umístění okna v konstrukci (viz kapitola Výplně otvorů). Tyto změny často souvisejí také s hloubkou ostění, jejíž navýšení má zásadní dopad do výrazu budovy a dotýká se jak původního architektonického konceptu, tak i limitů památkové ochrany. Obvykle povede v případě zateplení ke změně polohy oken v ostění.

Předpokladem pro korektně provedenou energetickou sanaci stavby je vyřešení problémů se statickými poruchami, vlhkostí nebo se zatékáním.

Ekonomika a tepelně-technické souvislosti

Vnější stěny mají u většiny budov hlavní podíl na tepelných ztrátách a přímý vliv na zvolený způsob vytápění. Zateplením vnějších stěn je možné v závislosti na způsobu a tloušťce tepelného izolantu ušetřit okolo 15 až 40 % spotřeby energie na vytápění. Tepelné ztráty stěnou se izolacemi běžně snižují o více než 80 %. Součinitel prostupu tepla nezateplené stěny se podle nosného materiálu a tloušťky stěny běžně pohybuje v rozpětí $U = 0,8$ až $2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Pro srovnání, cihelná stěna tl. 450 mm má $U = 1,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

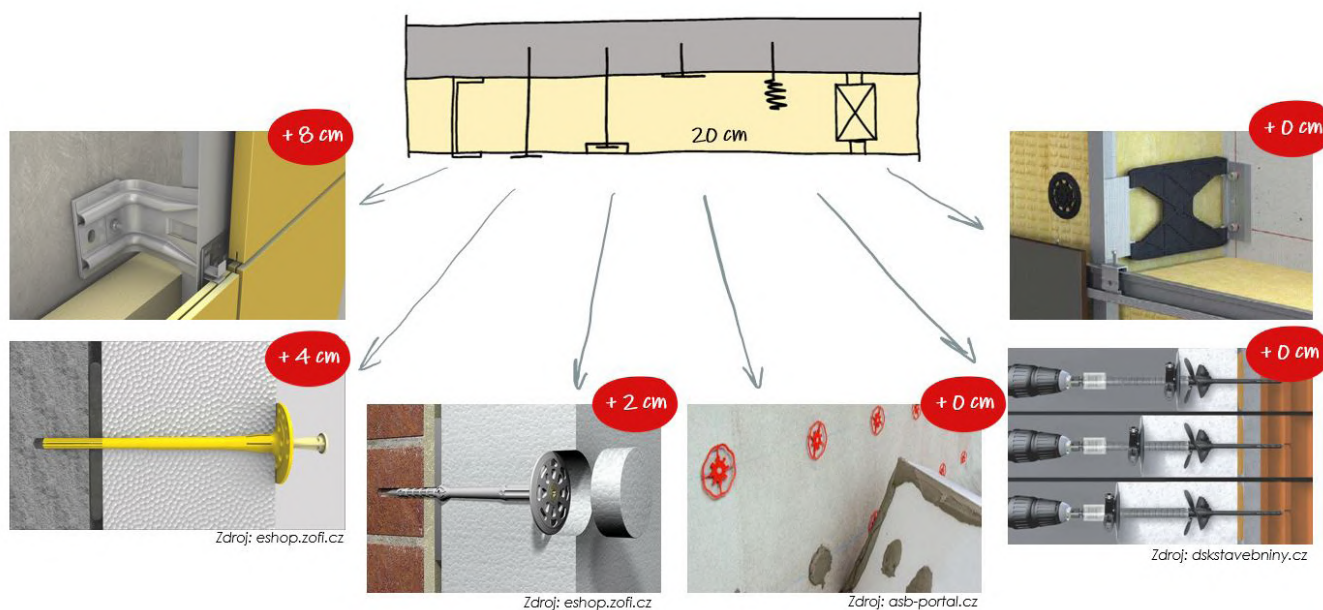
V případě energetické sanace nesmí být překročen normativní požadavek na součinitel prostupu tepla okny. Ten je definován ČSN 730540-2:2011 na úrovni $U = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Dle **vyhlášky č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov** může být v některých případech požadována hodnota $U = 0,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Optimální cílová hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí (můžeme-li s ní pracovat bez omezení) představuje u velkých kompaktních budov hodnotu v rozsahu $U = 0,18$ až $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (více než 150 mm běžného izolantu). V případě menších či nekompaktních budov (s vysokým poměrem A/V) pak rozpětí $U = 0,14$ až $0,18 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (více než 220 mm běžného izolantu).

U památkově chráněných objektů (kdy je k vnějšímu zateplení možné přistoupit), je z důvodu zachování proporcí či návazností (např. na římsu) možné tloušťku izolantu omezit (vždy však v limitech stavebně-fyzikálních souvislostí, tj. bezpečné řešení). V těchto expozicích je vhodné zvážit využití energeticky vysoce účinných izolantů.

S ekonomickou návratností zateplení úzce souvisí tloušťka i izolační schopnost tepelného izolantu. Ten jako jediná položka celého zateplovacího systému generuje úsporu (s jeho tloušťkou roste), přičemž představuje minoritní podíl na investičních nákladech (okolo 20 %). Cenově nejnáročnější položkou zateplení jsou související úpravy jako řešení stavebních detailů (sokl, ostění, římsa...), sanace zanedbané údržby, pronájem lešení, nové omítky, estetické prvky a stavební práce. Má-li se tedy zateplení investičně vyplatit, je tloušťka izolantu rozhodující a nemá zásadní dopad do ceny. Z ekonomického hlediska se optimální tloušťka běžné izolace pohybuje v rozmezí 180 až 280 mm. Skutečná aplikovaná tloušťka izolantu se bude odvíjet od širších souvislostí a možností limitů dané budovy.

Nejběžnějšími izolačními materiály je minerální či kamenná vata a pěnový polystyren. Uvedené tloušťky tepelného izolantu lze snížit vyloučením, nebo alespoň potlačením vlivu systémových tepelných mostů (např. speciálními kotevními systémy). Další možností je využití materiálů s lepšími tepelněizolačními vlastnostmi (tepelná vodivost $\lambda_D \leq 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), mezi které se řadí především pěnový polystyren s příměsí grafitu, extrudovaný polystyren, polyuretan, fenolická pěna ($\lambda_D \leq 0,022 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). A nebo vysoce sofistikované jako: nanovlákná erogel ($\lambda_D \leq 0,014 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) a vakuové izolační panely ($\lambda_D \leq 0,008 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Každý izolant má své specifické vlastnosti a oblast užití a liší se i cenově. Důležitým faktorem je i požární odolnost, a to jak pro vnější, tak i pro vnitřní zateplení. To vše je nutné zvážit při optimalizaci tloušťky izolantu.

V případě požadavků památkové péče limitujících možnosti technického provedení vnějšího izolantu jsou rozhodujícím faktorem především stavebně-fyzikální souvislosti – změna polohy kondenzačního pásma a zajištění dlouhodobé životnosti realizovaných úprav. Ukáže-li se jako technicky příliš komplikovaná i realizace vnitřního zateplovacího systému, je vhodné zvážit možnost alespoň částečného snížení tepelných ztrát stěny. Například užitím 50 mm vnitřní termoizolační omítky lze snížit součinitel prostupu tepla 450 mm cihelné stěny na $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, tedy o 45 %. Tato úprava zásadně nemění polohu kondenzačního pásma v konstrukci a pro celkový energetický koncept je vždy přínosem.



Obrázek 9: Schéma možností kotvení vnějšího zateplovacího systému a jeho vliv na nutné navýšení tloušťky tepelného izolantu

C. Umístění tepelněizolační roviny

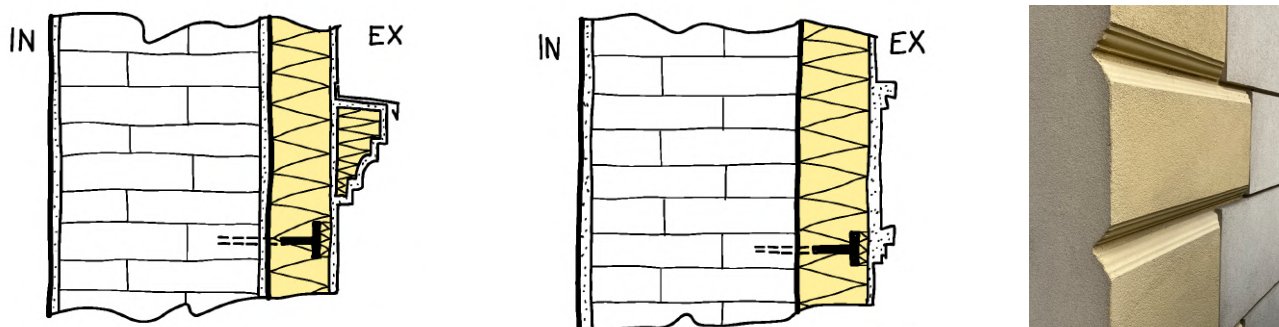
Tepelně-technická sanace vnějších stěn se odvíjí od druhu konstrukce a nosného materiálu, parametrů upravovaného vnitřního prostředí, možností a rozsahu úprav dané konstrukce a požadavků památkové péče. Obecně se můžeme setkat s následujícími možnostmi umístění tepelněizolační roviny:

- Vnější tepelněizolační rovina** – nejčastější řešení, ze stavebně-fyzikálního pohledu nejvhodnější, s minimálními riziky kondenzace vodní páry v konstrukci. Zdivo je v „teplé“ části skladby konstrukce. Akumulační schopnost stěny pozitivně ovlivňuje vnitřní prostředí budovy. Má zásadní dopad do vzhledu a materiálů stavby, zejména vnějšího členění fasád, omítek, říms, štukových prvků, obkladů apod. a často omezuje či vylučuje zachování původních zdobných prvků složitějších fasád. Obnova prvků je možná náhradou, reprofilací a redukcí. Zabýváme se problematikou zateplení s kontaktní povrchovou úpravou. Obklady deskovými materiály s větranou mezerou se realizují podle technických pravidel shodných s novostavbami.
- Vnitřní tepelněizolační rovina** – zdivo je v chladné části skladby, a proto se ze stavebně-fyzikálního pohledu jedná o velmi složitý návrh. Zvláště v místě napojení dalších konstrukcí, který vyžaduje velmi specifický přístup a není jej možné využít ve všech budovách. Vnější vzhled budovy fakticky neovlivní, ale budova ztrácí tepelněakumulační schopnosti. Značnou výhodou je možnost selektivně zateplit jen část stavby, třeba i jednu místnost. Zmenšuje podlahovou plochu a vyžaduje současnou renovaci interiéru.
- Vestavba** – jedná se o specifickou formu vnitřního zateplení. Uvnitř domu je realizována nová nosná konstrukce oddělená od té současné a v meziprostoru je umístěna tepelněizolační rovina. Uplatňuje se u budov, které mají stávající vnitřní vodorovné konstrukce staticky nevyhovující a je nutné je kompletně obnovit, případně u budov (mimo gesci památkové ochrany, které procházejí kompletní obnovou nosných konstrukcí) a vnější cenná fasáda je ponechána bez statického spolupůsobení s ostatními konstrukcemi. Často je dáno ekonomickou náročností obnovy původních konstrukcí v havarijním stavu. Rovněž zde je zmenšena podlahová plocha.
- Tepelněizolační omítky** – nejedná se o faktické „zateplení“, ale pouze o dílčí snížení tepelných ztrát obvodovými stěnami. Omítky s velmi nízkou tepelnou vodivostí se aplikují z vnitřní, nebo z vnější strany ve tloušťce 30–60 mm. Ze stavebně-fyzikálního hlediska nedochází k zásadním změnám tepelně-vlhkostního pole. Tento způsob lze zvolit v případě, kdy není možné aplikovat klasický tepelný izolant.
- Kombinované zateplení** – je spíše okrajovou možností sanace především novodobých železobetonových konstrukcí, kdy je využito kombinace vnějšího zateplovacího systému a doplnění tepelněizolační vrstvy i na vnitřní straně stěny. Ze stavebně-fyzikálního hlediska je skladbu nezbytně pečlivě navrhnout a ověřit tak, aby nevznikalo riziko dlouhodobé kondenzace vodní páry. Vyžaduje vysokou technologickou kázeň při realizaci.

V rámci energetického konceptu lze realizovat kombinaci různých přístupů sanace stěn v rámci jedné budovy. Například uliční fasáda s výraznou profilací bude doplněna jen termoizolační omítkou z vnitřní strany nebo vnitřním zateplením a fasáda směřující do vnitrobloku (bez ozdobné profilace) bude realizována pomocí vnějšího zateplovacího systému.

Vnější zateplení

Vnější zateplení je obecně pro stavbu výhodnější variantou, zdivo je izolantem chráněno proti výkyvům teplot, a tím i rizikům s nimi spojeným. Životnost nosné konstrukce se tak zvyšuje a s výhodou se využije i dobré akumulace zdiva. Tento nejběžnější způsob zateplení se volí především u budov s jednoduchou profilací fasády.



Obrázek 10: Vnější zateplovací systém s reprofilací pomocí izolantu či omítky; foto: Michal Čejka

Ze stavebně-fyzikálního hlediska je velmi důležitá tloušťka tepelného izolantu. Ta by měla být volena tak, aby se pásmo kondenzace nenacházelo na rozhraní tepelného izolantu a zdiva (optimálně tloušťka více než 120 mm). Dalším klíčovým faktorem je ekvivalentní difúzní tloušťka vnějšího omítkového systému včetně stěrky a finálního nátěru. Vnější omítkový systém by tak měl být nejlépe difúzně otevřený, zvláště uvažuje-li se se silnější tloušťkou omítky. Nekorektní návrh souvrství povede v delším i kratším horizontu k jeho zásadním poruchám, jejichž odstranění nemusí být bez kompletní výměny celého systému možné.

Nežádoucím jevem může být růst řas na vnějším povrchu omítky zateplovacího systému. Nejedná se pouze o pohledovou vadu, ale i potenciální zhoršení životnosti povrchové úpravy. Příčinou je vždy souběh několika faktorů. Orientace fasády ke světovým stranám, vlhkostní režim v okolí fasády (stín, vegetace), ale i zvolená zrnitost a složení omítky. Tomuto jevu lze předejít přizpůsobením konceptu a vhodně zvolenými okrajovými podmínkami. Odstranit lze pravidelnou a vhodně zvolenou údržbou.



Obrázek 11: Vnější zateplovací systém s reprofilací pomocí izolantu; foto: archiv projekty Sedláková +Baumit

V případě historických budov, dojde-li výjimečně k replice původních zdobných prvků, je nezbytné identifikovat, zdokumentovat a zaměřit je. Profilaci lze provést změnou tloušťky tepelného izolantu, v rámci strukturovaného omítkového systému. Složitější prvky je možné vyrobit a na tepelný izolant nalepit.

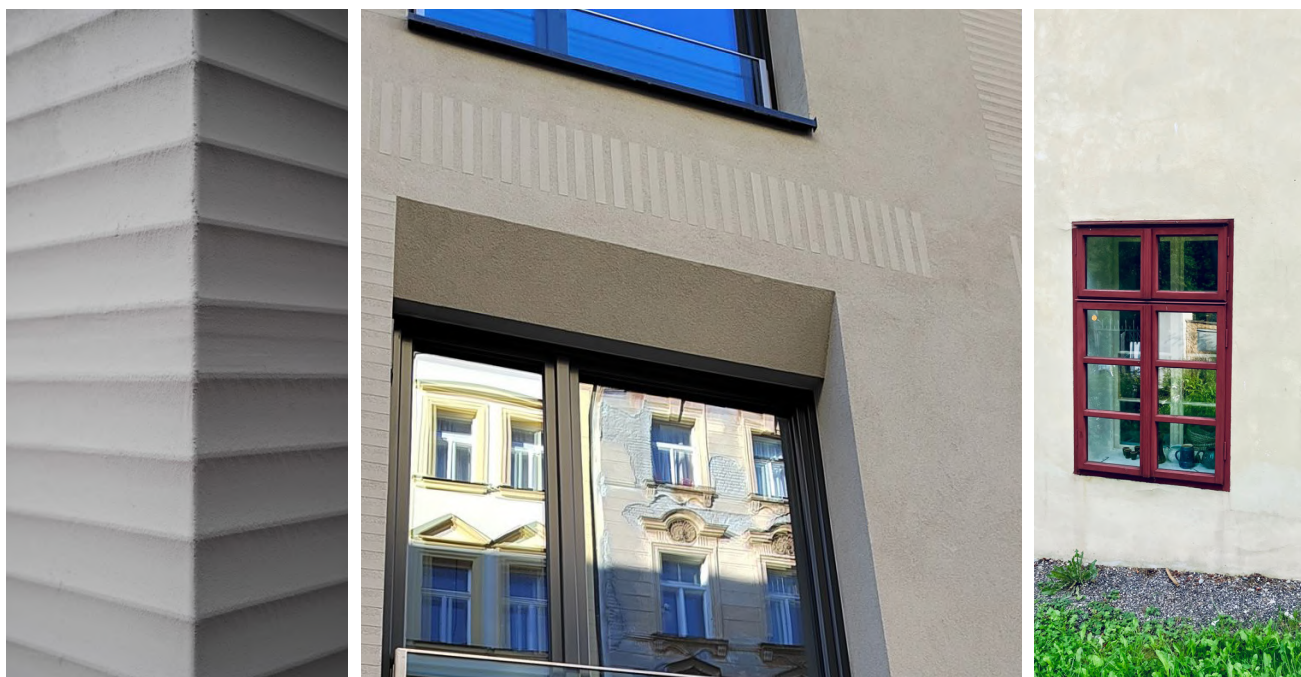
Na fasádě se nachází celá řada technických prvků, které je nezbytné v rámci zateplení upravit tak, aby byly v rovině nové vnější líce. Jsou to především různá revizní dvířka, elektro skříně či uzávěr plynu, kovové či dřevěné prvky, ochranné mříže apod. Je třeba volit konstrukční řešení, které eliminuje, nebo alespoň potlačí bodové tepelné mosty v místě kotev. Klíčovým problémem je rovněž dokonalé utěsnění prostupů novou fasádou vůči povětrnosti. Je nutné pamatovat i na okapnice, detaily řešit „po směru vody“.

Povrchové úpravy

Druhy povrchů, materiálů, dekorativní provedení a charakteristické stopy zpracování jsou obrazem jednotlivých epoch i regionálních specifik. V zásadě je můžeme dělit na omítky a obklady.

Omítkoviny musí být kompatibilní s kontaktním zateplovacím systémem. Preferujeme difuzně otevřené materiály. Rozeznáváme silikátovou, vápennou, akrylátovou a silikonovou bázi. V historii bylo barevné tónování zajištěno pigmenty a hlinkami. Stavby v historii běžně měnily barevnost s novým majitelem. Až dvacátá léta minulého století přinesla tvrdé, cementové omítky.

Struktura původních omítkových systémů a barevnost hraje významnou roli v zachování autentičnosti výrazu budovy. Význam mají i nepravidelnosti, křivosti a další „nedokonalosti“ fasády. Ne vše lze v rámci vnějšího tepelného izolantu realizovat, nicméně paleta možností je již v dnešní době dostatečně široká, aby bylo možné najít adekvátní technické řešení k danému výrazu budovy. Soudobé technologie umožňují replikovat přesně i reliéf a zdobnost původní fasády. Zajistí to profily z lehkých izolačních materiálů, které jsou následně překryty povrchovými vrstvami omítky, čímž se vytvoří věrná napodobenina původního vzhledu. Prvky výrazně vystupující z roviny fasády (např. římsy) musí být klempířsky ošetřeny v souladu s technickou normou, aby nedocházelo k poruchám vlivem zatékající dešťové vody.



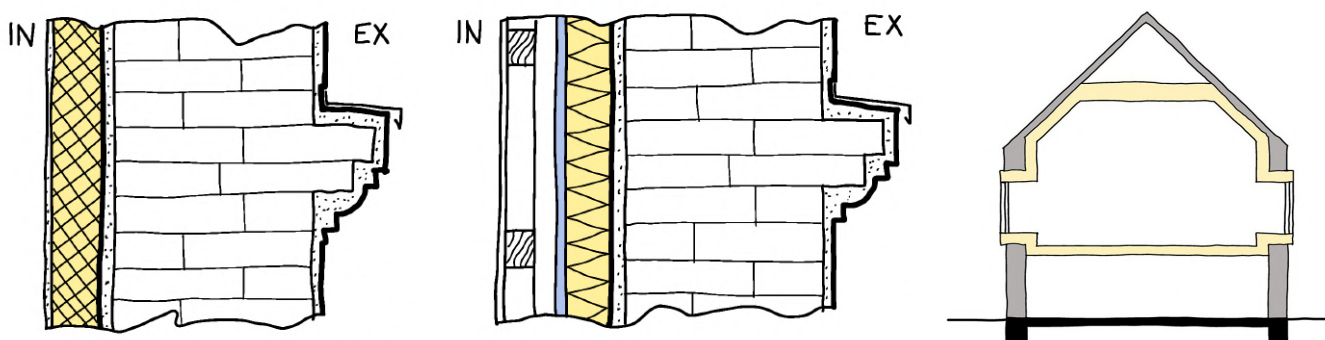
Obrázek 12: Na vnější zateplovací systém je možné za předpokladu správného technologického postupu provést celou řadu povrchových úprav; foto: Baumit, Michal Čejka

Období funkcionalismu přineslo obklady celých fasád keramickými deskami s řadou speciálních, prostorových tvarovek (například u nadpraží, parapetů, nároží...). Obvykle ve velmi světlých odstínech s charakteristickou grafikou spárování. Technicky přinesla poškození montáž nezřídka přímo na železobetonovou konstrukci. Následně obkladačky odmrzaly či popraskaly. Případně degradovaly vlivem odstraňování druhoválečných nátěrů určených k zamaskování vůči náletům. Při hledání formy a tloušťky zateplení je nezbytné porozumět principům původního spárořezu, jímž se budovy odlišují. Charakteristická je i velikost kamenů a šíře spár. Má vliv na difuzi.

Vnitřní zateplení

Ač se z pohledu památkové péče může jednat o méně problematické řešení (v porovnání s vnějším zateplením), nese tento koncept stavebně-fyzikální rizika, která nelze zlehčovat. Provádí se tam, kde nedochází ke ztrátám historicky cenného interiéru. Vnitřní zateplení není vhodné pro každou budovu a jeho aplikace vyžaduje celou řadu navazujících stavebních úprav souvisejících se snahou zamezit poškození stavby vlivem kondenzace. Zvláště nevhodné je pro prostory a provozy s vysokou vnitřní vlhkostí. Naopak přínosná je dostatečná výměna vzduchu v interiéru, a zvláště pak instalace nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.

Obecně platí, že vnitřní zateplení je možné při splnění tří okrajových podmínek zároveň: nosná konstrukce je rezistentní vůči vlivům vlhkosti, jsme schopni vyřešit většinu obvyklých tepelných mostů a zajistit korektnost difuzních toků (pokud možno vyloučit, výrazně omezit, nebo zajistit odvětrání).



Obrázek 13: Vnitřní zateplovací systém (kapilárně aktivní izolant / konstrukce s parozábranou / schéma)

Vnitřní zateplení obvodových stěn posouvá zdivo do chladné části konstrukce a rosný bod na vnitřní líc zdiva. Aby nedocházelo k růstu plísní a poškození zdiva, je nutné buď zamezit difuzi vodní páry až na úroveň rosného bodu realizací parozábrany, nebo kondenzaci připustit, ale odvézt ji pomocí kapilárně aktivního izolantu. Rozeznáváme dva základní přístupy:

- **Kapilárně aktivní izolace** – funguje tak, že se kondenzát vzniklý na chladném vnitřním líci zdiva vstřebává, redistribuuje a vypaří směrem do interiéru. Skladbu s tímto materiálem je nezbytné posoudit a navrhnout softwarem zohledňujícím kapilární difuzi. Současné jsou omezeny možnosti povrchové úpravy tepelného izolantu tak, aby docházelo k vypařování vodní páry v dostatečném množství. Speciální izolanty mají obvykle nižší účinnost než běžně užívané, typicky – křemičitan vápenný. Jedná se o finančně náročnější, ale bezpečnější řešení.
- **Konstrukce s parozábranou** – jedná se o vícevrstvou konstrukci zásadně omezující difuzi vodní páry – ve skladbě je umístěna parozábrana. Dostatečná tloušťka tepelného izolantu musí zajistit, aby teplota rosného bodu byla v tepelném izolantu. Aby byla skladba funkční, musí být parotěsná funkce (na vnitřní straně) zajištěna celoplošně, až na výjimku bez přerušení. Veškeré prostupy a kotevní prvky musejí být omezeny na minimum a pečlivě ošetřeny. Fóliová parozábrana bývá významně perforována i samotným kotvením vnitřního roštu co obkladu. Pro vnitřní rozvody je vhodné realizovat instalační předstěnu, která parozábranu ochrání před dodatečnou perforací. Vhodné je použít speciálních parobrzd s proměnlivým difuzním odporem v závislosti na vnitřní relativní vlhkosti. Řešení je to obvykle cenově dostupnější, ale zranitelnější při realizaci i užívání.

K úskalím vnitřního zateplení obecně patří detaily napojení vnitřních konstrukcí, vodorovných (podlahy a stropy) i svislých (vnitřní nosné stěny a příčky). Nejvhodnějšími objekty jsou ty s minimálním vnitřním členěním (např. sýpky, průmyslové budovy, jednopodlažní objekty apod.). Místa, která tepelněizolační rovinu narušují (tzv. tepelné mosty), mají výrazně nižší povrchové teploty a hrozí zde riziko kondenzace vodní páry. Nezbytné je každé takové místo v projektu prověřit a navrhnout individuální řešení (např. izolační klíny, oddělení konstrukce příčky, termoizolační omítka apod.). Klíčový problém u vnitřního zateplení představují trámové stropy a změna vlhkostních poměrů ve zhlaví dřevěných trámů, které mohou zapříčinit i destrukci stropu. Možných řešení je celá řada – např. tepelněizolační kapsa z pěnového skla, ponechání volného větratelného prostoru okolo zhlaví, doplnění inteligentního ohřevu dutiny, apod. Obecně respektování principů konstrukční ochrany dřeva.



Obrázek 14: Vnitřní zateplení budovy s trémovými stropy kapilárně aktivním izolantem; foto: Jan Klečka



Obrázek 15: Zateplení historicky cenné fasády z vnitřní strany pomocí nanovláknité izolace aerogel - nevyhovující stropní konstrukce je nahrazena novou (ocelové nosníky), oddělenou od fasády tak, aby bylo možné tepelný izolant vést bez přerušení v celé ploše stěny; foto: Tomáš Vanický

Při vnitřním zateplování je nutno přestavovat elektrické krabice pro zásuvky a vypínače do líce omítky zateplovacího systému a původní dutiny vyplnit maltou. Stejný přístup je nutné uplatnit i pro rozvody vody vedené v obvodových stěnách. U kapilárně aktivního izolantu se doporučuje nechat volný povrch umožňující vypařování vodní páry, proto budou vždy omezené možnosti instalace vnitřního vybavení (nábytku) u líce vnější stěny.

Vnitřní zateplení co do zpracování není tak jednoduché, jako vnější kontaktní zateplovací systém. Nelze jej úspěšně provádět bez podrobné projektové dokumentace a bez zpracovaných a výpočtově ověřených detailů. Ty jsou podmíněny korektním stavebně-technickým průzkumem.

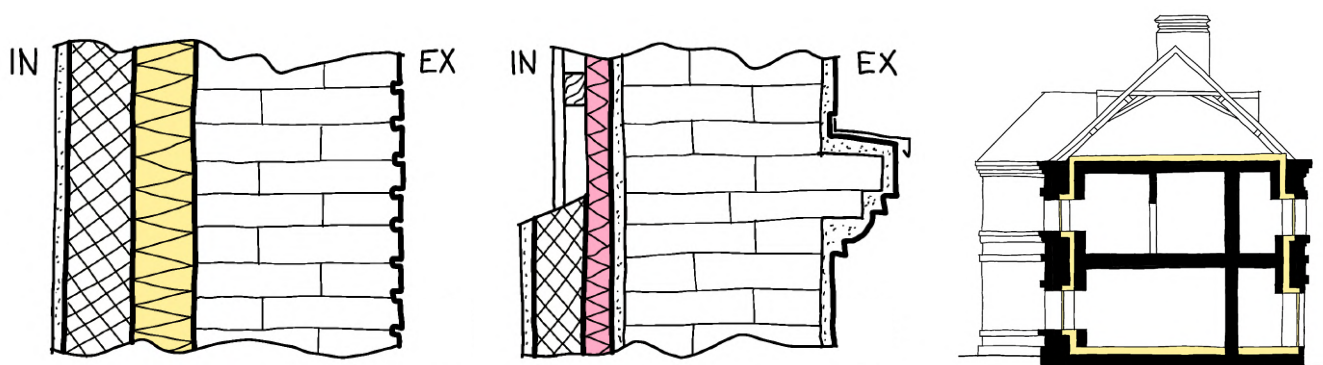
Tepelné izolanty jsou lehké, jejich tepelněakumulační schopnost je tedy velmi nízká. Budovy stavěné z lehkých materiálů, resp. z materiálů s tepelnou izolací na vnitřním povrchu, mají velmi malou tepelnou setrvačnost. Místnosti pak rychleji vychladnou po přerušení dodávky tepla (což je možné vnímat jako slabinu), avšak lze je i rychleji vyhřát (tento příznivý efekt se využívá u občasné užívaných objektů). Podstatnou nevýhodou je, že v přechodných obdobích lze méně využít solárních zisků, které se nemohou přes den akumulovat do vnitřní vrstvy obvodové konstrukce. V letním období má nižší tepelná akumulace konstrukcí tvořících místnost za následek přehřívání konstrukcí a vnitřního prostoru, což způsobuje tepelnou nepohodu. Snaha o následné odstranění tohoto vlivu vede k používání energeticky i finančně náročné klimatizace.

Vnitřní vestavba

Ve své podstatě se jedná o vnitřní zateplení, jehož stavebně-fyzikální nevýhody jsou eliminovány realizací samostatné vnitřní nosné konstrukce, která přebírá nejen funkci parozábrany, ale i statickou a nosnou. Jde o princip „domu v domě“. Kritická místa napojení vnitřních konstrukcí na obvodovou stěnu jsou fakticky eliminována realizací samostatné vestavby. Stávající vnější a nová vnitřní stěna jsou pouze lokálně propojeny s přerušením tepelného mostu. Vnější stěna je samonosná a často vynáší pouze šikmou střechu. Nová vnitřní stěna nese vnitřní vodorovné konstrukce a je staticky provázána s vnitřními nosnými stěnami.

Nejčastěji je tento způsob realizován u budov, které vyžadují hlubší renovaci a zásah do vnitřních stropů a stěn, či dokonce komplexní přestavbu. Nová vnitřní konstrukce nemusí být nutně zděná, lze využít i panelů z vrstveného dřeva, prefabrikované díly, či skeletový systém s lehkým opláštěním.

Tloušťka nenasákavého tepelného izolantu mezi stěnami se volí dle technických možností, pro běžné izolanty optimálně více než 150 mm, pro sofistikovanější izolanty (vakuové izolační panely, aerogel, fenolická deska) může stačit i izolant o tloušťce 30 až 50 mm.



