



# MANUÁL ENERGETICKY ÚSPORNÉ ARCHITEKTURY



► **ÚVODNÍ BLOK (ODBORNÝ GARANT JOSEF HORNÝ)**

- 4 Slovo vydavatelů
- 6 O manuálu
- 18 Úspory energií: problém i výzva architektury
- 19 Sociální a kulturní souvislosti
- 22 Úspory energie v urbanismu
- 26 Aktuální rámec právních předpisů
- 35 Kvalita vnitřního prostředí
- 39 Kontrola provádění stavebních prací

► **NOVOSTAVBY / PASIVNÍ DOMY (ODBORNÝ GARANT JAN BÁRTA)**

- 42 Novostavby / pasivní domy
- 44 Úvod do problematiky
- 47 Základní principy – technické a dispoziční řešení
- 51 Tepelná izolace
- 56 Výplně otvorů a zasklení
- 59 Neprůvzdušnost, zkoušky kvality
- 64 Kontrola neprůvzdušnosti
- 64 Větrání a vytápění
- 70 Kvalita vnitřního prostředí
- 71 Výpočet energetické náročnosti
- 71 Ekonomické posouzení
- 72 Nejčastější mýty a předsudky
- 73 Rekapitulace požadavků na konstrukce – vazba na ČSN 73 0540
- 76 Příklady vybraných detailů pro pasivní domy
- 78 Příklad 1: Dřevěný pasivní dům, Votice
- 80 Příklad 2: Rodinný dům, Hradčany
- 84 Příklad 3: Bytový dům, Schellenseegasse, Vídeň, Rakousko

## **▶ PANELOVÉ DOMY (ODBORNÝ GARANT ALEŠ BROTÁNEK)**

- 86** Panelové domy
- 88** Jaké možnosti nabízejí a co bychom mohli promarnit?
- 93** Urbanistické, sociální a ekonomické souvislosti
- 101** Technický potenciál úspor v panelové výstavbě
- 104** Jsou dílčí postupná opatření cestou ke změně panelového domu na standard 21. století?
- 127** Postup při komplexním řešení, příprava podkladů, výběr vhodného návrhu, projektanta, dodavatele
- 144** Příklad 1: Solanova, Dunújváros, Maďarsko
- 150** Příklad 2: Nový Lískovec, Brno, 1. fáze
- 154** Příklad 3: Nový Lískovec, Brno, 2. fáze
- 156** Příklad 4: Olenderweg Halle-Neustadt, Německo

## **▶ ZMĚNY STAVEB (ODBORNÝ GARANT PAVEL KECEK)**

- 158** Změny staveb
- 168** Úvodní rozvaha (ekvivalent architektonické studie) a průzkumy
- 170** Vliv změny stavby na okolí
- 172** Projekt a realizace
- 174** Podmínky kvalitní realizace
- 179** Druhy stavebních úprav
- 189** Požární ochrana, bezpečnost
- 192** Rizika zateplování budov
- 197** Příklad 1: Rodinný dům, Pettenbach, Rakousko
- 199** Příklad 2: Řadový rodinný dům, Brno
- 208** Příklad 3: Bytový dům, Praha

## **▶ STAVBY S KULTURNĚ-HISTORICKOU HODNOTOU (ODBORNÝ GARANT MILOŠ SOLAŘ)**

- 210** Stavby s kulturně-historickou hodnotou
- 216** Historická okna z pohledu stavební fyziky
- 220** Příklad 1: Husův sbor, Praha-Vinohrady
- 224** Příklad 2: Baťův mrakodrap, Zlín

## SLOVO VYDAVATELŮ

Vážení uživatelé manuálu, masivní podpora zateplení rodinných a bytových domů, výměna topení za příznivější životnímu prostředí, instalace obnovitelných zdrojů energie je svého druhu největší akcí k podpoře ekologické výchovy a vzdělávání obyvatel. Programem Zelená úsporám se povedlo obrátit zájem veřejnosti k úsporám energie, snižování emisí skleníkových plynů a ke kvalitě ovzduší. Ukazuje se, že co je ekologické, může být také ekonomicky výhodné. Lidé, kteří nic netušili o emisních povolenkách, dnes vědí o prodeji milionů tun oxidu uhličitého do ciziny a vidí, jak se peníze z prodeje „státního přebytku“ emisí zhmotnily v jejich vlastním (zatepleném) domě.

Programy řešící úspory energií budou jistě stále častější. Nicméně program Zelená úsporám je dotační titul, který zůstane zapsán v historii českého stavebnictví jako ojedinělá a mimořádná příležitost. Tolik finančních prostředků využitých k jednomu cíli a v tak krátké době, to se již asi nebude opakovat. Až budoucnost ukáže, zda celkové hodnocení dopadů programu bude kladné, nebo záporné.

Nejen podpora výstavby nových domů v pasivním standardu je výzvou pro architekty. Zateplují se budovy různého věku a různých typů. Architekti mohou svou radou a pomocí velmi přispět k tomu, aby vznikaly kvalitní stavby, které by byly dobrým impulzem českému stavebnictví v době ekonomické recese.

Rut Bízková, Ministerstvo životního prostředí ČR

Vážení čtenáři, ochrana životního prostředí a ohleduplnost k němu jsou z velké části dány efektivním využíváním energetických zdrojů. Odvětví vývoje a zavádění energeticky úsporných a k přírodě šetrných zdrojů a technologií se stává v současnosti nejdynamičtějším oborem, který přináší – zvláště v době hospodářského útlumu – oživující stimul celé ekonomice.

Stejně tak program Zelená úsporám představuje velmi významného hybatele ekonomické aktivity posledních dvou stavebních sezon a podle Národní ekonomické rady vlády (NERV) jeden z neúčinnějších nástrojů proti krizi vůbec. Ve svém důsledku přináší či uchovává pracovní místa přibližně pro 15–20 tisíc lidí. Peníze získané snížením emisí navíc investuje na podporu energetických úspor, což následně vede i k úsporám finančním. Vzhledem k očekávanému zdražení energií v roce následujícím a vůbec ve vztahu k zákonitému růstu cen energií v budoucnu se to jeví pro domácnosti jako investice nanejvýš moudrá.

Primární záměr programu Zelená úsporám, spočívající v redukci emisí CO<sub>2</sub>, s sebou tak nese celou řadu pozitivních doprovodných jevů. Už v této fázi můžeme určitě říct, že program podporou vybraných úsporných opatření a využití obnovitelných zdrojů energie v obytných domech přinejmenším podnítl energeticky uvědomělé chování u veřejnosti a bezpochyby přispěl také k rozšíření moderních ekologických a energeticky šetrných řešení. Vždyť kdo před rokem věděl, co je tepelné čerpadlo anebo solární termický kolektor, jehož konkrétní a účelné užití pro přípravu teplé vody a vytápění v obytných domech celkem zřetelně kontrastuje s „aférou“ předotovaných solárních parků?

Věřím, že program Zelená úsporám v budoucnu ještě prokáže, že šlo o jedinečný projekt, který v relativně krátkém časovém horizontu dokázal investovat poměrně vysokou částku do zcela konkrétních, smysluplných a prokazatelně návratných opatření.

Irena Plocková, náměstkyně ředitele,  
Úsek implementace GIS, Státní fond životního prostředí

Architekti svým komplexním pohledem na řešení úkolů zařazují mezi své priority šetření. Šetření hmotnou, energií i finančními prostředky. Energetické úspory, projevující se následně na provozních nákladech, jsou pointou naší doby. Estetika, někdy a někde hrající prim na žebříčku architektonických priorit, není na překážku šetření a úsporám, a naopak šetření a úspory nemají ovlivňovat estetiku staveb. Tyto aspekty jsou hlavním obsahem Manuálu energeticky úsporné architektury. Zasvěcený, vzdělaný a kulturní přístup všech zúčastněných může programům podporujícím šetrné hospodaření s energií přinést velký úspěch.

Manuál, který držíte v ruce, je dokladem smysluplné spolupráce České komory architektů a Státního fondu životního prostředí, u jejíhož zrodu stáli architekti Petr Štěpánek, bývalý ředitel SFŽP, Dalibor Borák, bývalý předseda ČKA, a Tomáš Jiránek, spoluautor memoranda o vzdělávání a kultuře prostředí v České republice.

Autorům manuálu děkuji za nastolení pro dnešní dobu zásadních témat a čtenářům přeji, ať naleznou poučení či inspiraci, a zároveň mnoho úspěchů při realizaci jejich projektů.

Jan Vrana, předseda České komory architektů

## O MANUÁLU

### PROČ MANUÁL VZNIKL A KOMU JE URČEN?

Spuštění programu Zelená úsporám\* znamenalo urychlení trendu, který v Česku začal již v devadesátých letech zateplováním budov a který není veřejností dosud dostatečně vnímán jako problém architektonický. Často jsou navíc podceňována i témata ryze inženýrská.

Teprve přibývající estetické újmy na obývaném prostředí a rovněž zhoršené hygienické vlastnosti vnitřního prostředí zateplených budov tento pohled poněkud mění. Manuál tedy nabízí ve svých pěti oddílech vybrané problematiky, se kterými se architekti nejčastěji setkávají, a snaží se upozornit na rizika některých obvyklých řešení, na časté chyby, resp. nabídnout náměty a příklady možností. Je určen projektantům i stavebníkům, a to nejen pro projekty dotované v rámci programu Zelená úsporám. Ten chápou autoři manuálu spíše jako příležitost sumarizovat zajímavé aspekty energetických úspor pro architektonickou tvorbu.

Mohou-li architekti v konkurenci stavebních inženýrů, a především rutinních postupů dodavatelů zaužívaných systémů něco nabídnout, pak je to zkušenost s komplexním pohledem na zadání, s individuálním přístupem ke klientovi i k budově, s kritickým smyslem pro pomíjivost trendů a smyslem pro kontext, míru, kulturu prostředí. Od dob, kdy dominovala panelová stavební technologie, je totiž plošné zateplování budov první srovnatelně masivně šířenou stavební technologií, jejíž rizika ukáže až čas (podobně jako u zpočátku oblíbených paneláků).

V neposlední řadě by měli architekti zcela bezpečně rozpoznat, kdy zacházejí s kulturním dědictvím, ať již státem chráněným, či nikoli, a pokusit se je zachovat.

### K JEDNOTLIVÝM ODDÍLŮM MANUÁLU

#### Úvod

V úvodním bloku jsou soustředěna obecná témata urbanismu, legislativy, hygieny prostředí a dozoru nad realizacemi.

#### Novostavby / pasivní domy

Spojením novostaveb s tématem pasivního domu má být vyjádřeno, že projektovat nové domy na technologické úrovni devatenáctého století s komfortem

užívání na úrovni století jednadvacátého je energeticky neudržitelné a je obrovskou společenskou škodou (slovy Aleše Brotánka).

#### Panelové domy

Téma panelových sídlišť svádí vzhledem k rozsahu této zástavby k univerzálním receptům, jakými byla nejen panelová technologie sama o sobě, ale i „humanizace sídlišť“ v osmdesátých a devadesátých letech, která většinou skončila exploatací jejich střech, a tím často i znehodnocením celkových kompozic a horizontů. Sociální i urbanistický kontext každého sídliště je jiný a vyžaduje individuální přístup, především v otázkách veřejného prostoru. Zateplování těchto domů pak nabízí příležitosti, které zatím většinou nejsou využity.

#### Změny staveb

Nejrozšířenější skupinou staveb postavených běžnou (nepanelovou) technologií jsou rodinné a bytové domy, zejména z druhé poloviny dvacátého století. V řadě případů je změna jejich energetických standardů příležitostí proměny utilitární stavby v komplexní architektonické dílo. Mnohdy ale vede nepochopení architektonických či řemeslných kvalit původní stavby ke zbytečné újmě a banalizaci.

#### Stavby s kulturně-historickou hodnotou

Pro stavby, které jsou kulturními památkami nebo jsou součástí památkově chráněných souborů (rezervací a zón), jsou otázky změn souvisejících s jejich energetickým režimem vysoce citlivé. Téměř vždy platí, že dokonalé utěsnění historického objektu je krokem nevhodným. Vyžaduje-li každé stavební dílo individuální přístup, zde to platí zejména, stejně jako Miesovo *Měně je více*.

Název kapitoly záměrně o památkách nemluví, neboť staveb, ke kterým bychom měli přistupovat obdobně jako k památkám, je mnohem více. Zejména běžná stavební kultura z doby rakousko-uherské a prvorepublikové je stále podceňovanou součástí našeho kulturního dědictví, byť patřila k nejvyšším v Evropě. Samostatná část kapitoly je věnována špaletovým oknům, která lze upravit až na standard nízkoenergetického domu, a přesto jsou mnohde odstraňována. Vybrané příklady v této kapitole je nutné chápat jako příklady spíše maximálních zásahů, odůvodněných zejména u mladších památek, obsahujících poddimenzované konstrukce.

Autoři jsou si vědomi, že shromážděné texty, tabulky a příklady nemohou být více než pomůckami, a rozhodně by neměly být považovány za hotové recepty. Některé kapitoly zařazené v jednotlivých oddílech se přiměřeně týkají i staveb z oddílů jiných, v daném formátu publikace jsme považovali za zbytečné je opakovat.

Petr Všečetka

\* *Manuál energeticky úsporné architektury*, objednaný a financovaný Státním fondem životního prostředí (SFŽP) a připravený Českou komorou architektů jako doprovodný materiál k programu Zelená úsporám, si neklade za cíl rekapitulovat všechny kroky nutné k získání dotace z tohoto programu, neboť ty jsou podrobně popsány na stránkách [www.zelenausporam.cz](http://www.zelenausporam.cz) a v řadě doprovodných materiálů. Podrobnější informace poskytují poradenská centra a krajská pracoviště SFŽP (seznam je rovněž na [www.zelenausporam.cz](http://www.zelenausporam.cz)), u nichž je nutné každý jednotlivý projekt, resp. žádost konzultovat.

Architekti nejsou jedinými potenciálními účastníky přípravy žádostí a projektů, podmínky programu dokonce pro některé projektové fáze (posouzení pro bytové domy) předepisují autorizace jiné, než nabízí ČKA. Pro jednodušší orientaci jsou pak odkazy na seznamy zhotovitelů těchto podpůrných disciplín na výše uvedené webové adrese. Rovněž architekti, chtějí-li se programu jako dodavatelé projektů účastnit, se mohou do seznamu, vedeného ČKA, zaregistrovat prostřednictvím Kanceláře ČKA ([www.cka.cc](http://www.cka.cc)).



## TELČ

HISTORICKÝ URBANISMUS PŘIMĚŘENĚ REAGUJÍCÍ NA KLIMATICKÉ PODMÍNKY. ÚZKÉ PARCELY S HLOUBKOVĚ ORGANIZOVANÝMI DISPOZICEMI ŘADOVÝCH DOMŮ JSOU EFEKTIVNÍ Z HLEDISKA HOSPODAŘENÍ S ENERGIÍ, VEŘEJNÝ PROSTOR MÁ JASNÉ PROSTOROVÉ VYMEZENÍ A FUNKCE.





Foto: [www.fotozlatada.cz](http://www.fotozlatada.cz)



## LITOMYŠL

OTEVŘENÝ URBANISMUS PANELOVÝCH  
SÍDLIŠŤ SE MŮŽE STÁT MÍSTEM NOVÉ  
ARTIKULACE VEŘEJNÉHO PROSTORU.  
NA SNÍMKU ÚPRAVA NÁBŘEŽÍ ŘEKY LOUČNÉ  
U SÍDLIŠTĚ V LITOMYŠLI OD AP ATELIERU  
- JOSEFA PLESKOTA Z ROKU 2002.



Foto: Jan Malý

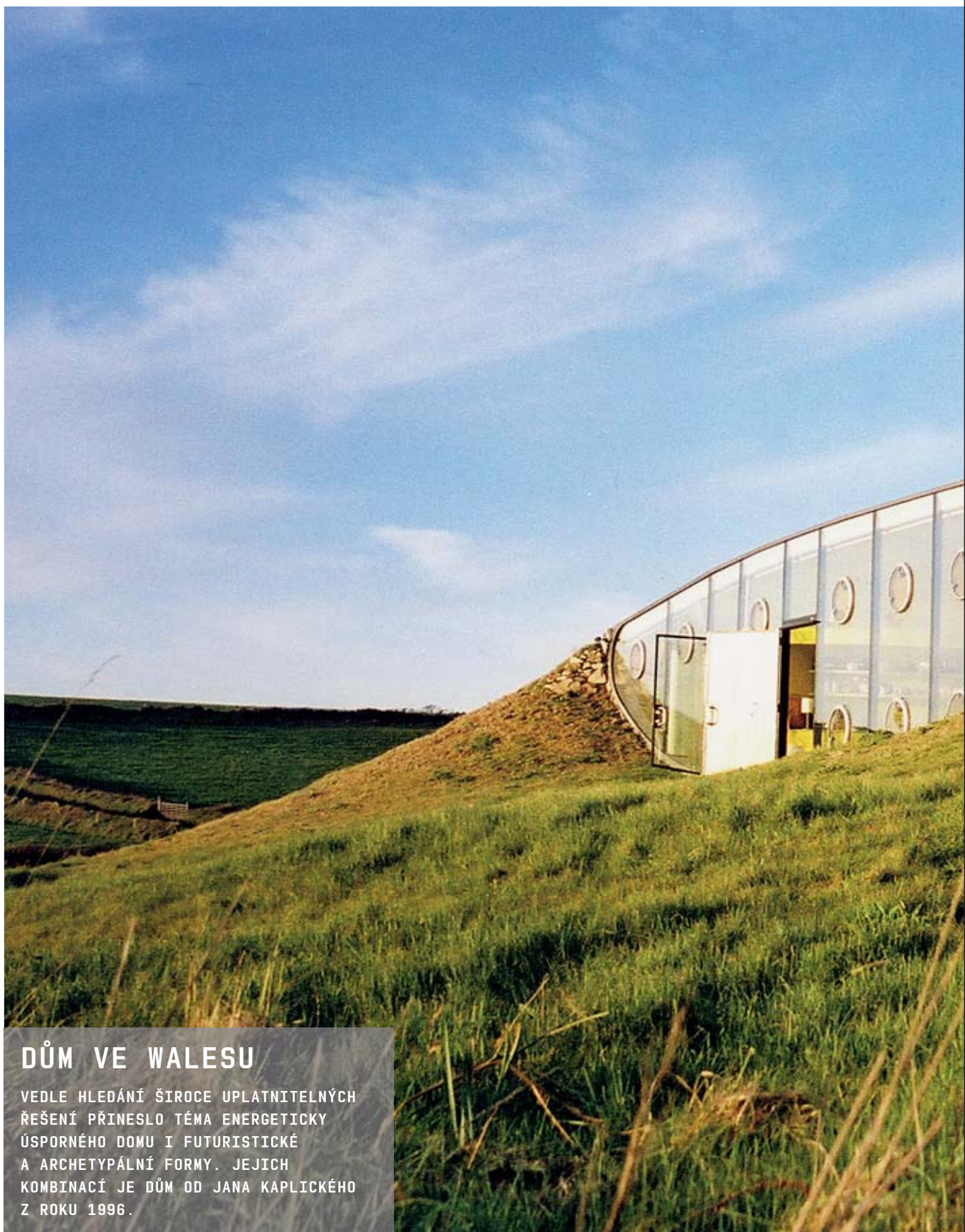


## DŮM V PURKERSDORFU

DÍKY ŠIROKÉ VEŘEJNÉ PODPOŘE JSOU JIŽ NĚKOLIK DESETILETÍ PRŮKOPNÍKY V OBORU ENERGETICKY ŠETRNÝCH BUDOV NĚMECKY MLUVÍCÍ ZEMĚ NA ZÁPAD A JIH OD ČESKÉ REPUBLIKY. HLEDÁNÍ PŘIMĚŘENÉHO VÝRAZU TĚCHTO STAVEB DOPROVÁZÍ TECHNOLOGICKÁ KÁZEŇ PŘI JEJICH REALIZACÍCH. DŮM NA SNÍMKU JE DÍLEM ARCHITEKTONICKÉ KANCELÁŘE GEORGA W. REINBERGA Z ROKU 2008.



Foto: Rupert Steiner



## DŮM VE WALESU

VEDLE HLEDÁNÍ ŠIROCE UPLATNITELNÝCH  
ŘEŠENÍ PŘINESLO TÉMA ENERGETICKY  
ÚSPORNÉHO DOMU I FUTURISTICKÉ  
A ARCHETYPÁLNÍ FORMY. JEJICH  
KOMBINACÍ JE DŮM OD JANA KAPLICKÉHO  
Z ROKU 1996.



Foto: Kaplický Centre



## „BERLÍNSKÝ MOZEK“

STAVBA FILOLOGICKÉ KNIHOVNY SVOBODNÉ UNIVERZITY V BERLÍNĚ Z ROKU 2005 JE ZÚROČENÍM MNOHALETÉ VÝZKUMNÉ PRÁCE ATELIÉRU FOSTER AND PARTNERS V OBLASTI PASIVNÍCH A AKTIVNÍCH KONCEPCÍ SNIŽOVÁNÍ SPOTŘEBY ENERGIÍ. MINIMALIZACE POVRCHU STAVBY ZVOLENÝM TVAREM, PŘIROZENÉ ROZPTÝLENÉ SVĚTLO A DŮMYSLNÝ SYSTÉM VĚTRÁNÍ A REKUPERAČE TEPLA, JEHOŽ SOUČÁSTÍ JE I DVOUPLÁŠŤOVÉ ZASTŘEŠENÍ S VNITŘNÍ MEMBRÁNOU, NAHRAZUJÍ PROVOZNĚ NÁROČNOU KLIMATIZACI.





Foto: Nigel Young, Ester Havlová

## ► ÚSPORY ENERGIÍ: PROBLÉM I VÝZVA ARCHITEKTURY

Věřme, že se lidstvu podaří včas zajistit náhradu za fosilní paliva, která budou v dohledné době vyčerpána. Mějme naději, že tento přechod nebude pro malou Českou republiku, odkázanou na dovoz ropy a zemního plynu, znamenat šokový pokles životního standardu. Ale i když vše půjde hladce, je nezbytné začít s energiemi velmi odpovědně hospodařit. Důvodů je více. Energetickou spotřebu nelze zvyšovat do nekonečna. Rabování přírodních zdrojů a znečišťování životního prostředí také není z dlouhodobého hlediska perspektivní. Citelným limitem jsou náklady.

Potřeba šetřit energiemi se týká i stavebnictví. Cesty jsou dvě: omezení spotřeby a zvyšování efektivity využití energií. Není správné problematiku zužovat pouze na zateplení a úsporu tepla. V úvahu je třeba brát i další energetické nároky včetně provozní spotřeby, klimatizace, energie potřebné na výrobu a dopravu stavebních materiálů, na jejich likvidaci po dožití a další.

Program Zelená úsporám je velmi vítaný, protože zviditelňuje problém, který nebyl v minulosti řešen. Pomůže zlepšit vlastnosti mnoha budov. Může pomoci také k pozitivnímu posunu vnímání problematiky u laické i odborné veřejnosti. To ovšem předpokládá, že jeho naplňování nebude doprovázeno poškozováním architektonického dědictví, produkcí výtvarně nekvalitních staveb ani zanedbáváním důležitých souvislostí, zejména kvality vnitřního prostředí. Tedy že nesklozne do bezduchého stereotypu obložit polystyrenem a instalovat plastová okna.

Každá stavba je jiná. Má své specifické vlastnosti, problémy, kvality, nároky a možnosti, které ji odlišují od ostatních. Ke každé stavbě je proto potřeba přistupovat individuálně a zároveň komplexně. Technické, bezpečnostní a hygienické požadavky nejsou všechno. Nechceme přece žít ve světě, ve kterém ať přijedeme kamkoliv, všude potkáme nevhledné unifikované kontejnery. Bez architektury můžeme žít, stejně jako můžeme žít bez umění, literatury, divadla a hudby. Ale jaký by to byl život?

U nové výstavby je komplexní přístup důležitý i z hlediska výsledku. Způsob a intenzita zastavění pozemku. Orientace ke světovým stranám. Klimatizace, nebo řešení, které klimatizaci nepotřebuje? To jsou rozhodnutí, která mají na celkovou energetickou bilanci velký vliv. Výsledkem je ale i to, jak stavby vypadají a jak jsou jejich uživatelé spokojeni.

Pokud oko na výsledku nespočine se zalíbením a duch i tělo při vstupu nevydechnou slastí, stala se někde chyba.

Ve vztahu k existujícím stavbám bychom měli být vnímaví k jejich architektonické hodnotě a k hodnotě prostředí, které vytvářejí. Protože se význam úspor energií stále zvyšuje, je u nové výstavby logické očekávat, že se nízkoenergetické stavby stanou vlnkovou lodí současné architektonické tvorby. Pro architektury je to výzva. O naplnění tohoto očekávání je ale potřeba se přičinit.

Dnes již nebude nikdo zpochybňovat důležitost čistého vzduchu a vody. S architekturou je to podobné, protože i ona je součástí životního prostředí. Rozmanitost, krása, nápaditost, uspořádání příjemné člověku, ekonomie provozu, genius loci, zkrátka architektura je pro společnost potřebná. Cílem předkládané publikace je obhájit architekturu jako organickou součást navrhování úprav a nových staveb podporovaných dotačními programy. Myšlenky a podněty v ní obsažené mají ale univerzální platnost a mohou posloužit jako inspirace pro všechny projekty s ambicí energetických úspor.

Miloš Solař

Palčivými nedostatky budov v České republice jsou dnes nedostatečně tepelně izolované konstrukce stěn, základů, střech, oken. Jejich úpravou, je-li provedena se znalostí všech souvislostí, se může zvýšit kvalita vnitřního prostředí budov, snížit spotřeba energie. Pro dosažení vyššího komfortu bydlení je důležité zvýšení povrchové teploty stěn bytů, zamezení kondenzace uvnitř budov. Z hlediska dlouhodobé ekonomie je třeba také ošetřit konstrukce a tím prodloužit jejich životnost. Zlepšením estetiky vnějšího prostředí zvýšit společenskou úroveň místa. Architekti se dívají na všechny relevantní součásti díla komplexně, protože architektura ve své syntéze tvoří jeden z důležitých základů pro společnost. Je naší povinností bránit prostředí.

V současnosti bydlí ve vícepodlažních domech na sídlištích a v blokové městské zástavbě většina lidí. Celospolečenská hodnota těchto sídlišť je vysoká a je také dána stávající dopravní, obchodní, sportovní, vzdělávací a rekreační infrastrukturou. Velké měřítko úprav takových staveb umožňuje dosáhnout vysokého ekonomického standardu prací. U tohoto druhu staveb je možné docílit více ve všech aspektech než u památkově chráněných anebo historicky cenných objektů. Větší soukromí, komfort, bezpečnost obyvatel, bezpečná úschova věcí, čistota prostředí, zeleň, rekreace v místě bydliště apod.

Je však třeba uvažovat o tom, že právní aspekty společného vlastnictví, vysoký věk obyvatel, jejich celková nemajetnost, priority jejich volby, konzervativní názory atd. ztíží, anebo dokonce znemožní při současné aplikaci prostředků (např. z programu Zelená úsporám) realizovat další budoucí důležité potřebné kroky ke zlepšení kvality jejich bydlení. Chtěl bych zde uvést několik námětů, které považuji za velmi důležité. Jsou to architektonické náměty, jako jsou rekreační zelené střechy, soukromé – veřejnosti nepřístupné předzahrádky, výstavba zádveří budov, uzavření soukromých částí chodeb, rozšíření balkonů anebo lodžii apod. Prudký současný rozvoj TZB vyžaduje přípravu pro jejich budoucí aplikaci v budovách. V interiérech budov např. vybudování větracích šachet, vodovodních a kanalizačních stoupaček, systému využití dešťové vody.

Pokud tyto náměty nebudou nyní využity a realizovány během nynějších sanací, může se stát, že je nebude možné realizovat v budoucnu z důvodu duplikace prací, což by bylo neekonomické. Dnešní rozhodnutí bude mít tudíž negativní dopad, anebo

dokonce znemožní realizovat potřebné opravy, doplnění či změny v budoucí situaci. Bude záležet na volbě majitelů-stavebníků, jaké cíle zvolí.

Pro celkové úspory energie v bydlení je efektivnější, když větší množství uživatelů ušetří každý malé množství energie, než když každý z malého množství uživatelů ušetří velké množství energie. Měřítka investovaných prostředků k výsledku úspor je potom v takové situaci neefektivní. Snaha snížit spotřebu energie u nových domů pod požadovanou hranici 20 kWh/m<sup>2</sup>/rok může být velmi náročná ve vztahu k výši stavebních nákladů potřebných pro docílení tak nízké spotřeby. Byl jsem upozorněn mnoha tepelnými technikami na obtížnost docílení nízké hranice pasivního domu přízemního typu. Dvoupodlažní dvojdům anebo řadový dům má díky své kompaktní geometrii lepší charakteristiku tepelných ztrát pláštěm budovy než jednopodlažní dům. Bylo by dobré posoudit dopad takového hodnocení domů určených pro lidi se sníženou pohybovou schopností.

Situaci celkové spotřeby primární i sekundární energie a produkce zplodin, do které se postupně celonárodně dostáváme, je třeba dále vysvětlit. Je ovlivněna nejen tepelně-technickou kvalitou návrhu staveb, ale zejména koncepcí urbanismu, systémem dopravní infrastruktury, hustotou zástavby a také volbou užitých stavebních technologií a materiálů. Minimální hygienicky požadované oslunění a přirozené denní osvětlení obytných místností by mělo být dosaženo jako základní požadovaná kvalita nově stavěných domů a bytů, tak jako je důležité externí stínění oken v letních měsících.

Z hlediska kontroly plýtvání je významná velikost požadovaných příbytků. Ta – tak jako kvalita životního prostředí – je přímo závislá na osvětě a kulturní tradici. Ujasnění si realistických požadavků obyvatel ovlivňuje urbanismus, architektonickou tvorbu, typologii staveb, je zrovna tak důležité jako možnosti stavění domů a bytů v pasivním energetickém standardu. Schopnost žít ve skromných, menších příbytcích při vyšší hustotě osídlení umožňuje rozvoj infrastruktury služeb. Také omezení přístupu a parkování osobních automobilů v bezprostřední blízkosti příbytků zlepšuje kvalitu bydlení. Apeluji zde na využití možností vzdělávání mládeže ve školách, aby v budoucnu došlo ke kýžené změně chování obyvatelstva v plýtvání energií ve všech formách. V současnosti v Česku není poptávka po sídlištích, jako je například Pichling u rakouského Lince.

V tomto projektu byly exemplárně využity schopnosti urbanistů a architektů (Richard Rogers, Norman Foster, Renzo Piano).

Fotografie z nedávno realizovaného sídliště pro 6000 obyvatel v Linci–Pichlingu jsou zde jako ukázka urbanistické disciplíny potřebné pro vytvoření kvalitního prostředí nového satelitního města. Třípodlažní typy řadových domů tam svými vzájemnými odstupy jižním směrem (min. 30 m) umožňují proslunění interiéru obytných místností i v zimním období. To napomáhá nejen docílení dobré tepelné bilance budov, ale i dobré kvality bydlení se zelení soukromých zahrad, terasami a balkony pro rekreaci.

V porovnání s touto ukázkou v Rakousku je nová výstavba v České republice řízena vyhláškou č. 268/2009. Ministerstvo pro místní rozvoj požaduje, aby odstupové vzdálenosti mezi domy byly minimálně sedm metrů. V případě zástavby, jejíž umístění je řešeno v závazné části územně plánovací dokumentace, je možné, aby místní stavební úřad zajistil schváleným územním anebo regulačním plánem zimní oslunění nízkoenergetických bytů a domů. Nevím o žádném případě, kde by stavební úřad anebo developer dbal v České republice na takové „detaily“, a nemusím podotýkat, že by podle celkového vývoje energetické situace měl být urbanismus zaměřen na využívání jižně orientovaných svahů, nízké půdní bonity pro bydlení. Schválené územně plánovací dokumenty dokonce mnohdy obsahují regulativy, které přímo vylučují postavit na některých pozemcích vhodně orientované budovy.

V Pichlingu se podařilo především ubytováním velkého množství lidí vytvořit podmínky pro vybudování potřebné infrastruktury škol, služeb obchodů, sportů, zájmových aktivit, sociálních, bezpečnostních služeb, a zejména MHD formou nově vybudované tramvajové linky do Lince.

Architekti, kteří byli vyzváni navrhnout jednotlivé části projektu, byli zvučných, mezinárodně uznávaných jmen. Přesto, anebo právě proto navrhli neokázalé budovy s detaily přesahů, stínění a povrchovými materiály odpovídajícími požadavkům nízkoenergetické výstavby. Máme co dohánět ve střídavém vkusu a hledání odpovídajícího výrazu pro nový obsah budov.

### **Historické zdroje a formování naší současné situace**

Již od dob po příchodu Slovanů na naše území mělo tehdejší obyvatelstvo pro zdejší klima velmi vhodný typ příbytku – polozemnice – a také použitý stavební materiál. Jelikož pro další rozvoj architektury a stavitelství v naší zemi hrála dominantní roli bezpečnost a obranná schopnost měst a domů, byly to pozdější monumentální stavby

palácové, kostelní a klášterní, které svým příkladem ovlivnily stavební technologii. Během následujících století se stalo, že nejčastěji využívané materiály pro výstavbu byly kámen a cihla, a bylo by možné diskutovat o tom, že byly energeticky nevhodné pro naše studené zaalpské klima. Vznikla tak tradice, které se dnes nemůžeme snadno zbavit, přestože jsou např. dřevěné konstrukce tepelně i jinak výhodnější.