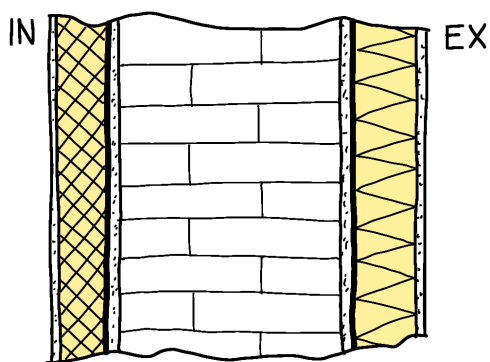
Obrázek 16: Vnitřní zateplení formou vestavby



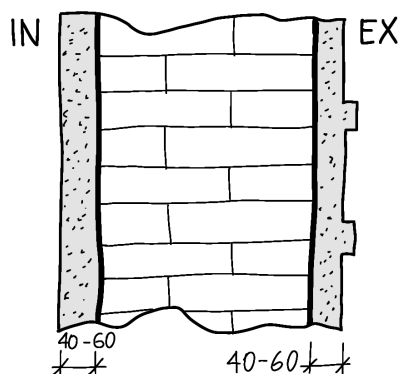
Obrázek 17: Zateplení historické budovy formou vestavby nové konstrukce a izolováním vzniklého meziprostoru strouhaným extrudovaným polystyrenem; foto: Michal Čejka, Centrum pasivního domu

Kombinace vnitřní a vnější

Provádí se ve specifických případech především novějších konstrukčních systémů z počátku 20. století (např. funkcionalismus) a méně členitou fasádou. Možnost využití kombinace tepelného izolantu snižuje vliv na změnu proporcí budovy a stavebních detailů. S ohledem na původní vícevrstvé konstrukce (často skeletových systémů) lze menší tloušťku izolantu realizovat z vnější strany (typicky do 100 mm). Následně je další část tepelného izolantu doplněna i na vnitřní straně konstrukce. Ze stavebně-fyzikálního hlediska je skladbu nezbytné pečlivě navrhnout a ověřit tak, aby nevznikalo riziko dlouhodobé kondenzace vodní páry. Vyžaduje vyšší nároky na správný návrh nejen skladby, ale i stavebních detailů, a především vysokou technologickou kázeň při realizaci. Přínosem je, že tehdejší „experimentální“ stavby, vykazující dnes řadu stavebních poruch a problémů, je možné řešit s využitím soudobých materiálů a postupů.



Obrázek 18: Specifický případ kombinace vnitřního a vnějšího zateplení



Obrázek 19: Realizace termoizolačních omítek dle možnosti z vnitřní, vnější či obou stran

Termoizolační omítky

U budov, které neumožňují z jakéhokoliv důvodu provedení vnějšího ani vnitřního zateplovacího systému, je možné (po posouzení z pohledu památkově chráněných hodnot) navrhnout ke korekci tepelných ztrát a zlepšení vnitřního mikroklimatu realizaci vnější nebo vnitřní termoizolační omítky. Omítky jsou vylehčeny speciálními plnivý, jako jsou například polystyren nebo perlit, díky nimž dosahují lepšího součinitele tepelné vodivosti (typicky $\lambda_D \leq 0,10 \text{ W/m.K}$). Aby byly skutečně účinné, musejí se nanášet (ideálně strojně) ve větších tloušťkách (30 až 60 mm) a po vrstvách. Současně je omezena maximální možná tloušťka, aby nedocházelo k odlupování svrchních vrstev. Aplikace na původní omítky není možná.

U budov, kde během obnovy dochází k významné výměně omítek, je výsledné navýšení tloušťky stěny zanedbatelné. Důraz je na technickou korektnost a citlivost ztvárnění detailů (ostrost hran). V tomto případě lze zachovat i "přirozenou křivost" původního podkladu. Strukturou a materiálem je řešení srovnatelné a historickými omítkami a možnosti jejich využití se řídí předmětem památkové ochrany na dané budově.

Realizace termoizolačních omítek ovlivňuje v minimálním rozsahu stavebně-fyzikální vlastnosti původního zdiva – zásadně nemění rozložení teplot v konstrukci ani difuzní vlastnosti zdiva. To platí jak v případě aplikace omítek z obou stran, tak i v případě jejich nanesení pouze z jedné strany, a rovněž v místě tepelných vazeb (vzájemného napojení konstrukcí). Termoizolačními omítkami lze částečně řešit i problém některých tepelných mostů, např. při osazení kvalitních oken do zateplených stěn, a tak omezit riziko kondenzace vodní páry.

Aplikace omítek má výrazně menší účinnost než kontaktní zateplení. Užitím vnitřní termoizolační omítky lze snížit součinitel prostupu tepla cihelné stěny jen o přibližně 20 % až maximálně 40 % (pro porovnání vnější zateplení jej snižuje o 80 až 90 %). I to ale může být rozhodující pro úpravu otopného systému a efektivnější provoz zdroje tepla.

V souvislosti s tenkovrstvými úpravami se doporučuje vyhnout tzv. „zázračným technologiím“ – nátěrům, nástřiku a reflexním fóliím. Argument je jednoduchý, ryze fyzikální. Teplo se šíří třemi způsoby: vedením, sáláním nebo prouděním. Tyto technologie ve většině případů nezohledňují všechny aspekty stavební fyziky a obvykle upřednostňují výhradně sálavou složku šíření tepla. Ta je dominantní fakticky jen ve vakuu (vesmír, termoska...), nebo při opravdu velkém rozdílu teplot (např. ochranný oblek hasičů). V ostatních případech běžných budov je dominantní vedení tepla, na které má značný vliv struktura materiálu (velikost vzduchových dutin) a tloušťka materiálu. Nejnižší tepelnou vodivost z nevakuumových izolačních materiálů má aerogel ($\lambda_D \leq 0,014 \text{ W/m.K}$). Splnění právních požadavků je možné již při 50mm vrstvě. Nižší vodivost mají pak jen vakuové izolační panely ($\lambda_D \leq 0,008 \text{ W/m.K}$). Jakýkoliv jiný materiál slibující zázračné schopnosti v minimálních tloušťkách (několika milimetrů) je v důsledku pro stavebníka velkým rizikem.



Obrázek 20: Realizace aerogelu z vnější strany budovy v místě s omezenou možností realizace dostatečné tloušťky tepelného izolantu; foto: Propasiv s.r.o.

Kap. 4.2 Střechy a stropy

Kapitola je věnována šikmým a vodorovným konstrukcím obálky budovy svrchní stavby, které oddělují upravovaný vnitřní prostor od vnějších klimatických podmínek, tedy šikmým i plochým střechám a stropu k půdě. Těžištěm problematiky je zejména zobytnění dřívě půdních prostor a s tím související potřebou realizace výplní otvorů přinášejících do interiéru denní osvětlení.

A. Specifika obnovy a památkové souvislosti

Střešní krajina je obzvláště v morfologicky výrazném terénu (historická sídla) charakteristickým prvkem, který je z hlediska architektonických hodnot významově srovnatelný s fasádami budov. Spoluvytvářejí identitu daného místa, tvoří součásti vedut a celkových pohledů. Jinde se střechy, vzhledem k rovinatosti území, malých odstupech pozorovatele a výšce zástavby, absenci vyvýšených pozorovacích bodů v okolí a dálkových vedutových pohledů, projevují pouze minimálně, nebo vůbec. To je při posouzení návrhu zateplení střešního pláště a jeho posuzování vždy zapotřebí brát v úvahu. Krovové konstrukce mohou náležet k nejhodnotnějším částem staveb, a to jak dobou vzniku, tak i typologickými zvláštnostmi a vysokou kvalitou řemeslného zpracování. V jejich konstrukci je přítomna řada informací o stavebním vývoji objektu. Jejich obnova musí vycházet z poznání konstrukčních, materiálových a řemeslných kvalit.

V případě, kdy ponecháváme podkroví nevyužitě, není až na výjimky (fotovoltaika, odvětrání, ochrana proti blesku, záchytný systém,...) důvod k zásahům do střešního pláště, nebo ke změně jeho tvaru. Provedení samotného zateplení stropu nad posledním podlažím bývá relativně bezproblémové. Zde je izolant možné položit přímo na stropní konstrukce, případně do roštu, existuje-li požadavek na pochozí půdní prostor.

K zásahům naopak dochází v případě, že součástí úprav je využití podkroví např. pro obytné či pobytové účely. To totiž vyžaduje zateplení v rovině střechy a zajištění dostatečného množství denního světla. Zateplení je aditivně (a reverzibilně) doplňovaný prvek, který se například v případě aplikace izolantu mezi a pod krokve nemusí navenek projevit vůbec. Naopak aplikací nadkroevních izolací mohou být ovlivněny vnější souvislosti střešní roviny. Její použití je poměrně jednoduché a relativně spolehlivé z hlediska stavební fyziky. Umožňuje uplatnění konstrukce krovu v interiéru podkroví, což je z hlediska uchování i prezentace řemeslných a estetických hodnot mimořádně žádoucí. Dochází však k mírnému zvýšení střešní roviny, které však často bývá s ohledem na širší kontext akceptovatelné. Na druhou stranu mohou zvýšením střešní roviny zejména u složitých střech vzniknout nevhodné tvarové změny a obtížně řešitelné detaily – zvláště u korunní římsy a střešních vikýřů. Vždy je proto nutné individuální posouzení navržené obnovy a jednotlivých změn.

Váženějším zásahem do vzhledu střechy je prosvětlení podkroví denním světlem související i s jeho celkovou energetickou bilancí. Zde neexistuje univerzální řešení a architekt s památkářem musí společně najít pro daný případ vhodné. Vedle vikýřů, světlíků, světlovodů, střešních (ateliérových) oken se objevují i nová technická řešení (např. transparentní krytina), která přináší nové možnosti. Vždy je zapotřebí vycházet z místní stavební tradice, kontextu, ale i nabídky inovativních výrobků a podle toho zvolit optimální řešení. Z hlediska preference neinvazivních zásahů do konstrukce krovu je podstatné při realizaci prosvětlovacích otvorů přizpůsobit mu rozmístění a velikost prosvětlovacích otvorů. Stínění okenních otvorů (žaluzie, rolety) je účinný doplněk pro zlepšení tepelného komfortu v letním období, zvláště v době klimatických změn.

B. Stavebně-technické souvislosti

Střešní konstrukce primárně chrání stavbu před vnějšími klimatickými vlivy a až druhotně jsou na ni kladeny další požadavky (v případě plochých střech využití k rekreačním účelům), půdní prostory mohou sloužit jako úložný prostor apod. Stropní konstrukce oddělují poslední podlaží od půdního prostoru, podkroví. Nejsou vystaveny vlivu přímé povětrnosti. Jsou na ně však kromě statiky kladeny požadavky stavební fyziky (zejména tepelná technika a akustika) a požární bezpečnosti.

Obecně se můžeme setkat se třemi základními druhy konstrukcí:

- **Strop k půdnímu prostoru** – půdní prostor je v tomto případě nevytápěn (bez stabilizace vnitřního prostředí). Dělicí konstrukcí mezi upravovaným vnitřním prostředím a exteriérem je stropní konstrukce, kterou je často vhodné tepelně-technicky sanovat. Stropní konstrukce nemá funkci ochrany stavby před vnějšími klimatickými podmínkami, tu většinou přebírá střešní rovina, do které nezasahujeme. Jsou to konstrukce nad posledním podlažím, kde je prioritně před energetickou sanací třeba věnovat pozornost poruchám vzniklým

dlouhodobým zatékáním poškozeným pláštěm střechy. Požadavky na tepelněizolační oddělení pomocí konstrukce stropu mohou vzniknout i v běžných podlažích, např. v případě jiného režimu užívání, či rozdílným funkčním využitím v rámci energetického zónování stavby. Specifickou formou zastropení jsou potom klenby.

- **Šikmá střecha** – k energetické sanaci této konstrukce zpravidla přistupujeme v případech, kdy je prostor podkroví využíván nebo jej plánujeme dále využívat a jsou pro něj definovány konkrétní parametry vnitřního prostředí. Využití podkroví pak zpravidla doprovází úpravy většího charakteru, které zasahují i do vnějšího vzhledu budovy – např. požadavek na denní osvětlení, úprava světlé výšky změnou sklonu střechy apod.
- **Plochá střecha** – setkáme se s ní zpravidla na novějších stavbách či dodatečných přístavbách a stavebních úpravách. Střechy mají velmi mírné spádování a často v této souvislosti vykazují stavební poruchy, které je nezbytné sanovat. Samotná tepelně-technická sanace vzhledu stavby a její proporce většinou nezmění, podstatné je však řešit možnosti dalšího využití – např. terasy, či střešní zahrady, případně je lze využít i k instalaci technologie.

Před samotnou realizací musí být předložen návrh řešení kritických míst (napojení na další prvky a konstrukce krovu, napojení na izolaci stěny v místě pozednice nebo štítové stěny, prostupy komínu apod.), aby nevznikaly tepelné mosty. Ty mohou znehodnotit tepelnou izolaci a být příčinou kondenzace vlhkosti a vzniku plísní. Řešení detailů je u většiny budov klíčové a může ovlivnit umístění a trasování tepelněizolační roviny.

Důležitým požadavkem v případě šikmých střech s využitím podstřešních prostor k pobytovým účelům je zajištění dostatečného množství denního světla, a to především v souladu s požadavky právních předpisů a investora.

Parotěsnost a vzduchotěsnost konstrukce

Před samotnou energetickou sanací je nutné provést lokální sondy a prověřit si tak, z jakých vrstev a materiálů se konstrukce skládá. Každá z vrstev má svůj účel (statický, akustický, protipožární, tepelně-vlhkostní apod.) a před jejím odstraněním nebo doplněním je účelné se poradit s odborníkem. Na průzkum navazuje koncept trasování hlavní vzduchotěsné vrstvy obálky budovy, která zajišťuje splnění normového požadavku relativní vzduchotěsnosti podle účelu a specifik stavby.

Velmi často se jedná o využití principů konstrukční ochrany dřeva (dřevostaveb), protože nosné konstrukce velké části střešních plášťů a stropů jsou z dřevěných prvků. Velký důraz je tak kladen na stavebně-fyzikální souvislosti, a především pak na difuzi vodních par. Obecně je nezbytné identifikovat vrstvy s parobrzdnou či parotěsnou funkcí (jsou-li přítomné) a ověřit její funkčnost a spojitost. Na základě této vrstvy se nejčastěji rozhoduje o možnostech a způsobu energetické sanace konstrukce. Parotěsná vrstva musí být provedena plošně bez přerušení a korektně napojena na okolní konstrukce. V průběhu realizace je nezbytné kontrolovat kvalitu jejího provedení, především nedošlo-li k jejímu proražení či nespojitosti. Parotěsná izolace musí být vždy trasovaná tak, aby ji neprotínala izoterma představující rosný bod (umístěna bude velmi blízko vnitřnímu povrchu) a směrem k interiéru bude navrženo jen velmi malé množství izolantu (zpravidla max. 1/5 celkové izolační schopnosti). Rizikovým místem jsou tepelné mosty (např. i dřevěné nosné prvky), které lokálně snižují povrchovou teplotu v konstrukci a představují riziko kondenzace vodních par.

Vzduchotěsné provedení konstrukce je velmi důležité nejen z pohledu celkové energetické bilance, ale i z pohledu výskytu případných stavebních poruch. Tuto funkci současně plní parotěsná nebo parobrzdná rovina. Zatímco v případě novějších staveb se železobetonovými stropy či plochými střechami bývá řešení vzduchotěsnosti jednodušší – tvoří ji zmiňovaný železobetonový strop, v případě šikmých střech a stropů je situace mnohem složitější. Překážkou jsou půdní vestavby s viditelnými částmi krovu. Staré dřevěné prvky procházející vzduchotěsnou rovinou je nutné speciálně ošetřit – např. napojení vzduchotěsné pásky na sádrovou zálivku v místě (výsušných trhlín) trámu. Obecně je tedy vhodné tato místa co nejvíce zjednodušit a vést tuto rovinu tak, aby se co nejvíce eliminovaly prostupy nosných konstrukčních prvků krovu.

Z pohledu omezení rizik souvisejících s kondenzací vodních par v konstrukci je vhodnější, zvláště u stropů a šikmých střech, volit difúzně otevřené skladby – tedy skladby, ve kterých se difúzní odpor jednotlivých vrstev postupně snižuje směrem do exteriéru. Použití difúzně uzavřených skladeb je možné, vždy však se zvýšenou měrou kontroly provedení zejména v montážním stádiu.

Uzavření dřevěných konstrukcí památkově chráněných objektů do tepelněizolačního souvrství je vždy rizikové. Komplikuje kontrolu stavu konstrukce, čímž brání včasnému odhalení poruch a zároveň vytváří vhodné prostředí, ve kterém prospívají biotičtí škůdci. U kulturních památek a staveb v plošně chráněných územích s požadavkem na zachování konstrukce krovu bude limitem úprav i jeho únosnost.

Přehřívání podstřešních prostor

V případě využití podstřešních prostor k pobytovým účelům je třeba brát zřetel na jejich tepelnou zátěž v teplejší části roku. Střešní konstrukce (šikmá a plochá) jsou vystaveny intenzivnímu slunečnímu záření, mají zpravidla tmavší barvy a často svrchní akumulární plochu (střešní krytina, dlažba apod.), což představuje velmi vysokou tepelnou zátěž s vysokou tepelnou setrvačností. Tu je nutné řešit kombinací vícero opatření jako izolační schopnosti střechy, fázový posun, vnější stínění oken, dostatečná výměna vzduchu či případného chlazení. V tomto případě by měl být kladen velký důraz na dostatečné tepelněizolační vlastnosti střešního pláště. Celková tloušťka běžné tepelné izolace by neměla být nižší než 200 mm, optimálně by měla překročit 300 mm. U nadkrokových, účinnějších polyuretánových izolantů může být i nižší – v rozsahu 140 až 200 mm. Vždy ale záleží na typu izolantu, způsobu jeho aplikace a možnosti potlačení vlivu systematických tepelných mostů (např. krokve a jiné dřevěné prvky).

V případě, kdy je předmětem památkové ochrany i konstrukce střechy, postupuje se vždy individuálně a volí se takový přístup a tloušťka izolantu, která je v rozsahu limitů památkové péče a současně zajistí správnou funkci pláště. To může v některých případech znamenat i přehodnocení záměru využití těchto prostor, které nebudou v důsledku využity k pobytovým účelům (případně pouze sezónním). Užívání podstřešních prostor bez současné dostatečné energetické sanace střešní konstrukce vede k výraznému navýšení spotřeby energie budovy.

Důležité z tohoto pohledu je také řešení fázového posunu, který definuje, po jaké době se maximální teplota z exteriéru projeví i v interiéru. Je vhodné, aby fázový posun činil 10 a více hodin. Svou roli na fázovém posunu má použití materiálů s vyšší objemovou hmotností či tepelnou kapacitou (např. dřevovláknité izolanty, slámokartonové panely, foukaná celulóza, konopné izolanty apod.) a jejich korektní umístění ve skladbě.

Neopomenutelným opatření ke snížení tepelné zátěže od slunečního záření jsou vnější stínící systémy, které jsou nesrovnatelně účinnější než systémy vnitřní.

Vegetační střechy

Střešní rovina, ať již šikmá či plochá, má díky své rozloze, orientaci a hmotě výrazný vliv na tvorbu lokálních mikroklimatických podmínek a přispívá k vzniku tepelného ostrova – tedy lokality s výrazně vyššími teplotami. Tento nepříznivý vliv lze omezit volbou materiálů s nižšími akumulárními schopnostmi či světlejších (odrazivých) odstínů. V případě plochých střech nebo pultových střech s mírným sklonem je možnost zvážit realizaci vegetačního souvrství. Návrh je nezbytné posoudit z pohledu statické únosnosti konstrukce, možností provozu, údržby a z pohledu památkové péče. U kulturních památek a objektů v plošně chráněných územích se jedná o nepůvodní prvek, který se svou podobou vymyká obvyklé typologii historických střech. Jeho užití je proto možné pouze za určitých podmínek a ve specifických situacích – typicky u utilitárních staveb.

Tloušťka vegetačního souvrství extenzivní střechy (menší nároky na údržbu) se typicky pohybuje okolo 100 mm a vytváří tak i jistou retenční schopnost střechy jímat dešťovou vodu. Intenzivní a polointenzivní vegetační střechy, o větších mocnostech souvrství, jsou spíše záležitostí nových přístaveb či komplexních přestaveb zahrnujících i realizaci nových nosných konstrukcí.

Tepelně-technické souvislosti

Střešní konstrukce vykazují podobné tepelné toky jako jiné konstrukce. Procentuální zastoupení plochy obálky bývá zvláště v případě vícepodlažních budov menší, nižší bude tedy i dopad na snížení energetické náročnosti budovy. Jinak je tomu u nízkopodlažních rozlehlých budov, kde vykazují až 30% tepelné ztráty.

Střešní konstrukce a stropy posledního podlaží mívají obvykle v původním stavu lepší tepelně-technické vlastnosti než ostatní původní části obálky. I tak jsou jejich vlastnosti v kontextu soudobých požadavků na kvalitu vnitřního prostředí a energetickou náročnost nedostatečné. Součinitel prostupu tepla se nejčastěji pohybuje v rozmezí $U = 0,5$ až $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. V případě energetické sanace je dle ČSN 730540-2:2011 definován normativní požadavek na úrovni $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ pro šikmé a ploché střechy a $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ pro strmé střechy a stropy k nevytápěné půdě, dle **vyhlášky č. 264/2020 Sb.** může být v některých případech požadována hodnota $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, respektive $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Optimální cílová hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce, můžeme-li s ní pracovat bez omezení, je v rozmezí $U = 0,10$ až $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.



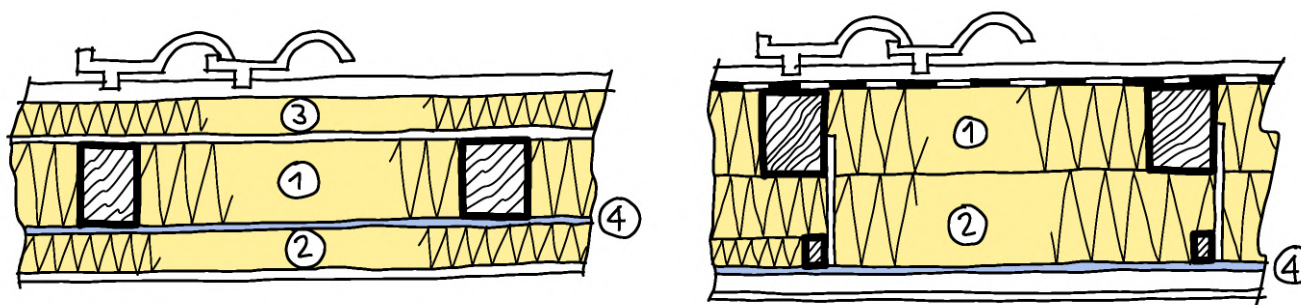
Obrázek 21: Renovace střešního pláště s nadkrokevní tepelnou izolací s vnitřní pohledovou úpravou; foto: Jiří Vácha, Biskupství českobudějovické

C. Koncept umístění tepelněizolační roviny

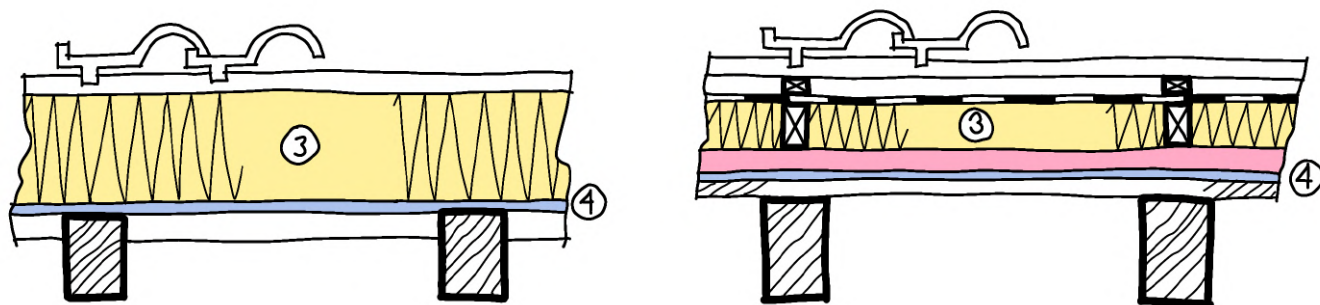
Sanace se odvíjí od typu konstrukce, nosného materiálu a materiálové skladby, parametrů upravovaného vnitřního prostředí, možností a rozsahu úprav dané konstrukce a požadavků památkové péče. Za optimální lze z technického hlediska považovat stav, kdy dochází k renovaci či obnově celého souvrství. Zejména u plochých střech je obnova předpokladem dlouhodobé funkce. Individuální přístup volíme tam, kde jsou omezené možnosti přístupu např. jen z jedné strany. Týká se to především možnosti aplikace parozábrany či parobrzd, omezení tepelných mostů a zajištění dostatečné tloušťky tepelného izolantu či zajištění dostatečné hydroizolační schopnosti či umístění pojistné hydroizolace. Níže jsou uvedeny jednotlivé možnosti a přístupy renovace šikmých i plochých střech a stropů.

Šikmé střechy

Volba tepelněizolační roviny u šikmých střech je závislá na rozsahu renovace, možnostech zásahu do stávající střešní krytiny či interiéru a rozsahu a podstaty památkové ochrany. Za nejvhodnější způsob z technického hlediska lze považovat vždy komplexní renovaci střešního pláště umožňující vložení dostatečné tloušťky izolantu a realizaci parotěsné roviny. To však bývá spojeno s výměnou střešní krytiny. U méně hodnotných krovů je vhodné umístit tepelné izolace mezi krokve a pod krokve (ideálně formou podvěsů či dodatečné konstrukce např. „I“ nosníků z aglomerovaného dřeva). Parotěsná rovina bude až na výjimky souvislá a bez přerušení. Nevýhodou je zabudování krovu do konstrukce.



Obrázek 22: Schéma tepelné izolace vložené mezi krokve a doplňkově pod i nad krokve



Obrázek 23: Schéma nadkroevní realizace tepelného izolantu, vpravo s vakuovými izolačními panely pro minimalizaci tloušťky skladby

Popis k obrázkům 22 a 23:

1. Pozice mezi krokvemi

- hlavní izolační vrstva obvykle v tl. 140–240 mm (na celou výšku krokví)
- nejčastěji minerální izolace, foukaná celulóza, PIR
- nezbytné aplikovat s doplňkovou izolací v pozici 2 nebo 3, díky níž bude splněna celková požadovaná tloušťka zateplení a budou potlačeny tepelné mosty v konstrukci

2. Pozice pod krokvemi

- doplňková izolace do roštu v tl. 60 mm nebo podvěsů v tl. 100–200 mm, účelem je zamezit vzniku tepelných mostů
- nejčastěji minerální izolace, foukaná celulóza, foukaná pěna, dřevovláknitá izolace

3. Pozice nad krokvemi

- jako hlavní izolace v tl. 160–240 mm, jako doplňková izolace v tl. 40–120 mm
- nejčastěji polyuretanová nebo z minerální izolace s nosníky, tuhá dřevovláknitá deska
- u cenných budov nebo v případě odůvodněné investice, lze koncipovat u pozice nad krokvemi tepelněizolační obálku na bázi vysoce účinných izolantů (aerogely, vakuované panely apod.) o minimální tloušťce skladby 50 mm; tyto materiály však patří dosud do cenově nejvyšší kategorie

4. Parozábrana/parobrzdá

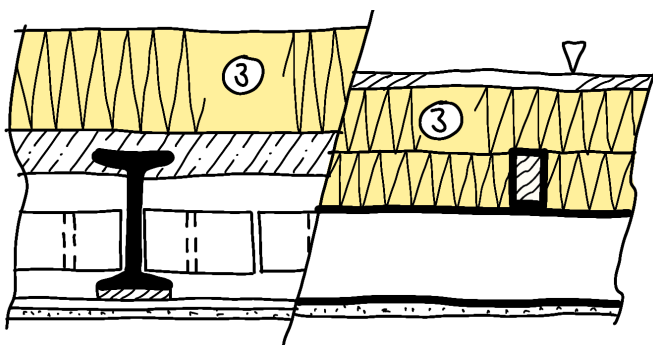
- nutno aplikovat k zabránění kondenzace vodní páry v konstrukci
- umísťuje se co nejbližší interiéru (pod úrovní parozábrany lze umístit maximálně 1/5 tloušťky izolace)
- vrstva musí být těsná po dobu životnosti stavby (přelepené spoje jištěné dle normy podélným přitlakem) a velký důraz klást na pečlivě utěsněné prostupy instalací

Je-li požadavkem pohledové zachování krovu (historicky či řemeslně hodnotné krovy), pak lze za nejvhodnější řešení považovat nadkroevní tepelnou izolaci (např. z polyuretanu pro omezení tloušťky) a umístění parobrzděné a vzduchotěsné roviny na vnější líc krokví. Výhodou tohoto řešení je tepelná izolace bez přerušení (tepelných mostů) a možnost použití efektivnějších izolačních materiálů, což celkově snižuje optimální tloušťku tepelné izolace na 180 až 240 mm. Jako problematické se v tomto případě jeví napojení parotěsné vrstvy na svislé konstrukce a zvýšení roviny střešní krytiny o tloušťku tepelné izolace, což může ovlivnit návaznost na stávající římsy či proporce střešních vikýřů. Rovněž existuje riziko perforace parozábrany kotevními prostředky.

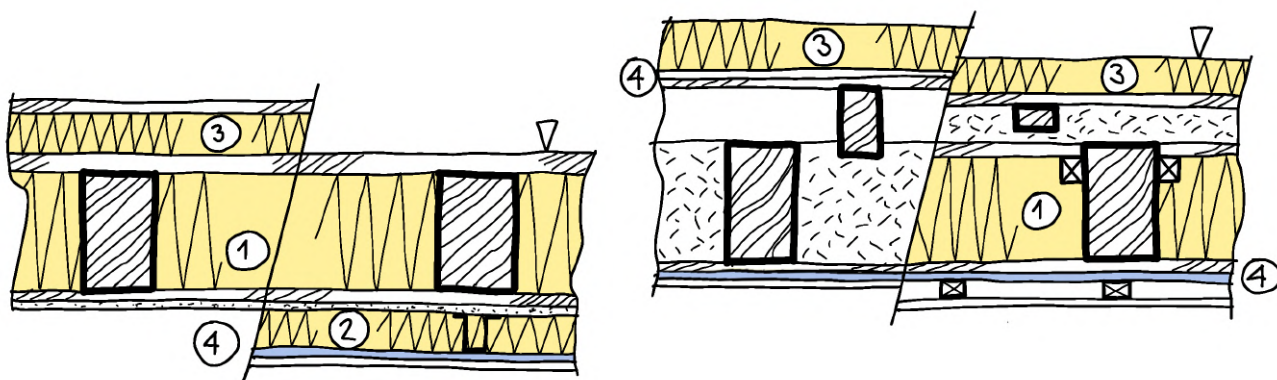
Strop pod půdou

Z koncepčního hlediska je vhodné zvážit, jestli budou půdní prostory využívány a mají mít horní pochozí vrstvu, nebo může být tepelný izolant jen volně položen/zafoukán bez nutnosti doplnění pochozí vrstvy. Lokální zpevnění plochy (chodníčky) pak mít jen pro revizi střešního pláště.