Obytné stavby jsou u nás z takových i jiných důvodů obvykle energeticky velmi náročné při zakládání, získávání anebo výrobě stavebního materiálu, ale hlavně při užívání a provozu staveb. Propagace nízkoenergetických konceptů domů je velice pomalá a investoři trvají na tradičních technologiích. „Cihla je cihla,“ říká moje švagrová a zedník-odborník jí radí, aby začala topit jeden měsíc před začátkem topné sezony proto, aby se dům vysušil a bylo potom snadnější ho udržet teplý v zimě.

Jako architekt považuji za velmi důležitý rozvoj typologie a propracování detailů kompaktního bydlení (Milan Hon) se všemi jeho aspekty, jako jsou typologie, stavební materiály, sociální vazby, vybavenost a vysoká hustota osídlení (Pavel Hnilička).

Stavební technologie v době socialismu byla zaměřena na výrobní standardizaci elementů bez ohledu na fyzické a tepelné vlastnosti staveb, ale zejména bylo degradováno řemeslo a odborný rozvoj řemeslníků, jako jsou tesaři, truhláři, zedníci, štukatéři a další. Přechod od výstavby paneláků ke stavbám soukromých vil paradoxně zhoršil spotřebu energie potřebné na provoz takových staveb. Někteří autoři (Z. Vašíček) uvádějí jako příklad kulturních importů televizní seriál Dallas, kde chybí upozornění, že děj se odehrává v jiném klimatickém pásmu a spotřeba energie domácnosti je pouze fiktivní a neovlivní děj filmu. Čeští investoři, inspirovaní takovou pakultúrou, vybuďovali domy, kde účet za energie dosáhne třeba i 250 000 Kč za jednu topnou sezonu.

Potřebných úspor bude docíleno teprve tehdy, až bude docíleno integrace všech těchto a dalších aspektů zkvalitnění architektury, urbanismu a životního prostředí.

Rozvoj, zlepšování a automatizace technického zařízení budov vyhovuje sice naší lidské lenosti, ale vede k plýtvání energií. Například se vytápí celé byty, přestože nejsou celé využívány, velkokapacitní zásobníky teplé vody se nevypínají při odjezdu na dovolenou.

Za velmi důležitý aspekt tvorby příbytků považuji snadnost a jednoduchost výstavby (constructability). Je to důležitý aspekt pro uplatnění participace investora-uživatele. Užitá technologie určuje do velké míry možnosti účasti v procesu realizace stavby, a tak umožňuje participovat v procesu tvorby všem,

kteří se ho mohou účastnit. Týká se to zejména dětí a jejich přístupu k informacím a starých lidí a pocitu vyloučení ze společnosti. O těchto problémech současné společnosti píše zejména Josef Šafařík, Konrad Lorenz, Hana Librova a Josef Šmajz, kteří považují možnosti rozvoje lidskosti v dětství a stáří za stěžejní pro budoucí zachování kvality lidskosti. Proto také i tvorba malých soukromých přírodních zahrad a otevřených teras je velmi důležitá pro chápání naší souvislosti s „velkou přírodou“.

Josef Horný



- 1/ Solar City Linz-Pichling, Rakousko, celkový pohled
- 2/ Kavárna, obchody
- 3/ Vstup do bytového domu, zeleň, dřevěné obklady
- 4/ Škola, stínění jižních oken
- 5/ Bytový dům s dělicím stíněním, solárními kolektory a předzahradkami
- 6/ Obytné domy

(foto archiv autora a archiv ČKA)

## ÚSPORY ENERGIE V URBANISMU

Kromě úspor energie v budovách existují možnosti úspor v dalších oblastech činnosti architekta – v projektování a plánování veřejných prostorů, urbanistických souborů a měst. Urbanistická struktura jednak determinuje některé vlastnosti budov, jednak má své vlastní energetické nároky, které je nutno uspokojovat (údržba veřejných prostor, doprava, likvidace odpadů) a které lze v rámci koncepčního i detailního a technického řešení zásadně ovlivnit. Pro inspiraci zde přinášíme náhled možností v této oblasti, větší pozornost je věnována méně známým možnostem.

### VÝCHODISKO – EKOSYSTÉMOVÝ POHLED NA MĚSTO

Inspirativním konceptem pro porozumění možnostem úspor energie ve městě může být pohled na jeho fungování optikou ekologie jako biologické disciplíny, která s energetickými a materiálovými toky pracuje velmi intenzivně a z trochu jiného úhlu pohledu než architektura a zdůrazňuje jiné souvislosti.

Z ekologického pohledu je město podobně jako pole, vinice či rybník antropogenním ekosystémem, který člověk přetvořil tak, aby mu poskytoval komfortní prostředí<sup>1</sup> a určité specifické ekosystémové služby.<sup>2</sup> Zatímco „přirozené“ ekosystémy jsou ekologicky stabilní – to znamená, že jsou udržovány v chodu pomocí zpětnovazebných smyček mezi jednotlivými druhy rostlin a živočichů, které zajišťují dynamickou rovnováhu, člověkem přeměněné ekosystémy jsou závislé na pravidelném přísunu energie nutné k tomu, aby byly udržovány v člověkem přeměněném stavu (tzv. dodatková energie). Množství dodatkové energie je přitom tím větší, čím méně přirozených zpětnovazebných smyček v přetvořeném stavu zůstalo nebo bylo při přetváření nově vytvořeno a dále čím více služeb je namísto ekosystémově zajišťováno technicky.

Z tohoto pohledu vyplývá, že k úsporám energie vedou při navrhování následující základní strategie:

- Minimalizovat energii na přeměnu na antropogenní ekosystém při zajištění všech potřebných služeb.
- Minimalizovat dodatkovou energii přeměněného ekosystému tím, že je navržen tak, aby se co nejvíce blížil stabilnímu ekosystému. To v praxi obvykle dále znamená minimalizovat technická řešení a zajistit poskytování potřebných služeb ekosystémově.

- Snížit energetické ztráty způsobené toky materiálu a energie.

Navrhování energeticky úsporných řešení nemá být na úkor kvality života ve městě, (reálným) cílem využití inspirace ekosystémovým pohledem je docílit vyšší kvality prostředí, než je současný standard, při nižší energetické spotřebě.

### MINIMALIZACE DODATKOVÉ ENERGIE A NAHRANÍ TECHNIKY EKOSYSTÉMOVÝMI SLUŽBAMI

#### Biologická regulace teploty a kvality vzduchu

Regulace základních vlastností vzduchu (teplota, vlhkost, prašnost, ionizace) v prostředí města má dvojí význam – kromě potřeby zajistit příjemné, nebo alespoň hygienicky snesitelné prostředí pro pobyt ve veřejném prostoru jsou venkovní podmínky základním rámcem pro budovy. V případě, že venkovní prostředí je nepříznivé, je nutné vzduch na vstupu do budovy technicky upravovat (topení, chlazení, zvlhčování, filtrování), což pochopitelně vyžaduje energii.

Mikroklima města se od jeho nezastavěného okolí obvykle liší v tom, že kvůli sníženému odparu vykazuje vyšší průměrnou teplotu (pro člověka v zimě pozitivní, v létě negativní rys) a větší tepelnou setrvačnost, tj. menší teplotní rozdíly mezi dnem a nocí (pozitivní rys, pokud není průměrná teplota i tak příliš vysoká), menší vzdušnou vlhkost (negativní rys) a menší koncentraci negativních iontů (negativní rys). Vyšší průměrná teplota a nižší vzdušná vlhkost je způsobena zejména menším odpařováním ve městech, kde je díky velkému množství zpevněných ploch a kanalizaci dešťová voda namísto vsakování rychle odvedena. Vzniká tak efekt v zahraniční literatuře označovaný jako „heat islands“.<sup>3</sup> Zejména v teplejším klimatu se jedná o velmi problematický jev s nákladnými důsledky. Nízká vzdušná vlhkost může způsobovat zdravotní problémy a zvýšenou prašnost, zvýšená teplota přispívá k přehřívání budov v létě. Technické řešení letních důsledků (kropení ulic, klimatizace) je energeticky náročné.<sup>4</sup>

Ekosystémové řešení spočívá v projektování struktur, které vedou ke zvyšování vsakování dešťové vody (zvyšování podílu nezpevněných ploch, používání porézních vsakovacích betonových směsí pro zpevněné plochy, ozelenění střech) a současnému zvyšování odpařování (rovnoměrné rozmístování

stromů<sup>5</sup> či alespoň dalších, i popínavých rostlin ve veřejném prostoru). Další možnosti jsou vodní plochy ve veřejném prostoru (nejlépe napájené dešťovou vodou), které taktéž zvýší odpar. V zimním období lze snížit ochlazování budov pomocí zelených prstenců okolo sídel (část výsadeb by z tohoto pohledu měly tvořit stálezelené stromy a keře).

Menší ionizace vzduchu je způsobena menším množstvím zelených rostlin, které při fotosyntéze množství záporných iontů ve vzduchu zvyšují, opatření eliminující teplotní a vlhkostní anomálie pomocí zeleně tak pomáhají i v tomto případě.

#### **Stínění v létě, umožnění solárních zisků v zimě**

Úvahy o solárním urbanismu – konfiguraci zástavby tak, aby bylo možno v objektech využít sluneční záření z jihu. Již méně se mluví o tom, že listnaté stromy a opadavé popínavé rostliny také tvoří inteligentní stínící systém pro veřejný prostor i pro budovy – v létě, kdy je třeba zabránit nadměrným solárním ziskům, poskytují stín, po opadání listů v zimě sluneční paprsky propouští. Toho lze v kompaktním městě využít tak, že stromy ve veřejném prostoru v létě z jihu stíní stavbám.

#### **Nakládání s dešťovou vodou**

V současné době se standardně navrhuje dešťová kanalizace, která ihned odvede srážky do vodoteče. Tím se nejen připravujeme o příznivé dopady vsakování a odparu (viz výše), ale zároveň jsme nuceni vydávat další energii na údržbu kanalizace. Energeticky vhodnější řešení počítá se vsakováním srážkové vody (někdy po nutném přečištění), případně v menším měřítku s využitím pro užitkovou vodu.

#### **Biologické čištění**

Dnes už je poměrně známé, že splaškové odpadní vody či znečištěné dešťové odpadní vody jde z větší části čistit biologicky s využitím rostlin, které spotřebovávají dané škodliviny jako živiny. Když však opustíme technický pohled na čištění – který přiřazuje tuto činnost jednomu označenému místu – čistírně odpadních vod, umožní nám to vidět příležitost k čištění vodotečí po celé jejich délce průtoku osídlením (využití rostlin, okysličování vody čeráním).

#### **Přírodě blízké úpravy veřejného prostoru**

V současné době se většinou se zelení ve veřejném prostoru pracuje jako s pevnými prvky – navrhují se zejména tvarové kompozice a počítá se s relativně náročnou údržbou. V momentě, kdy i na úpravu zeleně začneme nahlížet jako na eko-



**Přístřešky ve veřejném prostoru (Asti, Itálie)** – dešťová voda z části tkaniny střechy zavlažuje popínavé rostliny, které jejím průběžným odpařováním, lapáním prachu a ionizováním vzduchu přispívají k fyzické pohodě uživatelů na malém náměstí, kde není prostor pro větší nebezpečné plochy (foto Petr Klápště).



**Alaj v úzkém středověkém uličním prostoru (Rothenburg ob der Tauber, Německo)** – stromy tvarované do ploché stěny v místech, kde by z prostorových důvodů jinak umístění stromů nebylo možné – inspirováno prací s ovocnými stromy (foto Petr Klápště).

systém a pokusíme se ho navrhnout co nejstabilněji, můžeme dojít k úsporám energie vydané na údržbu (kombinování druhů, které si nekonkurují tolik, aby se bez neustálého střihání a plení vytlačily, tvorba společenstev, která jsou přízpůsobena abiotickým podmínkám daného místa).<sup>6</sup>

### REDUKCE ENERGIE NA PŘEMĚNU

Redukce energie na přeměnu je často zmiňovanou možností využívání brownfields místo stavby na zelené louce (šetření energie na budování nové infrastruktury, často i na nosnou konstrukci nových budov), známé je i využívání terénu a minimalizace přesunů zeminy.

Specifickou úvahou, která je spíše ekonomická, ale s úsporami energie souvisí, neboť je může poměrně značně brzdit, je vzájemná provázanost městských struktur a zrnitost. Je totiž podstatné, jak velký je minimální rozsah struktury, který je nutné rekonstruovat najednou. Ačkoli teoreticky rekonstrukce větších struktur přináší množstevní výhody, vyžaduje obvykle koncentraci kapitálu a vůle několika vlastníků do jednoho časového momentu, což je značnou praktickou překážkou.<sup>7</sup>

### REDUKCE MATERIÁLOVÝCH A ENERGETICKÝCH TOKŮ

Další důležitou složkou úspor energie je redukce materiálových a energetických toků, na kterých vždy zákonitě dochází ke ztrátám. V úrovni technické infrastruktury to představuje vcelku jednoduchý problém – je třeba vytvářet větší množství malých zdrojů energie, čistíren odpadních vod či tepelných zdrojů a vhodnou hierarchií dopravních infrastruktur snižovat jejich nutný rozsah a podporovat pěší a cyklistickou dopravu.

Urbanismus a územní plánování však pro to musí vytvářet podmínky tím, jak v rámci města a regionu rozmisťuje osídlení. To svou složitostí přesahuje možnosti tohoto krátkého textu. Lze jen konstatovat, že základem strategie, která se občas nazývá jako „region krátkých vzdáleností“ a „město krátkých vzdáleností“, je zajišťování dostatečné hustoty osídlení, polycentricita a sladění hierarchie sídel s hierarchií hromadné dopravy, podpora pěší a cyklistické dopravy a mísení funkcí.<sup>8</sup>

Petr Klápště



Obytný soubor Wohnpark Koppersbusch (Gelsenkirchen, Německo) – dešťová voda ze střech je sváděna visutým korytem (vpravo nahoře) neseným sloupky s popínavými rostlinami do vsakovacího prostoru ve středu souboru (vlevo dole), který je zároveň parkovou úpravou (foto Petr Klápště).



Obytný soubor Vauban (Freiburg, Německo) – svádění a vsakování dešťové vody v uličním prostoru (foto Jan Márton).



Obytný soubor Kabelwerk (Vídeň, Rakousko) – nepobytové zelené plochy ve veřejném prostoru jsou porostlé půdopokryvnými rostlinami/dřevinami, které na rozdíl od trávniku není nutné sekat (foto Petr Klápště).





Suché štěrkové záhony na jaře (Praha-Smíchov) – výsadba včetně substrátu odpovídá suššímu prostředí města, skladba druhů se přirozeně doplňuje (nepředpokládá se vytlačení jednoho druhu jiným). Nepotřebuje zálivku, přibližně po třech letech od založení údržba pouze po sezóně odstraněním suchých stonků (foto Eva Klápštová).



Obytný soubor Solidarita (Praha) – poválečný obytný soubor je ve své části tvořen řadovkami i při relativně vysoké hustotě obyvatel dnes možno rekonstruovat po jednotlivých bytových jednotkách-sekcích. Odpadají problémy typické např. pro panelové domy, kde je rekonstrukce vždy spojena s komplikovaným rozhodováním a nutností kumulovat kapitál velkého množství vlastníků v jeden okamžik (foto Petr Klápště).

1 Člověk z hlediska svých nároků na parametry prostředí (teplota, vlhkost a složení vzduchu, záření apod.) patří mezi tzv. stenoeckní živočichy, kteří jsou schopni fungovat pouze v rámci úzkého intervalu hodnot. Z ekologického pohledu si architekturou člověk cíleně vytváří svůj biotop (souhrn abiotických faktorů), aby splňoval podmínky, které mu vyhovují.

2 Obecně původní i antropogenní ekosystémy společně zajišťují obrovské množství služeb, což si často neuvědomujeme. Jde zejména o vytváření prostředí pro život (ochrana před slunečním UV zářením, regulace klimatu, hydrologický cyklus, služby biologických činitelů, jako kontrola škůdců a patogenů, opylování), poskytování přírodních zdrojů (materiály, energie, vzduch), absorpci a zneškodňování odpadů (pevné, tekuté, plynné) a znečištění (vzduchu, vody, půdy), přírodní a krajinné estetické a kulturní hodnoty (rekreační, duchovní).

3 Viz Gartland, Lisa. Heat Islands – Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. London: Earthscan, 2008. V současné době některá světová velkoměsta spolupracují s NASA na identifikaci nejproblematičtějších míst pomocí satelitních snímků termokamerou a připravují návrhy opatření.

4 Naopak zimní zvýšení teploty je samo o sobě příznivé, nepříznivý vlhkostní efekt však zůstává. V celkové bilanci záleží na klimatu (i v českých podmínkách jsou lokality, kdy lze naopak uvažovat o příznivém dopadu teplotní anomálie města) a také na energetické koncepci budov ve městě. Je třeba si uvědomit, že nízkoenergetický či pasivní dům, kterým se tato publikace věnuje, jsou více zranitelné letním přehříváním v situaci, kdy vzhledem k teplotní setrvačnosti města není možno dům ani přes noc ochladit, než mírným poklesem teploty v zimě.

5 Největší efekt mají stromy. Jeden vhodně zvolený a umístěný strom může ročně ušetřit 242 dolarů (studie pro podmínky státu Georgia, USA, 1985), pokud při tom zároveň stíní jižní stranu budovy, tak dalších 38 dolarů na klimatizaci. (Quantifiable Urban Forest Benefits and Costs; Current Findings and Future Research. In a white paper entitled Consolidating and Communicating Urban Forest Benefits. Davey Resource Group, Kent, OH, 1993.)

6 Časté je např. snižování nutné potřeby vody na zálivku navrhováním suchomilnějších společenstev – tj. i omezení trávníků pouze na skutečně pobytové plochy a jejich nahrazování půdopokryvnými rostlinami.

7 Příkladem budiž srovnání dvou struktur o 24 bytových jednotkách – bodového domu o 8 podlažích a řadovky 24 domech o 3 podlažích. Oběma strukturami lze docílit podobné hustoty osídlení, ale zatímco řadovku lze rekonstruovat (např. pasivovat) dle solventnosti majitelů postupně po jednotlivých bytových jednotkách, bodový dům je nutno rekonstruovat naráz i přesto, že v každý okamžik je to pro část obyvatel ve finančně nevhodnou dobu (problémy s panelovými domy viz podrobněji na str. 88).

8 Více viz např. Hnilička, Pavel. Sídlní kaše. Brno: Vydavatelství ERA, 2005.

## AKTUÁLNÍ RÁMEC PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ

### SYSTÉMOVÉ A PRÁVNÍ PROSTŘEDÍ

Česká republika je dlouhá léta pověstná, a to i mezi zahraničními investory, svou rozsáhlou a málo přehlednou legislativou na úseku stavebního řádu.

Těžištěm současného stavebního práva je nový **stavební zákon** v platném znění a bezprostředně navazující vyhlášky:

- č. 23/2008 Sb., vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb,
- č. 268/2009 Sb., vyhláška o technických požadavcích na stavby,
- č. 501/2006 Sb., vyhláška o obecných požadavcích na využívání území,
- č. 398/2009 Sb., vyhláška o obecných technických požadavcích, zabezpečujících bezbariérové užívání staveb,
- č. 498/2006 Sb., vyhláška o autorizovaných inspektorech,
- č. 499/2006 Sb., vyhláška o dokumentaci staveb,
- č. 500/2006 Sb., vyhláška o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti,
- č. 503/2006 Sb., vyhláška o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření,
- č. 526/2006 Sb., vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona ve věcech stavebního řádu.

(Stojí za zmínku, že vyhláška o technických požadavcích na stavby platí v duchu rakousko-uherské tradice pro celé území republiky vyjma Prahy, která má svou specifickou obdobu v podobě vyhlášky hl. m. Prahy, v některých dílčích ustanoveních od celostátní vyhlášky odlišné.)

Na tuto páteř českého stavebního práva navazuje kostra přibližně dvaceti bezprostředně souvisejících zákonů, se kterými se můžeme při projektování a realizaci staveb běžně setkat, např. **správní řád, zákon o státní památkové péči, zákon o ochraně přírody a krajiny, vodní zákon, telekomunikační zákon, autorský zákon, zákon o výkonu povolání autorizovaných architektů a inženýrů** a další.

Celé právní a profesní okolí je málo přehledné, rozsahem přebujelé, vnitřně nejednotné, mnohdy rozporné; zahrnuje k datu vydání tohoto manuálu celkem více než **200 zákonů, vyhlášek a vládních nařízení**, které jasnou orientaci neumožňují a právní jistoty nezaručují.

Situaci v oboru dále komplikují některá silně zakořeněná zvyková práva a výrazy, a to jak na straně stavebních firem, tak i orgánů, organizací a stavebních úřadů, které jen zvolna přivykají základní zásadě každého právního státu, že stavebníkovi lze uložit povinnosti výhradně na základě zákona, v souladu se zákonem a v jeho mezích.

Součástí platných regulativů v oboru jsou rovněž **České technické normy (ČSN)**. Záměrně zdůrazňuji slovo platných. Závaznost norem byla zrušena v roce 1995, pokud na ně neodkazuje obecně závazný právní předpis. Zpravidla zůstala závazná ustanovení týkající se bezpečnosti osob a ochrany zdraví, pro ilustraci například parametry vnitřního prostředí budov nebo ochranná zábradlí.

Zatímco technických norem týkajících se více či méně problematiky stavebnictví je necelých 10 000 (!), norem bezprostředně stavebních, číselné řady 72–75, je z toho přes 2000, z nichž závazných norem je pár set a dle § 196 Stavebního zákona musí být bezplatně veřejně přístupné.

Přesto nejsou normy, jak se často v odborných i laických kruzích traduje, výmyslem „šíleného totalitního plánovače“. (Ostatně většina technických norem týkajících se například kvality bydlení má svoje věcné jádro historicky v relativně dokonalé byrokracii mocnářství Rakouska-Uherska...)

I nezávazné normy poskytují pro konkrétní řešení tzv. „výhodnou bezúplatnou radu“ a jsou vždy v případě soudního sporu měřítkem správnosti tohoto řešení. Proto je praktické případ od případu dobře zvážit, zdali konkrétní technické provedení bude respektovat normy, či nikoliv. I v případě, kdy se architekt rozhodne nerespektovat normové hodnoty, je povinen prokázat, že řešení, jež zvolil, je alespoň splňuje. Každopádně je však jeho povinností svého klienta o tom prokazatelnou formou informovat.

### POŽADAVKY PŘEDPISŮ NA ÚSPORY ENERGIÍ A OCHRANU TEPLA

Ty zahrnují rovněž **nároky na úspory energií a ochranu tepla** v posloupnosti a hierarchii – stavební zákon, prováděcí vyhláška, technická norma. Stavební zákon v § 156 uvádí požadavky na stavby:

*(1) „Pro stavbu mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce,*

**jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané existence splní požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při udržování a užívání stavby včetně bezbariérového užívání stavby, ochranu proti hluku a na úsporu energie a ochranu tepla.“**

V § 16 nazvaném **Úspora energie a tepelná ochrana** prováděcí vyhlášky č. 268/2009 Sb., (o technických požadavcích na stavby) je uvedeno, že:

(1) „Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí výplní otvorů, použitými materiály a výrobky a systémy technického zařízení budov. Při návrhu stavby se musí respektovat klimatické podmínky lokality“.

(2) „Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly po dobu jejich užívání dlouhodobě zaručeny požadavky na jejich tepelnou ochranu splňující:

- a) tepelnou pohodu uživatelů,
- b) požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov,
- c) tepelně vlhkostní podmínky technologií podle různých účelů budov,
- d) nízkou energetickou náročnost budov.“

(3) „Požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými hodnotami.“ (Poznámka autora: ČSN 73 05 40 Tepelná ochrana budov, v platném znění.).

Přečte-li si pozorný čtenář výše uvedené suchoporné řádky citované ze zákona i vyhlášky (připomínám, že obdobné požadavky jsou závazné již od roku 1998), patrně si zákonitě položí otázku, proč se energeticky úsporné domy automaticky nestaví v ČR již po léta.

Jednoduchá odpověď zní – protože chybí společenská objednávka. Protože není jak v privátní, tak ve veřejné sféře nepsaná dohoda, že je slušností energiemi šetřit, kromě toho, že je to pro společnost ekonomicky výhodné.

Smutnou roli sehrává i obecně tolerovaná neúcta k zákonům a předpisům. V tom spatřuji největší rozdíl mezi tuzemským přístupem a celkovým klimatem ve společnosti německé, rakouské nebo třeba švýcarské, ale i praxí severských zemí.

Tento přístup je nezbytné budovat v dětech od ko-lébky a v tom máme na rozdíl od zmíněných zemí

(zčásti z objektivních příčin) desítky let zpoždění. Změna bude během na dlouhou trať.

Svou negativní roli sehrávaly vysoké školy i silní výrobci, například zdicích materiálů, mající rozhodující segment trhu. Nebo někteří pomýlení kolegové vykřikující, že si nedají ničít „kvalitní“ architekturu odstraňováním tepelných mostů (!).

K frekventované diskusi, nakolik musí památkově chráněné stavby a jejich změny respektovat ustanovení právních předpisů s ohledem na požadavky úspory energie a tepelnou ochranu, cituji z § 2 vyhlášky č. 268/2009 Sb., kde je v prvním odstavci uvedeno:

**„Ustanovení této vyhlášky se uplatní též u zařízení, změn dokončených staveb, udržovacích prací, změn v užívání staveb, u dočasných staveb zařízení stavenišť, jakož i u staveb, které jsou kulturními památkami nebo jsou v památkových rezervacích, nebo památkových zónách, pokud to závažně územně technické nebo stavebně technické důvody nevylučují.“**

Je tedy zřejmé, že klíčovým limitem není jen okolnost, zda je, či není stavba památkově chráněna, ale technická schůdnost a dodejme i architektonická přiměřenost řešení energetických úspor. A to jak v měřítku širšího urbanistického kontextu stavby, tak i stavby samotné. Důvody pro nedodržení normových požadavků potom musí být „závažné“. To je důležité si uvědomit, neboť z řad pracovníků Památkového ústavu nezřídka slyšíme názor opačný.

Bude se tak vždy jednat o zvážení specifických podmínek a individualit každé stavby a tomu musí odpovídat míra navrhovaných úprav, a tím i energetických úspor.

Na druhou stranu je nezbytné vždy užít zdravý rozum a kvalifikovaný inženýrský úsudek. Autorizované osoby mají ze zákona povinnost chránit kulturní dědictví.

Rozporuplným přínosem pro úspory energií je potom ustanovení § 26 vyhlášky č. 268/2009 Sb., kde je uvedeno:

**„(3) Akustické vlastnosti výplní otvorů musí zajistit dostatečnou ochranu před hlukem ve všech chráněných vnitřních prostorech stavby současně za podmínek minimální výměny vzduchu v době pobytu lidí 25 m<sup>3</sup>.h-1/osobu nebo výměny vzduchu v místnosti nejméně jedenkrát za 2 hodiny. Dále musí být dodržena hodnota maximální přípustné koncentrace oxidu uhličitého 1000 ppm, která slouží jako ukazatel intenzity a kvality větrání.“**

Hodnota maximální přípustné koncentrace CO<sub>2</sub> 1000 ppm je v poloze zbožných přání tvůrce předpisu. Jedná se patrně o dílo tiskařského šotka. Na vysvětlenou: takovou koncentraci nelze trvale zajistit při běžném užívání stavby ani v případě

řízeného větrání u nízkoenergetických a pasivních domů, kdy koncentrace kolísá, natož v režimu přirozeného větrání okny. Běžné přírodní pozadí má kolem 350–400 ppm, ve znečištěném prostředí velkých měst stoupá hodnota koncentrace CO<sub>2</sub> na 700–800 ppm. (Například ve školkách a školách při vyučování dnes běžně dosahují koncentrace nepřijatelných hodnot 2000–2500 ppm.)

### ČSN 73 0540 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV

*„Tato norma stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které podle stavebního zákona zajišťují hospodárné splnění základního požadavku na úspory energie a tepelnou ochranu. Platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených staveb...“*

*... Pro budovy památkově chráněné nebo stávající budovy uvnitř památkových rezervací podle Zákona o státní památkové péči ... platí norma přiměřeně možnostem tak, aby nedocházelo k poruchám a vadám při jejich užívání.“*

Stojí za zmínku, že tato norma je nejen platná, ale vzhledem k odkazu na ni ve stavebním zákoně a prováděcích vyhláškách rovněž závazná. K jejím nevýhodám patří zejména značná rozsáhlost (celkem 136 stránek A4) a složitost mnoha výpočtů. Snad i proto je celou řadou projektantů, ke škodě stavebníků, běžně ignorována. A dochází tak k řadě vad a poruch staveb.

Bohužel, s přibývajícím náročností konstrukcí na tepelnou obálku a vyloučení tepelných mostů u energeticky úsporných staveb se projevuje větší citlivost těchto konstrukcí na neznalost, nesprávný návrh, nekvalitní provedení, ale i nesprávné užívání a chybějící běžnou údržbu stavby ze strany stavebníků.

#### Norma je členěna do čtyř částí, samostatných svazků:

- 1) termíny, definice a veličiny pro navrhování a ověřování,
- 2) požadavky,
- 3) výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování,
- 4) výpočtové metody pro navrhování a ověřování,

Pro běžnou projektovou praxi má klíčový význam zejména část druhá, která stanovuje požadavky na:

- šíření tepla konstrukcí (nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, součinitel prostupu tepla, pokles dotykové teploty podlahy),

- šíření vlhkosti konstrukcí (zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce, roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce),
- šíření vzduchu konstrukcí a budovou (průvzdušnost, výměna vzduchu v místnostech, zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu při nuceném větrání nebo klimatizaci),
- tepelnou stabilitu místnosti (pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období, tepelná stabilita místnosti v letním období),
- energetickou náročnost budovy.

Druhá část normy rovněž obsahuje nezávaznou **informativní přílohu A – Pokyny pro navrhování**. Podrobně jsou uvedena doporučení pro korektní navrhování jednotlivých částí stavby a dále rovněž návody pro jednotlivé typologické druhy staveb včetně zásahů do historických budov. V části A.5 potom podrobný návod pro navrhování budov s velmi nízkou energetickou náročností. (Jedná se o typickou výhodnou, bezúplatnou radu.)

Přes tento velice podrobně propracovaný návod jsou běžně povolovány stavby, kdy projektová dokumentace nesplňuje elementární zákonné náležitosti. Je to špatná vizitka nejen práce projektantů, autorizovaných osob, které nesou primární zodpovědnost za kvalitu dokumentace, ale i stavebních úřadů které mají povinnost dle § 111 Stavebního zákona ve stavebním řízení ověřit, zda jsou v projektové dokumentaci dodrženy „obecné požadavky na výstavbu“.

V informativní příloze normy se rovněž uvádí:

*„... Základem návrhu je **vyváženost všech složek ovlivňujících energetickou bilanci budovy**. Dosaženou nízkou potřebu tepla na vytápění, díky vhodnému koncepčnímu i detailnímu stavebnímu řešení, je zpravidla možné s výhodou kombinovat vhodným uplatněním soustav využívajících v různé míře obnovitelných zdrojů energie. Velmi nízká energetická náročnost by měla být zároveň zajištěna v celém životním cyklu budovy...“*

#### POŽADAVKY Z HLEDISKA STAVEBNÍ FYZIKY

- Významné **omezení prostupu tepla obvodovým pláštěm**, které vyjadřujeme **součinitelem prostupu tepla „U“** (to je obrácená hodnota dříve známějšího „tepelného odporu – R). Zjednodušeně řečeno platí, že čím menší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím méně protopíme. Toho dosahujeme dostatečnou vrstvou tepelné izolace ve skladbě pláště s výrazným omezením a vyloučením tepelných mostů a tepelných vazeb. Konstrukce běžných domů musí splňovat požadované normové hodnoty. Pro jed-

notlivé konstrukce nízkoenergetických domů platí, že musí splňovat alespoň doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla „ $U$ “. Konstrukce pasivních domů musí splňovat hodnoty minimálně o třetinu lepší.

- I v případě velmi nízkých teplot v zimním období v exteriéru musíme zajistit rovněž **dostatečnou povrchovou teplotu** vnitřního povrchu stavby, stěn podlah, oken.

V žádném případě nám nesmí klesnout pod teplotu **rosného bodu**, která je při standardních podmínkách vnitřní vlhkosti a teploty asi 12 až 13 °C. Z toho vyplývá, že nejcitlivější místa budou v nadpražících oken, v rozích stavby, obvykle v koupelnách. To předpokládá dostatečné množství tepelné izolace, důsledné řešení konstrukčních detailů a opět eliminaci tepelných mostů.

- Dalším požadavkem je vyloučení, případně alespoň **omezení kondenzace vodních par v konstrukci obvodového pláště**. Ověřuje se výpočtově pomocí počítačového programu pro všechna období roku pomocí takzvané roční bilance zkondenzovaného a odpařitelného množství vodní páry. Pro ovlivnění tohoto parametru je klíčový správný návrh a provedení skladby obvodového pláště, parozábrany nebo parobrzd. Tedy celistvé vrstvy u vnitřního líce konstrukce, která brání, nebo alespoň významně zamezuje průchodu vodních par, které vznikají provozem v domě (praní, vaření, koupání, pěstování květin...) do konstrukce rozdílem tlaků v exteriéru a interiéru domu. Jedním z možných a bezpečných řešení je návrh difuzně otevřené skladby obvodového pláště.