Je-li stropní konstrukce tvořena železobetonovým stropem, měla by být tepelná izolace realizována výhradně z vnější strany. Železobetonový strop tvoří parotěsnou/parobrzděnou i vzduchotěsnou rovinu. Výjimečně lze kapilárně aktivní tepelnou izolaci (pracující s redistribucí a vypařováním vlhkosti) nebo např. vakuové tepelněizolační panely realizovat z vnitřní strany konstrukce. V případě dřevěných trámových stropů je situace podstatně složitější a je nezbytné o způsobu vedení tepelněizolační roviny rozhodnout až na základě sondy do stropní konstrukce a zjištěných souvislostí. V některých případech není nutné do konstrukce umístit parotěsnou vrstvu, o tom by ale měl rozhodnout vždy odborník (stavební fyzik).



Obrázek 24: Schéma izolace stropu k půdě s pevným stropem (klenba se zmonolitněním, železobeton) bez parozábrany



Obrázek 25: Schéma izolace stropu k půdě s dřevěným trámovým stropem a parozábranou

Popisky k obrázkům 24, 25 a 26:

1. Pozice mezi trámy

- z akustických a požárních důvodů možné vyplnit např. zásypem
- možnost vložení izolace v omezené výšce pouze 120–240 mm (podle výšky trámů)
- nezbytné s doplňkovou izolací v pozici 2 nebo 3, nejčastěji minerální izolace, foukaná celulóza, sypaný perlit apod.

2. Pozice pod trámy

- doplňková izolace do roštu nebo podvěsů v tl. 60–200 mm
- účelem je zamezit vzniku tepelných mostů (např. dřevěných trámů)
- aplikace parozábrany
- nejčastěji minerální izolace, foukaná celulóza, dřevovláknitá izolace

3. Pozice nad trámy (případně nad klenbou)

- nejčastěji jako hlavní izolace v tl. 200–350 mm jako doplňková k pozici 1
- nejčastěji z minerální izolace a foukaná celulóza s nosíky nebo bez nich, dřevovláknitá izolace
- nutno dořešit pochozí vrstvu, pokud má být půda užívána

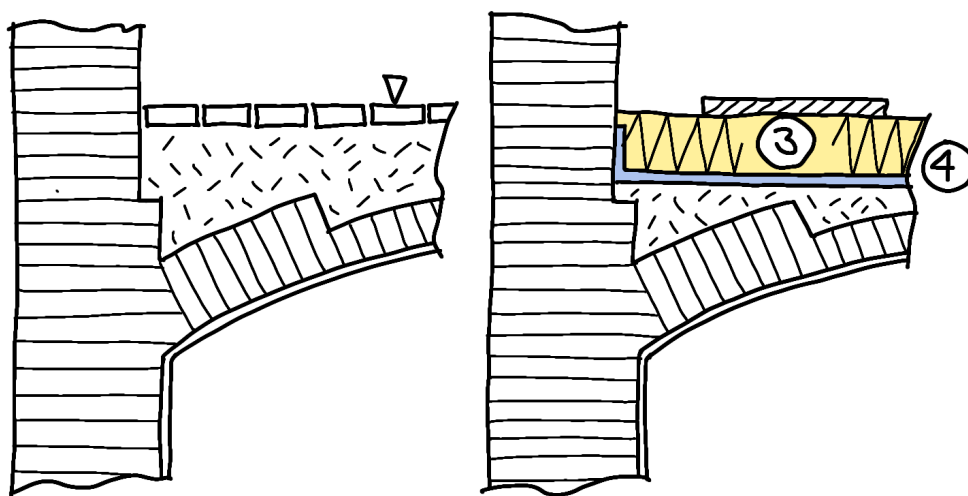
4. Parobrzdění/parozábrana

- aplikovat k zabránění kondenzace vodní páry v konstrukci
- v případě betonového stropu nemusí být aplikace nutná, u dřevěných stropů bývá parozábrana potřebná
- umísťuje se co nejbližší interiéru (pod úroveň parozábrany lze umístit maximálně 1/5 tloušťky izolace)
- vrstva musí být těsná po dobu životnosti stavby (přelepené spoje jištěné dle normy podélným přitlakem) s velkým důrazem na pečlivě utěsněné prostupy instalací
- bez této vrstvy může dojít k nevratnému poškození dřevěných nosných prvků
- pozornost nutné věnovat i napojení parozábrany na obvodové konstrukce

Klenby

V této kapitole se nejedná o klenby nad nevytápěnými suterény, ale o klenby posledního nadzemního podlaží přiléhající k nevytápěné půdě. Tyto konstrukce není možné či vhodné zateplovat z vnitřní strany, respektive je nutné postupovat obdobně jako v případě vnitřního zateplení vnějších stěn – např. termoizolační omítky bez omezení nebo použití kapilárně aktivních izolantů. Nejjednodušší způsob zateplení je však volné položení tepelné izolace na svrchní rovinu stropu/klenby.

Cihelné (v našem případě výjimečně kamenné) klenby jsou konstrukce, které roznáší zatížení šikmo do opěrných zdí, pasů, sloupů (do kapsy, či vyložení). Z toho vyplývá rovněž požadavek průzkumu stavu zejména paty a vrcholu klenby (rozevírání, trhliny) statikem před energetickou sanací. V nadloží je typicky zásyp, záklop na dřevěných polštářích, náslap podlahy. Sanace spočívá v náhradě části zásypu vrstvou tepelné izolace položené případně na nové parobrzdné vrstvě. Odlehčení klenby však s sebou přináší riziko možného zhroutení klenby. Sanaci doprovází obnova původní dlažby, která však může být také součástí památkové ochrany.



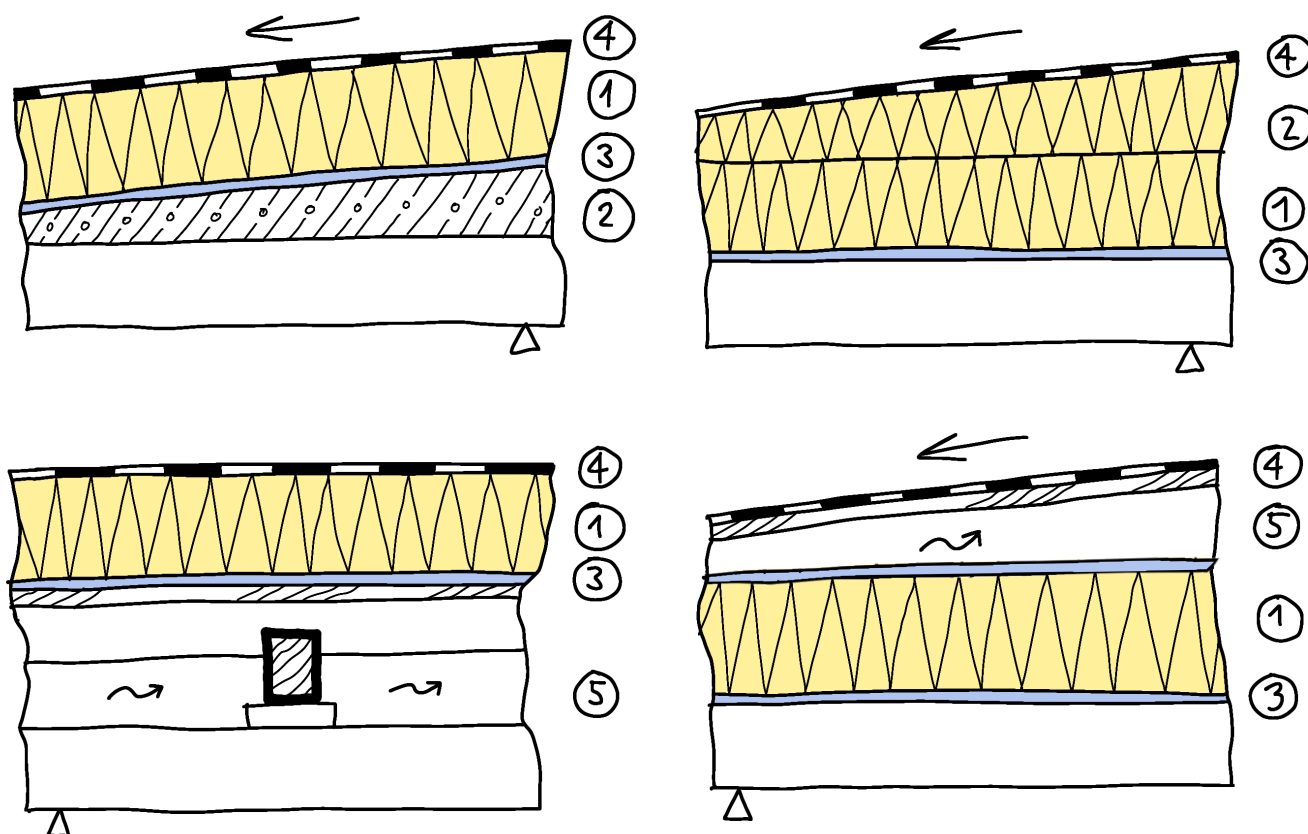
Obrázek 26: Schéma izolace stropu k půdě s vyzdívanou klenbou s vyšším vzepětím

Plochá střecha

Rozlišujeme dva základní typy plochých střech s odlišnými přístupy k renovaci:

- **Jednoplášťová střecha** nemá ve své skladbě provětrávanou mezeru a její konstrukce je difuzně uzavřená. Rozhodující je kvalita provedení parozábrany uvnitř skladby a provedená hydroizolace, která musí mít nižší difuzní odpor než parozábrana. V případě jednoplášťových střech je nejvhodnějším způsobem odstranění souvrství až na první únosnou vrstvu (spádová vrstva, stropní konstrukce) a provedení nového souvrství (parozábrana, tepelná izolace, hydroizolace).
- **Dvouplášťové střechy**, jejich součástí je provětrávaná mezeru mezi prvním a druhým (svrchním) pláštěm střechy. Konstrukce bývají zpravidla difuzně otevřené. Parobrzdnou rovinou může být i stropní konstrukce. V případě renovace je nezbytné zachovat dostatečnou tloušťku provětrávané mezery, včetně velikosti větracích otvorů. V takovém případě se tepelně izoluje část střechy pod vzduchovou mezerou. Další možností je vzduchovou mezeru uzavřít a skladbu korektně transformovat na jednoplášťovou konstrukci. V takovém případě je nutné sondou prověřit skladbu střechy a navrhnout nové souvrství tak, aby nedocházelo ke stavebně-fyzikálním poruchám.

V případě plochých střech se nabízí realizace vegetačního souvrství pro extenzivní zeleň nebo možnost osazení fotovoltaických či fototermických panelů, případně jejich kombinaci. Jejich návrh a případná realizace se u kulturních památek a v objektech s plošnou ochranou řídí individuálním posouzením z hlediska památkové péče. Obě možnosti staticky ovlivní nosnou konstrukci a jejich realizaci je nutné primárně ověřit statikem.



Obrázek 27: Schéma izolace ploché střechy – jednoplášťové a dvouplášťové

Popisky k obrázkům 27:

1. Hlavní tepelněizolační vrstva

- tvoří hlavní izolační schopnost střechy – min. tl. 300 mm
- nejčastěji pěnový polystyren s vyšší únosností nebo minerální izolace, u dvouplášťové střechy může být i foukaná izolace optimálně v zavřených komorách

2. Spádová vrstva

- zajišťuje spád střechy potřebný k odtoku vody ze střešní roviny
- vytvořena může být stropní konstrukcí, spádovou vrstvou z lehčeného betonu nebo spádovými klíny tepelné izolace
- doporučuje se spád nejméně 3 % (tzn. 30 mm na 1 metr) nebo větší

3. Parozábrana

- nutné aplikovat vždy k zabránění kondenzace vodní páry v konstrukci
- v případě některých dvouplášťových skladeb na betonové stropní konstrukci není její aplikace nezbytně nutná
- umísťuje se co nejbližší interiéru (pod úroveň parozábrany lze umístit maximálně 1/5 tloušťky izolace)
- vrstva musí být utěsněná (přelepené spáry) a nesmí jí procházet rozvody
- bez této vrstvy může dojít k nenávratnému poškození celé skladby
- u jednoplášťových konstrukcí musí mít vyšší difuzní odpor než hydroizolace

4. Hydroizolace

- hlavní voděodolná vrstva chránící střechu před zatékáním
- hydroizolace musí být mechanicky kotvena nebo přitížena např. zásypem kačírkem, případně může být natavena k podkladu

5. Provětrávaná vzduchová mezera

- jejím úkolem je odvětrat vlhkost z konstrukce pomocí větracích otvorů
- k funkčnímu provětrání je nezbytná dostatečná tloušťka mezery (více než 100 mm) a dostatečný výškový rozdíl mezi přívodními a odvodními otvory a jejich dostatečná velikost (výfuk o 1/3 větší než sání)
- uzavřením vzduchové mezery se z konstrukce stává jednoplášťová skladba a je nezbytné realizovat parozábranu a novou skladbu na svrchní plášť
- ve většině případů nebývá provětrávaná mezera dostatečně vysoká pro aplikaci min. požadované tloušťky tepelné izolace se současným zachováním větrané mezery

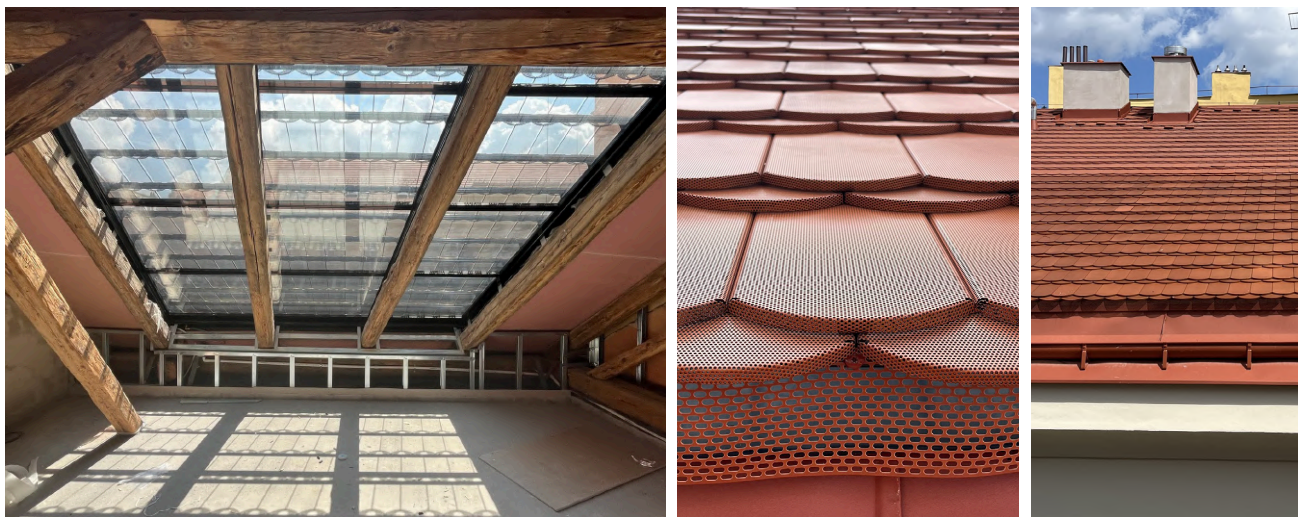
Střešní okna

Umístění výplní otvorů ve střešní rovině může významně ovlivnit vzhled budovy. U památkově chráněných objektů a území podléhá posouzení z hlediska památkové péče. Běžně využívány jsou vikýře nebo střešní a ateliérová okna či světlíky, transparentní střešní systémy, doplňkové světlovody. Většina těchto prvků přináší do vnitřního prostoru větší množství denního světla ve srovnání s běžnými svislými okny, proto je možné jejich plochu minimalizovat. Počítat je třeba i s konceptem větrání v případě, že prostory nejsou vybaveny řízeným větráním. V takovém případě jsou okna současně větracím prvkem.

U běžných střešních oken je zásadní poloha roviny oken vůči lici krytiny vzhledem k možnostem odvodnění a eliminaci tepelných mostů. Obvykle se jedná o vysazení směrem do exteriéru. Z hlediska tepelné techniky je kritický detail návaznosti rámu výplní na okolní konstrukce. Zde je nezbytné aplikovat tepelněizolační límce. S ohledem na značné rizikové umístění okna je vhodné volit prvky na špičce současného technického řešení, s izolačním trojsklem a vhodně zvolenými stínícími prvky.

V případě využití světlovodů je vhodné vybírat takové, které mají tepelněizolační rovinu tvořenou vnitřním dvojsklem/trojsklem umístěným v tubusu světlovodu v místě přímo navazujícím na tepelněizolační rovinu střechy. Je vhodné vybírat ploché ukončení v rovině střechy, které méně zasahuje do vzhledu budovy.

Jedním z novějších systémů, který umožňuje denní osvětlení prostor v šikmých střeších se zachováním vnějšího vzhledu střešní krajiny, je transparentní střešní systém s izolačním trojsklem a izolačním panelem v nadkrokevní rovině, před kterým je realizováno vodorovné laťování a střešní průsvitná (perforovaná) krytina. Perforace střešní krytiny propouští přibližně 20–25 % denního světla. Díky perforované vnější vrstvě tohoto systému dochází ke snížení přehřívání vnitřního prostoru (v porovnání se stejnou plochou střešních oken), dále se dají využít integrované vnitřní stínící systémy a případné dodatkové aktivní chladicí systémy. Transparentní plochy nejsou omezeny velikostí, lze je přizpůsobit plochám dle požadavku investora, popř. architekta, a zároveň vnitřním dispozicím objektu. U tohoto systému je však nutné s ohledem na možnou větší prosklenou plochu klást velký důraz na riziko přehřívání. Nezbytné je rovněž vyřešit čistitelnost. Transparentní plochy mohou být opatřeny interiérovou roletou. Z pohledu větrání je nejvhodnější instalace řízeného větrání (s rekuperací), nicméně větrat lze i posuvným oknem pod úrovní perforované krytiny (přináší však riziko přehřívání v letním období).

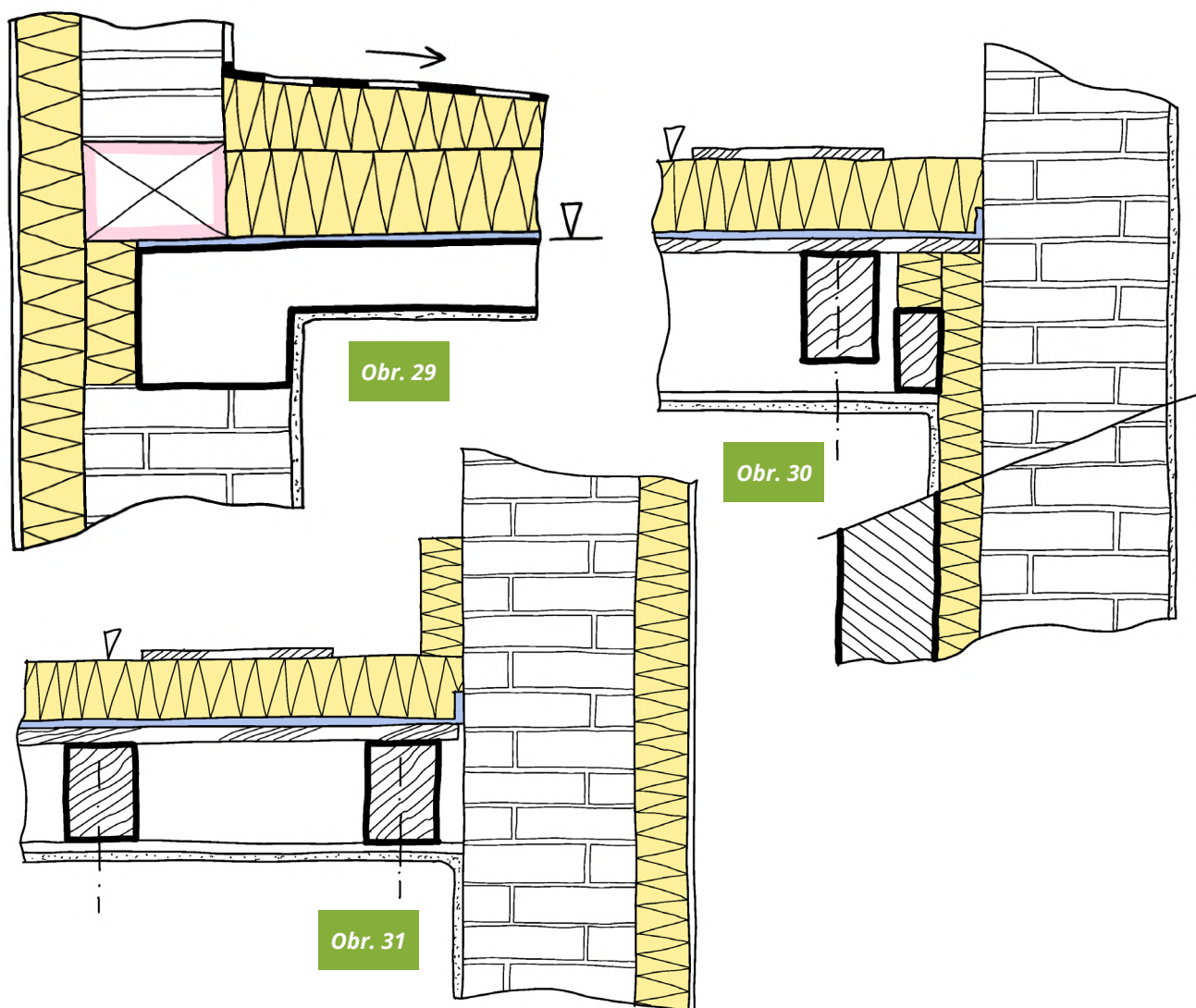


Obrázek 28: Transparentní střešní systém s izolačním trojsklem a izolačním panelem v nadkrokevní rovině; foto: NEBESYS TEAM a.s.

Řešení detailů

Tak jako u ostatních konstrukcí je v rámci energetické sanace zásadní řešení tepelných vazeb s cílem omezit vznik tzv. tepelných mostů. Tepelná izolace by v takových místech měla být pokud možno, spojitá a v neztenčené tloušťce. To však nelze zajistit vždy, a proto je klíčové riziková místa vytipovat a navrhnout jejich korektní řešení. Mimo návrh tepelné izolace by řešení mělo obsahovat i napojení parotěsné a vzduchotěsné vrstvy. Za podstatné lze považovat detaily, kde konstrukce mění směr anebo skladbu (styk střechy s vnější stěnou, detail hřebene a štítu, okolí střešních oken, světlíků a vikýřů a prostory střešní rovinou).

Současně platí, že při renovaci by mělo dojít k revizi všech prostupů střešní rovinou, jejich redukci nebo odstranění s ohledem na míru památkové ochrany. U střešních plášťů nesmíme kromě komínových těles a světlíků zapomenout na umístění technických zařízení jako nedílnou součástí energetického konceptu. Dále systémy odvodnění, prostory ventilačních hlavic, umístění bleskosvodu, záchytného zařízení a zařízení pro přístup běžné údržby.



Obrázek 29: Detail řešení atiky s vnějším zateplením a přerušением tepelného mostu v místě atikové nadezdívky
Obrázek 30: Detail řešení stropu k půdě s vnitřním zateplením a napojením tepelněizolační roviny
Obrázek 31: Detail řešení stropu k půdě s vnějším zateplením a tepelněizolačním „límecem“ v místě štítové stěny

Kap. 4.3 Podlahy

Kapitola je věnována energetické sanaci podlah prostorů s upravovaným vnitřním prostředím, které jsou na zemině nebo nad nevytápěným prostorem či podlah nad exteriérem (např. v místě podloubí či konzol). Obsahem není sanace podlah nevytápěných suterénů ani sanace vnitřních stropů (mezi vytápěnými podlažími). Problematika řešení radonu přesahuje možnosti rozsahu této publikace, proto se jí věnuje pouze okrajově.

A. Specifika obnovy a památkové souvislosti

Historická památková hodnota podlah obvykle nebývá kvalitou srovnatelná s ostatními částmi stavby. Spočívá zejména v designu a provedení podlahové krytiny a jejich součástí. Při navrhování sanačních opatření je nezbytné posouzení historické a umělecko-řemeslné hodnoty stávající podlahy v kontextu jejího technického stavu. V případě hodnotných konstrukcí pak posouzení možnosti jejich rozebrání bez poškození včetně návrhu jejich obnovy. Tyto skutečnosti mohou být v některých případech pro provedení sanace limitující. U velmi cenných objektů (jako jsou zámky či paláce) se mohou nacházet parkety, vzácné archaické fošny, staré (původní) keramické dlaždice apod. Rozebírání zde může být komplikované, náročné, nejsou výjimečné případy, že tyto práce provádí restaurátor. Zvláštní pozornost musí být věnována okolí sloupů a zdí, jejichž základy (zděné, kamenné) jsou velmi často širší než konstrukce nad podlahou.

Zásahem do podlaží stavby (podlahy na zemině) můžeme porušit archeologicky cenný reliéf. Stavební činnost v tomto smyslu podléhá oznamovací povinnosti (např. NPÚ). Jejich pracovníci zajistí na místech, která mají kvůli stavbě nebo z jiných důvodů zaniknout, odborný záchranný archeologický výzkum (někdy pouze formou dohledu).

Z pohledu památkové péče je sanace podlah nad nevytápěným suterénem nejméně kolizním opatřením. Jde o neinvazivní, přídavné a vratné opatření, které je uplatněno v nevytápěném suterénním prostoru, který není uživateli a návštěvníky budovy přístupný a slouží pouze pro technická zařízení budovy, obsluhu, kontrolu, příp. skladování.

Z hlediska památkové péče není možné dát univerzální doporučení vhodného řešení. Je třeba reagovat na stávající okrajové podmínky konkrétní situace.

B. Stavebně-technické souvislosti

Primární rozhodnutí ohledně vedení tepelněizolační roviny a způsobu energetické sanace podlahových konstrukcí úzce souvisí s návrhem nového funkčního využití stavby, konkrétně přízemí či podzemního podlaží. Klíčové je zvážení stavebně-technických předpokladů konstrukcí obálky budovy ve stávajícím stavu pro zvolenou funkci a nově navržené parametry chráněného vnitřního prostředí. Na základě rozhodnutí, zda se bude jednat o vytápěnou, nevytápěnou, či jen temperovanou část, se bude odvíjet i způsob a rozsah renovace této části budovy a s ním i související investiční náročnost.

Obecně nedoporučujeme dříve nevytápěné prostory, zvláště jsou-li podzemní (celé či zčásti), zatěžovat bez komplexní renovace novým využitím v podobě plně využívaných vytápěných bytových místností. Plnohodnotné vytápění využití vždy předpokládá i sanaci celé obálky budovy z důvodu vlhkostních poměrů. Je-li to vůbec technicky možné (i kvůli limitům památkové ochrany), bývá to velmi nákladné. V takovém případě je vhodnější ponechat podzemní prostory jako vedlejší a pomocné nevytápěné (či temperované) prostory a plnohodnotně využít až prostory s konstrukcemi nad úrovní okolního terénu.

Sanaci podlah řešíme vždy v širším kontextu navazujících konstrukcí stavby, nosných stěn, stávajících skladeb podlah, soklu. Zda je stavba podsklepená, či nikoliv. Klíčovým a neopomenutelným opatřením jsou průzkumy, které stanoví předpoklady pro okrajové podmínky možného řešení:

- Stavebně-konstrukční (včetně průzkumu vlhkosti);
- Radonový průzkum;
- Hydrogeologický průzkum;
- Stavebněhistorický, restaurátorský (a případně archeologický) průzkum u památkově chráněných objektů.

Přednost před dalšími úpravami má statické zajištění stability stavby a opatření proti zemní vlhkosti, či zvýšené úrovni spodní vody. Až po vyřešení těchto souvislostí následují úvahy o energetickém konceptu.

V případě historických budov roznášely klenby, či jiné stropní konstrukce zatížení do nosných stěn a základových pasů, které nebyly v patě stěny propojeny žádnou staticky účinnou konstrukcí. To je častou příčinou poruch kleneb s viditelnými prasklinami. Rovněž hloubka založení se neřídila požadavky na nezámrznou hloubku. Někdy chybí základové pasy, či jejich obdoba, zejména u jednodušších staveb.

Z pohledu kvality vnitřního prostředí je důležitou vlastností podlah povrchová teplota a tepelná jímavost finální povrchové úpravy. Rozdíl teploty mezi kotníky a hlavou člověka by neměl být vyšší než 3 °C. Toho je však u historických staveb velmi obtížné či dokonce nemožné dosáhnout. Nízká povrchová teplota podlahy místností, kde se uživatelé pohybují v domácí obuvi, vede k diskomfortu užívání a pocitu chladu, který není možné dorovnat zvýšením teploty vzduchu v místnosti.

Podlahy mohou být využity jako otopná plocha – podlahové vytápění, které výrazně zvyšuje pocitový komfort uživatelů. Možnost aplikace podlahového vytápění úzce souvisí s finální povrchovou úpravou podlahy. Ta rozhoduje nejen o možnosti realizace, ale i délce reakce otopného systému (době, kdy se změna teploty projeví v interiéru). Zvláště problematická bývá povrchová úprava ze silného masivního dřeva. Nejenže se dřevo chová jako tepelný izolant (špatný vodič tepla), ale navíc dochází k jeho vysychání. I v takových případech je však realizace podlahového vytápění možná, ovšem se specifickými úpravami. Vhodné jsou keramické dlažby a tepelně vodivější povrchy. K zajištění efektivity provozu podlahového vytápění je nezbytné nasměrovat tepelný tok do místnosti. To zajistí dostatečná tepelněizolační schopnost skladby pod úrovní podlahového vytápění. Naopak reflexní vrstvy zde nemají faktický význam a tepelný izolant nenahradí.

Návrhu řešení musí předcházet založení konceptu tepelného zónování budovy. V případě částečně vytápěných suterénů bývá vedení tepelněizolační roviny výrazně složitější než v případě čistě nevytápěných či naopak plně vytápěných suterénů. Často je nutné vyřešit vedení izolační roviny na vnitřních svislých zdech a osazení těsných dveří mezi vytápěné a nevytápěné prostory (např. v místě schodiště).

Problémem tepelněizolační sanace stropu suterénu ze spodní strany bývá vypořádání se s minimální potřebou světla výškou. U mnoha staveb je světlá výška suterénu značně proměnná a nedostatečná. V takovém případě je umístění adekvátní tloušťky izolantu problematické a vyžaduje buď použití speciálních materiálů s nižší tepelnou vodivostí, nebo doplnění izolantu i do skladby podlahy.

V suterénu se může nacházet i větší množství technických rozvodů, které je nutné v případě realizace tepelného izolantu přeložit, případně do izolantu zabudovat.

Tepelně-technické souvislosti

Podlahové konstrukce, zvláště ty na zemině, se chovají jinak než většina ostatních konstrukcí. U podlah na zemině nedochází k difuzi vodní páry, proto není třeba řešit parotěsnost. To však neplatí u podlahy nad nevytápěným suterénem, kde k difuzi vodní páry dochází stejně jako u ostatních konstrukcí, jen s tím rozdílem, že se ve většině případů jedná o difuzně otevřenou skladbu, které není třeba doplňovat parozábranou.

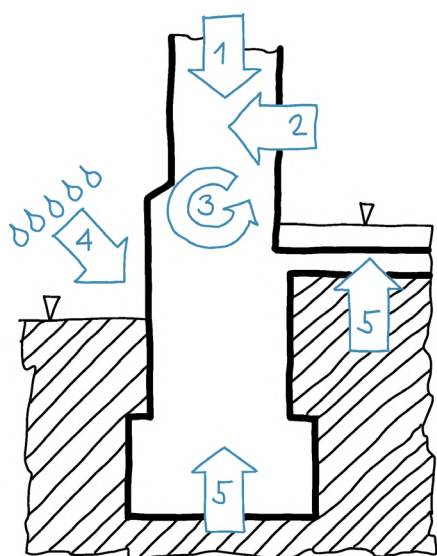
Obecně mají podlahy nižší tepelné toky než většina ostatních konstrukcí. V případě podlahy na zemině zajišťuje jistou tepelněizolační schopnost i sama zemina. Teplota zeminy v průběhu roku kolísá obvykle v rozsahu 8 až 18 °C. Díky tomu jde z pohledu celého energetického konceptu o méně významnou konstrukci, která se často i s ohledem na řadu technických komplikací zatepluje menšími tloušťkami než jiné konstrukce. U podlah bez tepelněizolační vrstvy se součinitelem prostupu tepla $U = 1,2$ až $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ má izolační schopnost zeminy dominantní vliv a snižuje tepelný tok konstrukcí o 60 až 70 %. U podlah se silnějšími vrstvami tepelné izolace je vliv zeminy výrazně menší a běžně snižuje tepelný tok konstrukcí jen o 30 až 40 %. Vliv izolační schopnosti zeminy výrazně roste s rozlohou podlahy. Rozsáhlé halové objekty často není nutné díky stabilní teplotě zeminy tepelně izolovat v ploše podlahy, ale izolují se pouze po obvodu budovy. Naopak rozlohou malé podlahy se musejí tepelně izolovat v celé ploše, protože teplotu zeminy pod podlahou značně ovlivňuje vnější teplota.

V případě podlahy nad suterénem záleží na způsobu využití suterénu a jeho stabilizované teplotě. V běžných případech, kdy se teplota v suterénu pohybuje okolo 10 °C, je tepelný tok stropem o přibližně 30 až 40 % nižší než u konstrukcí ve styku s venkovní teplotou. Čím vyšší je stabilizovaná teplota suterénu, tím méně je nutné skladbu stropu energeticky sanovat.

V případě energetické sanace by neměl být překročen normativní požadavek na součinitel prostupu tepla okna, který je definován ČSN 730540-2:2011 na úrovni $U = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ pro konstrukce přiléhající k zemině a $U = 0,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ pro konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem. Optimální cílová hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce se může u jednotlivých budov výrazně lišit (v závislosti na ploše podlahy, konstrukci stropu a stabilizované teplotě suterénu a technickým možnostem úprav). Relevantní v některých případech tak může být i ponechání konstrukce v původním stavu.

C. Nepodsklepené stavby

Zdivo budov historického dědictví nepodsklepených staveb je obvykle pod dlouhodobým vlivem působení vlhkosti. V případě požadavku na plnohodnotné využití přízemí jako vytápěného prostoru je nezbytné zamezit či významně omezit vlhkosti vnikat do konstrukce podlahy i stěn. Rozeznáváme následující zdroje, které obvykle mohou mít vliv rovněž na konstrukci podlahy:



1. Zatékání do obvodových, či vnitřních stěn
2. Vlhkost pronikající do zdiva difuzí z interiéru
3. Vlhkost zabudovaná
4. Vliv povětrnosti, déšť, sníh a vliv stavebních poruch (např. chybějící odtok z dešťových svodů)
5. Vztlínání zemní vlhkosti, či spodní vody

Obrázek 29: Detail řešení atiky s vnějším zateplením a přerušením tepelného mostu v místě atikové nadezdívky

Stávající konstrukce

V historických stavbách nebyla řešena ochrana proti zemní vlhkosti vůbec, nebo z dnešního pohledu nedostatečně. Což je příčinou mnoha poruch, řešení musí být proto součástí sanace.

Z hlediska povlakových vrstev hydroizolace nalezneme podle stáří objektu zálivky dehtem, asfaltem. Případně pásy kartonové lepenky s nátěry. Používané byly asfaltové mazaniny, asfaltové plsti, impregnované korkové desky, i kvalitnější olověné plechy. V novější době se již používaly asfaltové pásy, ale i ostře pálené plné cihly na maltu cementovou, či cihly máčené do asfaltu, nebo jen vrstva kvalitního cementového betonu. Pozor na dehtové báze, které z dnešního pohledu reprezentují vyšší míru škodlivin než azbest. Je třeba je odstraňovat v přísném režimu předepsaném právními předpisy.

V ploše místností v přízemí byla izolace uložena na tenkou vrstvu dusaného betonu (bez výztuže), která neměla statickou funkci. Setkáme se i s provětrávanou vzduchovou mezerou pod vrstvami podlahy přízemí. Zde je nosná deska již vyztužená. Se specifickými problémy se potýkáme u založení schodišť či komínů, které z dnešního pohledu tvoří obtížně eliminovatelný tepelný most.

Návrh opatření

Při sanaci je cílem oddělit spodní vlhkou stavbu od svrchní suché části. Vytvořit spojitou vrstvu hydroizolace v ploše i tloušťce obvodových a vnitřních nosných stěn. To předpokládá odstranění všech vrstev původní podlahy. V památkově chráněných stavbách je třeba navrhnout specifické řešení v případě nálezu cenných podlahových krytin a profilace stěn v místě soklu. Obzvláště v případě, kdy není možná jejich demontáž a zpětná instalace po sanaci.

Obvyklým způsobem zajištění stability stavby je vložení tenké železobetonové desky, která svazuje nosné stěny (případně i základové pasy) a je kvalitním podkladem pro pokládku novodobé hydroizolace. Hydroizolace zároveň tvoří vzduchotěsnou rovinu. Problematickým místem je návaznost na zdivo soklu, respektive jeho relativní vzduchotěsnost. Úskalím může být nově vzniklý rozdílný vlhkostní, ale i teplotní režim pod a nad hydroizolační vloženou bariérou.

Vzlínání ve stěnách bráníme přerušením, dodatečným vložením hydroizolace invazními metodami, to je „podříznutím“ zdiva a vložením izolačních pásů, laminátových desek, nebo kovových lamel. Jedná se o finančně nejnáročnější řešení, avšak spolehlivé, s dlouhodobou životností. Ovšem s limitem využití u památkových objektů. Lze jednodušeji aplikovat u zděného zdiva s průběžnou spárou (maltovou), obtížněji i kamenného zdiva s nepravidelnou spárou (dochází k řezání kamenů). Citlivější metoda, byť méně spolehlivá, je pomocí rastru vrtaných sond s injektážním roztokem, které vytváří ve zdivu hydroizolační clonu. Neinvazní metody, cenově dostupné, které zcela zachovávají fyzickou podstatu zdiva, jsou elektroosmóza, nebo magnetokineze. Jsou však s nižší zárukou účinnosti, zejména v čase.

Nad hydroizolaci podlahy (v již suché části skladby) vkládáme vrstvu tepelného izolantu v potřebné tloušťce ve formě desek, či sypaného granulátu (například pěnoskla nebo keramzitu). Následuje skladba nášlapu podlahy. Vodorovná tepelná izolace navazuje optimálně spojitě na svislou tepelnou izolaci stěn, která může být principiálně ve čtyřech provedeních, jak je uvedeno v kapitole „stěny“:

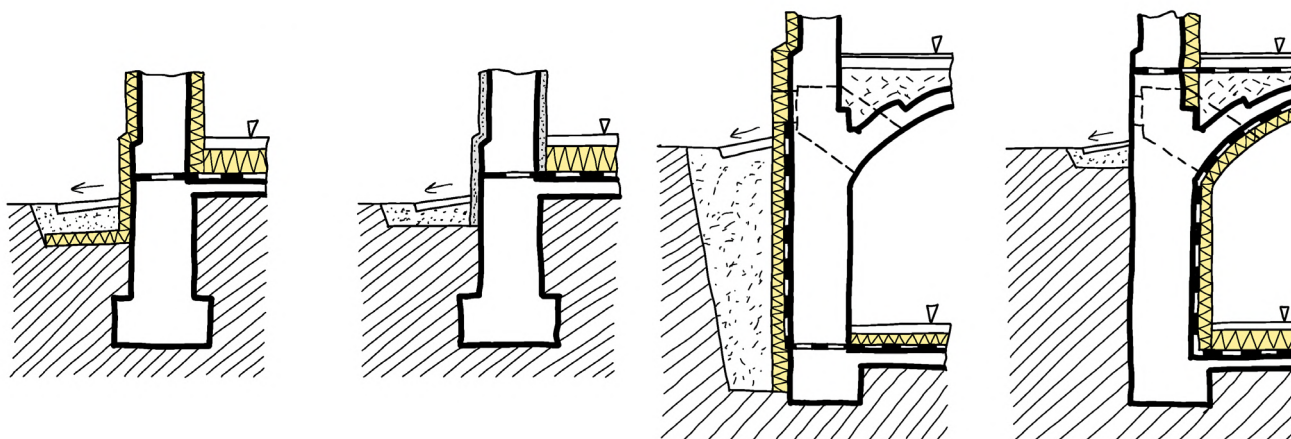
- Vnější kontaktní zateplení
- Vnitřní kontaktní zateplení
- Kombinace vnitřního a vnějšího zateplení
- Tepelněizolační omítky vně, z interiéru, či kombinovaně

Ve většině případů (s výjimkou vnitřních izolantů) zde vzniká tepelný most s rizikem nízké povrchové teploty a následné kondenzace vzdušné vlhkosti na patě zdiva. Tato místa je vždy nutné řešit individuálně se specialistou na tepelnou techniku. Silnější zdivo sice představuje vyšší tepelný tok, ale současně omezuje riziko vzniku kondenzátu na vnitřní straně zdiva.

Sanační opatření soklové části se skládá i z opatření realizovaných z vnější strany stavby např. úpravy výšky okolního terénu či vytvoření okapového chodníku, který chrání před ostřikem deště soklovou partii stavby. Možné je využít pás sanační omítky odolné vůči vzlínající vlhkosti. Vhodná je i doplňující tepelná izolace základů v následujících variantách:

- Kontaktní zateplení až na úroveň základových pásů
- Tepelnou izolaci základů tvoří zásyp lehčeného tepelněizolačního kameniva (například keramzit). Výhodou je možnost suché skladby podlahy, bez mokrého procesu.
- Vodorovná tepelněizolační clona, při nízké hloubce základů, bránící promrzání základové spáry

V závislosti na propustnosti podloží se navrhuje drenáže chránící základovou spáru před zvodněním, v rámci celého systému (revizní šachty, odvod vody, její likvidace).



Obrázek 33: Řešení tepelněizolační roviny nepodsklepených staveb (kombinovaná izolační rovina, termoizolační omítky, vnější zateplovací systém a vnitřní zateplovací systém)

Radon

Současné předpisy zpřísnily nároky na protiradonová opatření. Principem je vytvoření účinné odvětrávané vrstvy, směrem do bočních stěn, lépe až do úrovně střechy. Dutiny se tvoří pomocí prefabrikovaných tvarovek vkládaných mezi podkladní beton a nosnou vrstvu podlahy. Případně sítě vodorovných, vzájemně propojených trubek, "husích krků" a podobně. Tepelná izolace je ve skladbě nad odvětrávanou dutinou. To většinou znamená podstatné navýšení mocnosti podlahy oproti původnímu stavu s komplikacemi u dveřních otvorů. Konkrétní příklady řešení přesahují rámec této publikace.

D. Podsklepené stavby

Teplosměnnou plochou v tomto případě není podlaha na zemině, ale strop suterénu. Typicky se jedná o vnitřní konstrukci mezi vytápěným a fakticky přirozeně temperovaným prostorem. Teplota v suterénu stavby kolísá podle vnějších klimatických podmínek a množství větraného vzduchu. Ve většině případů se teplota díky vysoké tepelné akumulaci stabilizuje v rozsahu mezi 6 a 17 °C. Za předpokladu dostatečného větrání (odvádějícího přebytečnou vlhkost) není konstrukce podlahy zatížena nutností řešit vlhkostní problematiku. Suterén tak v zásadě funguje jako přirozené koncepční řešení ochrany obytných místností před vlhkostí (jakási forma provětrávané podlahy) a nahradil tak tehdejší omezené materiálové možnosti.

Stávající konstrukce

Podzemní podlaží plně, nebo částečně zapuštěná, měla zásadně nespalnou stropní konstrukci. Byla obvykle u starších staveb zaklenuta valenou klenbou z cihel. U novějších najdeme již klenbové pasy kombinované s tenkou železobetonovou deskou. Další možností byly cihelné záklenky do ocelových profilů tvaru „I“, nebo vložené přímé klenby různých systémů.

Nedílnou součástí suterénů byla sklepní okna, světlíky, komínky a anglické dvorky umožňující provětrání prostor. Jejich odstraněním či zazdění se změní vnitřní mikroklima (typicky narůstá vzdušná vlhkost), proto by tyto větrací otvory měly být obnoveny nebo nahrazeny nuceným odtahem vzduchu (vhodně s rekuperací, aby se prostor příliš neprochladzoval). Zvláště jednoduchý systém lokální větrací jednotek se zpětným získáváním tepla (na úrovni 30 až 50 %) zajistí stabilizaci teploty i vlhkosti. Tyto jednotky jsou odlišné od jednotek užívaných v obytných prostorech.

Specifickým původním způsobem odstraňování vlhkosti jsou větrané přizdívky se vzduchovou mezerou s ventilačními kanálky. Jak ze strany interiéru, tak i exteriéru na rozšířený základ. Řešením může být, pokud se nám podaří tyto systémy obnovit. Setkáme se rovněž s vnitřním zateplením ve formě předstěny tvořené cementovými deskami s výstupky, které umožňují ventilaci rubové strany, nebo kontaktním obkladem z korkových desek.

Hladina spodní vody byla snižována drenážemi, případně jí bylo bráněno jílovými těsněními. Při vyšší hladině (dnes bychom řekli tlakové vodě) se prováděla v interiéru dvojitá vrstva betonové mazaniny ve formě obrácené klenby, svírající asfaltovou izolaci, navazující na hydroizolaci stěn chráněnou přízdívkou.

Návrh opatření

Návrh opatření bude závislý od rozhodnutí, zda bude podzemní podlaží vytápěno či ponecháno bez úpravy vnitřního prostředí. V případě varianty bez vytápění je cílem oddělit nevytápěnou zónu od horních vytápěných podlaží a provádíme pouze sanaci vlhkosti a volíme ze dvou možností:

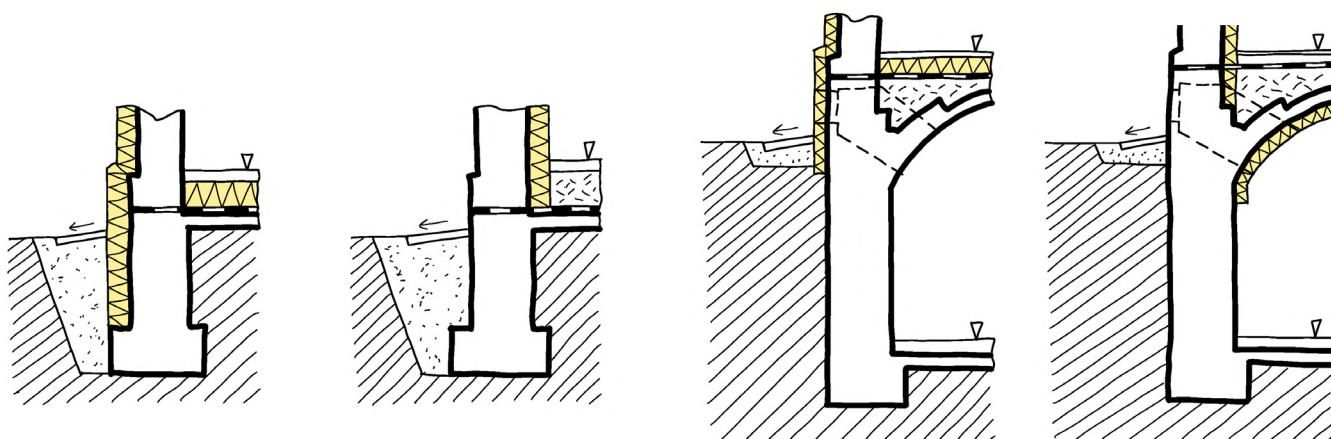
- Tepelná izolace v rámci nové skladby podlahy uložené na stropu podzemního podlaží. Původní zásyp lze nahradit účinněji nenasákavým granulátem (například pěnoskem nebo keramzitem). Přerušení vztlínání ve stěnách. Oprava podlahy v suterénu.
- Tepelná izolace stropní konstrukce zespodu s dílčím přetažením na stěny. V přízemí stačí revitalizace nášlapu podlahy s vložením hydroizolace i jako parozábrany v návaznosti na přerušení vztlínání ve stěnách.

Tepelněizolační sanace klenbových stropů ze spodní strany se často provádí pomocí tepelné izolace z minerálních vláken určenou pro segmentové konstrukce. Lze provést i pomocí termoizolačních omítek, které jsou bez problémů aplikovatelné i na klenby. Tloušťka omítky by měla být větší než 40 mm. Nejedná se o výrazné zlepšení tepelněizolačních schopností konstrukce, ale v případě vyšší stabilizované teploty suterénu může být dostačující.

V případě nově zřízeného chráněného vnitřního prostředí je vytápěné podzemní podlaží součástí funkční i tepelné zóny nadzemních podlaží. Není nezbytné tepelné oddělení v úrovni stropu na podzemním podlažím. Máme opět dvě odlišné možnosti zateplení:

- Tepelná izolace vně v návaznosti na kontaktní zateplení fasády. Nevýhodou je velký objem výkopových prací. Umožňuje však revizi základů a montáž hydroizolace na podzemní stěny. Napojení svislé a vodorovné hydroizolace je nezbytné řešit některým z již popsaných opatření (viz. řešení nepodsklepených budov).
- Tepelná izolace zevnitř na vrstvě hydroizolace, která navazuje na vodorovnou hydroizolaci v podlaze.

Opatření u soklu z vnější strany jsou obdobná jako u nepodsklepených staveb. Nedílnou součástí opatření je vždy návrh řízené výměny vzduchu, která stabilizuje vnitřní tepelně-vlhkostní mikroklima.



Obrázek 34: Řešení tepelněizolační roviny u podsklepených staveb (vpravo nevytápěný suterén, vlevo vytápěný suterén)

Kap. 4.4 Výplně otvorů

Kapitola je věnována výplním otvorů obecně, tedy oknům a dveřím, včetně jejich zabudování do konstrukce a souvisejících prvků (např. stínění). Okna jsou nejfrekventovanější konstrukcí, proto je popis věnován primárně jim. V případě dveří a lehkých obvodových plášťů bude postupováno obdobně s individuálním řešením odpovídajícím dané situaci a limitům památkové péče.

A. Specifika obnovy a památkové souvislosti

Architektonické dílo je výtvarně-technický, ale homogenní celek s vnitřními provazbami. Jeho nedílnou součástí jsou výplně otvorů, okna. Velikostí, členěním, polohou, rozmístěním na fasádě a materiálovým provedením spoluvytvářejí nezaměnitelný charakter jak z exteriéru, tak interiéru. Jsou prvkem, který nese celou řadu kulturně historických hodnot, informací o stavebním vývoji, výtvarném stylu, technické i řemeslné úrovni objektu.

Specifickými vlastnostmi je konstrukce okna, hloubka zabudování v ostění vůči fasádě, profilace rámu a jejich spojování, způsob otevírání a zasklení, typ zasklení, použité materiály, kování, povrchová úprava rámu a ostění, barevnost a řešení detailů. Velmi často také architektonické prvky lemující okenní otvor s ostěním, které mohou být zásahy do vlastních oken dotčeny (např. římsy, šambrány, frontony, apod...). Obnova oken objektů, kterým náleží nějaká z forem památkové ochrany, musí respektovat jejich kulturně historické kvality. Vždy je proto třeba hledat řešení, která umožní vhodné spojení technických nároků a památkové ochrany. Ze škály technických řešení je nutné vybrat to, které je pro daný objekt či území nejvhodnější.

V obecné rovině existují tři přístupy k obnově okenních výplní, a to restaurování, repase a výměna. Rozhodnutí, zda prvek restaurovat, repasovat, nebo nahradit, bude vždy výsledkem posouzení řemeslné kvality a historické hodnoty daného prvku v kontextu jeho stavu a možností obnovy:

- **Restaurování** – týká se nejvýznamnějších dochovaných oken a jejich součástí s mimořádnou historickou, materiálovou a řemeslnou hodnotou – typicky u národních kulturních památek a u kulturních památek.
- **Repase** – týká se významných dochovaných oken s vysokou historickou, materiálovou a řemeslnou hodnotou – typicky u národních kulturních památek a u kulturních památek a nejvýznamnějších objektů v památkových rezervacích.
- **Výměna** – přichází v úvahu napříč jednotlivými typy památkové ochrany, typicky pak v plošně chráněných územích. Dožilá okenní výplň může být nahrazena kopií, replikou či novodobým typem okna. Typickým způsobem náhrady v kontextu památkové ochrany je replika – tj. odpovídající tvarové, materiálové a funkční nápodobu původního prvku s přiměřenou úpravou technické a konstrukční modifikace, které umožní výrobu okenní výplně ve vyšším standardu. Kopie je užívána u nejvýznamnějších prvků, náhrada novodobým oknem je omezena spíše na doplňkové či jinak nehodnotné části staveb.

Řešení oken novostaveb v historickém prostředí by mělo respektovat charakter okolí. Obecně by nové stavby a změny staveb (přístavby, nástavby nebo stavební úpravy) neměly narušovat kulturně historickou hodnotu místa, ale měly by být přesvědčivé v urbanistickém a architektonickém kontextu. Není požadováno historizující tvarosloví a členění, ale celkový dojem, měřítko, proporce a barevnost by však měla vycházet z markantů charakteristických pro danou lokalitu.

Obdobně v případě výměny oken staveb a v území mimo památkovou ochranu je nezbytné přistupovat s respektem k původním architektonickým kvalitám stavby. Doporučuje se polohu oken, rozměry a členění zachovat, maximálně přizpůsobit původnímu řešení.

A. Stavebně-technické souvislosti

Okna jsou součástí konstrukce budovy, která spolurozhoduje o celé řadě mikroklimatických podmínek – tepelně-vlhkostní, světelné či akustické pohodě. Jsou důležitou částí konceptu větrání. Z hlediska technických požadavků a nároků na provedení je jejich zabudování nejnáročnější činností při revitalizacích.

Z technické povahy mají okna výrazně horší tepelně-technické vlastnosti než stěny (běžně 3x až 10x). Procentuální zastoupení oken v rámci ochlazované obálky se různí v závislosti na období výstavby – běžně v rozsahu od 15 do 70 %. Míra prosklení je vedle estetické stránky určující i z pohledu energetického a ekonomického.

Okna měla vždy kratší cyklus životnosti než stavba, proto navrhujeme okna s nejvyšším možným technickým standardem, který pro danou budovu podmínky památkové ochrany umožní.

Technické vlastnosti oken

Na okna a jejich zabudování se jako na všechny stavební výrobky vztahují komplexní požadavky, mezi něž patří mimo jiné součinitel prostupu tepla, vážená vzduchová neprůzvučnost, tuhost křídla, průvzdušnost, certifikace ITC výrobku, protokol z certifikované zkušebny autorizované osoby a další.

Původní okna mívají součinitel prostupu tepla více než $U_w = 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (ocelová okna i více než $4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) a jsou vysoce průvzdušná. To je velmi vzdáleno současným standardům i požadavkům na užitný komfort. Úprava oken s cílem zlepšit jejich vlastnosti by měla být součástí každého energetického konceptu. V případě výměny oken za nová či repliky nesmí být překročen normativní požadavek na součinitel prostupu tepla okna. Ten je definován ČSN 730540-2:2011 na úrovni $U_w = 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Dle **vyhlášky č. 264/2020 Sb.** může být v některých případech požadována hodnota $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Novodobá okna s dvojskly se pohybují na úrovni $U_w = 1,1$ až $1,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, okna s trojitým izolačním zasklením lze realizovat se součinitelem prostupu tepla běžně $U_w = 0,60$ až $0,90 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a výhledově i méně než $U_w = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. V případě moderních špaletových oken se pohybujeme na hodnotách $U_w = 0,80$ až $1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Z pohledu celkového konceptu energetické sanace by kvalita obálky měla být vyvážená a okna by se měla co nejvíce přiblížit vlastnostem obvodových stěn. V případě vyššího procenta prosklení by pak měla vykazovat co nejnižší možný součinitel prostupu tepla. Při návrhu je nutné respektovat i kontext památkové ochrany a cílový standard objektu. Jde tedy o to navrhnout okno, které přinese maximální zlepšení vlastností s respektem k památkové ochraně.

Z hlediska tepelně-technického jsou nejslabším a současně i finančně nejnáročnějším místem oken rámy. Na opačném protipólu pak stojí zasklení, u nějž rozhoduje nejen počet skel, ale i jejich povrchová úprava, vzájemná vzdálenost a druh inertního plynu. Typicky malá členitá okna budou mít horší vlastnosti než větší prosklené plochy. U malých a členitých oken bude kladen větší důraz na kvalitu rámu, u velkých oken pak spíše na technické parametry zasklení.

V oblasti rámu jsou výhodnější profily s větší stavební hloubkou než pohledovou šířkou (ta je důležitá i z pohledu památkové ochrany). V případě zasklení je vhodné připustit větší vzdálenost mezi skly (16–18 mm) s cenově dostupnější výplní argonem a s termoizolačním zasklívacím rámečkem. Není-li větší vzdálenost mezi skly možná, bývá vhodné použít účinnější inertní plyn (např. krypton) či ve speciálních případech dokonce aplikaci špičkového vakuového zasklení. To se vždy promítne do pořizovací ceny.

Rámy oken jsou nejslabším prvkem okna a vyjma ocelových oken vykazují obdoné tepelně-technické vlastnosti. Ocelové rámy mívají výrazně vyšší tepelnou vodivost a v sestavě oken jsou ponechávány především s ohledem na limity památkové ochrany. Současně zde hrozí riziko kondenzace vodní páry na povrchu rámu okna.

Koncept větrání a parametry vnitřního prostředí

Zásahy do konstrukce, či výměnou celých oken obvykle měníme i parametry chráněného vnitřního prostředí. Nová (těsná) okna mají vliv na vnitřní mikroklima. Ke změnám vlhkosti a teploty dochází vždy společně a ve vzájemné závislosti.

Teplota rosného bodu (tj. kondenzace vlhkosti) roste se zvyšující se teplotou a vlhkostí vnitřního vzduchu. Cílem je zajištění bezpečného, stabilizovaného stavu nejen pro uživatele, ale i pro stavbu a vybavení interiéru. Zejména pro památky jsou kritické dilatace, prach a aerosoly. Nežádoucí jsou oba extrémy, mokrý povrch (poškození konstrukce, růst plísní a mikroorganismů), ale i vyschnutí (s možností tvorby prasklin a ztráty soudržnosti lepidel mobiliáře).

Netěsnosti oken byly historicky konstrukční nutností pro zajištění dostatečné cirkulace vzduchu k lokálním zdrojům tepla a průběžnému vysoušení staveb bez hydroizolací, tedy součástí konceptu větrání budovy. **Jakákoliv změna ve vlastnostech oken a jejich vzduchotěsnosti musí být prováděna v kontextu nového návrhu větrání – tedy zajištění dostatečné výměny čerstvého vzduchu budovy a v souvislosti s vlhkostí vzduchu.**

Preferujeme větrání řízené (nejlépe s rekuperací), které stabilizuje vnitřní mikroklimatické podmínky v budově a je nezávislé na provozu a návrhu oken. Výpočtově i v praxi je ověřené, že pouhým otevíráním oken (jsou-li těsná) není zajištěna potřebná a právními předpisy požadovaná výměna vzduchu (při zachování energetické efektivity, akustické pohody a dodržení zmíněných parametrů vnitřního prostředí).

Přirozené větrání je přímo závislé na návrhu oken a jejich skutečném otevírání. V případě využití tohoto systému musí být vypracován koncept větrání zahrnující nejen okna samotná, ale i další funkční prvky, které zajistí požadovanou výměnu vzduchu i mimo přítomnost osob. Větrání klapkami, či tzv. mikroventilace je málo účinná a generuje nežádoucí kondenzaci vlhkosti v rámu okna. Dodatečné úpravy rámu a perforace těsnění nových oken vedou ke ztrátě záruky.

Stínění a ochrana proti letnímu přehřívání

Přehřívání budovy je v kontextu změny klimatu a problému městských tepelných ostrovů zásadní téma řešené v rámci energetické sanace budov. Strojní chlazení není vhodným řešením letního tepelného komfortu z důvodu vysoké energetické náročnosti a možného negativního vlivu na zdraví osob. Lze jej považovat spíše za doplňkové opatření, které bude technicky omezeno množstvím přiváděného chladu do místnosti tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda uživatelů.

Budovy historického dědictví sice mají obecně výhodu menšího podílu prosklených ploch, než moderní výstavba a obvykle větší celkovou hloubku ostění, ale i přesto u nich dochází, zejména na osluněných stranách vyšších podlaží, k přehřívání vnitřních prostor, a tedy ke zvýšené nepohodě uživatelů. Tomu přispívá i vliv tzv. tepelného ostrova městských aglomerací, který vykazuje výrazně vyšší teploty okolního vzduchu a konstrukcí než místa s nižší hustotou zástavby.

Tento zásadní stav vnitřního prostředí je nutné primárně řešit odstraněním příčiny přehřívání, tedy instalací vnějších stínících prvků jako jsou přesahy konstrukcí, slunolamy a především vnější žaluzie či screenové rolety. Ty se u budov objevují od nepaměti a jsou i součástí části historických budov 19. století. Nepřítomnost stínění na budově není architektonickým záměrem, ale socioekonomickým aspektem dané doby a mírnějším klimatem.

Tam, kde je to možné, je nezbytné ponechání a obnova stávajícího systému historického stínění či okenic. Tam, kde stínící prvky přítomné nejsou, doporučujeme jejich citlivé zakomponování alespoň na nejzatíženějších fasádách budovy.

Obecně platí, že vnější stínící prvky mají účinnost v rozsahu 70 až 90 %, vnitřní jen přibližně 5 až 15 %, obdobně i těžké závěsy. Vnitřní systémy stínění jsou tedy neúčinné z pohledu zabránění přehřívání a nelze s nimi relevantně počítat. Jedním z dílčích opatření, která mohou tepelnou zátěž zmírnit je navrhnout prosklené části s fóliemi, tónované, nebo pokovené. To však včetně vnějších žaluzií a jiných přidaných prvků na fasádě může být vnímáno jako rozpor s předmětem památkové ochrany. U špaletových oken je účinné umístit jako kompromis stínící prostředky mezi okna (žaluzie, rolety, screeny ...).