- Zamezení, u pasivních domů pak jednoznačně **vyloučení průchodu vzduchu konstrukcí pláště**. A dále důsledné omezení pronikání vzduchu takzvanými funkčními spárami (například mezi křídlem a rámem oken...). Nízkoenergetický nebo pasivní dům je relativně vzduchotěsný, podle pravidla „dýchá v něm člověk, nikoliv stavba“. Toho docílujeme opět správně navrženou a provedenou hlavní vzduchotěsnou vrstvou a řešením všech detailů jejího napojení na přilehlé konstrukce výplní otvorů, stejně tak jako pečlivým ošetřením a utěsněním všech prostupů, například vnitřních rozvodů a instalací.

- **Omezení nebo již zmíněné vyloučení** (zejména v případě pasivních domů) **tepelných mostů a tepelných vazeb v konstrukci**. **Tepelné mosty** vznikají jako slabší místa v rámci jednoho druhu konstrukce – například chybně napojené pásy izolace nebo vadně provedené zdivo. **Tepelné vazby** na styku dvou druhů konstrukcí – například připojovací spára oken. Tepelné mosty a tepelné vazby jsou mís-

ta, kde je konstrukce z hlediska účinnosti tepelné izolace oslabena. Dochází v nich ke zvýšené hustotě tepelného toku ve srovnání s okolím. Nejčastěji tam, kde prochází nosná konstrukce nebo dochází ke styku obvodového pláště a rámu oken, případně ve spárách zdicích materiálů. Vzniká dílem chybně navrženou konstrukcí, dílem technologickou nekázní na stavbě, dílem jako přirozená vlastnost celé řady konstrukčních materiálů. Řešení a eliminace tepelných mostů předpokládá velkou zkušenost architekta, zejména z praxe a realizace nízkoenergetických domů na stavbě. Celá řada detailů, která se jeví na papíře jako optimálně vyřešená, se může na stavbě ukázat jako nerealizovatelná a problematická...

Problematické odstraňování tepelných mostů a tepelných vazeb by jistě bylo možno věnovat minimálně jednu kapitolu obdobné knihy. Ta naše však nemá nahrazovat příručku stavitelství pro korektní projektování. Tepelným mostům a vazbám se podrobně věnují například specializované publikace Romana Šubrta.

## VYBRANÉ PARAMETRY CHRÁNĚNÉHO VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Aspekty vnitřního prostředí ovlivňující vnímání člověka lze rozdělit do dvou skupin:

- **Činitele pohody** – teplota, relativní vlhkost, proudění a ionizace vzduchu, nekarcinogenní těkavé organické sloučeniny, osvětlení, oslunění a hluk. Tedy parametry, které způsobují pocit nepohody, dyskomfort a jevy, které jsou součástí „syndromu nemocných budov“. Pokud se zmíněné faktory pohody odchylují od běžných hodnot, mohou být příčinou stresu a zhoršení vnímání jiných složek prostředí.
- **Faktory zdraví** – jsou kritéria, která mohou vést k symptomům onemocnění. Způsobují je karcinogenní chemické látky v ovzduší, pevný aerosol, azbestová vlákna, bakterie, plísně, roztoči, pyly a radon.

### Tepelná pohoda

Teplota v místnosti je dána dvěma hodnotami – teplotou vzduchu a teplotou povrchů. Každá obytná místnost, dále kuchyně, koupelna a WC musí mít vlastní samostatně regulovatelné topidlo. Vhodná teplota v obytných místnostech a v kuchyni je 20 až 22 °C, v koupelnách a na WC 24 °C, v místnostech pro spaní jsou doporučovány nižší hodnoty, minimálně však 16 °C. (Pod touto teplotou dochází ke snížení obranyschopnosti organismu vůči respiračním chorobám.)

### Relativní vlhkost vzduchu

Doporučená hodnota relativní vlhkosti vzduchu v chladnější části roku je minimálně 30 %, v letním období maximálně 65 %. Optimálním standardem by mělo být rozmezí 40 až 50 procent. Při vlhkosti pod 40 % narůstá větší možnost onemocnění dýchacích cest. Příliš nízká nebo vysoká vlhkost vede k alergickým reakcím, množení roztoců, bakterií, virů, ale i emisivitě stavebních materiálů. Vlhkost nad 70 % startuje růst plísní a hub.

### Větrání

Kvalita ovzduší je dána zejména množstvím oxidu uhličitého v objemu vzduchu (jedná se o indikační, snadno měřitelný plyn, který na sebe váže další znečištění). Přijatelné množství je maximálně 0,07 % (dle ČSN EN 1752 je limitní koncentrace CO<sub>2</sub> v hodnotě 1200 ppm pro třídu „C“, pro srovnání v Německu 1500 ppm).

Nad hodnotu 1200 ppm se projevuje u lidí nesoustředěnost a malátnost. Při hodnotách nad 1500 ppm se únava zvyšuje a při koncentracích přes 5000 ppm se vystavujeme negativním zdravotním následkům. (Zdeněk Zikán, TOB 3/2010)

Musí být umožněna požadovaná normová výměna vzduchu za hodinu (dle přílohy ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu – je minimální intenzita výměny vzduchu u obytné místnosti 0,5/hod, v případě kuchyní a koupelen s okny 1,5/hod). Obytné místnosti musí být větratelné vždy přímo okny, a to i v případě instalace řízeného systému větrání u nízkoenergetických a pasivních domů. Doporučené hodnoty pro rychlost proudění vzduchu jsou pro zimní období maximálně 0,15 m/s, pro letní období 0,25 m/s. Zvýšené proudění vzduchu nad 0,35 m/s může již vyvolávat nepříjemné pocity.

### Ochrana proti hluku

Nepříznivými vlivy jsou v tomto směru blízkost rušné komunikace, letecké koridory, nedaleká průmyslová výroba či větší provozní stavby. Maximální hodnoty určují příslušné hygienické normy, přes den 50 dB (A), v noci 40 dB (A). Kvalitní okna pasivního domu mají útlum až 35 dB, jejich účinnost je závislá na vzdálenosti výplní trojskel.

### KAM SMĚŘUJE VÝVOJ?

Evropská unie je již řadu let lídrem na poli energetických úspor. **Směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov** (EPBD 1) se stala základním evropským předpisem, v jehož důsledku byla do zákona o hospodaření s energiemi č. 406/2000 Sb., ve znění

pozdějších změn, zakotvena povinnost vybavit každou budovu průkazem energetické náročnosti, který je dle vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, nedílnou součástí projektové dokumentace stavby ke stavebnímu povolení. Od 1. ledna 2009 je zakotvena povinnost provádění nových budov a rozsáhlejších změn stávajících budov tak, aby měly požadovanou nízkou energetickou náročnost.

Energetický průkaz na svém štítku zařazuje budovu podle stupňů náročnosti, označených písmeny A–G, přehlednou formou v procentech uvádí podíl dodané energie připadající na vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení. Jedná se opět o grafickou formu národního dokumentu; německý či finský průkaz energetické náročnosti budovy vypadá odlišně.

Zcela nová **směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov** ze dne 19. května 2010 (EPBD 2) vytyčuje čtyři hlavní oblasti a zavazuje členské státy, že zajistí, aby:

- do 31. prosince 2020 všechny nové budovy byly budovami s „téměř nulovou spotřebou energie“, v případě budov užívaných a vlastněných veřejnou mocí se termín zkracuje do roku 2018,
- společně snížily do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 %,
- společně zvýšily energetickou účinnost do roku 2020 o 20 %,
- společně zvýšily podíl energie z OZE do roku 2020 na 20 %.

### V preambuli směrnice je uvedeno:

*„Podíl budov na celkové spotřebě energie v Unii činí 40 %. Tento sektor se rozrůstá, což bude mít za následek zvýšení spotřeby energie. Snížení spotřeby energie budov proto představují důležitá opatření nutná ke snížení energetické závislosti Unie a emisí skleníkových plynů. Spolu se zvýšeným využíváním energie z obnovitelných zdrojů by opatření přijatá za účelem snížení spotřeby energie v Unii umožnila Unii dodržení závazku splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu (UNFCCC), dlouhodobého závazku zachovat nárůst globální teploty pod 2 °C i závazku snížit do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % ve srovnání s hodnotami z roku 1990 a v případě mezinárodní dohody o 30 %. Snížená spotřeba energie a zvýšené využívání energie z obnovitelných zdrojů také hrají důležitou úlohu při podpoře zabezpečování zásobování energií, technologického vývoje a při vytváření příležitostí k zaměstnání a regionálního rozvoje, zejména ve venkovských oblastech.“*

- „Opatření k dalšímu snižování energetické náročnosti budov budou brát v úvahu klimatické a místní podmínky i mikroklima vnitřního prostředí a efektivnost nákladů.“ Směrnice zohledňuje ekonomické aspekty, pracuje s termíny „nákladově efektivní nebo nákladově optimální“ úroveň energetické účinnosti“.
- „Nákladově optimální úroveň je úroveň energetické náročnosti, která vede k nejnižším nákladům v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu stavby, přičemž nejnižší náklady se určují s ohledem na pořizovací, provozní náklady, úspory a případně příjmy z výroby elektrické energie a případné náklady na likvidaci.“
- „Od členskému státu se nevyžaduje, aby stanovil takové minimální požadavky na energetickou náročnost, které nejsou nákladově efektivní v rámci odhadovaného ekonomického životního cyklu.“
- „Veřejný sektor ve všech členských státech by měl v oblasti energetických úspor hrát vedoucí úlohu, a proto vnitrostátní plány nastaví náročnější cíle pro budovy, jež jsou využívány orgány veřejné moci.“
- „Potencionálnímu kupujícímu, nebo nájemci budovy, nebo ucelené části stavby budou prostřednictvím certifikátu energetické náročnosti poskytnuty správné informace o energetické náročnosti budovy...“
- „V posledních letech vzrostlo množství klimatizačních systémů v evropských zemích. To způsobuje značné problémy v dobách nejvyššího zatížení, zvyšuje náklady na elektřinu a narušuje energetickou rovnováhu. Prioritou by měly být strategie, které zlepšují tepelné vlastnosti budov během letního období. Pozornost by proto měla být zaměřena na opatření, která zabraňují přehřátí, jako je zastínění a dostatečná tepelná kapacita konstrukce budovy, a na další rozvoj a používání technik pasivního chlazení, zejména těch, jež zlepšují vnitřní mikroklimatické podmínky a mikroklimatické podmínky v okolí budov.“
- „Členské státy stanoví požadavky na nezávislou energetickou certifikaci budov nebo ucelených částí budov, na pravidelnou inspekci otopných soustav (kotle od 20 kW) a klimatizačních systémů (od 12 kW) v budovách a na nezávislé systémy kontroly certifikátů energetické náročnosti a inspekčních zpráv.“
- „Členské státy se mohou rozhodnout, že nestanoví, nebo nebudou uplatňovat požadavky na energetickou náročnost, certifikaci a kontroly u těchto kategorií budov: budovy v rámci památkových zón, kulturní památky, budovy pro bohoslužby a náboženské účely, dočasné stavby, rekreační stavby

a všechny stavby s celkovou užitnou podlahovou plochou menší než 50 m<sup>2</sup>.“

- „Členské státy stanoví pravidla k sankcím za porušení vnitrostátních právních předpisů přijatých na základě této směrnice a přijmou veškerá opatření nezbytná k zajištění jejich provádění. Stanovené sankce musí být účinné, přiměřené a odrazující...“

Obsah směrnice je společným cílem pro všechny země Unie, není tedy diktátem s požadavkem doslovného naplnění paragrafů, jak je někdy mylně možno slyšet. Předpokládám, že proto bude možné v rámci členských států s kvótami uvedenými v posledních třech bodech opět obchodovat.

Je motivací, adresně určenou jednotlivým národním vládám, tak, aby zajistily její implementaci do národních předpisů. (Právo na úseku stavebního řádu není v Evropě jednotné, ale národní, v některých státech dokonce zemské.) Unie bude zkoumat naplnění cíle a smyslu výše uvedených směrnice, rámcového evropského zákona. To bude Česká republika stejně jako další členské země muset prokázat. Nenařizuje tedy jednotný postup, ale dosažení společného cíle. Na druhou stranu je možné svobodně zvolit přísnější požadavky než ve směrnici uvedené. Členské země budou zpracovávat vnitrostátní plány na zvýšení počtu budov s potřebou tepla téměř nulovou a v pravidelných intervalech předkládat zprávy Komisi.

Nehodlám být falešným prorokem, ale mám za to, že pokud se povede cíle směrnice naplnit, bude to v oblasti energetiky a stavebnictví mít obdobný dopad jako vynález parního stroje nebo historický přechod z palivové základny dřeva na uhlí. Začíná nová éra, a co na to architekti?

Směrnice není bleskem z čistého nebe, petrifikuje pouze to, co již signalizovala předchozí směrnice v poloze dlouhodobých cílů. Nikdo proto nemůže tvrdit, že nebyl včas informován – pokud ovšem chtěl. Trend směřující k pasivním a posléze k nulovým domům byl jednoznačně nastaven již před rokem 2002. Směrnice racionálně poskytuje další následné 8–10leté přechodné období, „nárazníkové pásmo“ pro lepší orientaci veřejného mínění, přizpůsobení legislativy, projektových, výrobních a dodavatelských kapacit.

Budu se těšit na to, která z politických stran zvedne jako první hozenou rukavici. Je to silné politické téma a dále prostor pro zajímavý byznys. Směrnice předpokládá podporu a dotační tituly v rámci vnitřní politiky jednotlivých členských zemí stejně jako cílené programy na energetické úspory financované z centra unie. Čili opět se bude „porcovat velký medvěd“, obdobně jako v našem případě programu Zelená úsporám.

Nepříliš známé jsou závěry Nezávislé odborné komise (NEK) pro posouzení energetických potřeb České republiky v dlouhodobém časovém horizontu z 30. září 2008, již vedl biochemik Václav Pačes (předseda Akademie věd ČR v letech 2005–2009), jmenované Topolánkovou vládou, které nebyly v kompletní podobě nikdy v tisku publikovány (zdroj: www.vlada.cz).

Doporučovaly mimo jiné (str. 214) zavedení nízkooenergetického standardu v Česku pro stavby financované z veřejných prostředků okamžitě, tj. od roku 2008 (!), pro ostatní stavby od roku 2010 a pasivního standardu od roku 2015. Je tedy evidentní, že naplnění požadavků evropské směrnice je i v tuzemských poměrech z pohledu alespoň některých špičkových a nezávislých odborníků nejen možné, ale i reálné a ekonomicky nezbytné.

Směrnice ukládá transpozici do národních právních řádů do 9. července 2012. Podle Marie Báčové z ČKAIT se dosáhne implementací směrnice v zemích Evropské unie do roku 2020:

- úspora energie ve výši 60–80 mil. tun ekvivalentu ropy ročně, tj. snížení spotřeby konečné energie o 5–6 %,
- úspora CO<sub>2</sub> ve výši 160–210 mil. tun ročně, tj. snížení celkových emisí o 4–5 %,
- 280–450 tisíc nových pracovních míst, především v sektoru stavebnictví.

Souhrnný materiál hodnotící dopady na domácí ekonomiku aktuálně připravuje občanské sdružení Centrum pasivního domu (CPD) spolu s dalšími partnery.

Nicméně nepochybuji o tom, že v duchu domácí tradice z určitých kruhů může být učiněn pokus o chráněné „posvátné zvíře“, stejně tak předpokládám u celé řady institucí i firem typicky české švejkování a snahy se naplnění směrnice co nejdéle, případně úplně vyhnout.

Přitom mám za to, že rychlá aklimatizace firem i projektových kanceláří povede k jejich konkurenční výhodě na domácím i zahraničním trhu.

Je známým faktem, že architekti, výrobci a dodavatelé staveb, kteří jsou zaměřeni na segment energeticky úsporné výstavby, neměli v Rakousku nebo v Německu nouzi o zakázky ani v období předchozích cyklů hospodářské recese.

První vlašťovku jsem již zaznamenal. Jeden z největších tuzemských architektonických ateliérů získal adresnou dotaci jeden milion korun z evropských fondů a na jaře letošního roku vypsál výběrové řízení na profesní vzdělávání svých architektů v oblasti navrhování budov, jejichž spotřeba energií je téměř nulová. Přednášky, workshopy a exkurze již probíhají.