Obrázek 35: Příklad řešení vnějších stínících prvků na historických budovách; zdroj: Hiberatlas + foto: Michal Čejka

B. Společné zásady při úpravách a výměně oken

Navrhované úpravy a zásahy do oken musí být vždy konzultovány s odborníkem na okna a provázány s dalšími profesemi a v případě objektů s památkovou ochranou (individuální, nebo plošnou) projednány s orgány památkové péče. Například požadavek na utěsnění stávajících oken ovlivňuje i koncept větrání a projekt vytápění či chlazení. Dalším typicky problematickým požadavkem je při zachování stávajících křídel historických oken nahradit jednoduché zasklení izolacím dvojsklem. Tím měníme podstatu konstrukce okna z hlediska statiky, tepelné techniky, rovněž funkce v celku stavby.

Poloha oken v konstrukci není náhodná a úzce souvisí s rozloženým tepelných toků (izoterm) v konstrukci. V případě památkově chráněných a architektonicky cenných staveb je zásadní požadavek na zachování původní hloubky vnějšího ostění.

Okna mají tři druhy spár. Zasklívací, mezi rámem a zasklením, funkční, mezi rámem a otvíravým křídlem, obě garantuje výrobce a souvisí výhradně s konstrukcí okna samotného. Třetí připojovací je mezi hrubým stavebním otvorem a rámem okna, podléhá návrhu projektanta a neobejde se bez zpracování podrobného stavebně-konstrukčního detailu a důkladného provedení.

Okna jsou součástí hlavní vzduchotěsné roviny. Což je bariéra, která zajišťuje relativní vzduchotěsnost stavby, potlačení tepelných ztrát a účinnost řízeného větrání s rekuperací tepla. Vedení vzduchotěsné vrstvy musí být v celé budově spojitě a nekomplikovaně trasované.

V rámci připojovací spáry jsou provedeny kotevní prostředky okna. Umožňují přenesení hmotnosti okna do konstrukce a zároveň možnost dilatace. Z interiéru je spára mezi zdívkou a rámem okna vzduchotěsně a parotěsně uzavřena. Je vyplněna systémovými těsnícími prvky a ve zbytku nenasákavou tepelnou izolací. Vnější uzávěr je paropropustný a vodotěsný.

Členitost historicky vycházela především z technickoekonomických souvislostí dané doby, které nemusí být při využití soudobých materiálů a postupů shodné. Obecným pravidlem při výměně oken u objektů s nějakou formou památkové ochrany však je maximální zachování podoby a členění původního okna. U objektů, které tuto ochranu nemají, ale vykazují architektonické hodnoty, je to doporučený postup. Vždy by však měl změnu navrhnout architekt, aby nedošlo ke ztrátě estetické a historické hodnoty budovy. Nevhodnou instalací oken s výrazně vyšší pohledovou tloušťkou rámu a současným zachováním původního výrazného členění, dochází ke snížení míry denního osvětlení v interiéru a v mnoha případech i ztrátě vnímaného prožitku. Jistou možností u některých budov s nižšími památkovými nároky poskytuje zdvojení okna (vnější křídlo odpovídající původnímu členění a šířce rámu, vnitřní soudobé tepelněizolační okno). Další možností může být využití rámu s vyšší stavební hloubkou a nižší pohledovou výškou rámu, případně aplikace pokročilých materiálů (např. purenit).

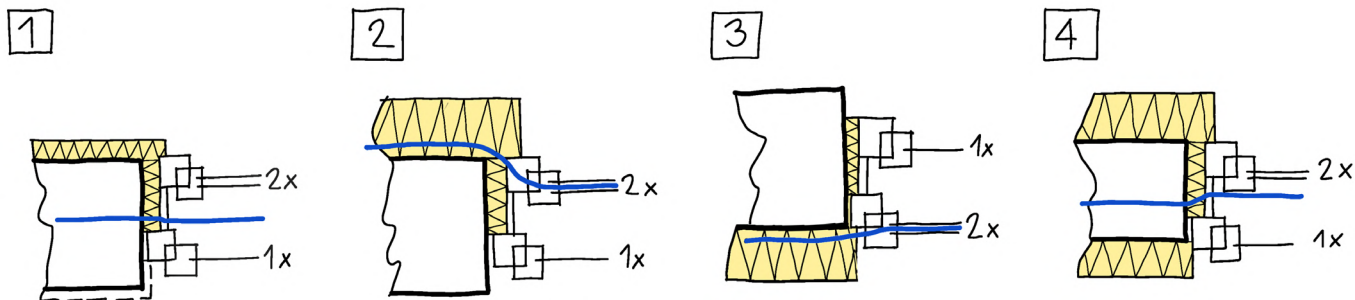
C. Koncept zabudování oken

Při návrhu oken je klíčové najít vhodný způsob zabudování okna tak, aby respektoval stavební a fyzikální souvislosti, estetické požadavky, principy památkové ochrany a byl v souladu s cíli energetické sanace budovy. **Polohu umístění oken zásadně ovlivňuje tepelně-technická sanace vnějších stěn a umístění tepelněizolační roviny.** Níže jsou proto uvedeny typické a nejčastější příklady koncepčního přístupu, které by měly být dále podrobně technicky rozpracovány.

Zabudování (dvojitých) špaletových oken

Z architektonického hlediska působí špaletová okna nezaměnitelným prostorovým dojmem, se specifickým zrcadlením. Jsou vrcholem „okenářské techniky“ s překvapivě dobrou energetickou efektivitou, akustickým útlumem a relativní vodotěsností, funkční a bezpečná. Nejrozšířenější jsou v období od poloviny 19. do poloviny 20. století, později se sofistikovaná dvojitá konstrukce již dále nehodila v konceptu zprůmyslnění výstavby. Nikoliv pro nefunkčnost, ale pro vysokou náročnost při velkovýrobě a problematickou možnost zabudování do ostění z tenkých fasádních panelů.

Členění historických oken na menší tabulky bylo výsledkem primárně technicko-ekonomických souvislostí nejen dobových estetických požadavků. Důraz byl kladen především na snížení ceny, zajištění prostorové tuhosti křídla a optimalizace hmotnosti. Podmínky památkové ochrany kladou vysoký důraz na architektonickou a kulturněhistorickou stránku, kterou je nezbytné návrhem oken respektovat a primárně zachovat.



Obrázek 36: Poloha osazení špaletových oken v ostění - průběh střední izotermie modře

- 1** Vnější termoizolační omítka. Vnější dvojité zasklení, vnitřní jednoduché.
- 2** Zateplení z exteriéru. Rám optimálně překryt 20–60 mm účinné tepelné izolace. Vnější dvojité zasklení, vnitřní jednoduché.
- 3** Zateplení z interiéru. Vnitřní ostění zatepleno účinnou tepelnou izolací. Vnější jednoduché, vnitřní dvojité zasklení.
- 4** Zateplení z exteriéru a interiéru. Vnitřní ostění zatepleno účinnou tepelnou izolací. Vnější dvojité, vnitřní jednoduché zasklení. Tento způsob je vhodné aplikovat například u funkcionalistických památek, které mají plášť obložený keramikou. Větší vrstva vnějšího izolantu by narušila, nebo znemožnila původní spárořez.

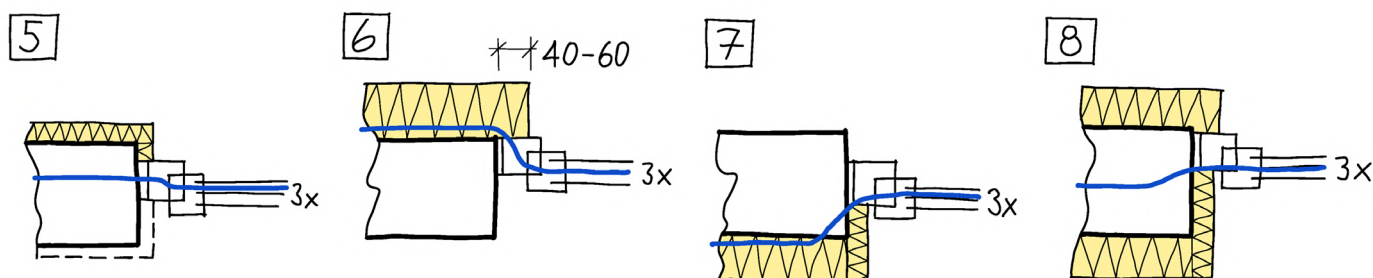
Dnešním standardem špaletových oken je celkové min. trojitě zasklení. Zda v pořadí izolační dvojsklo + jednosklo dovnitř nebo ven, je otázkou širší úvahy zohledňující zejména způsob zateplení a průběh izoterm (čar označujících shodnou teplotu). Výjimkou nebude ani řešení dvou izolačních dvojskel. Míra těsnosti jednotlivých rovin úzce souvisí s tepelně-vlhkostními charakteristikami a musí být navržena v širším kontextu, aby nedocházelo k rosení zasklení.

Zabudování jednoduchých oken

Požadováno je primárně izolační trojsklo, ojediněle možno i dvojsklo s teplými rámečky. Za vhodné lze považovat rámy se stavební hloubkou min. 80 mm pro plastový (od roku 1956), hliníkový (od roku 1950) a kompozitový/sendvičový profil, min. 90 mm pro dřevěný. Zde je důležité individuálně posoudit vliv pohledové tloušťky rámu a členitosti okna a zvážit stavebně-fyzikální vhodnost použití oken se subtilnějšími rámy.

Šířka otvíravého křídla vzhledem k zatížení trojskly se doporučuje do jednoho metru (nebezpečí svěšování, drhnutí, nefunkčnost). Ne všechna křídla musí být otvíravá. Fixovanými dosahujeme energetickou a cenovou úsporu a větší propustnost světla. Sledujeme rovněž možnost snadné údržby a čistitelnosti.

Okno se do konstrukce umísťuje co nejblíže střední teplotní izotermě, tedy co nejblíže dominantní tepelněizolační



Obrázek 37: Poloha osazení jednoduchých oken v ostění - průběh střední izotermie modře

- 5** Zdivo nezateplené, případně pouze aplikace silnější tepelněizolační omítky, z exteriéru, interiéru, nebo obou stran.
- 6** Zateplení z exteriéru. Rám optimálně překryt 40–60 mm účinné tepelné izolace.
- 7** Zateplení z interiéru. Vnitřní ostění zatepleno účinnou tepelnou izolací.
- 8** Zateplení z exteriéru a interiéru. Vnitřní ostění zatepleno účinnou tepelnou izolací. Tento způsob je výhodný aplikovat například u funkcionalistických památek, které mají plášť obložený keramikou. Větší vrstva vnějšího izolantu by narušila, nebo znemožnila původní spárořez.

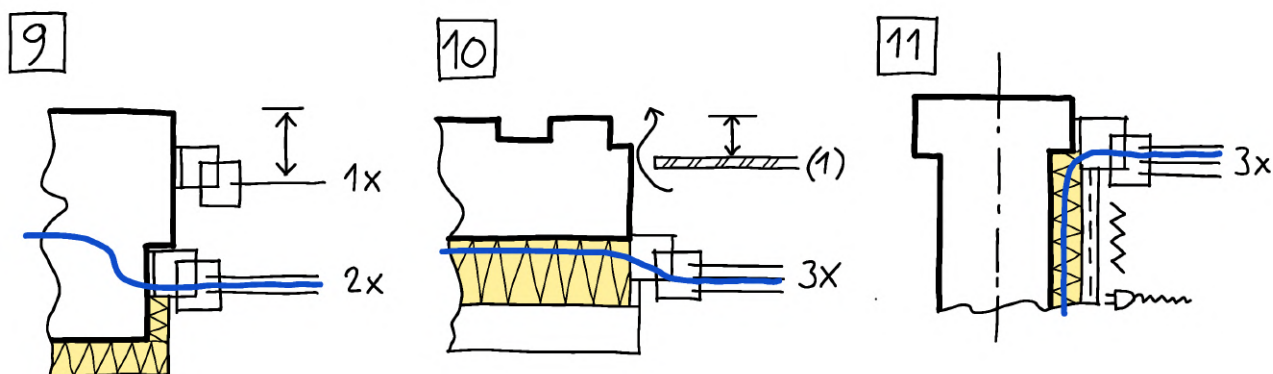


Obrázek 38: Příklady osazení oken v historických budovách – průmyslový areál; špaletové okno s vnitřním izolačním dvojsklem a vnější historickou replikou; umístění okna s trojsklem v rovině vnitřní tepelné izolace; vnitřní špaletové okno, vnější okno s trojsklem; foto: Karel Kladívko, Michal Čejka, Jan Klečka, Josef Smola

rovině. Na rozdíl od špaletových oken dochází k jejich velkému zhuštění v místě připojovací spáry, a tedy i ke zvýšenému riziku kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu (zvláště u subtilnějších rámců s dvojitým zasklením).

Specifické příklady výměny oken

Památková ochrana v kombinaci se specifickými požadavky architektů či stavebníků na stavbu vede k netypickým způsobům řešení. Uvedené příklady jsou prověřeny praxí a obohacují portfolio přístupů.



Obrázek 39: Specifické případy osazení oken v ostění - průběh střední izotermy modře

- 9** Klasicistní hřbitovní domek v Praze Uhřetěvesi v nízkoenergetickém standardu. Vnitřní tepelná izolace na bázi stříkané PUR pěny je aplikovaná na kamenné zdivo. V rámci výměny je kopie okna s původním členěním opatřena jednoduchým zasklením. Doplněním o vnitřní nečleněné křídlo s dvojsklem vzniká kvazi špaletové okno.
- 10** V případě konverze technických památek (19. století) je požadavek na zachování vnějšího vzhledu obvodového pláště v původní podobě (například režné cihelné zdivo s výrazným reliéfem). Realizováno je vnitřní zateplení s přízdívkou, alternativně lehkou instalační předstěnou. Nové okno s trojskly a původním členěním je zabudováno v rovině tepelné izolace. Zachování hloubky ostění je řešeno vložením jednoduchého zasklení, po obvodě s mezerami.
- 11** V některých případech památkově chráněné brutalistní architektury je nezbytné volit extrémní, výjimečná opatření. Jako v případě, kdy je vyloučeno adekvátní zateplení železobetonových dělicích stěn mezi okny. Kondenzaci je zamezeno vložením topné fólie pod omítku ostění. Aktivace reaguje automaticky na teplotní poměry v nezbytně nutném časovém rozsahu (příklad hotel InterContinental v Praze). Toto řešení je energeticky náročné a rizikové a lze je připustit jen ve velmi ojedinělých případech.

Kap. 4.5 Koncept větrání budov

Kapitola je věnována sestavení funkčního konceptu větrání, který zajistí dostatečné hygienické větrání všech prostor. Zaměřena je především na prostory s pobytem osob, neřeší specifické prostory či způsoby využití ani prostory pro výrobu.

Větrání má zásadní dopad na kvalitu vnitřního prostředí budovy a zdraví člověka. Této problematice se dotýká celá řada právních předpisů a technických norem, a proto je technik vnitřního prostředí specializující se na větrání budov klíčovým odborníkem pro kvalifikované sestavení energetického konceptu.

Poznámka: Ucelenou a podrobnější informaci lze nalézt v dokumentu „Koncept větrání“, který byl v roce 2017 Hospodářskou komorou ČR schválen jako pravidlo správné praxe a v roce 2020 byl vydán jako Technicko-normalizační informace (dále jen TNI).

A. Specifika obnovy a památkové souvislosti

U architektonicky cenných budov je třeba vždy vyhodnotit zásahy, které si v objektu navržený koncept větrání vyžádá. Předmětem zájmu památkové péče budou veškeré zásahy. Ty mají dvojí povahu: uplatnění viditelných částí technologií v exteriéru i interiéru objektu a zásahy do konstrukcí spojené s instalací těchto technologií. Dopady na exteriér budou hodnoceny u všech typů individuální (národní kulturní památky a kulturní památky) a plošné památkové ochrany (městské památkové rezervace, městské památkové zóny; u ochranných pásem pouze tam, kde by ohrožily základní pohledové vazby a prostředí statku, kvůli němuž bylo ochranné pásmo vyhlášeno). Dopady na konstrukce a interiér budou hodnoceny u národních kulturních památek a kulturních památek, zčásti i u objektů v městských památkových rezervacích (z interiéru chráněn např. „veřejný interiér“ – rozsah hodnocení bude vždy vycházet z konkrétní vyhlášky).

V případě zásahů do interiéru je primárním zájmem památkové péče ochrana hodnotných konstrukcí. Prostupy těmito konstrukcemi je proto třeba minimalizovat. Základní je kompletní zmapování objektu a vyhodnocení možných alternativních cest. Zde je žádoucí přednostně využít nehodnotné části, staré trasy, světlíky či již nefunkční komínová tělesa. Z hlediska interiéru jde též o způsob uplatnění viditelných částí technologií. Jde o umístění revizních a čistících otvorů systému i design a umístění vzduchotechnických prvků. S tím je spojena otázka viditelného uplatnění samotných rozvodů vzduchotechniky v interiéru. To je třeba vždy posuzovat individuálně v kontextu hodnoty daného prostoru a jejích technických parametrů. Zakrývání podhledy je z hlediska památkové péče problematické a je často v rozporu s kvalitou dochovaných historických podhledů, nebo s technickými parametry jednotlivých prostor (např. kolize s nadpražím oken). Samotné technologie je pak vhodné umísťovat v podružných, méně hodnotných a obtížně využitelných místnostech.

Střechy a střešní krajina obecně jsou velmi citlivé na změny. Vzduchotechnická zařízení zde představují soudobý prvek, který při nesprávné instalaci může do prostředí historických střešních konstrukcí vstoupit velmi rušivě. Je tak třeba především dbát na dimenze instalovaných zařízení a na jejich konkrétní umístění. Zcela nežádoucí je vznik prakticky samostatných „vzduchotechnických podlaží“, které stavby navíc ještě dále zvyšují. Neumožní-li podmínky památkové ochrany realizovat zařízení odpovídající navržené funkci, využití budovy je třeba přehodnotit.

Není-li v rámci památkové ochrany možné instalovat některý ze systémů nuceného větrání, není vhodné v budově část budovy využívat např. jako konferenční sál pro velký počet osob. Přirozeným větráním není možné po většinu času zajistit dostatečný přísuv čerstvého vzduchu se současným splněním tepelné pohody uživatelů a akustických požadavků.

B. Stavebně-technické souvislosti

Systém větrání historicky vždy spoléhal na přirozené větrání – netěsnou obálku a odtah vzduchu přes vertikální šachty či komíny lokálního spalovacího zdroje. Historické budovy byly často vybaveny systémy v podobě větracích kanálků či dutin. Současné požadavky na míru komfortu vnitřního prostředí a jeho stabilitu se výrazně odlišují od standardů platných v době výstavby budovy, což je nutné vnímat i v kontextu změny energetického konceptu. Energetickou sanaci obvykle měníme i jednotlivé prvky původního konceptu větrání (např. těsnění oken, odstranění lokálních topidel apod.), ale i parametry chráněného vnitřního prostředí. Původní koncept se pak může stát nefunkčním. Nežádá se tak dnes setkáváme s budovami, které jsou nedostatečně větrány a mají tak vysoký obsah škodlivin ve vnitřním vzduchu. Nejčastěji se jedná o vysokou koncentraci oxidu uhličitého, nadměrnou vlhkost a další polutanty. Právě proto musí být součástí celkového energetického konceptu budovy i popis větrání. Ten má vycházet z definovaného funkčního využití jednotlivých prostor, počtu a doby zdržení osob, přípustné koncentrace škodlivin a požadavků na kvalitu a stabilitu vnitřního prostředí.

Vnitřní prostor budovy je zatěžován produkcí škodlivých látek (např. oxid uhličitý, těkavé organické látky (pachy), tuhé částice, radon, vodní pára a další), které se uvolňují přímo ve vnitřním prostředí (vybavení interiéru), nebo jsou obsaženy ve venkovním přiváděném vzduchu (např. z přilehlé komunikace). Větrání má zajistit trvale nízkou koncentraci uvedených škodlivin přívodem čerstvého vzduchu a současně odvod znečištěného vzduchu mimo budovu. Větráním se současně snižuje nadměrná tepelná zátěž interiéru, řízeným větráním i hluk z vnějšího prostředí (v případě těsných oken).

Koncept větrání může být založen na **přirozené** nebo **nucené** výměně vzduchu, případně jejich vzájemné kombinaci.

- **Větrání přirozené** – proudění vzduchu ve větraném prostoru je způsobeno přirozeným rozdílem tlaku vně a uvnitř větraného prostoru vytvořeného rozdílem hustoty (teploty) vzduchu vně a uvnitř větraného prostoru i účinkem větru. Zvýšeného účinku přirozeného větrání lze dosáhnout pomocí tzv. příčného provětrání, kdy je tlakový rozdíl zvýšen rozdílnými podmínkami na protilehlých fasádách budovy a účinkem větru nebo otevřením oken v různých patrech (výškový rozdíl mezi okny).
- **Šachtové větrání** – historický způsob větrání založený na výrazném výškovém rozdílu mezi přírodním prvkem a odvodním výdechem. Odvod vzduchu je pomocí stavebně provedených šachet (přesahující výšku jednoho podlaží), které zvyšují tlakový rozdíl a využívají účinku větru.
- **Větrání nucené** – proudění vzduchu ve větraném prostoru je zajištěno nuceným (mechanickým) účinkem, nejčastěji elektrickými ventilátory a často s adresným rozvodem vzduchu.
- **Větrání hybridní** – kombinace přirozeného a nuceného větrání.

Z pohledu památkové péče a v kontextu formy ochrany dané budovy je preference směřována především k maximálnímu zachování původního konceptu větrání – nejčastěji přirozené výměně vzduchu či obnově původních větracích a provětrávacích systémů. Z pohledu uživatele preference směřují k zajištění maximálního možného komfortu a nízkých provozních nákladů. Oba tyto zájmy mohou i nemusí být v souladu. Vždy je nezbytné hledat vhodný kompromis.

Z pohledu zajištění kvality vnitřního prostředí je nucené větrání (s rekuperací tepla) nejvhodnějším systémem. Stabilizuje vnitřní mikroklimatické podmínky v budově a je nezávislé na provozu a návrhu oken. Výpočtově i v praxi je ověřené, že pouhým otevíráním oken (jsou-li těsná) není zajištěna dostatečná a právními předpisy požadovaná výměna vzduchu (při zachování energetické efektivity, akustické pohody a dodržení zmíněných parametrů vnitřního prostředí). Přirozené větrání je přímo závislé na skutečném otevírání oken – má tedy časově omezenou funkci. Je vhodným doplňkem větrání nuceného a musí jej umožnit každá pobytová místnost. V případě využití výhradně přirozeného větrání by měl být navržen systém zajišťující jeho nepřetržitou funkci – mimo okna i další funkční prvky, které zajistí požadovanou výměnu vzduchu i v době nepřítomnosti osob.

Souvislosti právních předpisů

Právní úpravy v této oblasti se týkají výstavby nových budov a změn budov stávajících (renovací). Požadavky pro návrh zahrnují většinu typologických druhů staveb. Požadavky dotýkající se stávajících užívaných budov (bez nutnosti renovačního zásahu) souvisejí především s parametry pracovního prostředí, ale netýkají se např. budov pro bydlení.

Problematika je složitá a definuje ji celá řada právních předpisů a technických norem, především v závislosti na způsobu využití daných prostor a druhu a množství škodlivin. Obecně je požadováno, aby měla stavba zajištěno dostatečné přirozené, nucené nebo kombinované větrání a požadovanou kvalitu vnitřního vzduchu s možností regulace. Níže jsou uvedeny výňatky z **vyhlášky č. 146/2024 Sb., o technických požadavcích na výstavbu**, v městských vyhláškách může být uveden jiný údaj.

Vnitřní prostor budov musí mít možnost minimálně půlnásobné intenzity (každou hodinu je třeba vyměnit alespoň polovinu objemu vzduchu v místnosti) výměny vzduchu instalovaným vzduchotechnickým zařízením, přirozeným větráním nebo jejich kombinací. Výměna vzduchu pomocí vzduchotechnického zařízení v daných prostorách nemusí být trvalá, ale větrací zařízení může být řízené na základě zvolených fyzikálních veličin, koncentrace škodlivin nebo časových programů. Infiltraci spárami oken včetně mikroventilace nelze pro budovy s těsnými okny bránícím větráním považovat za součást konceptu větrání.

Obytná a pobytová místnost musí být navržena a provedena tak, aby bylo zajištěno v době pobytu osob minimální množství přiváděného venkovního vzduchu $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na osobu. Množství přiváděného venkovního vzduchu v pobytové místnosti se stanovuje s ohledem na množství osob a vykonávanou činnost a musí být výpočtem navrženo a řešeno tak, aby po dobu pobytu osob nebyla překročena koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním prostředí 1200 ppm.

Energetická náročnost

Větrání obecně neřeší tepelnou a vlhkostní úpravu vzduchu v budovách, ale pouze potřebu zajištění požadované objemové výměny vzduchu. Je-li požadavek na teplotní a vlhkostní úpravu vzduchu, pak tento systém nazýváme klimatizací, který větrání propojuje se systémy vytápění, chlazení či úpravou vlhkosti.

Větrání bývá významnou energetickou ztrátou a v létě často i tepelnou zátěží pro dimenzování systému vytápění a chlazení. Venkovní vzduch je nezbytné v zimním období ohřát, buď přímo, nebo nepřímo pomocí otopné soustavy. Energetické nároky na zajištění ohřevu tohoto vzduchu bývají vysoké a vstupují i do dimenzování zdroje tepla a chladu, zvláště v prostorech s vyšší koncentrací osob nebo v prostorech s požadavky na vyšší výměnu vzduchu. Tepelná ztráta dostatečně větraných prostor se pohybuje nejčastěji v rozmezí 20 až 40 %. Velká část přirozeně větraných budov není dostatečně větrána, a tak i reálný podíl na spotřebě větrání je nižší. Zajištění dostatečné výměny vzduchu tak může paradoxně spotřebu energie budovy navýšit.

Z energetického hlediska u konceptu přirozeného větrání je nejvýhodnější krátké a intenzivní provětrání. V letním období by k němu mělo docházet především v nočních hodinách, kdy je možné i účinně odvést naakumulované nadbytečné teplo.

Prvořadým úkolem konceptu větrání je zajištění dostatečného větrání všech prostor, následně požadované kvality vnitřního prostředí (teplotní a vlhkostní, rychlost proudění vzduchu, emise hluku apod.) a nakonec až nízké spotřeby energie. Snižování energetické náročnosti systému větrání lze nejlépe zajistit technicky systémem nuceného větrání se zpětným získáváním tepla (tzv. rekuperací) a současně regulováním množství větraného vzduchu – ne však na úkor kvality vnitřního prostředí, ta je vždy prioritní.

Systém zpětného získávání tepla je založen na jednoduchém principu, kdy odváděný teplý a vlhký vzduch z interiéru předá pomocí rekuperace teplo přiváděnému čerstvému a chladnému vzduchu. Tím je současně i odvlhčí. Rekuperační výměníky mohou být buď pasivní (přenos tepla přes teplosměnnou plochu) nebo aktivní (přenos tepla pomocí kapaliny). Podle své konstrukce, velikosti teplosměnné plochy, rychlosti proudění vzduchu, typu teplotnosné látky a mnoha dalších parametrů bývá jejich účinnost nejčastěji v rozsahu 50 až 90 %. Tento systém tak dokáže snížit spotřebu energie budovy i se současným zajištěním dostatečné výměny vzduchu. Některé výměníky mají schopnost i zpětného zisku vlhkosti.

Systém nuceného větrání není v případě renovace budovy závazný, ale obvykle bývá jediným systémem schopným zajistit požadavky právních předpisů na kvalitu vnitřního prostředí. Zvláště při změně způsobu využití vnitřních prostor na shromažďovací prostory, výukové prostory, prostor kuchyně a jídelny apod. může být nucené větrání požadováno orgány hygieny. Vzduchotechnické zařízení v provozech s vysokou intenzitou výměny vzduchu musí mít zajištěno zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu.

Nucené větrání s rekuperací bývá instalováno i v obytných budovách, a to především z důvodu splnění hygienických požadavků na hluk z vnějšího prostředí. Týká se to především prostorů s okny na hlukově zatížených fasádách, kdy splnění požadavků na ochranu proti hluku přímo odporuje konceptu větrání, založeném na otevírání oken.

C. Sestavení konceptu větrání

Koncept větrání navrhujeme ve vazbě na funkci budovy, mikroklimatické požadavky vnitřního prostředí, maximální i běžnou zátěž koncentrací škodlivin, dobu pobytu osob.

Přirozené větrání

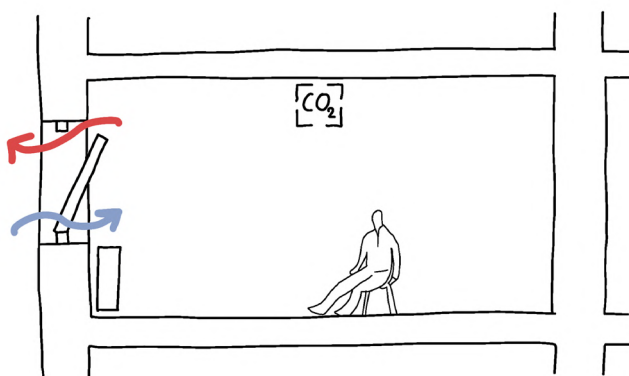
Průtok vzduchu je vyvolán přirozeným rozdílem tlaku mezi přívodním a odvodním otvorem způsobeným buď rozdílem hustoty (teploty) vzduchu vně a uvnitř větraného prostoru, nebo tlakovým účinkem větru. Čím vyšší je rozdíl tlaků, tím vyšší je i výměna vzduchu (např. v zimním období) a naopak, je-li rozdíl tlaků nedostatečný, k větrání nedochází (např. typicky letní období, nebo při změně počasí).

Přirozené větrání je nestabilní, časově omezené a přímo závislé na aktivitě uživatele budovy – nelze jej tedy považovat za trvalé větrání a zajištění dostatečné výměny vzduchu. Trvale může být využíváno pouze tehdy, je-li potřebný tlakový rozdíl zajištěn nepřetržitě v celém požadovaném období. To lze zajistit například instalací systému automatického otevírání částí oken, nebo větracích klapek (např. pomocí servopohonů) napojeného na čidla oxidu uhličitého a časový režim se současným použitím šachtového provětrání (dostatečný výškový rozdíl mezi otvory) a umístěním otvorů na opačných stranách budovy (příčné větrání). Podmínkou jsou automaticky otevíratelné klapky mezi místnostmi tak, aby bylo možné příčné a šachtové provětrání.

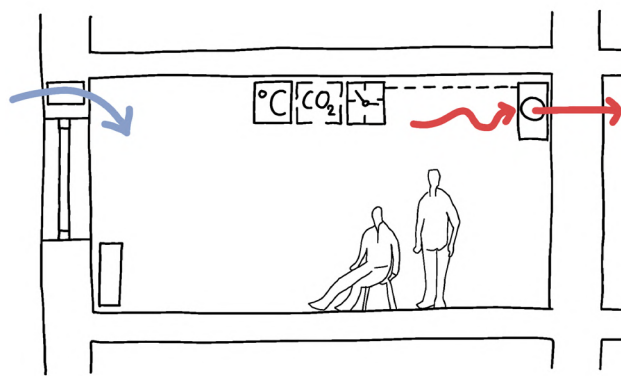
Hlavní výhodou systému je jeho zdánlivá jednoduchost, která je však nejčastější příčinou nedostatečného větrání v budovách. Nevýhodou je nestabilita a časově omezené využití, dále neprovětrání celého prostoru místnosti, častý vznik teplotního diskomfortu v blízkosti oken (zvláště v zimě) a ohřev vzduchu výhradně pomocí otopné soustavy. Představuje i vysoké energetické nároky, které není možné snížit jinak než „nevětráním“.