Pro úplnost, směrnice pamatuje i na roli architektů, projektantů při snižování energetické náročnosti budov:

*„... Členské státy by měly dále architektům a projektantům umožnit, aby při plánování, projektování, výstavbě a renovaci průmyslových nebo obytných oblastí řádně posoudili optimální kombinaci zlepšení v oblasti energetické účinnosti, používání energie z obnovitelných zdrojů a ústředního vytápění a chlazení, a měly by je k těmto činnostem pobízet...“*

## HODNOTÍCÍ NÁSTROJE PRO STAVBY

Nastartovaný kult „zelené architektury“ vede zejména investory k hledání platformy, na základě které by se jejich stavby, o něco šetrnější k životnímu prostředí, vymezily vůči běžné stavební produkci a zároveň se zviditelnily, jako podklad zejména pro reklamu. Tyto společnosti se hlásí k principům udržitelného rozvoje a stavění. Vychází z předpokladu, že udržitelnost záměru/projektu

Příklad posouzení budovy programem LEED si můžeme ukázat na často publikované ČS08 v Praze–Radlicích, v které pracuje asi 2400 lidí (zdroj Bovis a Ivo Koukol, hlavní manažer projektu, 11/2008)

Sustainable Sites / Výběr lokality	20 %	14 of 14
Water Efficiency / Nakládání s vodami	7 %	2 of 5
Energy & Atmosphere / Energetická náročnost	25 %	9 of 17
Materials & Resources / Použité materiály a přírodní zdroje včetně odpadů	19 %	4 of 13
Indoor Environmental Quality / Kvalita vnitřního prostředí	22 %	11 of 15
Innovation & Design Process / Inovace v navrhování stavby	7 %	3 of 5
<b>Total / Celkem</b>	<b>100 %</b>	<b>43 of 69 &gt; Gold</b>

(Hodnocení: certifikováno LEED 26–32, stříbro 33–38, zlato 39–51, platina 52–69.)



není dána pouze úsporou energií. Jejich motivací je zjednodušeně řečeno slogan: „Kdo něco znamená, certifikuje.“

Dosažené stupně certifikace v rámci hodnotících nástrojů vedou proklamativně k lepším hospodářským výsledkům: nižším provozním nákladům o 20–35 %, vyšším nájmům, vyšší obsazenosti budov a vyšší prodejní hodnotě – likviditě stavby, nižším svázaným emisím skleníkových plynů a nižším nákladům na zaměstnance, k budovám s lepším klimatem vnitřního chráněného prostředí, které má vliv na motivaci zaměstnanců a jejich nižší nemocnost. Požadováno je ověření nezávislou institucí. Stupně ocenění mají pozitivní vliv na výši pojistky stavby (zdroj RPG Real Estate, 11/2008).

Globálně se aktuálně užívají asi tři desítky různých hodnotících nástrojů, které zohledňují jednotlivé aspekty výstavby, energie a dopravu, znečišťování ovzduší, konstrukční materiály, odpady, sociální aspekty, dostupnost MHD atd.

Jak uvádí profesor Hájek z pražské techniky, certifikace je záměrně odlišná v různých klimatických oblastech, vždy odpovídá regionálním podmínkám.

Z nich jsou nejrozšířenější americký **LEED** (od roku 1994 asi 1800 budov), britský **BRE** (od roku 1990 1360 certifikovaných budov) a francouzský **HQE** (od roku 1996 192 certifikovaných budov).

Jedná se spíše o marketingové nástroje než o programy, které by skutečně objektivně a v celém komplexu hodnotily parametry stavby a její vliv na životní prostředí. Každý z nich pracuje s jinými hodnotícími kritérii a i v rámci shodných kritérií přiřazuje jednotlivým vlastnostem z celkové sumy 100 % různou váhu v bodech.

Pokud bych chtěl být škodolibý, nechal bych posoudit předmětnou budovu několika programy a pro svoje developerské PR bych použil jen to hodnocení, které je pro mě nejpříznivější; významnou roli samozřejmě hraje i renomé a rozšířenost vybraného programu.

Vidíme, že v „měkkých“ hodnotících kritériích obecně dosahuje budova ČSOB dobrých výsledků, vzhledem k umístění na stanici metra dokonce v prvním řádku výborných (získala plný počet bodů), zatímco bohužel v těch „tvrdých“ (energetická úspornost, hospodaření s vodou, volba stavebních materiálů) výsledků průměrných. Budova se dlouho v průběhu zpracování dat držela na úrovni nižšího, „stříbrného“ hodnocení. Celkově je výsledné hodnocení „zlaté“.

Za zmínku stojí, že hodnocení bylo prováděno z popudu generálního dodavatele v době, kdy byla stavba rozestavěná natolik, že zpětná vazba již nebyla ekonomicky přijatelná.

Banku s investičními náklady 2,95 mld. Kč stála certifikace 2,5 mil. Kč, tedy něco přes jedno promile výše investice.

Bohužel všechny zmíněné hodnotící nástroje zachycují pouze „mrtvé informace“ dané projektovou dokumentací a parametry stavby. Zkušenosti skutečných uživatelů, zaměstnanců, kteří v budovách tráví celou pracovní dobu a bezprostředně, by subjektivně dokázou posoudit kvalitu vnitřního prostředí a celkovou pohodu, hodnoceny zmíněnými nástroji nejsou.

Jedna velká stavební společnost poté, co si postavila nové administrativní sídlo, testovala spokojenost zaměstnanců barevnými míčky, které házeli při odchodu do dvou skleněných válců. Sympatická, demokratická snaha, žel po krátkém čase byla zrušena...

**SB Tool CZ.** V rámci konference Udržitelná výstavba budov ve střední Evropě – od teorie k praxi na konci června 2010 byl v Praze týmem pracovníků Fakulty stavební ČVUT představen nový tuzemský nástroj SB Tool CZ pro environmentální hodnocení staveb. Zahrnuje v sobě objektivněji proporcčně nastavená kritéria hodnocení udržitelné výstavby ve čtyřech segmentech: environmentální kritéria, sociální kritéria, kritéria z oblasti ekonomiky a managementu a kritéria týkající se lokality budovy. Nejedná se o komerční nástroj, ale o hodnocení vyvinuté na akademickém pracovišti. Lze si jen přát, aby si získalo oblibu a vážnost u investorů a orgánů veřejné moci a postupně se rozšířilo jako standardní tuzemský hodnotící nástroj.

## CERTIFIKACE PASIVNÍCH DOMŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ

Aktuálně dokončuje občanské sdružení Centrum pasivního domu (CPD) přípravu na spuštění programu ověřování vlastností pasivních domů ukončenou mezinárodně uznávaným certifikátem na základě metodiky německého PHI PHPP.

Certifikát bude sloužit jako záruka kvality postaveného domu. Předmětem kontroly bude projektová dokumentace i vlastní provádění stavby. Záměrem je omezit nekvalitní realizace a možnost rozporovat klamavé reklamní nabídky firem. Certifikát bude vydáván CPD ve spolupráci s autorizovanými architekty, inženýry, techniky a energetickými auditory. Předmětem certifikace bude:

- ověření projektové dokumentace a ověření výpočtu potřeby tepla na vytápění a dalších závazných hodnot dle metodik PHPP (návrh a optimalizace pro konkrétní stanoviště a konkrétní podmínky) a TNI (deklarativní výpočet pro účely přiznání dotace),

- kontrola vlastní realizace stavby – shoda navržených a skutečně použitých výrobků a materiálů, provedení klíčových konstrukčních detailů, doložení testu neprůvzdušnosti, protokol o zaregulování vzduchotechnického zařízení.

Cílovou skupinou budou koncoví stavebníci a realizační firmy, pro které bude certifikát v rámci jejich marketingu ověřenou referencí.

#### Postup vydávání certifikátu pasivního domu

- kontrola výpočtu dle PHPP + TNI,
  - podrobné doložení (výpočet) tepelných mostů a vazeb,
  - podrobné doložení zastínění,
  - nutno doložit projekt pro provedení stavby včetně všech detailů tepelných mostů a tepelných vazeb,
  - doložení průběhu realizace (fotodokumentace, test neprůvzdušnosti),
  - doložení protokolu o zaregulování VZT.
- (Zdroj: Centrum pasivního domu)

#### BIS (BUILD INFORMATION SYSTEM)

V Evropě vzrůstá tlak investorů na kontrolu procesu projektování staveb s ohledem na optimalizaci vložených investičních nákladů a zohlednění environmentálních hledisek. Cílem je dosáhnout situace, kdy v každé fázi procesu je možné souběžně s běžnými metodami počítačového projektování znázornit rovněž kvalitu návrhu ve vztahu k hodnotícím kritériím zadaných klientem.

Lze si to představit jako rozšířený modul k interaktivnímu programu PHPP, který kromě měrné potřeby tepla na vytápění průběžně vyhodnocuje rovněž svázané emise skleníkových plynů a hodnotí, zda jednotlivé architektonické prvky návrhu jsou adekvátní požadavkům investora vzhledem k umístění, orientaci stavby, navrženým konstrukčním materiálům, danému rozpočtu a podobně.

Architekt tím zároveň získá možnost komplexní optimalizace stavby v každé fázi návrhu, investor kontrolu, zda za jeho peníze vzniká stavba, kterou na základě svých vstupních požadavků zadal. Slabinou je samozřejmě korektnost vstupních dat, obdobně jako u PHPP. Nemám na mysli přímo úmyslné zkeslování vstupů. Němečtí lektori nám vysvětlovali, že jen na subjektivních povahových vlastnostech zpracovatele (cholerik, sangvinik, optimista, pesimista) je závislá až 10% odchylka ve správnosti výsledku podle PHPP.

Lze očekávat, že podobné programy se po čase stanou běžnou součástí projektové praxe, budou rovněž vyžadovány zákonem a profesními předpisy.

Takže bude docházet k modelovým situacím, kdy například při vestavbě administrativní budovy do městské proluky se bude po právu investor architektka ptát, proč navrhuje horizontální pásová okna, když podle objektivního hodnocení programem jsou nutná okna svislá (a to vzhledem k optimalizaci denního osvětlení, oslunění, tepelných ztrát, eliminaci drahého provozu umělého osvětlení, což jsou objektivně formulovatelná data).

Josef Smola, Jiří Šála

Účelem této části jsou současné poznatky, jež určují kvalitu bydlení a práce v budovách a jsou rozhodující pro jejich návrh i rekonstrukci.

Nezbytné je zabezpečení dvou složek prostředí: tepelně-vlhkostního a oděrového mikroklimatu. Jsou uvedeny jednak požadované parametry, jednak způsoby jejich zajištění.

## TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA

Požadované parametry u obytných budov jsou dány doporučenou směrnicí STP-OS 4/č. 1/2005, která předepisuje optimální operativní teplotu  $20 \pm 2$  °C pro celý rok, pro prostory s klimatizací 24 °C, relativní vlhkost vzduchu 30 až 70 %, rychlost vzduchu 0,1 až 0,2 m/s.

Požadované parametry u provozních zařízení (administrativní budovy, různé provozy atd.)

jsou předepsány závazným vládním nařízením č. 361/2007 Sb. a uvedeny v tab. 1, korespondující aktivity v tab. 2.

Na pracovištích třídy I. a II. musí být dále dodrženy tyto požadavky:

- rozdíly teplot vzduchu mezi úrovní hlavy a kotníků nesmí být větší než 3 °C (obr. 1),
- asymetrie radiační teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než 10 °C,
- asymetrie radiační teploty od teplého stropu nebo jiných vodorovných povrchů nesmí být větší než 5 °C,
- intenzita osálení hlavy nesmí být větší než 200 W.m<sup>2</sup>,
- teplota povrchu podlahy musí být v rozmezí 19 a 28 °C.

Tabulka 1 Přípustné hodnoty tepelně-vlhkostních mikroklimatických podmínek pro celý rok

Třída práce	M (W.m <sup>2</sup> )	Operativní teplota t <sub>0</sub> (°C)					v <sub>a</sub> (m.s <sup>-1</sup> )	rh (%)	SR t <sub>0</sub> , max <sup>***</sup> (g/h.m <sup>2</sup> ) (g/sm.m <sup>2</sup> )
		t <sub>0, min</sub>	t <sub>0, opt. min</sub>	t <sub>0, opt.</sub>	t <sub>0, opt. max</sub>	t <sub>0, max</sub>			
I	≤ 70	19,5	A 21,0 B 20,5 C 19,5	A 22,0 B 22,0 C 19,5	A 25,5 B 26,5 C 28,0	28,0	0,1–0,2	$\frac{44}{354}$	
II a	71–105	15,5	A 17,5 B 16,5 C 15,5	A 20,0 B 20,0 C 15,5	A 23,5 B 25,0 C 26,0	27,0	0,1–0,2	$\frac{83}{664}$	
II b	106–130	13,0	A 15,5 B 14,5 C 13,0	A 18,0 B 18,0 C 13,0	A 21,0 B 22,5 C 24,5	26,0	0,2–0,3	$\frac{110}{880}$	
III a	131–160*	10,0	A 12,0 B 11,0 C 10,0	A 15,0 B 15,0 C 10,0	A 18,5 B 20,0 C 22,0	26,0	0,2–0,3	$\frac{158}{1274}$	
III b	161–200**	10,0	A 10,0 B 10,0 C 10,0	A 12,5 B 12,5 C 10,0	A 16,0 B 17,5 C 20,0	26,0	0,2–0,3	$\frac{240}{1614}$	

### Poznámky:

- t<sub>0</sub> Stanovena pro 60% relativní vlhkosti vzduchu  
 t<sub>0, min</sub> Platná pro tepelný odpor oděvu 1 clo  
 t<sub>0, opt.</sub> t<sub>0, opt. min</sub> t<sub>0, opt. max</sub> Platná pro tepelný odpor oděvu 0,75 clo  
 t<sub>0, max</sub> Platná pro tepelný odpor oděvu 0,5 clo  
 v<sub>a</sub> Rychlost proudění vzduchu (m.s<sup>-1</sup>)  
 rh Relativní vlhkost vzduchu (%)  
 \* Z hlediska energetického výdeje práce není celosměnově únosná pro ženy  
 \*\* Z hlediska energetického výdeje práce není celosměnově únosná pro muže a ženy  
 \*\*\* SR t<sub>0</sub>, max. ztráta vody potem a dýcháním, průměrný povrch ženy 1,8 m<sup>2</sup>, muže 2 m<sup>2</sup>  
 A Platí pro klimatizované prostory (odpovídá 15 % nespokojených osob)  
 B Platí pro prostory s hybridním ventilačním systémem (odpovídá 20 % nespokojených osob)  
 C Platí pro přirozeně větrané prostory (odpovídá 30 % nespokojených osob)

Operativní teplota  $t_0$  (°C) je v tomto nařízení vypočtenou hodnotou. Je to jednotná teplota uzavřeného černého prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiaci a konvekci stejně tepla jako ve skutečném, teplotně nehomogenním prostředí. Stanoví se měřením kulovým teploměrem Vernon-Jokl nebo nověji elektronickým přístrojem stereoteploměr Jokl-Jirák.

K zabránění vzniku plísni povrchová teplota stavebních konstrukcí nesmí klesnout pod teplotu rosného bodu a relativní vlhkost vzduchu pod 60 %.

## ODÉROVÉ MIKROKLIMA

Odérové mikroklima determinuje větrání, tj. výměnu vzduchu v interiéru. Pro dýchání postačuje člověku přibližně 1 m<sup>3</sup>/h na osobu, podstatně větší

kvantum je nezbytné pro optimalizaci odérového mikroklimatu: min. 25 m<sup>3</sup>/h na osobu (Pettenkoferova hodnota). Odpovídá přípustné koncentraci oxidu uhličitého v interiéru 1000 ppm a výměně vzduchu 0,5krát za hodinu. Tyto hodnoty jsou současně předepsány minimálními hodnotami pro všechny budovy dle Vyhlášky o technických požadavcích na výstavbu č. 268/2009 Sb.

Pro provozní budovy předpisuje vládní nařízení č. 361/2007 Sb. 50 m<sup>3</sup>/h na osobu, je-li zakázáno kouření, pro namáhavou práci 70 m<sup>3</sup>/h na osobu a pro velmi namáhavou práci 90 m<sup>3</sup>/h na osobu, a je-li povoleno kouření, tak ještě hodnoty o 10 m<sup>3</sup>/h na osobu vyšší.