- **Infiltrace vzduchu netěsnostmi** – přívod vzduchu je založený na netěsné obálce budovy, především netěsnými spárami oken. Přívod je intenzivnější v zimě, kdy výrazně zvyšuje tepelné ztráty budovy a snižuje pocitovou teplotu v místnosti (zvláště u podlahy vytváří výrazný teplotní diskomfort). Infiltraci spárami oken včetně mikroventilace nelze pro budovy s těsnými okny považovat za součást konceptu větrání.
- **Provětrávání** – je občasné, přerušované větrání otevíráním výplní otvorů (nejčastěji oken), plně závislé na klimatických podmínkách a především chování uživatelů. Jeho využití je z hlediska právních předpisů přípustné, avšak omezené podle funkčního využití budovy, třídy náročnosti práce a množství škodlivin. Pro účinnost větrání je zásadní výška okna (nebo rozdíl střední výšky více oken), která vytváří tlakový rozdíl nutný k provětrání. Každá místnost by měla být vybavena alespoň jedním otevíratelným oknem (nebo jeho částí), což je rovněž faktor bezpečnosti.
- **Šachtové větrání** – větrání založené na výrazném rozdílu tlaků vzduchu mezi přírodním a odvodním prvkem, ten je v historických budovách dosažen vzduchovými šachtami výškově trasovanými přes několik podlaží. V současnosti pro obytné budovy nesplňuje požadavky na trvalé větrání. Kromě specifických případů se proto na tomto principu nedoporučuje založit celý koncept větrání. Nicméně je možné jej využít jako vhodný doplněk a případně jej v budově obnovit. Šachtové větrání často sloužilo k odvodu vlhkosti a provětrání suterénu. Jeho přerušením může dojít k degradaci konstrukcí vlivem vysoké vlhkosti. Je vhodné jej proto obnovit, nebo nahradit jiným účinným způsobem.

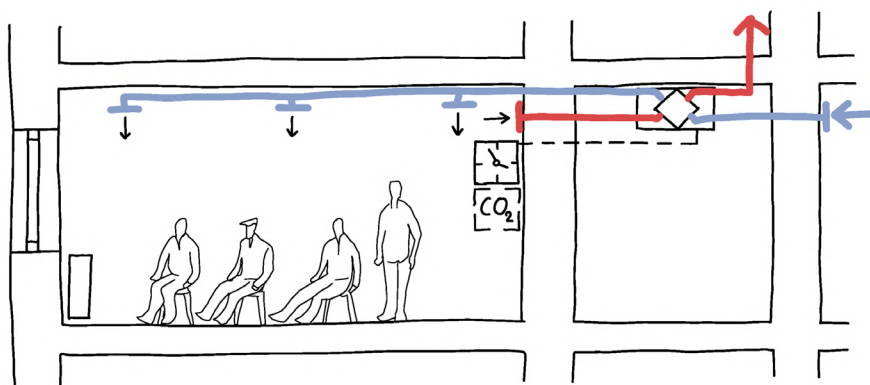
Faktem je, že ve veřejně přístupných budovách nelze koncept větrání budovy založit pouze na přirozeném větrání. Tedy v budovách, kde není jasná odpovědnost konkrétních osob (zvláště v prostorách s vyšším počtem osob a různých vlastníků). Naopak provětrávání je přípustné v obytných budovách, ve kterých jsou majitelé přímo zodpovědní za stav prostředí, které současně užívají. I zde jsou ale výjimky v podobě požadavku na nucené větrání např. koupelen a toalet uvnitř dispozice.



Obrázek 40: Schéma provětrání místnosti okny



Obrázek 41: Schéma podtlakové větrání s čidly CO_2 , teplotním čidlem a časovačem a přívodním prvkem umístěným ve stěně



Obrázek 42: Schéma rovnotlaké nucené větrání se zpětným získáváním tepla řízené čidlem CO_2 a časovým harmonogramem

Nucené větrání

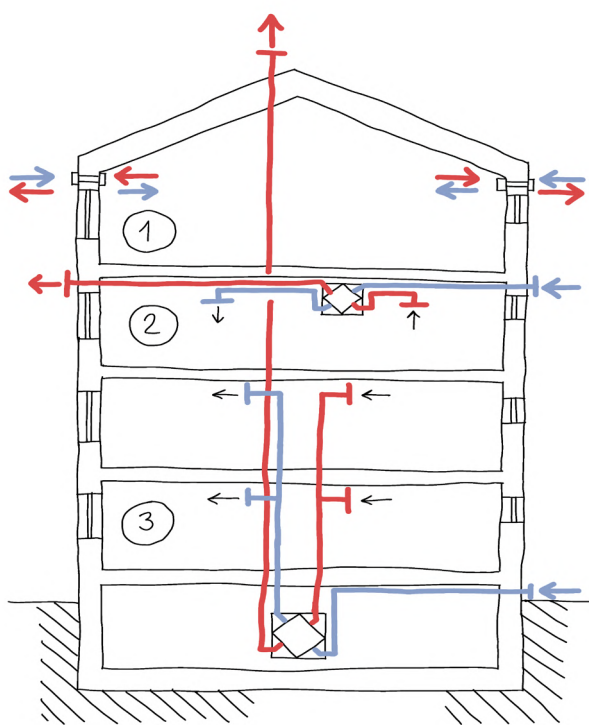
Je založeno na nucené výměně vzduchu technickým zařízením. Mezi hlavní výhody patří zajištění řízené a podle potřeb regulovatelné stálé dodávky čerstvého vzduchu, možnost instalace systému zpětného získávání tepla a zajištění vysoké kvality vnitřního prostředí v budově včetně možnosti provětrání všech prostor (i uvnitř dispozice). Mezi nevýhody lze zařadit vyšší náklady na pořízení a údržbu systému (delší rozvody a výměna filtrů), zásahy do interiéru či spotřebu elektrické energie ventilátorů.

Vzduch může být teplotně upravován přímo – ohřev, chlazení či úprava vlhkosti a snižuje tak nároky na dimenzování otopné soustavy. Sání venkovního vzduchu preferujeme z neosluněných míst (pokud možno na severní fasádě), kde venkovní vzduch a vnitřní prostředí není znehodnoceno pachy, zvýšenou prašností, exhalacemi z dopravy, vysokou tepelnou a hlukovou zátěží. Systém je zpravidla dimenzován na návrhový stav, který se od skutečného způsobu užívání může lišit. Úsporný a komfortní způsob užívání pak zajišťuje systém řízení a regulace.

- **Podtlakové větrání** – je založeno na nuceném odvodu vzduchu ventilátorem s dostatečným výkonem a řízením doby chodu a přívodem venkovního vzduchu přísáváním (pod tlakem) pomocí větracích klapek, štěrbin či otvorů umístěných v obálce budovy. Pro zajištění trvalého dostatečného větrání musí být ventilátor v chodu fakticky nepřetržitě. Přívodní prvky musí zajistit dostatečné množství vzduchu a současně splňovat tepelně-technické a akustické požadavky. Prvky by měly být uzavíratelné a odolné vůči povětrnostním podmínkám. Systém může způsobovat teplotní diskomfort v blízkosti přívodních prvků (případně je možné umístit je za otopné těleso).
- **Přetlakové větrání** – systém podobný podtlakovému větrání, jen s opačným režimem – přívod vzduchu je nucený pomocí ventilátoru, odpadní vzduch je vytlačován netěsnostmi a průchodkami ven z místnosti.
- **Rovnotlaké větrání** – je založeno na nuceném přívodu i odvodu vzduchu o přibližně stejném vzduchovém výkonu. Realizováno je vzduchotechnickou jednotkou vybavenou filtry, přívodním a odvodním ventilátorem a ve většině případů i systémem zpětného získávání tepla. Čerstvý vzduch je přiváděn do pobytových místností a znečištěný odváděn z místností s největší koncentrací znečišťujících látek – typicky sociální zařízení či kuchyně. Čerstvý vzduch může být dohříván i dochlazován na teplotu blízkou teplotě v interiéru. Jedná se o nejkomfortnější a nejúspornější systém větrání.
- **Teplovzdušné vytápění a větrání** – systém pokrývá jedním systémem větrání a zcela či částečně nahrazuje otopnou soustavu. Často se využívá v prostorách s požadavkem zátop či chlazení s rychlou odezvou, či jako doplněk stávající otopné soustavy. Vzduch je ohříván na teplotu okolo $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ s možností regulace výkonu jednotky i teploty ohřevu.
- **Hybridní větrání** – kombinuje účinky přirozených (vztlakových) sil se silou mechanickou (nuceným větráním). Koncepce hybridního větrání spočívá ve střídání obou režimů (přirozeného a nuceného) tak, aby byla dodržena minimální výměna venkovního vzduchu bez vysokých nároků na spotřebu elektrické energie pro dopravu vzduchu. Při nedostatečném přirozeném tlakovém rozdílu se uvádí automaticky do chodu ventilátor a systém pracuje jako podtlakový. Nutné jsou poměrně rozměrné vzduchovody tak, aby přirozený vztlak pokryl tlakové ztráty systému.

Z pohledu rozsahu systému nuceného větrání je dělíme na tři základní druhy. Nejvýhodnější jsou centrální případně semicentrální systémy. Lokální systémy jsou využívány tam, kde je více okrajových podmínek nebo omezené možnosti trasování vnitřních rozvodů.

- **Lokální systémy** – malé jednotky (často nástěnné), které zajišťují větrání části místnosti, celé místnosti nebo menšího souboru několika místností. Jednotky mívají ve stejném místě přívod čerstvého i odvod znečištěného vzduchu (rozděleno směrově) s rekuperačním výměníkem. Výhodou těchto jednotek je absence vnitřních rozvodů vzduchu a minimální zásah do konstrukce (nutné je jen zajištění otvoru v obálce stavby a napájení elektrickou energií). A cenová dostupnost. Nevýhodou je omezená možnost provětrání celé dispozice, vyšší akustická zátěž místnosti (nutnost instalace „velmi tichých“ jednotek) a omezený vzduchový výkon. Nebezpečí výkonového „přefouknutí“ jiných systémů ventilace (např. digestoř, odtah WC apod.).
- **Centrální systémy** – centrální vzduchotechnický systém zajišťuje provětrání celé budovy, případně ucelené části budovy. Jednotka má sdružený přívod i odvod vzduchu (neperforuje tedy na více místech obálku budovy jako lokální systém). Jednotlivé dílčí zóny jsou samostatně regulovány pomocí boxů tak, aby bylo možné zajistit individuální úpravu množství i kvality čerstvého vzduchu. Jednotka se nejčastěji umísťuje do technického zázemí (suterén, podstřešní prostory, technické místnosti) výjimečně na střeše budovy. Nevýhodou tohoto systému mohou být prostupy několika požárními úseky a nutnost realizace požárních klapek s nutností periodických revizí.
- **Semicentrální systém** – jednotka zajišťuje centrální provětrání dílčích zón se stejnými požadavky na kvalitu vnitřního prostředí a obdobným provozem. V bytovém domě může zajišťovat větrání vícepokojového bytu (centrální pro bytovou jednotku, decentrální pro bytový dům). Fakticky se může jednat o centrální systém rozdělený prostorově nebo funkčně na více samostatných oddílů. Právě tento systém je ve složitějších budovách využíván nejčastěji, protože umožňuje optimalizovat výkon, velikost jednotek i rozvodů vzduchu.



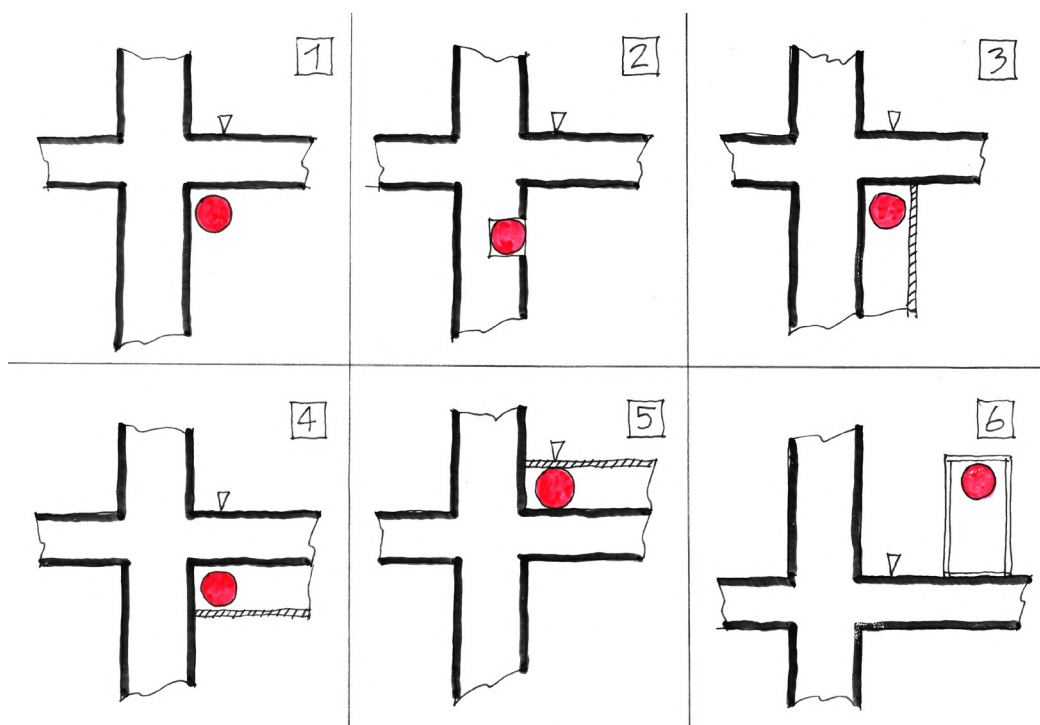
Obrázek 43: Schématické znázornění lokálního (1), semicentrálního (2) a centrálního (3) systému větrání

Je-li součástí energetického konceptu systém nuceného větrání, je nezbytné v budově vytvořit technické a prostorové předpoklady pro vzduchotechnické jednotky a další zařízení (technické místnosti, u větších staveb strojovny). Ideálně vzhledem k optimalizaci délky rozvodů v těžišti dispozice. Dále korektně koncipovat lokalizaci sání a výfuků vzduchu jak na obálce budovy, tak i ve vnitřních prostorách.

Samostatnou kapitolou (přesahující již rámec této publikace) je problematika požárního větrání a systému odvodu kouře při požáru. Týká se typů budov sloužících k většímu množství shromážděných osob (školské a kulturní stavby ...). Jsou to však stabilní, pevně zabudovaná zařízení, která zasahují do vnějšího vzhledu stavby. Nároky na dimenze profilů rozvodů těchto zařízení jsou násobně větší než u běžné vzduchotechniky sloužící k ventilaci. I proto je vhodné v případě památkově chráněných budov vhodně a uvážene volit způsob jejich využití a s tím související nutnost a rozsah úprav. Technologické prostupy obálkou vedou k zvýšeným tepelným ztrátám a je třeba volit tepelně izolované a uzavíratelné žaluzie.

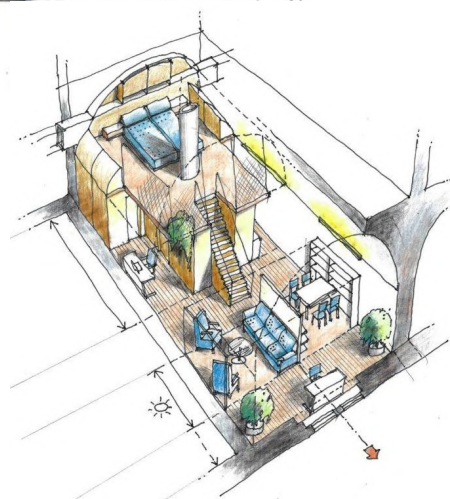
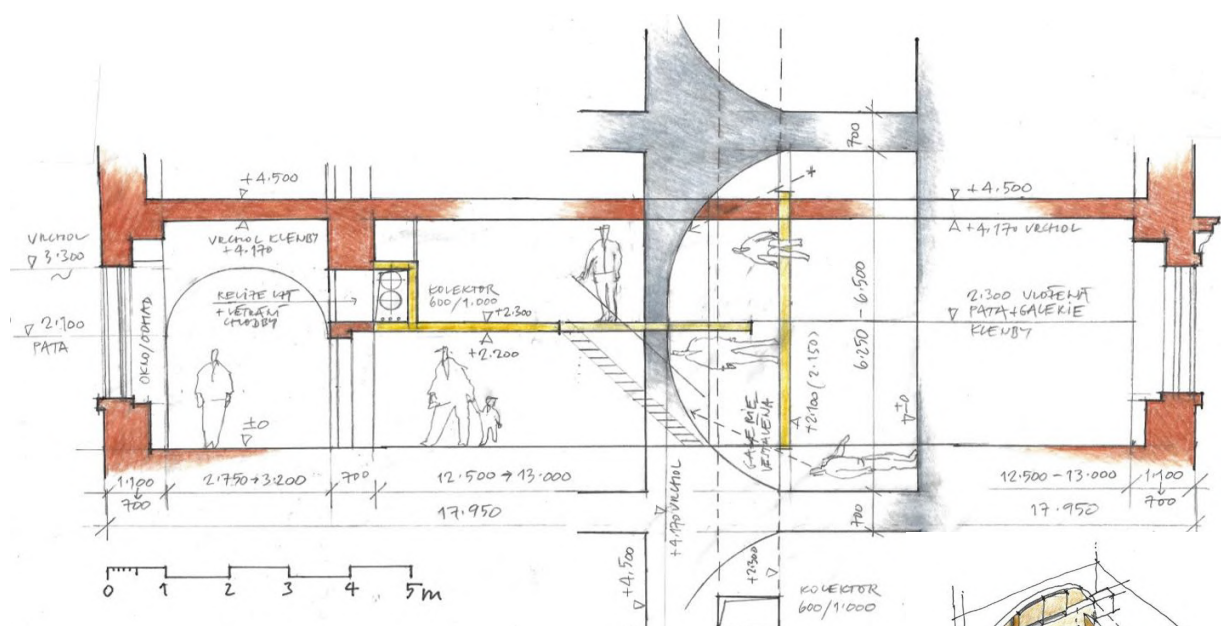
Možnosti trasování vnitřních rozvodů

Pro názornost jsou použity páteřní rozvody vzduchotechniky, které jsou obvykle nejnáročnější na prostor. Uvedené příklady mají vždy jednotlivě specifické okrajové podmínky využití a limity z hlediska památkové péče.



Obrázek 45: Schématické znázornění vedení vnitřních rozvodů vzduchotechniky

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 Volně přiznané v prostoru interiéru | 4 Skryté ve sníženém podhledu |
| 2 Zabudované do konstrukcí se zaplétováním | 5 Zabudované ve dvojité podlaže |
| 3 Skryté v instalační přízdívce | 6 Jako součást mobiliáře v interiéru |



Obrázek 46: Příklad konceptu sociálního bydlení v objektu Karlínských kasáren z roku 1848. Dispoziční řešení je zónované dle možností denního osvětlení původními okny. Neinvasivní vložení interiéru s prvky udržitelnosti. Konstrukce navržena z masivních CLT panelů. Trasování vnitřních instalací (ZTI + VZT) je v rámci vložené nové struktury. Josef Smola, červen 2021.

Kap. 4.6 Technické systémy a zdroje energie

Kapitola se věnuje sestavení konceptu technických systémů budovy s primárním zaměřením na dodávku tepla (vytápění a ohřev vody). Okrajově jsou uvedeny i základní souvislosti ohledně systému chlazení a výroby elektrické energie. Zaměřuje se především na budovy, u kterých je dominantní spotřebou vytápění (budovy pro bydlení, výuku, administrativa). Je však celá řada budov se specifickým způsobem využití (např. nemocnice, stacionáře, polyfunkční využití), pro které může být naopak rozhodující výroba chladu, koncept větrání či systém osvětlení. Proto je u každé budovy nezbytné postupovat individuálně v limitech požadavků na kvalitu vnitřního prostředí a celkovou energetickou bilanci.

Častá laická představa o tom, že energetickou náročnost budovy lze zcela vyřešit pouhou instalací moderního zdroje, obvykle tepelného čerpadla, je lichá. Aby zdroj pracoval efektivně s přípustnou mírou provozních nákladů, vyžaduje to promyšlený návrh v kontextu celého energetického konceptu (obálka v interakci s technologií).

A. Obecné souvislosti

Zdroj tepla a chladu je zařízení, jehož primárním úkolem je zajištění požadovaných mikroklimatických podmínek uvnitř budovy. Jeho návrh vychází z funkčního využití stavby a vlastností stavebních konstrukcí (včetně míry prosklení). Zdroje jsou dimenzovány na extrémní podmínky, proto musí být vybaveny systémem měření a regulace pro změnu vnitřních a reakci na vnější podmínky. Zajišťuje optimální, ekonomický provoz celé otopné či chladicí soustavy při běžném užívání. Klíčovým parametrem pro návrh zdroje tepla a chladu jsou parametry obálky budovy a způsob a režim užívání jednotlivých místností. Ty zdroj definují nejen výkonově, ale rozhodují i o účinnosti jeho provozu, složitosti regulačního systému, možnosti přerušení dodávky tepla a délky topné sezóny.

Obálka budovy, konkrétně její tepelněizolační vlastnosti, míra prosklení, způsob stínění a akumulární schopnost konstrukcí jsou společně s intenzitou užívání prostor hlavními faktory, které ovlivňují stabilitu vnitřního prostředí a předurčují tak množství tepla, chladu a jejich distribuci. Čím stabilnější prostředí obálka budovy zajišťuje (nízké tepelné ztráty, nižší míra prosklení a vyšší akumulární schopnost konstrukcí), tím méně energie je nutné dodat a tím širší paletu distribučních prvků i volby zdroje můžeme zvolit. Naopak u méně stabilních prostor musí návrh technického systému zajistit větší množství dodávané energie a přímo reagovat na rychlé změny. Současně jej musíme vybavit pokročilejším systémem měření a regulace a někdy připustit i jistou míru diskomfortu.

Náročnější a výkonnější zdroj, zvláště v oblasti chlazení, s sebou přináší nutnost instalace objemných venkovních součástí (např. kondenzační jednotky, nového odvodu kouře, přístavby kotelny). Jejich korektní umístění bývá zvláště u památkově chráněných budov problematické. Promyšlený technologický a stavební koncept zajistí stabilitu systému, hospodárnost dimenzování a ekonomický provoz.

Volba zdroje úzce souvisí i volbou vhodného energonositele (paliva). Výsledný energonositel vychází ze širších podmínek, daných jak budovou, tak i vnějšími vlivy, jako je dekarbonizace energetiky. To znamená ukončení spalování fosilních paliv (uhlí, zemního plynu či ropných produktů).

Ekonomické aspekty

Cílem je upřednostnit zdroje s nízkými provozními náklady (nižší cena energie) a nejlépe i nižšími měrnými investičními náklady na jednotku výkonu. Týká se to především budov s horšími tepelněizolačními vlastnostmi obálky budovy (vysokou hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla), tedy i vysokými tepelnými ztrátami a s tím související vysokou spotřebou energie. Naopak u budov s nízkými tepelnými ztrátami je možné navrhovat systémy s vyšší cenou energie, které zajišťují komfortnější automatizovaný provoz.

Cena energie je pro volbu zdroje klíčová. V současnosti však nejsme schopni do budoucna predikovat cenový vývoj jednotlivých paliv ani jejich vzájemný poměr. Z dlouhodobého horizontu je však trend vývoje cen energie zřejmý – od roku 1990 trvale rostou. Během let 2021 a 2022 došlo vlivem souběhu více okolností k prudkému nárůstu ceny energie (řádově o stovky procent). Tato skutečnost měla obrovský dopad na majitele energeticky náročných budov, kterým vzrostly provozní náklady nad jejich finanční možnosti. Dle studie Vysoké školy ekonomické v Praze se některý z aspektů energetické chudoby dotýkal až 30 % českých domácností. Majitelé budov s nízkou spotřebou energie čelili nárůstu provozních nákladů výrazně lépe než majitelé energeticky náročných budov bez ohledu na zdroj tepla.

Důležitou ekonomickou souvislostí je životnost zvoleného zařízení ve vztahu k očekávané úspoře a investičním nákladům. Oproti koncepčním a stavebním opatřením, jejichž životnost často přesahuje 40 let, je životnost technologie výrazně kratší – v rozsahu 10 až 25 let (většina technologických prvků má životnost okolo 15 let). Obecně platí, že čím je technologie složitější, tím kratší životnost lze očekávat. Investičně nákladnější technologie musejí dosáhnout vyšší provozní úspory tak, aby svému majiteli zajistili prostředky na jeho obnovu.

Současná praxe navrhování energetického konceptu vychází z dosud převažujícího stereotypu práce energetických specialistů a jednotlivých profesí (topenář, technik chlazení, vzduchotechnik ...). To znamená, že každá profese navrhne zařízení na pokrytí limitních požadavků a ty se sečtou = aditivní přístup. To vede k předimenzování zdrojů, prostorů pro ně a plýtvání finančními prostředky stavebníka. Cílem energeticky efektivní renovace je v oblasti profesí jejich vzájemný interaktivní přístup. V rámci synergického efektu je potřebné výkony optimalizovat tak, aby se vzájemně podporovaly a špička se rozložila v čase. Například u masivních historických staveb s vysokou mírou akumulace je v zimní špičce bez problému možné omezit na několik hodin vytápění bez snížení komfortu a výkon zdroje odklonit do potřeby jiné komodity (například do ohřevu teplé vody).

Energetická náročnost

Energetická náročnost je definována souborem ukazatelů uvedených v PENB (podrobněji uvedeno v kapitole SHR-NUTÍ POŽADAVKŮ PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ). Současným hlavním ukazatelem, podle něž se určuje i klasifikační třída objektu je tzv. primární energie z neobnovitelných zdrojů energie. Tento indikátor zahrnuje jak spotřebu energie na provoz budovy (vyjma zásuvkových spotřebičů), tak energii nezbytnou k jejímu předání, dopravě, přeměně a výrobě (včetně ztrát) z jejího primárního zdroje. Započtena je pouze energie z neobnovitelných zdrojů.

Každý energonositel má svůj národní faktor primární energie, který definuje násobek energie, jež je nutné zajistit z primárního zdroje oproti energii spotřebované v budově. Například současný faktor přeměny pro elektrickou energii 2,1 znamená, že na výrobu a přenos elektřiny musí být vynaloženo 2,1 násobek energie (v primárním zdroji) na každou kWh elektřiny spotřebovanou v budově. Naopak například kusové dřevo má faktor přeměny 0,1. Každá spotřebovaná kWh dřeva v budově obsahuje pouze 0,1 kWh energie z primárních neobnovitelných zdrojů (těžba a transport).

Leptší klasifikace v PENB lze dosáhnout snížením spotřeby energie budovy samotné, vyšší účinností instalovaných zdrojů, výrobou elektrické energie v rámci budovy a vhodnou kombinací a volbou energonositelů, kterými bude spotřeba pokryta. Je-li cílem energetické sanace i zlepšení klasifikační třídy budovy, bude volba zdrojů tepla a chladu klíčovým faktorem.

B. Specifika obnovy a památkové souvislosti

Předmětem zájmu památkové péče budou zejména viditelné části technologií – platí jak pro umístění zdroje samotného, tak i pro distribuční prvky otopné a chladicí soustavy. Preference směřuje k umístění zdroje a zařízení v podružných místnostech, či jinak obtížně využitelných prostor pro novou funkci, a výjimečně přípustné ve specifických případech je využití střešní krajiny (např. pro umístění venkovních jednotek). Venkovní kondenzační jednotky lze umístit např. do nevytápěných půdních prostor se současnou realizací nasávacích prvků.

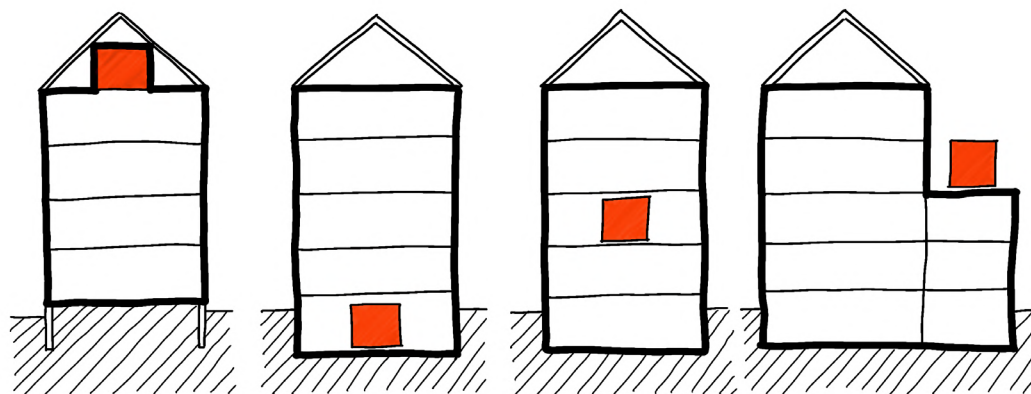
Památková péče při individuálním posuzování přijatelnosti instalace fotovoltaických a fototermtických panelů sleduje více kritérií. Nejvýznamnějšími jsou kulturně historické hodnoty dotčené památky nebo památkově chráněného území, forma jejich právní ochrany, kulturně historické hodnoty dotčeného objektu, pohledové uplatnění navrhované instalace a důsledky případné instalace z hlediska zásahu do hmotné podstaty stavby. Z pohledu ochrany a zachování architektonického dědictví a jeho kulturních hodnot je umísťování fotovoltaických a fototermtických panelů u kulturních památek a památkových rezervací obecně nežádoucí, jejich instalace bude posuzována vždy individuálně. Zařízení je zde tak možné osadit především ve specifických situacích – typicky na novodobých částech kulturních památek či jejich areálů obecně utilitární povahy či na nově doplňovaných doprovodných stavbách. Podmínkou umístění je pohledová skrytost systému v blízkých i dálkových pohledech, pokud je systém vnímatelný. V případě chráněných území se instalace posuzuje dle stupně a charakteru chráněného území. U památkových zón je přijatelná vyšší míra tolerance, pokud instalace významně nenaruší kulturně historické hodnoty, pro které je území chráněno. Obecně lze konstatovat, že v památkových zónách je instalace akceptovatelná, pokud nedochází k závažnému konfliktu s kulturně-historickými hodnotami.

Schéma umístění technologií technických zařízení budov (TZB)

Jedná se například o vzduchotechnické jednotky, tepelná čerpadla, zdroje přípravy a akumulace teplé vody. Sdružujeme je do technických místností, které jsou samostatnou zónou z hlediska energetického členění stavby (a nezářídka i samostatným požárním úsekem). Umístění má umožnit co nejkratší rozvody do všech periferií stavby.

Preferujeme suterénní prostory, jsou-li využitelné a součástí tepelné obálky budovy. Kompromisním řešením může být i samostatný zateplený box v nevytápěném půdním prostoru s plným respektováním historických krovů, který zajistí lépe vytápěný prostor podkroví s novou funkcí.

Vyhýbáme se umístěním v běžných podlažích, také v pohledově exponované střešní krajině (ekonomie, vizuální vliv, akustika, tepelné ztráty, vliv povětrnosti na životnost, přístupnost a obsluha ...).

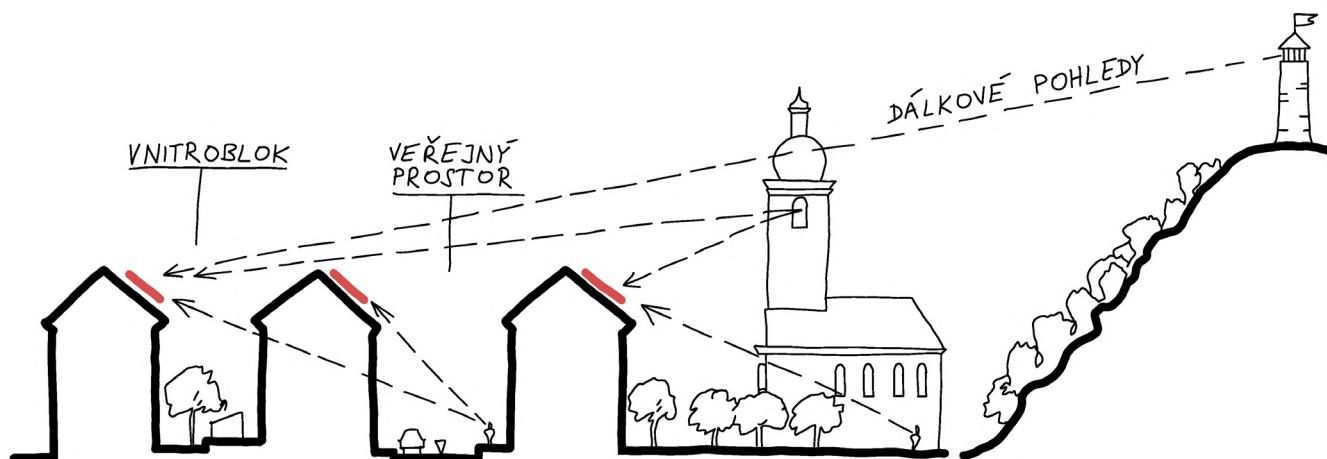


Obrázek 47: Schématické znázornění vhodného umístění vzduchotechnických jednotek na historických budovách

Zásady pro umístění fotovoltaických panelů

Vzhledem k rozdílným v památkové hodnotě objektů a prostředí není možné stanovit jednotící modelové řešení. V konkrétním případě je předmětem posouzení funkce budovy, rozsah systému, jeho provedení, umístění, barevnost, odrazivost, reverzibilita, míra integrace do stavební konstrukce. Mohou být i další kritéria. Zmíněná kritéria však nemají stejnou hodnotu, vždy rozhoduje individuální posouzení konkrétní situace a návrhu.

Stále však musí platit základní zásada činnosti správních orgánů, že v obdobných případech se rozhoduje obdobně, ve stejných stejně. Platí, že plně integrované systémy mají přednost před přidanými. U přidaných by se měla plocha fotovoltaických panelů co nejvíce přimykát k rovině střechy. Panely mají být sdružovány do jedolitých ploch, aby co nejméně narušovaly původní architektonický výraz (viz obrázek 47).



Obrázek 48: Schématické znázornění pohledových souvislostí při umísťování fotovoltaických panelů

C. Technické souvislosti

Podrobněji jsou rozvedeny širší technické souvislosti pro jednotlivé formy využití energie.

Chlazení

V souvislosti se změnou klimatu a problematikou městských tepelných ostrovů, vyvstává i u historických budov čím dál tím větší potřeba řešení tepelného komfortu v letním období. Tato situace se bude do budoucna dále zhoršovat (roste teplota, počet i četnost výskytu tropických dnů a nocí). Často souvisí s vyšší mírou prosklení budovy, absencí účinného stínění, menšími akumulačními schopnostmi konstrukcí, vysokými vnitřními zisky (od osob či vnitřního vybavení) či vyšším požadavkem na větrání prostorů.

Primárně před samotnou realizací chlazení je nutné identifikovat a následně omezit příčiny přehřívání. Upravit funkční a dispoziční řešení, využít akumulačních schopností konstrukce, zastínit okna apod. Není-li z jakéhokoli důvodu v dostatečném rozsahu možné snížit riziko přehřívání, je možné tolerovat krátkodobý diskomfort užívání nebo instalovat systém chlazení. V případě pracoviště vede nárůst vnitřní teploty vzduchu nejen ke snížení efektivity práce, ale i k oprávněnému požadavku na její přerušování.

Obecně platí, že období s potřebou chlazení je výrazně kratší než období vytápění. V některých případech se soustředí jen na extrémní dny či týdny. Instalovaný výkon zařízení navržený na extrémní podmínky je využit v poměrně malém rozsahu. Cílem tak je minimalizovat investiční náklady nutné k zajištění komfortního vnitřního prostředí. Chlazení v rámci energetického konceptu úzce souvisí s konceptem větrání a možností instalace fotovoltaických panelů (z důvodu současnosti využití vyrobené elektrické energie).

Za účinnější systémy chlazení se širším spektrem využitelných zdrojů lze považovat vysokoteplotní chladicí systémy. Ty chladí vyšší teplotní úrovně okolo 16/20 až 20/24 °C. Využít lze i tzv. freecooling, tedy chlazení pouhým oběhem studené vody (bez zdroje chladu). Aby systém přenášel dostatečný výkon, jsou nutné větší chladicí plochy (např. stropní chlazení, stěnové chlazení či podlahové chlazení), které je z pohledu uživatele i komfortnější. V případě podlahového chlazení je nezbytné zajistit dostatečně vysokou teplotu povrchu podlahy, proto se tento systém využívá jen dodatečnému dochlazení s velmi omezeným výkonem. Systémy prostorově úspornější (např. chladicí trámy, fan-coil nebo lokální klimatizační jednotky) využívají standardně nižší teplotní úrovně okolo 6/12 až 12/16 °C. Tyto systémy však mají užší zdrojovou základnu.

Vytápění

Jedním z velmi důležitých parametrů, které jsou určující pro uplatnitelnost některých soudobých technologií (např. tepelných čerpadel) a možnost budoucí dekarbonizace budovy, je teplotní úroveň otopné soustavy. Obecně lze konstatovat, že volba nižších úrovní teplot rozšiřuje spektrum využitelných zdrojů, proto by návrh opatření měl optimálně směřovat k nízkoteplotnímu provozu soustavy.

Snížení teploty otopné vody je možné v případě stávajícího objektu buď snížením jeho tepelných ztrát prostupem (zateplení) a větráním (těsnění oken a systém nuceného větrání s rekuperací), nebo úpravou otopné soustavy (nejčastěji zvětšením teplosměnné plochy distribučních prvků). Často pomůže doplnění regulačních prvků do soustavy a její termohydraulické vyvážení, které optimalizuje teploty a průtoky v otopné soustavě. Samozřejmostí u obytných budov je instalace termoregulačních ventilů s termostatickými hlavicemi umožňující reakci na vnitřní zisky a případnou regulaci teploty v místnosti. U budov s jednotným způsobem využití bez požadavků na individuální úpravy lze instalovat termoelektrické (IRC) hlavice s automatickým řízením. Přizpůsobování teploty otopné vody teplotě venkovního vzduchu (ekvitermní regulace) v provozu umožňuje u řady zdrojů tepla dosáhnout vysoké účinnosti. Stejně tak řízení zdroje na základě automatického systému nastavením časového režimu a teploty vnitřního vzduchu v referenční místnosti.

Tepelný výkon přenášený otopnou soustavou je závislý na teplotním rozdílu (obvykle 10 až 25 °C), hmotnostním průtokem teplotonosné kapaliny, střední teplotě otopné plochy a velikosti a typu otopné plochy. Obvyklé návrhové teplotní úrovně (přívodní/vratná teplota média) soustav jsou 85/75 až 70/60 °C (90/70 °C pro samotížné – ty je vhodné nahradit nuceným oběhem). Nízkoteplotní soustavy se obvykle navrhují na teplotní úrovně 55/45 až 35/25 °C. Návrhové teploty otopné soustavy musí vždy odpovídat charakteristice daného distribučního prvku a způsobu sdílení tepla do místnosti (prouděním či sáláním) a navrhuje je specialista na vytápění.

Jsou-li rozvody otopné soustavy vedeny v nevytápěných prostorech (typicky v suterénu), je nezbytné je opatřit dostatečnou tloušťkou tepelné izolace, která je proměnná dle jmenovité světlosti profilu. Optimálně by se měla pohybovat okolo 40 mm u vysokoteplotních soustav a alespoň 30 mm u těch nízkoteplotních (jde pouze o orientační hodnoty). Za korektní se považuje i úprava trasování rozvodů při obnově celé otopné soustavy (zjednodušení, napřímení, zkrácení apod.).

Příprava teplé vody

Spotřeba teplé vody bývá často opomíjenou spotřebou energie v budově. Energetická optimalizace spočívá v lokalizaci míst s největší spotřebou a rozhodnutí o vhodnosti či nevhodnosti centralizace její výroby. Centrální příprava teplé vody bývá výhodnější z pohledu efektivity využití zdroje (často s nižší jednotkovou cenou energie), ale zejména vlivem nutné cirkulace teplé vody znamená jistou energetickou ztrátu v rozvodech. Ta při nevhodném konceptu může být dominantní a vykazovat i více než polovinu potřeby tepla na přípravu teplé vody. V některých případech, např. u velmi vzdálených odběrných míst s nižší spotřebou, může být decentralní příprava teplé vody vhodnější. Ke zvážení může být provedení a řízení cirkulace teplé vody, nebo realizace semicentrálního systému s použitím lokálních (bytových) předávacích stanic.

Decentralizace může být navržena formou elektrického průtokového či zásobníkového ohřevu vody. Centrální systém je vždy vhodné doplnit dostatečným akumulacním zásobníkem, který zajistí rozložení výkonu hlavního zdroje a dostatečné množství teplé vody při odběrové špičce. Čím je zdroj tepla investičně nákladnější, tím je realizace větší akumulace důležitější. Optimalizovat lze i rozsah a dobu chodu cirkulace teplé vody. Energetické ztráty lze významně omezit opatřením zásobníků a rozvodů teplé vody tepelnou izolací. Izolovat je vhodné jak hlavní rozvody (optimálně cca 40 mm), tak i rozvody k jednotlivým spotřebičům (je-li to možné).

Spotřebu teplé vody lze významně omezit instalací úsporných výtokových armatur (perlátory, sprchové hlavice), které zajišťují snížení průtoku bez zhoršeného komfortu mytí. Výhodné jsou termostatické baterie, které samočinně a efektivně regulují požadovanou teplotu teplé vody. Další možnosti úspor poskytují systémy zpětného získávání tepla z odpadní vody. Jejich účinnost bývá v rozsahu 20 až 60 % v závislosti na technickém řešení a způsobu užívání. Realizovat ho lze jako lokální (sprchové výměníky), semicentrální (např. výměníky na stoupacím potrubí) či jako plně centrální (využití tepelných čerpadel jímajících teplo z odpadní jímky).

D. Typy zdrojů tepla

V této kapitole jsou uvedeny základní souvislosti volby jednotlivých zdrojů tepla a jejich zařazení do energetického konceptu.

Soustava zásobování teplem

Soustava dálkového vytápění je dostupná většinou ve větších aglomeracích nebo lokálně například v průmyslových areálech či v místech s vyšší koncentrací spotřeby tepla.

Jedná se o provozně poměrně "bezstarostný" zdroj tepla s nízkými prostorovými nároky. Ve výjimečných případech je možné smluvně zajistit i dodávku chladu, většinou ji ale musí stavebník zajistit vlastním zdrojem. V budově se instaluje pouze předávací místo, ve větších budovách pak výměníková stanice. Technologii instaluje zpravidla dodavatel tepla a její cenu si promítne do ceny tepla, servis a obnovu zařízení pak zajišťuje vlastními silami. Na základě dlouhodobé smlouvy je zaručena kvalitativní (teplotní úroveň) i kvantitativní (rezervovaný výkon a množství energie) dodávka. Nevýhodou je vysoká míra ochrany těchto soustav právními předpisy, která může vést k povinnosti připojit se k soustavě (je-li v dané lokalitě dostupná) a fakticky téměř znemožňuje se od soustavy odpojit a realizovat vlastní nový zdroj. Velmi omezený je i vliv na provozní náklady a jejich vývoj, který se řídí strategií dodavatele tepla, výší jejich investičních nákladů a diverzifikací palivové základny. Jednotliví dodavatelé tepla tak mají různé ceny tepla. Vývoj ceny tepla bude v současné době úzce souviset s požadavky na dekarbonizaci soustav zásobování teplem do roku 2050 a investicemi nutnými k jejich dosažení. V současné době nízké ceny tepla získávané spalováním uhlí tak do budoucna výrazně vzrostou.

K dálkovému rozvodu tepla je možné napojit budovy s vysokou teplotní úrovní otopné soustavy. Výhledově však v souvislosti se zvyšujícím podílem obnovitelných zdrojů tepla (tepelných čerpadel) v jejich zdrojové základně lze počítat s přechodem na nižší teplotní úrovně (okolo 60 °C).

Z pohledu energetické náročnosti se bude, v případě účinných soustav dle energetického zákona a správné trajektorie dekarbonizace centrálních zdrojů, jednat o tzv. bezemisní zdroj. Ty budou z pohledu výsledné klasifikace energetické náročnosti budovy hodnoceny výrazně lépe než budovy využívající fosilní paliva. V současné době má účinná soustava zásobování teplem o cca 37 % nižší faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů než zemní plyn. Naopak neúčinné soustavy mají tento faktor o cca 20 % vyšší.

S ohledem na dlouhodobý smluvní vztah a snahu provozovatele soustavy prodat odběrateli co největší množství tepla, bývá majitel budovy odrazován od instalace jakéhokoliv dalšího doplňkového zdroje (např. menší tepelné čerpadlo) s vyšším podílem provozu. Není-li soustava zásobování hlavním zdrojem tepla v budově, je majiteli často účtována vyšší cena tepla než v případě monovalentní dodávky tepla. Soustava nebývá z ekonomických důvodů vhodná pro budovy, které mají požadavky na zajištění vysokého rezervovaného výkonu se současným menším odběrem tepla.

Uhlí

V dnešní době zdroje tepla spalující uhlí již nejsou alternativou k nově instalovaným zdrojům. Spíše se jedná o snahu zefektivnit provoz stávajícího spalovacího zdroje do doby, než dožije a bude vyměněn za nový s jiným energonositelem. Uhlí je fosilní palivo přispívající při spalování zásadně ke znečišťování životního prostředí a globální změně klimatu a je očekáváno jeho další zdanění. V České republice probíhá postupné ukončování jeho těžby a jako palivo pro individuální vytápění bude obtížně dostupné. Uhlí jako zdroj energie pro vytápění budov nemá v budovách dlouhodobou perspektivu.

Zemní plyn

Plynové kotle jsou jedním z nejrozšířenějších zdrojů tepla v České republice. Příčinou je vysoký stupeň plynofikace, poměrně nízké pořizovací náklady, možnost automatického ovládání a akceptovatelné provozní náklady. Z pohledu jeho využití v budově se jedná o efektivní zdroj se širokým rozsahem regulovatelného výkonu a minimálním zásahem do stavby. Nejčastěji se jedná o centrální kotel zapojený do teplovodní otopné soustavy, ale ve starších budovách bývají využita i méně efektivní lokální topidla (tzv. WAW odvětrané do fasády) a karmy pro ohřev vody. Zemní plyn je hojně využíván v průmyslu ve formě teplovzdušných jednotek či vysokoteplotních sálavých zářičů. Jedná se o emisní zdroj, je však provozovatelný ve většině aglomerací bez zásadního omezení.

Hlavní nevýhodou zemního plynu je fosilní původ paliva a závislost na dodávce paliva ze třetích zemí (často s odlišnými geopolitickými zájmy). V rámci transformace českého hospodářství směřující k dekarbonizaci a snížení dovozní závislosti je plánováno s výrazným omezením jeho spalování v budovách a jeho postupným vyšším zdaněním. Aktuální požadavek vycházející z evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD IV) směřuje k postupnému odklonu od spalování fosilních paliv v budovách nejpozději do roku 2040. Do budoucna se předpokládá, že by spalování zemního plynu mohlo být nahrazeno využitím čistého vodíku či biometanu, které budou vháněny do plynovodní sítě. V tomto ohledu je tak naděje na nahrazení současných plynových zdrojů obdobným systémem, avšak s dosud nepředvídatelnými provozními i investičními náklady.

Plynové kotle lze provozovat jak v nízkoteplotních, tak ve vysokoteplotních otopných soustavách. Nízkoteplotní soustavy umožňují provozování plynových kotlů v tzv. kondenzačním režimu s vyšší účinností (v průměru dosahující okolo 98 %). Se stávajícími plynovými kotli je v řadě případů uvažováno přechodně jako s bivalentními (doplňkovými či špičkovacími) zdroji pro provoz nově instalovaných elektrických tepelných čerpadel.

Další zvyšování účinnosti energetického využití zemního plynu je možné dosáhnout plynovými tepelnými čerpadly s účinností okolo 150 %, která je ovšem plně vyvážena vyššími pořizovacími náklady a vyšší poruchovostí. V případě větších budov může připadat v úvahu instalace kogenerační jednotky vyrábějící současně s teplem i elektrickou energii. Využití kogenerační jednotky přímo v budovách je však spíše ojedinělé, častější je využití v rámci rozsáhlejších budov a areálů. Představuje vysoké nároky na snížení akustického tlaku a vibrací z chodu spalovacího motoru či turbíny a současně dostatečný stabilní odběr tepla pro zajištění provozu přesahujícího 3000 hodin (z pohledu rentability investičních nákladů).

Z hlediska prostorových nároků je třeba počítat s umístěním relativně malé kotelny a realizací odvodu spalin (kouřovodu či komínu). Využitelnost stávajících komínů je možná pouze za předpokladu jejich vyvložkování.

Biomasa

Reprezentuje spalování dřeva, pelet, štěpky či slámy apod. Ve většině případů se jedná o paliva s nižší cenou (vždy záleží na míře prefabrikace). Spalovací zdroj na biomasu vyžaduje větší prostorové nároky, především pro skladování paliva s požadavkem nízkého obsahu vlhkosti. Velikost kotelny a prostorů pro skladování se řídí spotřebou budovy a druhem paliva, případně možnostmi samočinného přikládání a dostupností i cenou paliva v průběhu roku. Kusové dřevo má prostorové nároky výrazně větší než pelety, což je dáno mimo jiné i nutností nechat jej postupně vysychat.

S obsahem vlhkosti úzce souvisí skutečná provozní účinnost kotle na biomasu, která za optimálních podmínek dosahuje přibližně 85 %. Některé formy biomasy umožňují díky zásobníku paliva a podavači automatický provoz, rozsah regulace výkonu kotle je však výrazně menší než u plynových kotlů. Často se proto mezi otopnou soustavu a kotel, který nemá možnost účinné regulace výkonu, doplňuje větší teplovodní akumulací zásobník. Bez využití akumulacího zásobníku klesá reálná účinnost provozu kotle.

Přestože se jedná o spalování paliva s produkcí emisí, jde o obnovitelný zdroj, a proto je z pohledu budoucího legislativního vývoje akceptovatelný. Řadí se mezi zdroje využitelné v bezemisních budovách. Využití lokálních zdrojů biomasy se může zdát být výhodné, ale to platí pouze pro lokality, kde je jí dostatek. Cena paliva v jednotlivých regionech i v průběhu roku značně kolísá. Možnost povolení tohoto zdroje ve městech je nezbytně předem ověřit s ohledem na emisní požadavky (zejména emise tuhých znečišťujících látek).

Z pohledu neobnovitelné primární energie jako hlavního klasifikačního ukazatele úsporných budov se jedná o velmi výhodný zdroj tepla – faktor přeměny energie je o zhruba 80 % nižší než v případě plynu. Využití biomasy tak předznamenává velmi dobrou klasifikaci dle PENB i v případech, kdy není možné energeticky sanovat obálku.

Vhodná kombinací pro tento zdroj jsou solární fototermické kolektory pro přípravu teplé vody či fotovoltaická elektrárna dimenzovaná na letní přípravu teplé vody. Tato kombinace umožňuje provoz zdroje výhradně v otopné sezóně.

Elektrokotel

Jedná se o zdroj tepla s nízkými pořizovacími náklady a dlouhou životností, který je díky plošné elektrifikaci použitelný kdekoli. Má rychle a široce regulovatelný výkon a je použitelný v mnoha formách od centrálního zdroje, doplňkového zdroje zapojeného do teplovodní otopné soustavy, až po možnost lokálního využití ve formě otopných těles, infrazářičů či podlahových rohoží, a to v závislosti na konkrétním předmětu památkové ochrany. V některých budovách s nízkokapacitním připojením může být omezující celkový připojitelný příkon všech elektrických spotřebičů budovy. K rozložení příkonu na delší časový úsek lze využít tepelné akumulace do hmoty či do vody. Většina elektrokotlů má vysokou provozní účinnost blízkou 98 %.

Jeho hlavní nevýhodou je vysoká cena elektřiny, která se pohybuje běžně na trojnásobku ceny zemního plynu. Jeho využití jako hlavního zdroje tepla je tak s ohledem na vysoké provozní náklady vázáno především na mimořádně úsporné domy (např. nízkoenergetické a pasivní). Nejeefektivnější využití naleznou elektrokotle tam, kde je nutné zajistit vysoký špičkový výkon s velmi omezenou dobou chodu (desítky hodin za rok) – typicky tedy jako bivalentní zdroj k tepelným čerpadlům nebo jako záloha.

Elektřina je v České republice vyráběná s nízkou účinností (okolo 30 až 40 %) dominantně v uhelných a jaderných elektrárnách. Chápání elektřiny jako bezemisního zdroje budoucnosti úzce souvisí s energetickou transformací a s výrazným zvýšením podílu obnovitelných zdrojů na její výrobě (především využití větru). Do budoucna se tak jedná o jeden z preferovaných bezemisních zdrojů pro provoz budov. Z pohledu primární neobnovitelné energie jde o výrazně penalizovaný zdroj, jehož faktor přeměny je na dvojnásobku hodnoty zemního plynu. Každá budova, která bude vytápěna elektřinou ze sítě, bude mít oproti ostatním zdrojům výrazně horší klasifikaci energetické náročnosti.

Vhodné je společně doplnit zdroj výrobou elektrické energie např. fotovoltaickými panely s bateriovým úložištěm a v ideálním případě využívající i výhody spotového trhu či agregace flexibility. Provozní náklady elektrických přímotopů nelze sanovat instalací fotovoltaických panelů. Důvodem je nesoučasnost výroby a spotřeby (běžně pod 20 %).

Tepelná čerpadla

V současné době jde o nejrychleji se rozvíjející a preferovaný zdroj vytápění. Jeho hlavní výhodou je velmi vysoká účinnost výroby tepla, kdy z jedné jednotky elektřiny vyrobí několik jednotek tepla (typická účinnost v rozsahu 250 až

500 %). Vysoká účinnost zdroje ovšem není samozřejmostí a úzce souvisí s teplotní úrovní otopné soustavy a teplotou prostředí, ze kterého se teplo přečerpává. Nejméně účinná jsou tepelná čerpadla vzduchová (vzduch-voda), protože jsou závislá na teplotě venkovního vzduchu a ta bývá v době nejvyšší poptávky (v zimě) velmi nízká. Nejvíce účinná jsou pak tepelná čerpadla země-voda a voda-voda, případně tepelná čerpadla využívající odpadní teplo. Nevhodná instalace a zapojení tepelného čerpadla může způsobit pokles jeho provozní účinnosti i na pouhých 150 %.

Zásadní výhodou tepelných čerpadel je skutečnost, že se v principu jedná o chladicí zařízení a mohou tedy vytápět i chladit. Tepelné čerpadlo tak může být současně zdrojem tepla i chladu, čímž dochází k investiční a prostorové úspoře. Zpravidla platí, že tepelné čerpadlo je efektivnější a má vyšší výkon pro režim vytápění než pro režim chlazení.

Hlavní nevýhodou tepelných čerpadel je jejich relativní složitost, která se promítá do vysoké pořizovací ceny. Zcela zásadní je tedy optimalizace návrhového výkonu ve vztahu k investičně levnějšímu bivalentnímu zdroji. Standardně se tepelná čerpadla navrhuje na 75 % tepelných ztrát, zbytek pokrývá jiný zdroj. Výkonový rámec není souměrný rámci spotřebnímu – 75% pokrytí tepelných ztrát představuje 95% pokrytí provozní spotřeby. Proto je většina tepelných čerpadel z ekonomických důvodů navrhována v bivalentním provozu s dalším zdrojem (nejčastěji elektrokotlem).

Nejvyšší účinnost bude mít čerpadlo pro podlahové vytápění (35 °C), nižší pro nízkoteplotní otopná tělesa (50 °C) a přípravu teplé vody (60 °C). Omezenou využitelnost s velmi nízkou účinností nebo vysokým podílem provozu doplňkového zdroje bude mít v případě vysokoteplotních soustav (nad 70 °C). Určujícím ukazatelem účinnosti je tzv. topný faktor (COP), ten se uvádí pro samotné zařízení při ideálních podmínkách (tj. pro nízkoteplotní systémy). Topný faktor rovný 3,5 odpovídá účinnosti 350 % – tzn. při spotřebě 1 kWh elektrické energie vyrobí 3,5 kWh tepla. Pro hodnocení se používá tzv. sezónní topný faktor (SCOP/SPF), který vychází z konkrétních podmínek instalace, proměnlivé teplotní úrovně otopné soustavy, podílu přípravy teplé vody. Vyjadřuje provozní účinnost celé soustavy s tepelným čerpadlem, včetně podílu elektrického bivalentního zdroje tepla a dalších potřebných prvků soustavy. Bývá zpravidla výrazně nižší než uvedený COP.

Tepelná čerpadla rozdělujeme podle druhu prostředí, ze kterého si odebírají teplo na:

- **Vzduch-voda** – získává teplo z okolního vzduchu a využívá jej k ohřevu otopné vody. Jeho účinnost se s klesající venkovní teplotou snižuje, přičemž limitem je běžně teplota -15 °C. Limitováno je jejich užití ve velmi chladných klimatických oblastech. Běžný provozní topný faktor čerpadla se při zapojení do nízkoteplotní soustavy pohybuje okolo 3,4 a při zapojení do vysokoteplotní soustavy je i pod hodnotou 2,2. Vyžaduje instalaci vnější jednotky, která je současně i zdrojem hluku. Cenově se pohybuje na spodní hranici investičních nákladů.
- **Vzduch-vzduch** – získává teplo z okolního vzduchu a využívá jej k ohřevu vnitřního vzduchu v budově. V reverzibilním zapojení se jedná o běžnou klimatizační jednotku. Typicky jde o lokální jednotky (např. parapetní), které vyžadují ještě instalaci vnější jednotky. Jejich účinnost je závislá na průtoku vzduchu (v interiéru). Umístění lokálních jednotek je nezbytné volit s ohledem na proud vzduchu. Nepříjemným projevem může být i hluk při vyšším výkonu jednotky.
- **Země-voda** – získává teplo ze zemních vrtů (zpravidla 100 až 200 m hlubokých), energetických pilot či plošného zemního kolektoru a využívá jej k ohřevu otopné vody. Jeho účinnost je poměrně stabilní při zapojení do nízkoteplotní soustavy se SCOP pohybuje okolo 4,4 a při zapojení do vysokoteplotní soustavy je pod 3,0. Cenově je spíše na horním okraji investičních nákladů.
- **Voda-voda** – získává teplo z blízkého vodního zdroje (např. řeky či rybníka) a využívá jej k ohřevu otopné vody. Z pohledu ostatních souvislostí je velmi podobné typu země-voda, má tedy stabilní provozní parametry.
- **Odpadní teplo-voda** – využívá odpadního (jinak nevyužitelného) tepla s vyšší teplotou (vzduch, voda) k ohřevu otopné vody. Prakticky se může jednat o zdroj odvádějící teplo např. z kuchyňského provozu, vnitřní technologie jako jsou servery či z odpadní vody odváděné z budovy. Jedná se o neúčinnější využití s vysokými sezónními topnými faktory (mohou přesahovat i SCOP = 5,0), omezeno je však množstvím odpadního tepla a jeho časovou využitelností. Často se využívá i jako systém chlazení, kdy odvádí teplo z jedné části budovy do druhé.

Aby se projevila ekonomická výhodnost tepelného čerpadla, měl by být SCOP co nejvyšší a mělo by být dimenzované na vysoké provozní využití na úrovni 1 500 až 2 000 hodin špičkového výkonu. Jeho instalace do „nezateplené“ budovy je vhodná pouze za předpokladu, že je možné v daném objektu zajistit nízkoteplotní vytápění.

Zdroje chladu

V případech nutnosti realizace systému chlazení se nejčastěji navrhují lokální klimatizační jednotky (split, multisplit) umístěné výhradně v zatížených místnostech. Je-li nutný větší rozsah chlazení (např. celá patra či větší provozní celky) je možné navrhnout centrální systém buď s rozvodem chlazené vody, či s rozvodem chladiva, nebo chlad distribuovat pomocí systému nuceného větrání (nižší výkon i účinnost). Zařízení pro chlazení pracuje na stejném principu jako tepelné čerpadlo, jednotka odebírá teplo z vnitřního prostoru a odvádí ho k vnější jednotce. Vždy je tedy nutné řešit jak umístění vnitřních jednotek, tak především umístění jednotek vnějších – to bývá z pohledu památkové péče klíčové. Jedním z možných zdrojů chladu bez viditelné vnější jednotky je systém tepelného čerpadla země-voda a voda-voda.

Za optimální se považuje, pokud je možné v rámci energetického konceptu spojit systém navržený pro vytápění s chladicím systémem (např. využití tepelných čerpadel v reverzibilním). V některých případech je možné k chlazení využít i stejný distribuční prvek – např. plošné stropní či stěnové vytápění, podlahové vytápění, vzduchotechniku, fan-coily apod. Kombinace těchto systémů však vyžaduje kvalifikovaný návrh koncepce s odpovídající regulací.