Tyto předepsané hodnoty v praxi není třeba zjišťovat měřením množství vzduchu, stačí změřit

**Tabulka 2 Třídy práce podle celkového (brutto) průměrného energetického výdeje  $M$  [W.m<sup>2</sup>] na efektivní dobu práce**

Třída práce	Činnost	M [W.m <sup>2</sup> ]
I	Sezení s mírnou aktivitou, uvolněné stání (kancelářské práce, práce v pokladně)	≤ 80
IIa	Činnost vstojie nebo při chůzi spojená s přenášením lehkých břemen nebo překonáváním malých odporů (vaření, výdej a kompletace pokrmů, práce vsedě s pohybem obou paží – např. obsluha technologického zařízení)	81 až 105
IIb	Činnost spojená s přenášením středně těžkých břemen (výdej při silné frekvenci strážníků, rozvozci pokrmů, mytí nádobí)	106 až 130
III	Práce především vstojie, občas v předklonu, chůze, zapojení obou paží (přenášením břemen do 15 kg, řezníci, pekaři, skladníci, kuchaři, běžný úklid)	131 až 160

**Tabulka 3 Klasifikace kvality vnitřního vzduchu (upraveno dle ČSN EN 13 779 a CR 1752)**

ČSN EN 13 779					PPD [%]	CR 1752			
kategorie	kvalita vzduchu	CO <sub>2</sub> nad vzduchem venku [ppm]	CO <sub>2</sub> v interiéru* [dCd]	Venkovní [m <sup>3</sup> /h.p]		Kategorie	CO <sub>2</sub> nad vzduchem venku [ppm]	CO <sub>2</sub> v interiéru [dCd]	Venkovní [m <sup>3</sup> /h.p]
IDA 1	vysoká (high)	≤ 400	≤ 3	> 54	10	–	–	–	–
IDA 2	střední (medium)	400–600	3–13	36–54	15	A	460	6	36
IDA 3	mírná (moderate)	600–1000	13–29	22–36	20	B	660	16	25**
IDA 4	nízká (low)	> 1000	> 29	< 22	30	C	1190	35	14

\* Pro venkovní vzduch 350 ppm \*\* Klasický normativ Pettenkoferův

**Tabulka 4 Maximální hodnoty odérových hladin dOd (dCd a dTv)**

Optimální	Velmi příjemné	10 dOd
	Příjemné	15 dOd
	Příjatelné (přípustné z hlediska předpisů)	22,5 dOd
Únosné	Dlouhodobě únosné (SBS range)	90 dOd
	Krátkodobě únosné	134 dOd
Neúnosné		135 dOd a více



Obr. 1 Přípustný rozdíl teplot mezi výškou hlavy a kotníků



Obr. 2 Bezprůvanové „displacement“ větrání



Obr. 3 Otočné okno

koncentraci oxidu uhličitého v interiéru, odpovídající těmto hodnotám, k čemuž poslouží evropský doporučený standard EN ČSN 13 779 a CR 1752 (tab. 3) a také tab. 5, udávající účinky oxidu uhličitého na lidský organismus. Hodnoty dCd udávají korespondující pocity lidí (tab. 4).

Obě normy volí za základní kritérium koncentraci oxidu uhličitého v interiéru, resp. její zvýšení nad koncentraci ve venkovním vzduchu a na základě tohoto kritéria zavádějí obojí klasifikaci interiéru: v prvním případě čtyři kategorie IDA1 až IDA4 (kvalita vzduchu vysoká, střední, mírná a nízká), v druhém případě pouze tři kategorie A, B, C s procentem nespokojených osob PPD 15, 20 a 30 %. Procento nespokojených osob PPD lze stanovit i pro všechny kategorie IDA a rovněž tak vypočítat hladinu oděrového mikroklimatu v deciodérech (dCd) (Jokl 2002). PPD i dCd mají analogický průběh s obdobnými funkcemi; dCd reaguje citlivěji na zhoršující se kvalitu vzduchu a jejich hodnoty jsou srovnatelné s decibely pro hluk přímo svými číselnými hodnotami. Je zřejmé, že oba standardy vycházejí z klasického normativu Pettenkofera 1000 ppm v interiéru s korespondujícím kvantem venkovního vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h.p a připouštějí vzduch jednak horší (IDA4, kategorie C), jednak lepší kvality (IDA1, IDA2 a kategorie A). Vždy se jedná o sedící subjekt (1,2 m) a o administrativní nebytové prostory. Je tudíž otázkou, do jaké míry je lze aplikovat na bytové prostory.

Na obě normy reagovala pohotově firma J. DITTRICH ELECTRONIC, jež nabídla na trh senzor kvality vzduchu: dobrou kvalitu vzduchu do 1500 ppm signalizuje zelené světlo, 1500–2500 ppm CO<sub>2</sub> žluté světlo a nad 2500 ppm červené světlo. Z tohoto příkladu je také zřejmé, že standardy by měly vycházet ze skutečné koncentrace CO<sub>2</sub> v interiéru, nikoli z jeho rozdílu vůči venkovní koncentraci.

U bytových staveb převažuje větrání okny; jeho možnosti jsou zřejmé z tab. 6.

V důsledku dokonale těsných konstrukcí jak plastových, tak dřevěných, tzv. eurooken, nelze již počítat s výměnou vzduchu infilrací, což v důsledku často vede k problémům s plynovými spotřebiči (zhasínání, únik plynu) a znamená nutnost aplikace nuceného větrání (obr. 3). Jeho přehled je v tab. 7., detailní schéma nejnovějšího bezprůvanového „displacement“ větrání na obr. 2. Vzduch přiváděný malou rychlostí (pod 0,12m/s) zaplavuje postupně větraný prostor a nakonec přetéká odváděcím otvorem z místnosti.

Miloslav Jokl

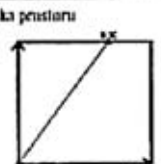
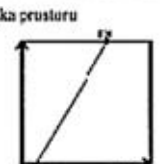
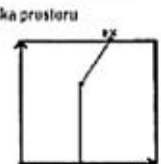
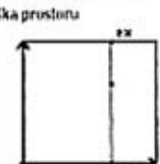
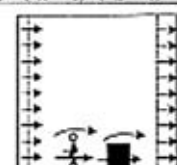
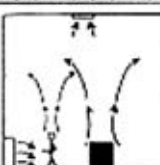
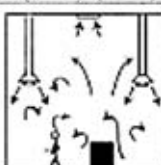
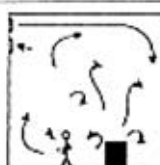
Tabulka 5 Účinek oxidu uhličitého na lidský organismus, zdroj Doležilková, Papež, 2008

Koncentrace CO <sub>2</sub>	Účinky na lidský organismus
330–370 ppm	vnější prostředí
450–1000 ppm	dobrá úroveň, příjemný pocit
1000–2000 ppm	pocit ospalosti a horšího vzduchu
2000–5000 ppm	možné bolesti hlavy, nižší schopnost koncentrace, snížená pozornost
> 5000 ppm	pocit těžkého vzduchu a nevolnosti, zvýšený tep
> 15 000 ppm	potíže s dýcháním
> 30 000 ppm	bolesti hlavy, závratě a nevolnost
> 60 000–80 000 ppm	letargie a ztráta vědomí

 Tabulka 6 Výměna vzduchu okny při 80 m<sup>2</sup> obytné plochy, zdroj Croome, 1993

Plocha okna Velikost 1 x 1,2 m	Množství vzduchu	Výměna vzduchu za hodinu
	[m.h <sup>-1</sup> ]	[h]
Výklopné okno, spára 2 cm	do 50	0,25
Výklopné okno, spára 6 cm	do 130	0,65
Výklopné okno, spára 12 cm	do 220	1,1
Otočné okno, spára 6 cm	do 180	0,9
Otočné okno, spára 12 cm	do 280	1,4
Otočné okno, otevření 90 °	do 800	4
Protilehlá okna zcela otevřená (příčné větrání)	do 40	

Tabulka 7 Nucené větrání, zdroj Jokl, 2002

ROZDĚLENÍ	VYTĚŠŔOVACÍ (DISPLACEMENT)		MÍŠÍCÍ (MIXING)	
	JEDNOSMĚRNÉ (UNIDIRECTIONAL)	ZDROJOVÉ (SOURCE)	LOKALIZOVANÉ (LOCALIZED)	RUZNÉ OBRAZY PROUDĚNÍ (VARIOUS AIR FLOW PATTERNS)
Popis	Přivážený vzduch vytváří jednosměrné pole proudícího vzduchu.	Pole proudícího vzduchu vytvářeno vzláknem vzduchu od zdroje tepla.	Pole proudícího vzduchu vytvářeno speciálně v selektivní zóně větraného prostoru a to rozdílně od jeho ostatních částí.	Pole proudícího vzduchu vytvářeno přívodem vzduchu s relativně vysokou rychlostí v závislosti na umístění přívodu i odvodu vzduchu.
Vertikální průběh teploty, odtokových nebo plynových koncentrací a měrných stávků vzduchu [°C], [mg/m <sup>3</sup> ], [g/g] SU přívod, EX odvod	Výška proudu 	Výška proudu 	Výška proudu 	Výška proudu 
Základní charakteristika	Obraz proudění vzduchu určený jednosměrným proudem vzduchu nízké rychlosti.	Obraz proudění vzduchu určený převládá vzláknem vzduchu.	Obraz proudění vzduchu určený jednak vzláknem, jednak přívodem vzduchu.	Obraz proudění vzduchu určený relativně vysokými rychlostmi přiváděného vzduchu.
Ideální účinnost	$\eta_d = (T_w - T_e) / (T_w - T_s)$	$\eta_s = (C_w - C_e) / (C_w - C_s)$	$\eta_c = (e_w - e_e) / (e_w - e_s)$	
Příklad aplikace				

Vzhledem ke složitosti stavebního díla je nezbytné, aby při realizaci byla prováděna kontrola všech probíhajících činností, tedy soulad se všemi povoleními a projektovou dokumentací (případně smlouvou). Jedná se o kontrolu technickou, technologickou, ekonomickou a právní. Vedle managementu zhotovitele a stavby ji dále provádějí pracovníci projektanta, kteří vypracovali projektovou dokumentaci, a jejich výkon se označuje jako autorský dozor (dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. – § 132–134, § 152–153), dále technický dozor stavebníka, který je smluvním partnerem stavebníka (investora), pokud si jej stavebník nevykonává sám (dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. – § 152–153), stavební dozor státu (dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. – § 132–133, § 153) a inspektorát práce bezpečnosti práce na staveništi (dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. – § 153).

## AUTORSKÝ DOZOR

Autorský dozor (AD) zajišťuje projektant stavby (§ 158 stavebního zákona) a jeho rozsah a způsob jeho výkonu si sjednává stavebník (investor) s projektantem smlouvou. Cílem výkonu autorského dozoru je, aby stavba byla provedena v souladu se záměry stavebníka (investora, objednatele), které jsou „zakotveny“ ve zpracované projektové dokumentaci, která se stává přílohou smlouvy o dílo mezi stavebníkem a zhotovitelem.

Běžnou náplní výkonu autorského dozoru bývá:

- kontrola stavby z hlediska shody realizace s projektovou dokumentací, účast na kontrolních dnech,
- účast na předání a převzetí staveniště mezi stavebníkem a zhotovitelem,
- předání hlavních os realizovaných objektů,
- kontrola vytyčení stavby podle zastavovací dokumentace,
- spolupráce při zpracování dodavatelské dokumentace,
- zabezpečení posouzení změn v projektu z hlediska podmínek stavebního povolení,
- posouzení a případné odsouhlasení změn projektu během výstavby, ať jsou vyvolány skutečnostími projektového neřešení některých kolizí profesí (dopady z neprovedené koordinace jednotlivých řemesel), nebo změnami oproti projektové dokumentaci, vyvolanými nedostatkem určitého materiálu v době realizace na stavebním trhu, zlevněním

dodávky na pokyn stavebníka či novou dodávkou, kterou projektová dokumentace neřešila, zde musí projektant posoudit, zda materiálová změna, změna technologického postupu nebo změna koncepce řešení konstrukce může být realizována a za jakých podmínek, a pokud ano, musí být tato změna předem odsouhlasena stavebníkem,

- účast na předání a převzetí dokončené stavby nebo její části (pokud je to takto smluvně zajištěno a příslušný odbor výstavby tento postup povolil) včetně komplexního vyzkoušení.

## TECHNICKÝ DOZOR INVESTORA

Technickým dozorem stavebníka – investora (dále jen TDS – dle názvosloví stavebního zákona; v praxi se často používá zkratka TDI) se zabývá široké spektrum inženýrských firem až po samotné živnostníky. Je potřeba zde mít na paměti reference těchto subjektů a dále jejich specializaci, neboť se v řadě případů může jednat o úzké zaměření stavební dozoru.

Tuto činnost si sjednává stavebník mandátní smlouvou (neprovádí-li si ji sám), pokud jsou obě strany podnikateli. Pokud je stavebníkem fyzická osoba, použije se smlouva příkazní podle občanského zákoníku. Hlavní činností je kontrola shody realizace stavby s uzavřenou a platnou smlouvou o dílo, dále soulad realizace se schválenou projektovou dokumentací a podle všech podmínek daných předchozím povolením stavby (územní rozhodnutí či územní souhlas) a stavebního povolení. V neposlední řadě se sleduje kvalita realizovaných stavebních prací, soulad prostavěnosti s fakturací dodavatele a soulad s požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništi včetně životního prostředí.

Hlavními povinnostmi TDS jsou:

- seznámení se s projektem, rozpočtem, dodavatelskou dokumentací, s obsahem smluv, obsahem stavebního povolení, zejména s jednotlivými vyjádřeními, která mohou mít vliv na realizaci stavby,
- v případě potřeby požadování systematického doplňování a dopracování projektové dokumentace provedení stavby,
- schvalování technického řešení a navržených materiálů změn za současného potvrzení AD,
- kontrola a připomínkování smlouvy o dílo s dodavatelem stavby nebo zpracování návrhu smlouvy o dílo s dodavatelem stavby,

- seznamování investora předem s veškerými změnami a doplňky dokumentace, jejichž potřeba v průběhu stavby nastane,
- asistence při předání staveniště zhotoviteli včetně předání výškových a směrových bodů stavby,
- účast při vytyčení stavby,
- svolávání kontrolních dnů stavby a provádění zápisů, jejich archivace, rozesílání a zapracovávání připomínek,
- zabezpečení dodržení podmínek stavebního povolení,
- doplňování dokumentace, tak jak odsouhlasené změny předává technickému dozoru AD, ty protokolárně předávat zhotoviteli a o těchto změnách vést evidenci do konce stavby,
- spolupráce se zhotovitelem při navrhování změn stavby, které vznikly důsledkem např. chyb projektu nebo změn vyžádaných stavebníkem,
- kontrola dodržování technologických postupů při stavebních a montážních pracích,
- sledování vedení stavebních a montážních deníků v souladu s podmínkami uvedenými ve smlouvách, provádění zápisů do stavebních deníků a vyjadřování se k zápisům zhotovitele, pravidelné vytrhávání první kopie zápisů ve stavebním deníku a archivace,
- provádění kontroly správnosti předepsaných nebo dohodnutých zkoušek materiálů konstrukcí a prací a vyžadování dokladů o kvalitě prováděných prací a dodávek (doklad o schválení výrobku, certifikát, atest, prohlášení o shodě apod.),
- spolupráce s pracovníky zhotovitelů při provádění opatření na odvrácení nebo omezení škod při ohrožení stavby živelními událostmi,
- provádění kontrol těch součástí stavby, které budou dalším postupem zakryty a stanou se nepřístupnými, a to formou zápisu do stavebního deníku,
- provádění kontroly postupu prací zhotovitele dle dohodnutého časového harmonogramu uzavřených smluv včetně povinnosti včas investorovi avizovat prodloužení zhotovitele a příprava podkladů pro uplatnění sankcí z prodloužení,
- kontrola opatření státního stavebního dohledu,
- kontrola věcné a cenové správnosti a úplnosti oceňovacích podkladů a faktur, jejich soulad s podmínkami uvedenými ve smlouvách a jejich předkládání k úhradě investorovi,
- kontrola odstraňování vad a nedodělků zjištěných při přebírání v dohodnutých termínech či před předáním a převzetím stavby,
- kontrola řádného uskladnění materiálu a jiných dodávek pro stavbu a kontrola zabezpečení zhotovených konstrukcí, aby nedocházelo k jejich znehodnocování,

- příprava podkladů pro odevzdání a převzetí stavby a účast při přejímacím řízení a kolaudaci,
- kontrola vyklizení staveniště dodavatelem.

Stručně lze charakterizovat **rozdíl mezi autorským dozorem a technickým dozorem investora** zejména tak, že dozor autorský sleduje především **kvalitativní** soulad díla s projektem, technický dozor investora pak navíc soulad **kvantitativní**, včetně dodržování podmínek smlouvy a obecných podmínek provádění stavby.

Současné provádění autorského dozoru i technického dozoru investora jedním subjektem není optimální a může na něj být pohlíženo jako na **střet zájmů**, například při řešení rozporů (prokazování vad stavby, které mohou být zaviněny projektem či realizací stavby).

## STAVEBNÍ DOZOR STÁTU

Stavebním dozorem státu je míněn dohled státu nad prosazováním jednotné technické politiky ve výstavbě a současně je tento nástroj prostředkem pro zajištění pořádku a kázně při realizaci. Tento výkon je zajišťován prostřednictvím stavebních úřadů nebo jiných pověřených orgánů. Jde o činnost, kterou se zabezpečuje ochrana veřejných zájmů společnosti, práv a právem chráněných zájmů fyzických a právnických osob a občanů, které vyplývají z realizace stavby nebo její změny, z vlastností stavby při jejím užívání, případně z jejího odstranění.