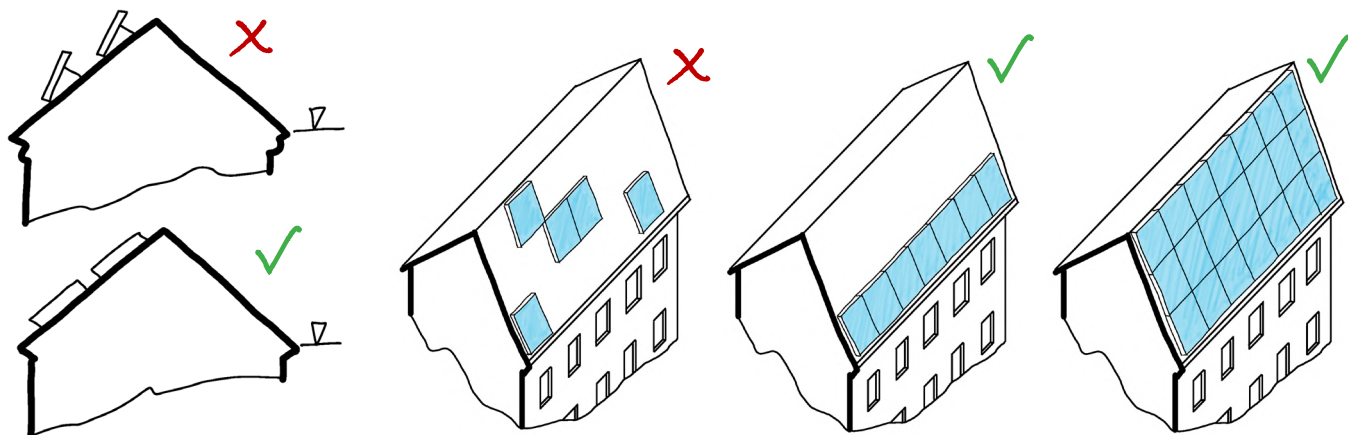
Energie Slunce

V rámci budov je nejčastěji využívána instalace fotovoltaických systémů a fototermických kolektorů s cílem pokrýt část spotřeby vlastní výrobou a snížit tak závislost na dodávce energie zvenčí. Vzhledem k tomu, že jsou přímo závislé na intenzitě záření a počtu slunečních hodin, je výroba energie značně nerovnoměrná v průběhu roku, se špičkou v letních měsících. Méně výhodná je instalace systémů v lokalitách s nízkým počtem hodin slunečního svitu, častými mlhami či zastíněním okolními překážkami apod.

- **Fotovoltaické panely** slouží k přímé přeměně slunečního záření na elektrickou energii. Zásadní k jejich zařazení do energetického konceptu je vyšší spotřeba elektrické energie v budově (převážně v teplé části roku) a možnost propojení s distribuční soustavou, do které budou prodávány případné přetoky. Optimalizace systému by však měla být směřována k maximalizaci využití energie v budově. V chladné části roku (otopném období) se vyrobí jen přibližně 30 % elektřiny z celkového množství, proto nelze předpokládat, že systém pokryje veškerou spotřebu energie na vytápění budovy (s výjimkou energeticky soběstačných novostaveb). Systém lze doplnit o akumulaci prioritně v podobě baterií (je nákladnější a méně prostorově náročná), případně v podobě zásobníkového ohřevu vody (je cenově dostupnější). V případě instalace bateriového akumulátoru je vhodné zvážit možnost využití nákupu elektřiny na spotovém trhu. Systém pak upravuje spotřebu, prodej, využití a ukládání vyrobené elektřiny podle cenových podmínek na trhu a tím optimalizuje konečnou průměrnou cenu elektřiny. Instalace systému otevírá současně možnosti sdílení elektřiny v rámci komunitní energetiky. Účinnost výroby elektrické energie není v současné době příliš vysoká a závisí na typu zvolených panelů. K výrobě jedné MWh elektrické energie za rok (odpovídá cca 1 kWp instalovaného výkonu v případě optimální orientace a sklonu) je nutné u běžných panelů instalovat přibližně 5 m² plochy panelů. U speciálních systémů integrovaných v podobě střešních keramických tašek, hydroizolačních pásů plochých střech či speciálně zabarvených panelů je nezbytné počítat s nižší účinností než u běžných panelů.
- **Fototermické kolektory** slouží k přímé přeměně slunečního záření na teplo. Jsou určené k ohřevu vody a výjimečně k částečnému pokrytí spotřeby energie na vytápění. Vhodné jsou výhradně v budovách s vyšší spotřebou teplé vody (např. obytné budovy, domovy pro seniory, hotely, sportovní stavby apod.) a vyžadují instalaci větších zásobníků teplé vody. Výhodou fototermických systémů je výrazně vyšší účinnost, která se projeví v menší potřebné ploše panelů než v případě fotovoltaiky. V případě optimálního dimenzování je možné přibližně 5 m² panelů pokrýt 60 % celkové roční spotřeby teplé vody čtyřčlenné rodiny. Výroba tepla je nerovnoměrná, situovaná především do letních měsíců.

Realizace solárních systémů může významně ovlivnit vzhled budovy, proto je nezbytné klást velký důraz na jejich umístění a vizuální ztvárnění. Z pohledu umístění panelů na střešní rovinu rozlišujeme:

- **Neintegrované** – jedná se o systémy, které nejsou součástí stavby, ale nachází se v její těsné blízkosti (pergoly, volně umístěné panely apod.). Výhoda spočívá v projektově nejjednodušším řešení, strukturálně neinvazivní, nemění hmotnou podstatu staveb. Nevýhoda spočívá v tom, že způsobuje změnu vizuálního vnímání objektu i území (z tohoto důvodu by měla být odpovídajícím způsobem ověřována a vyhodnocována míra invazivnosti). Specifickou formou jsou zcela vzdálená pole panelů, propojená pouze vedením, nebo panely umístěné na jiné budově jako sdílená výroba.
- **Částečně integrované** – jedná se o systémy, které jsou umístěny na obálce staveb, avšak nenahrazují původní



Obrázek 48: Schématické znázornění vhodného umístění fotovoltaických panelů na historické budově

stavební materiály. Jejich umístění by mělo být vyhodnoceno individuálně, rozmístění by mělo respektovat plochu, na kterou jsou zdroje umístěny. Linie ploch by měly respektovat architektonické linie stavby. Sklon panelů by měl odpovídat sklonu střešních rovin, s možnou výjimkou u plochých střech, a rovinám fasády. Plochy by neměly převyšovat výšku stavby s výjimkou staveb na plochých střechách. Celkový design solárních panelů včetně barevného provedení by měl být co nejméně kontrastní k barevnosti střešní krajiny. Volba designu a barevnosti panelů je libovolná. Výhodou je minimální (ne však nulový) vstup do hmotné podstaty objektu a míra reverzibility. Nevýhodou je změna objemu stavby, změna siluet stavby a nutnost posouzení vhodnosti zásahu zpracováním studie výsledného vizuálního efektu.

- **Integrované** – jedná se o systémy, které nahrazují původní materiály objektu novými prvky, kdy komponenty jsou nahrazovány (úplně nebo částečně) částmi hmotné podstaty objektu, pokud to památková ochrana daného objektu umožní. Nejčastěji může jít o fotovoltaické zdroje energie v podobě střešních krytin, např. tašek, či jejich napodobenin, tenkovrstvých instalací apod. Jejich umístění by mělo být vyhodnoceno individuálně; rozmístění by mělo respektovat plochu, na kterou jsou zdroje umístěny, nemělo by se jednat o nepravidelně rozmístěné panely; linie by měly respektovat architektonické linie stavby; barevnost by měla být co nejméně kontrastní k barevnosti střešní krajiny a minimalizovány odlesky. Požadavek na instalaci integrovaných systémů by měl být uplatněn pouze v odůvodněných případech vzhledem k jejich vysoké ceně, náročné údržbě a možnému nižšímu výkonu.

Vývojové trendy – hydroizolace s integrovanou fotovoltaickou vrstvou pro ploché střechy (například Nová scéna Národního divadla). Fotovoltaika v podobě kompozitu skleněných čirých/průhledných okenních výplní. Obecně lze již dnes i v tuzemských podmínkách dodat fotovoltaický potisk libovolné barevnosti a designu na jakémkoliv pevné povrchy. Otázkou je vyšší cena a nižší účinnost.

Sdílení energie

U budov, které nebudou moci z nějakého důvodu instalovat fotovoltaickou elektrárnu, případně budou mít výrazně omezené možnosti snížení energetické náročnosti budovy, se předpokládají širší možnosti využití systému sdílení energie z obnovitelných zdrojů v rámci energetických komunit. Základní filozofie tak předpokládá, že není nutné realizovat obnovitelné zdroje přímo na budově, ale financovat jejich realizaci mimo objekt (v rámci energetické komunity) a vyrobenou energii využívat k pokrytí spotřeby vlastních budov. To by mohl být způsob, jakým zajistit dosažení požadavků na uhlíkově neutrální budovy i v případě památkově chráněných budov – obchodními smluvními vztahy. Tento systém se však v ČR teprve rozvíjí a právně definuje, ale v zahraničí je již funkční praxí. V současné době není možné konkretizovat jeho využitelnost ani pomoci něj zaručit dlouhodobě nízké provozní náklady. Vždy tak platí preference na realizaci co největšího možného rozsahu energeticky úsporných opatření na budově samotné (v kontextu principů památkové ochrany).

Energii lze vzájemně sdílet i mezi vlastními budovami, které mají rozdílné funkční využití. Přebytková bilance jedné budovy sanuje spotřebu budovy druhé. U větších urbánních celků (např. areály nemocnic) lze realizovat lokální distribuční soustavu, která umožňuje vzájemné sdílení vyrobené elektřiny a vytváří díky celkově většímu odběru energie ze sítě prostor pro vyjednání nižší ceny elektřiny s distributorem. Lokální distribuční soustavu provozují licencované distribuční společnosti na území vymezeném těmito licencemi.

Ukázkové příklady správné praxe

Příklad 1: Renovace farnosti v Praze Michli

Autor návrhu: Ing. arch. Josef Tlustý

Lokalita: Baarova, 140 00 Praha 4

Budova fary pochází z konce 19. století a patří k baroknímu římskokatolickému kostelu Narození Panny Marie v Praze 4 – Michli. Na začátku 21. století se už ale nacházela ve velmi špatném stavu. Situována je v ochranném pásmu národní kulturní památky v ulici Baarova v Praze Michli. Do střechy zatékalo, zdi i paty objektu byly vlhké, okna zplesnivělá a technické vybavení správně nefungovalo. K havarijnímu stavu budovy přispěla velkou měrou i necitlivá rekonstrukce v 70. letech 20. století. Aby mohla budova sloužit místní farnosti římskokatolické církve i nadále, byla v letech 2014 až 2015 kompletně renovována. Budova je užívána jako administrativně ubytovací objekt s možností pořádat společenské akce.

V rámci renovace vznikla nová půdní vestavba, jižní špaletová okna byla vyměněna za nová špaletová okna ve vnějším křídle s trojskly a fasáda byla kompletně zateplena extrudovaným polystyrenem, který se dá dobře tvarovat. Podařilo se tak zachovat původní strukturování bosází i šambrán kolem oken, stejně tak říms. Stavba je zděná a využívá ve velké míře přírodní nebo jiné dobře recyklovatelné materiály šetrné vůči životnímu prostředí jako jsou dřevo, foukaná celulóza nebo minerální vata. Svými novými tepelněizolačními parametry i kvalitou vnitřního prostředí (díky řízené výměně vzduchu) dům dosahuje parametrů blízkých standardu pasivního domu. Měrná potřeba tepla na vytápění činí pouhých 24 kWh/m² na rok.. Střecha nad přístřeškem je vegetační – extenzivní se sukulentními teplomilnými společenstvy. Jako zdroj energie slouží plynový kondenzační kotel, doplněný o termické kolektorové panely.

Renovace, jejíž celkové stavební náklady činily 7 miliónů Kč, byla spolufinancována z veřejných zdrojů – Operačního programu životní prostředí s podporou, která pokryla 25 % z celkových stavebních nákladů. V přepočtu na m² užitné plochy vycházejí stavební náklady na 11 800 korun.

Jedná se o budovu v přímém sousedství s kulturní památkou – barokním kostelem Narození Panny Marie. Památková ochrana ale spočívá v ochranném pásmu Pražské památkové rezervace. V rámci renovace bylo nezbytné prokázat, že budova z hlediska této ochrany nemá na památkovou rezervaci vliv. To uznal posléze i odbor památkové péče Magistrátu hl. m. Prahy.

Technické údaje

Vnější zateplovací systém ze šedého polystyrenu s příměsí grafitu byl realizován v celkové tloušťce 250 mm, k podkladu byl celoplošně přilepen. Reprofilace původních ozdobných prvků je realizována z tvarovaného extrudovaného polystyrenu. Štítová stěna k sousední budově s omezenou možností realizace izolantu byla zateplena z vnější strany aerogelovou tepelnou izolací v tl. 20 mm.

Původní špaletová okna byla vyměněna za nová. Vnitřní křídlo je replikou oken původních historických s jednoduchým zasklením a bez těsnění. Vnější křídlo je realizováno z moderních profilů typu Alphawin – LIGNUMA s trojskly $U_g < 0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ a vyšší solární propustností. Součinitel prostupu tepla oknem je menší než $U_w = 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Okna na jižní straně jsou vybavena vnějším stínícím systémem s částečně průhlednými předokenními textilními screenovými roletami.

Střešní konstrukce vychází z původního krovu. Na krokve byla přikotvena vždy dvojice dřevěných I nosníků o výšce 240 mm a tato dutina vyplněna foukanou celulózou. Prostor mezi stávajícími krokvemi v tl. 170 mm byl taktéž vyplněn foukanou celulózou. Na vnitřní straně je parozábrana krytá instalační mezerou v tl. 60 mm vyplněná minerální izolací a zaklopená sádkartonem.

Podlaha na zemině prošla kompletní obnovou včetně doplnění tepelného izolantu z EPS 100Z tl. 200 mm a realizace odvětrávané mezery.

Koncept větrání je založen na nucené výměně vzduchu doplněné o možnost přirozeného větrání otvíratelnými okny. Instalováno je rovnotlaké řízené větrání s rekuperací tepla s účinností až cca 88 %. Vzduchotechnický systém má pouze větrací funkci (bez úpravy teploty). Centrální vzduchotechnická jednotka ATREA DUPLEX 520 ECV4.D s výkonem cca 520 m³/h ve vnitřní instalaci technické místnosti v podkroví budovy.

Zdrojem tepla je nástěnný plynový kondenzační kotel BUDERUS LOGAMAX GB172-14 doplněný záložními elektrickými tělesy o celkovém příkonu 10,5 kW. Na střeše budovy jsou instalovány 3 ks solárních kolektorů pro ohřev vody. Orientovány jsou na jih se sklonem 35°. Doplněny jsou 500 litrovým akumulacním zásobníkem.

Slovo autora

„Klíčem k realizaci kvalitního projektu je komplexní přístup a správné nastavení procesů návrhu. S promyšleným plánem a energetickým konceptem jde všechno lépe. Komplexnost není nutně spojena s velkými finančními prostředky, jako spíše s jejich efektivním zacílením.“ Ing. arch. Josef Tlustý

Energetická bilance

Energeticky vztažná plocha cca 377 m², obestavěný prostor pak čítá 2 326 m³, faktor tvaru A/V = 0,48.

Měrná potřeba tepla na vytápění 24 kWh/m² za rok.

Klasifikační třída B – velmi úsporná dle PENB.

Celková průvzdušnost obálky budovy měřená Blower door testem 1,5 h⁻¹.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy $U_{em} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Další informace na: <https://www.pasivnidomy.cz/domy/temer-pasivni-fara-praha-michle-892>



Obrázek 49: Fara před renovací; foto: Josef Tlustý



Obrázek 50: Dvorní fasáda fary s minimem zdobných prvků; foto: Karel Šuster



Obrázek 51: Celkový pohled se zachycenou národní kulturní památkou v blízkosti fary; foto: Karel Šuster



Obrázek 52: Extenzivní vegetační střecha přístřešku; foto: Karel Šuster



Obrázek 53: Reprofilace zdobných prvků a aerogel na štítové stěně před finální povrchovou úpravou; foto: Propasiv s.r.o.



Obrázek 54: Uliční zdobná fasáda fary s reprofilací původních zdobných prvků a říms pomocí tvarovaného polystyrenu;
foto: Michal Čejka, Centrum pasivního domu z.s.



Obrázek 55: Reprofilace zdobných prvků;
foto: Michal Čejka, Centrum pasivního domu z.s.



Obrázek 56: Řešení špaletových oken – vnitřní profil s jednoduchým zasklením (replika), vnější křídlo s izolačním trojsklem v nízkém okenním profilu; foto: Michal Čejka, Centrum pasivního domu z.s.

Příklad 2: Hřbitovní domek v Uhříněvsi

Autor návrhu: Ing. arch. Josef Smola

Lokalita: Židovský hřbitov Uhříněves, Praha 22, samota

Hřbitovní domek původně sloužil k bydlení rodině hrobníka. Jeho součástí byla garáž pro hřbitovní povoz a márnice. Byl postaven v roce 1840 v Praze – Uhříněvsi v klasicistním slohu jako součást ohradní zdi židovského hřbitova. Kulturní památkou se stal v roce 1989.

Promáčené kamenné zdivo s provizorní střechou bylo v havarijním stavu a nebýt budova památkou, byla by odstraněna. Zároveň se zde naskytla příležitost k pilotnímu projektu energeticky efektivní renovace (jedná z prvních takových v ČR). Požadavkem investora bylo obnovení funkce bydlení pro správce hřbitova na úrovni stavu současné techniky. Bylo nezbytné respektovat 10 let stará závazná stanoviska Odboru památkové péče Magistrátu hlavního města Prahy. Povoleno bylo navýšení hřebene o 0,8 m při zachování tvaru střechy a malé vikýře umožňující využití podkroví k obytným účelům. Dodatečně byla navržena francouzská okna k zajištění denního světla v přízemí. Dispozičně byl navržen byt 4+1 s obytným podkrovím. Místo garáže je sezónně využívána expozice z historie židovské komunity v Uhříněvsi.

Prvotní bylo zajištění stability a odstranění vlhkosti. Základy byly rozepřeny tenkou železobetonovou deskou. Nosné stěny podříznuty. Vloženy byly pásy hydroizolace a obvod stavby doplněn drenáží. V rámci renovace byla prioritou využití zejména udržitelné stavební materiály, odpovídající době vzniku stavby – pálené cihly střešních nadezdívek a štítů, dřevěné konstrukce stropů a krovů, hliněné omítky, benátský štuk, režná keramická dlažba, prkenné podlahy či špaletová okna. Uložení dřevěných trámů do kapes kamenného zdiva bylo řešeno v konstrukčních variantách a výpočtově ověřeno, aby nedocházelo k degradaci jejich zhlaví (rizikové vnitřní zateplení). Využity byly pokročilé postupy a sofistikované moderní tepelné izolace. Pro zajištění příjemného vnitřního prostředí a dostatečného množství čerstvého vzduchu byla instalována jednotka řízeného větrání s rekuperací tepla.

Stavba rozsahem sice malá, ale posloužila jako technologická laboratoř pro ověření postupů při snižování energetické náročnosti kulturních památek. Po celou dobu přípravy i realizace je třeba ocenit korektní a konstruktivní přístup pracovníků Národního památkového ústavu. Projekt vznikl v roce 2009, realizace úsporných opatření proběhla v letech 2010 až 2013 a byla částečně spolufinancována z prostředků Ministerstva kultury ČR.

Technické údaje

Vzhledem k vysoké vlhkosti stávajícího zdiva a památkové podstatě je použita vnitřní tepelná izolace ve formě nástřiku 80 mm PUR pěny, rovněž s funkcí parozábrany. Po přebroušení je na rákosové rohože aplikována průmyslově vyráběná směs hliněné omítky ve vrstvě 30 až 40 mm.

Dům přiléhá severovýchodní částí ke starému židovskému hřbitovu s vysokými stromy, takže největší plochy zasklení mohly být vhodně situovány v podélné stěně směrem k jihozápadu. Dvě nová francouzská okna v nejvíce osluněné pasáži (s nimiž na rozdíl od navrhovaných okenic posléze památkáři souhlasili) a okna ve štítových stěnách i ve vikýřích jsou špaletová. Vnější křídla s autentickým historickým členěním jsou s jednoduchým zasklením. Vnitřní křídla, bez členění, jsou s izolačními dvojskly, rámy těsně napojené na parozábranu stěn a ostění z PUR pěny.

Velmi kvalitní jsou izolace v oblasti základů domu, kde je na nový podsyp se 150 mm železobetonovou deskou (statická funkce) uložena vrstva 150 mm extrudovaného polystyrenu. V podstřeší je celkem 320 mm minerální vlny. Jako izolaci ostění čtyř pultových vikýřů, které jsou novotvarem zvoleným pro osvětlení podkrovních ložnic, byla použita vakuová tepelná izolace, která je desetkrát účinnější než dosud známé varianty. Jde o izolační desky s jádrem z mikroporézní práškové kyseliny křemičité potažené již z výroby vzduchotěsnou alu fólií. I když jsou dražší než běžně používané izolace, jejich použití pro exkluzivní izolaci ostění jednoho vikýře vyšlo na zhruba šest tisíc korun, což není při srovnání s výší celé investice tolik.

Malá větrací jednotka s rekuperací tepla, určená pro větrání rodinných domů zajišťuje stálý přísun čerstvého vzduchu. Umístěna je v podkroví. Rozvody vzduchu jsou skryté, zabudované v konstrukci. Budovy je možné větrat i přirozenou výměnou vzduchu skrze otvíravá okna.

Zdrojem tepla jsou americká kamna na kusové dřevo doplněná v některých místnostech o elektrické přímotopy. Teplá voda je ohřívána v elektrickém bojleru.

Slovo autora

„Mám za to, že záleží na míře kvalifikovaného a specifického přístupu ke každé památce zvlášť, a to musím podtrhnout, na určité korektnosti přístupu projektanta nebo architekta, aby ve výsledku na jedné straně uchránil památkovou podstatu stavby, ale na druhé straně do ní dokázal vložit jako naprostou samozřejmost přidanou hodnotu – nízkou energetickou náročnost, stejně jako další využitelnost stavby v rámci požadavků na současný standard bydlení.“ Ing. arch. Josef Smola

Energetická bilance

Energeticky vztažná plocha 160 m², obestavěný prostor pak čítá 690 m³.

Měrná potřeba tepla na vytápění 45 kWh/m² za rok.

Průkaz energetické náročnosti budovy se bohužel nezpracovával – budova z pohledu legislativy nemusí plnit požadavky na energetickou náročnost budovy. Přesto lze díky kvalitní obálce budovy a použitým technologiím dovozovat zatřídění C – úsporná, případně lepší.

Celková vypočtená tepelná ztráta objektu prostupem a větráním činí 3,6 kW.



Obrázek 57: Původní stav budovy; foto: Josef Smola, Centrum pasivního domu z.s.



Obrázek 58: Stav po realizaci; foto: Josef Smola, Centrum pasivního domu z.s.



Obrázek 59: Řešení vztlínající vlhkosti zdiva – obvodové i vnitřní zdivo podříznuto s vložením hydroizolace; foto: Josef Smola, Centrum pasivního domu z.s.



Obrázek 60: Vnitřní nástřik z PUR pěny v tl. 80 mm s hliněnou omítkou do rákosové rohože; foto: Josef Smola, Centrum pasivního domu z.s.



Obrázek 61: Finální vnitřní úprava – špaletová okna s vnitřním trojsklem a vnější replikou, hliněné omítky, elektrické přímotopy; foto: Josef Smola, Centrum pasivního domu z.s.

Příklad 3: Obnova Winternitzových automatických mlýnů pro Výchočeskou galerii v Pardubicích

Autor návrhu: Ing. Petr Všečka, TRANSAT ARCHITEKTI

Lokalita: Automatické mlýny 1963, Pardubice

Winternitzovy automatické mlýny a jejich revitalizace je vzorovým příkladem integrovaného PPP projektu (dlouhodobý smluvní vztah mezi veřejným zadavatelem a soukromým partnerem o zajištění veřejné infrastruktury nebo služby, ve které soukromý partner nese významné riziko a odpovědnost za řízení projektu). Celkem se v rámci proměny areálu jedná o čtyři projekty a unikátní je zde především kombinace víceúčelového financování z prostředků Evropské unie, státního rozpočtu, města Pardubic, Pardubického kraje a soukromého subjektu. Ukázkou výjimečné institucionální praxe jsou také synergie programového a provozního působení zde sídlících institucí. Rekonstrukce objektu probíhala dva roky od května 2020 do dubna 2022.

Mlýny byly navrženy přední osobností české moderní architektury 20. století, Josefem Gočárem, pro bratry Egona a Karla Winternitzovy. Jedná se o monumentální stavbu ve stylu geometrické moderny, rozšířená po 1. světové válce o dostavbu s prvky odkazujícími k renesanční architektuře. Objekt stojí na pravém břehu Chrudimky před jejím soutokem s Labem v těsné blízkosti historického centra města. Stavba první budovy proběhla v letech 1909 až 1911. Další stavební rozšíření proběhlo v letech 1922 a 1926, kdy bylo dostavěno nejvyšší patro dominantní vodárenské věže a samostatná věž sila připojená mostem s obloukem do podoby mytické „lšťařiny brány“. Po roce 1960 byla realizována přístavba křídla mlýnů u Chrudimky. V roce 2013 byl provoz mlýnů ukončen a objekt nabídnut k prodeji. O rok později byly dva objekty mlýnů zařazeny na seznam národních kulturních památek České republiky. Roku 2016 areál koupili manželé Smetanovi.

Materiálové provedení je převážně kombinací železobetonových a zděných svislých nosných konstrukcí a železobetonových a dřevěných vodorovných nosných konstrukcí. V exteriéru se výrazně uplatňuje režné cihelné zdivo, a to i na železobetonových částech objektu (jižní silo). Konstrukčně pozoruhodná je pětipodlažní mlýnice dělená dřevěnými stropy vynášenými rastrem ocelových/litiových sloupů a průvlaků, pocházející zřejmě z první etapy výstavby. Režná cihla byla v době výstavby nejen typickým projevem industriální architektury, ale od počátku 20. stol. se prosazovala i na reprezentačních stavbách.

Architekti přistoupili k projektu jako k šetrné konverzi historické budovy na univerzální výstavní prostor s parametry galerie umění. Řešení převážně zachovává a konzervuje původní konstrukce z první třetiny 20. století. Jednotlivé dispoziční části byly pro nový účel využití navrženy následovně:

- Jižní silo je z důvodu drobnějšího pevného členění na jednotlivá vertikální sila bez denního světla využito pro kabinetní výstavy, sklady, technické prostory a hygienické zázemí.
- Trakt bývalé čistírny je v logice původního řešení určen hlavnímu schodišti a slouží jako chráněná úniková cesta, doplněná na západní straně o zázemí zaměstnanců, knihovnu a respirium. Doplněn je osobní výtah pro imobilní.
- Velkoprostorové tělo bývalé mlýnice slouží v přízemí a druhém podlaží jako převýšená vstupní hala a jako expoziční sály ve vyšších třech podlažích. Třetí nadzemní podlaží bude sloužit pro stálé expozice, čtvrté a páté podlaží pro výměnné výstavy s vyšším standardem klimatu a zabezpečení.
- Trakt bývalého moučného a otrubového skladu s železobetonovými sloupy a stropy slouží jako depozitář a související pracoviště pro restaurování a přípravu výstav, v posledním patře jako víceúčelový sál a výtvarný ateliér pro školní děti.
- Severní mladší přístavba sila je využita jen z malé části: schodiště je druhou chráněnou únikovou cestou, doplněn je velký osobní výtah s přepravou exponátů a osobní výtah pro imobilní. Využit je východní trakt, kam jsou situovány převážně nevytápěné prostory skladů, dieselagregát a dále hygienické zázemí sálu a ateliéru v pátém podlaží. Předpokládá se budoucí přestavba celého sila (kromě části s vertikálními komunikacemi).

Technické údaje

Z důvodu památkové ochrany objektu byla zcela zachována vnější fasáda objektu a byla kompletně obnovena při zachování přiměřené patiny. Po celoplošném průzkumu stavu fasády z lešení bylo provedeno omytí tlakovou vodou a následně doplnění poškozeného režného zdiva, vysprávkou spár a dalších ploch. Na základě energetické koncepce objektu sestavené energetickým specialistou bylo v prostorách s upravovaným vnitřním prostředím navrženo vnitřní zateplení kapilárně aktivním izolantem (minerálními nevláknitými silikátovými deskami). V průběhu provádění byl návrh na základě dynamického teplotně-vlhkostního výpočtu doplněn o řešení zateplení kapes zhlaví trámů. Použito bylo vnitřní zateplení z difuzně uzavřeného systému tepelněizolačních desek z pěnového skla. V místě zhlaví trámů tak nehrozí ke kondenzaci vodní páry.

Většina stávajících ocelových okenních výplní byla repasována a doplněna o nová tepelněizolační okna s $U_w = 1,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Ta byla instalována z vnitřní strany do roviny nově realizované vnitřní tepelné izolace. S ohledem na funkční využití stavby jsou vybavena bezpečnostními prvky a automatickým motorickým ovládáním. Detail osazení oken do konstrukce je navržen s ohledem na minimalizaci tepelného mostu. Prostor mezi okny je proveden se skrytým odtokem případného kondenzátu, který by mohl vzniknout na vnitřní straně jednoduchého zasklení vnějšího okenního křídla.

S ohledem na kompaktní tvar budov byla klíčová optimalizace technických systémů. Jejich skladba odpovídá danému funkčnímu využití budovy, požadavkům zajištění cílového stavu vnitřního prostředí a době ve které koncept vznikl (rok 2016). Vytápění objektu je zajištěno pomocí tří plynových turbo kotlů (každý s výkonem 85 kW) v kombinaci s lokálním elektrickým podlahovým vytápěním nad expozicemi. Chlazení jsou jen vybrané místnosti – některé sály, krátkodobé výstavy, výstavní plochy a kinosál. Chlazení jsou kombinací VRV systému a split jednotek, VZT jednotky, jednotek přesné klimatizace a velkoplošného chlazení. Přívod čerstvého vzduchu do jednotlivých prostor je navržen nuceným i přirozeným provětráváním okny. Nucené větrání vytápěných prostor je navrženo převážně vzduchotechnickými jednotkami se zpětným získáváním tepla.

Slovo autora

„Přijali jsme Gočárovu monumentální hru horizontál a vertikál, ve které se protínala architektonická kompozice s mlynářskou technologií. Podpořili jsme její vnitřní gradaci směrem vzhůru, což má dát galerii rozlet. Navrhli jsme šetrné technologie zabezpečení, vnitřního klimatu i osvětlení pro 21. století v budově, která je zároveň památkou. Snažili jsme se neporušit pravdu materiálů, typickou pro industriální stavby i zrod české moderny.“ uvedl Ing. arch. Všetečka u příležitosti zahájení obnovy v květnu 2020.

Energetická bilance

Energeticky vztažná plocha 4 300 m², obestavěný prostor 19 500 m³.

Měrná potřeba tepla na vytápění 57 kWh/m² za rok.

Celková dodaná energie (vytápění, chlazení, teplá voda, větrání, osvětlení, úprava vlhkosti) 102 kWh/m² za rok.

Průkaz energetické náročnosti budovy – Klasifikační třída B – velmi úsporná.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy $U_{em} = 0,50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.



Obrázek 62: Štítová stěna po obnově; foto: Fotoarchiv Metrostav a.s.



Obrázek 63: Provádění kapes zhlaví s tepelnou izolací z pěnového skla; foto: Jan Klečka, Metrostav a.s.



Obrázek 64: Expoziční prostory – zachování původních trámů, sklopné vnitřní výplně; foto: Fotoarchiv Metrostav a.s.



Obrázek 65: Osazení trámů s vnitřní přízdívkou a vnitřním zateplením; foto: Jan Klečka, Metrostav a.s.