V rámci stavebního dozoru státu se zejména zajišťuje, aby:

- stavba byla prováděna jen na základě platného stavebního povolení nebo jiného rozhodnutí stavebního úřadu a v souladu s tímto povolením či rozhodnutím,
- práce prováděly oprávněné osoby a aby tyto práce byly prováděny odborně,
- byla na stavbě k dispozici dokumentace ověřená stavebním úřadem, všechny potřebné doklady a stavební deník, aby stavba byla podle této dokumentace realizována,
- nedocházelo při provádění stavebních prací k nepovolenému omezování provozu na okolních komunikacích nebo užívání veřejných prostranství,
- se nadměrně neznečistovalo okolí stavby, nezatěžovalo se nadměrným hlukem, neničila se zeleň nebo se jinak nezhoršovalo životní prostředí,
- nebyla omezována práva a zájmy vlastníků sousedních pozemků a staveb,
- byla zajištěna bezpečnost práce, požární ochrana, osvětlení staveniště a bezpečné přístupy na staveniště,



- bylo staveniště řádně ohrazeno a udržováno v pořádku a čistotě,
- byly dodržovány obecné technické požadavky na výstavbu a jiné technické předpisy,
- případně další úkoly vyplývající z charakteru stavby, zákonů a příslušných souvisejících vyhlášek a nařízení.

#### STAVEBNÍK (INVESTOR), JEHO VZTAHY K OSTATNÍM ÚČASTNÍKŮM STAVBY A PROVÁDĚNÍ STAVBY

Stále vrstevnatější struktura stavebního díla klade na zúčastněné značné kvalitativní nároky. Bohužel způsob vedení a provádění staveb tomu u nás většinou neodpovídá. Stavebně-řemeslné práce provádějí mnohdy nekvalifikované pracovní síly a většinou dodavatel stavby vůbec nezhotovuje výrobní dokumentaci, která by měla navazovat na prováděcí projekt a být před realizací odsouhlasena autorským dozorem. Chce-li tedy projektant dosáhnout alespoň přijatelného výsledku, měl by jeho prováděcí projekt být vybaven detaily až do nejpodrobnějšího měřítka. Obtížně dosažitelné to může být u veřejných zakázek, kde v projektu nesmí být uvedeni (a tedy na trhu zvýhodněni) výrobci materiálů ani názvy výrobků, a je tedy nutné volit popis umožňující v daném standardu volbu mezi více výrobky. Ty ovšem nemusí mít zcela shodné konstrukční vazby. Většinou to znamená doprojektování (nebo i přeprojektování) dotčených detailů v rámci autorského dozoru. **Stanovení standardů projektem a jejich kontrola na stavbě mají pro dosažení výsledku stěžejní význam.**

U stavebního díla, které je z podstaty věci závislé na mnoha proměnných hodnotách, je investor obvykle vystaven nátlaku dodavatele stavby, bagatelizujícího náročná projektová řešení a nabízejícího rychlé recepty se zaužívanými materiály, podpořené silnými „technologickými“ argumenty. Ani poučený investor pak nemusí být s to udržet základní principy kompetencí na stavbě. Projektant, fakticky zbavený možnosti realizovat dílo v souladu s projektem, se tak může snadno dostat do velmi obtížné situace z hlediska odpovědností a záruk. Rozkladný účinek mohou mít i rozpory mezi autorským dozorem a technickým dozorem investora během stavby, které bohužel nejsou ničím výjimečným. Předejít jim lze např. tak, že je TDI účasten již při přejímce projektu, během které se může vyjádřit k jeho věcnému obsahu.

V uvedených souvislostech by se mohlo jevit účelné zadat stavbu „na klíč“ včetně projektu a dozoru. Tento systém ovšem předpokládá silnou

oporu v project managementu a u nás nemá tradici srovnatelnou s některými jinými zeměmi. Nereálný je v drobném měřítku stavebních úprav, kde by pouze posílil autonomii dodavatele stavby, a zřejmě se tomuto systému vyhnou i zadavatelé veřejných zakázek, u nichž je v Evropě tradičně silná tendence k nezávislé kontrole, a tedy k dělbě rolí.

#### SPECIFIKA DOZORŮ PŘI ZATEPLOVÁNÍ BUDOV

Zateplování budov či novostavby v pasivním standardu vyžadují některé dosud málo frekventované způsoby přejímek a dozorů. Mezi jinými to jsou zkoušky těsnosti obálky budovy, snímání termokamerou apod.

Na projekt i dozor pak klade zateplování nové požadavky, neboť např. kvalita zateplení závisí na rozdílu součinitele prostupu tepla zvoleného materiálu v řádech několika setin (značné rozdíly najdeme např. i mezi jednotlivými typy „bílého“ polystyrenu), ale mnohdy i na objemové hmotnosti materiálu (zejména u minerálních izolací), tedy na parametru obvykle nesledovaném a projektem nepředepisovaném.

Z hlediska odpovědností je podstatné, že kontaktní zateplení (obecně označované zkratkou ETICS) se stává stavebním výrobkem až realizací na konkrétní stavební konstrukci. Tím je značná míra odpovědnosti přenesena na realizační firmu, ale i na autora projektu (vhodnost a úprava podkladu, správný návrh sanací podkladu a technologických kroků zateplení, vazba na okolní konstrukce apod.). Z toho důvodu je nutné doporučit přizvání zástupce dodavatele materiálu (zateplovacího systému) jak k rozpracovanému projektu, tak k protokolární přejímce podkladu pro každou vrstvu zateplení a rovněž ke kontrole každé dokončené vrstvy před jejím zakrytím. Zápisy ve stavebním deníku podepsané tímto firemním technologem mohou pak být jedinou relevantní obranou proti pozdějším sporům nad případnými vadami fasád. Zásadně je nutné volit systémy certifikované jako celek, a to pro ČR. Při projektu i realizaci je nutné vycházet z podrobného technologického návodu výrobce. Po stavební firmě lze požadovat i *Osvědčení o odborné způsobilosti k provádění zateplení budov kontaktními zateplovacími systémy* (systém osvědčování vyvinutý ve spolupráci Technického a zkušebního ústavu stavebního Praha a Cechu pro zateplování budov funguje od roku 2008).

Pavel Svoboda

## ► NOVOSTAVBY / PASIVNÍ DOMY

ODBORNÝ GARANT: JAN BÁRTA (CENTRUM PASIVNÍHO DOMU)

AUTOŘI TEXTŮ: JAN BÁRTA, ALEŠ BROTÁNEK, JIŘÍ CIHLÁŘ, JURAJ HAZUCHA,  
JOSEF SMOLA, JIŘÍ ŠÁLA

- PASIVNÍ DŮM SPOTŘEBUJE AŽ DESETKRÁT MÉNĚ ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ NEŽ BĚŽNÝ DŮM
- PASIVNÍ DOMY VYŽADUJÍ KOMPLEXNÍ A PROMYŠLENÝ NÁVRH, JSOU NOVOU VÝZVOU ARCHITEKTURY / IDEÁLNÍM TVAREM, TEDY TĚLESEM S NEJMENŠÍM POVRCHEM, JE KOULE
- ŘÍZENÁ VÝMĚNA VZDUCHU S REKUPERACÍ NENÍ TOTÉŽ CO KLIMATIZACE
- I PASIVNÍ DŮM MŮŽE MÍT OTVÍRAVÁ OKNA





## NOVOSTAVBY / PASIVNÍ DOMY

### ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Pasivní domy nabízejí ideální řešení pro současné nároky na bydlení. Díky svým vlastnostem poskytují velmi kvalitní vnitřní prostředí při současně velmi nízké spotřebě energie na vytápění a chlazení. Teplota povrchů stěn je téměř shodná s teplotou vzduchu, což vytváří tepelnou pohodu pro obyvatele. Neustálý přívod čerstvého vzduchu udržuje nízké koncentrace nejen oxidu uhličitého, který vzniká dýcháním, ale snižuje i koncentrace škodlivých látek obsažených v nábytku a vnitřním vybavení. Díky filtrům se do interiéru nedostává prach a další mechanické nečistoty z exteriéru.

Oproti běžným stavbám je potřeba tepla na vytápění a chlazení nižší až o osmdesát procent. Uživatelé tak získávají jistotu trvale nízkých účtů za energii a výrazně vyšší nezávislost na dodavatelích energie.

V současnosti velmi rychle roste poptávka po kvalitních domech s velmi nízkou spotřebou energie a již se začíná projevovat nezájem o běžné novostavby. Lze očekávat, že v blízké budoucnosti bude tento trend posilovat a pasivní domy budou mít na trhu výrazně vyšší šanci uspět.

### Historie

Prvním pasivním domem v Evropě byla stavba v dánské Kodani, postavená podle projektu architektů Vagna Korsgaardena v roce 1976.

Byla realizována hned radikálně jako „nulový dům“ s nulovou potřebou tepla na vytápění. Veškeré tepelné ztráty domu byly kryty vnitřními tepelnými zisky ve spolupráci se solárními kolektory.

Stavba prvního pasivního domu v Německu mohla být v roce 1990 realizována díky podpoře hesenského ministerstva hospodářství. V osmi výzkumných projektech bylo zdokonaleno větrání se zpětným získáváním tepla, vyvinuta okna s velmi kvalitními rámy a další potřebné prvky. Tento první pasivní řadový dům se čtyřmi byty v Darmstadt-Kranichsteinu byl navržen architektky Bottem, Ridderem a Westemeyerem a obydlen v roce 1991. Odborníci se zde ještě neodvážili vynechat klasický otopný systém. Tento a následné projekty nicméně prokázaly, že potřebné teplo lze dodávat pouze pomocí teplovzdušného vytápění. Přestože byly veškeré potřebné prvky a technologie vyvíjeny nově a nebyly prověřeny praxí, je tento dům neustále obýván bez potřeby rekonstrukce nebo zásadních oprav

a průměrná spotřeba tepla na vytápění se za celých patnáct let pohybuje kolem 10 kWh/(m<sup>2</sup>.a).

Větší rozmach zaznamenaly pasivní domy od roku 1997. V tomto roce navrhl a postavil arch. Folkmar Rasch sídliště 22 řadových pasivních domů spolu s 24 nízkoenergetickými domy ve Wiesbadenu. O rok později byla dokončena druhá lokalita s pěti pasivními domy v Lindlaru u Kolína. Architekt Manfred Brausem zde postavil první samostatně stojící rodinné pasivní domy.

Dalším zlomem byl evropský projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards), který probíhal v období 1998 až 2001. Během projektu byly postaveny pasivní domy s celkovým počtem 221 bytových jednotek v pěti evropských zemích a byl v nich prováděn výzkum a měření. Hlavním výsledkem bylo ale zjištění, že pasivní domy mohou být pouze o 7–8 procent dražší než běžná výstavba. Díky projektu CEPHEUS, který potvrdil realizovatelnost konceptu pasivních domů a nabídl vodítko pro posuzování kvality, se pasivní domy začaly rozšiřovat do dalších evropských zemí. Nejrazantněji se prosadily v Rakousku, začátkem roku 2008 zde existovalo téměř 1500 pasivních domů a poptávka neustále vzrůstá. Odhaduje se, že v roce 2010 bude třetina rakouských novostaveb splňovat pasivní standard. Jedná se nejen o budovy pro bydlení, ale i ostatní stavby – školy, školky, výstavní haly, administrativní budovy, kostely, a to nejen v novostavbách, ale i při rekonstrukcích.

Pasivní domy se již běžně staví také v Belgii a Skandinávii. První stavby jsou realizovány i v Rusku. Objevují se též v odlišných klimatických pásmech – v Itálii, a dokonce i v Africe.

V Česku byla situace do listopadu 1989 pod vlivem centrálně řízeného hospodářství. Spotřeba energií byla sice plánována, sledována a vyhodnocována i na úrovni jednotlivých stavebních podniků, ale vzhledem k jejich netržní ceně a povaze režimu nebyl kladen důraz na systémově uplatňovaná úsporná opatření.

Přesto lze z této doby uvést alespoň dva realizované příklady pozoruhodných staveb. Jejich stavebníkům a investorům v jedné osobě patří naše hluboká úcta a myslím, že je dosud na ně neprávem zapomínáno. Jedná se o individuální přístup zcela z kontextu obvyklého myšlení té doby a také o kvalitní architektonické projevy.



Rodinný dům, Lindlar u Kolína nad Rýnem, Německo  
(autor: Folkmar Rasch, faktor10 GmbH)



Řadový dům, Wiesbaden, Německo (autor: Manfred Brausem, MB Planungs-GmbH für passiv-solare Architektur)

V letech 1979–1989 pro sebe postavil architekt Stanislav Hrazdírka ve Zlíně-Ostratě nízkoenergetický rodinný dům, jehož hlavní objem je zaklenutý a zčásti zapuštěný pod úroveň terénu. Dům je v souladu s dobovými představami přehlídkou různých nízkoenergetických konceptů – využívá pro pasivní solární zisky prosklené stěny, okenní kolektory, Trombeho stěnu a akumulční zásobníky.

Druhým takovým příkladem je otáčivý nízkoenergetický dům v Hamrech u Jablonce od inženýra Bohuslava Lhoty realizovaný v letech 1980–2000. Centrální objem s bazénem v nejnižším podlaží je zapuštěný do navršené ozeleněné homole kopce prolomené pouze tubusy oken. Má na vrcholku výsuvnou kopuli, která se otáčí za sluncem na hřídeli procházející středem celé stavby.

Ve stejné době ověřoval koncept nízkoenergetických domů liberecký ateliér SIAL. Bohužel nebyly realizovány.

Po listopadu 1989, s přechodem na tržní hospodářství a postupným narovnáváním cen energií a rovněž v souvislosti s prolomením informační bariéry, se problematice energeticky úsporných staveb začalo věnovat hned několik nadšenců – praktikujících inženýrů i architektů. Vedle jmen Pavel Vaněček, Vladimír Žďára, David Damaška nebo Jiří Suchomel musíme především uvést Mojmíra Hudce, Aleše Brotánka a Josefa Smolu, kteří se kromě vlastní projektové činnosti v oblasti nízkoenergetických a pasivních domů neúnavně věnují rovněž osvětě a publikační činnosti s tématem spojeným.

První pasivní rodinný dům s ověřenými parametry a dlouhodobým sledováním spotřeby energie a provozního režimu je z roku 2005 v Rychnově u Jablonce nad Nisou. Realizoval ho s přispěním společnosti RD Rýmařov Martin Jindrák. Dům konzervativního vzhledu se sedlovou střechou a malými okny je navržen jako moderní dřevostavba a vybaven systémem teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a zemním kolektorem.

Dosud ojedinělým příkladem komerční, firemní intervence v této oblasti je „vesnička“ třinácti pasivních rodinných domů v Koberovech na Jabloncku. Projekt byl zatížen požadavkem vyrovnat se se striktními nároky na výstavbu v CHKO. Vyniká příkladnou integrací moderních domů do zastavěné části původní obce. Byl realizován společností Atrea a dokončen v loňském roce. Jeden z domů je prvním nulovým domem v České republice, slouží jako informační a vzdělávací středisko. Má na sedlové střeše fotovoltaické panely o výkonu 8,5 kW.

V současné době je v České republice realizováno přibližně 150 pasivních domů a řádově stovky

domů nízkoenergetických. Další jsou ve stavbě. Jedná se až na výjimky o rodinné domy.

### Definice, parametry

Pasivní domy jsou budovy zajišťující příjemné vnitřní prostředí v létě i v zimě bez použití klasického otopného systému. Oproti stávajícím budovám, které jsou spíše tepelnými zdražkami, spotřebují o 85 až 90 % méně energie. V porovnání s novostavbami splňujícími současně národní normy a předpisy činí tato úspora až tři čtvrtiny.

Pasivní dům nevyužívá různá nákladná a technicky náročná zařízení, která neřeší snižování potřeb dodávané energie, ale jen efektivnější proměnu. Naopak, koncepce pasivního domu stojí na prvcích, které mají za úkol snížit závislost objektu na dodávkách energie. Po snížení tepelných ztrát je možné výrazně snížit výkon zdroje i celkový objem technologií. Zmenšení energetické náročnosti pasivních domů by nebylo možné bez mimořádně kvalitního zateplení, které současně v době vzrůstajících nároků na kvalitu bydlení přináší výtečnou tepelnou pohodu prostředí. Větrací systém se zpětným získáním tepla neustále zajišťuje čistý čerstvý vzduch v celém domě, aniž by vznikala průvan a velké tepelné ztráty. Díky vzduchotěsné obálce budovy, vyloučení tepelných mostů a neustálému větrání pak zůstávají konstrukce suché a bezporuchové. Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jsou to vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní – teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Díky velmi kvalitní izolaci tyto zisky „neutíkají“ ven a po většinu roku postačují k zajištění příjemné teploty v místnostech. Vše dohromady zvyšuje kvalitu bydlení a hodnotu nemovitosti.

Základními mezinárodně uznávanými kritérii je splnění:

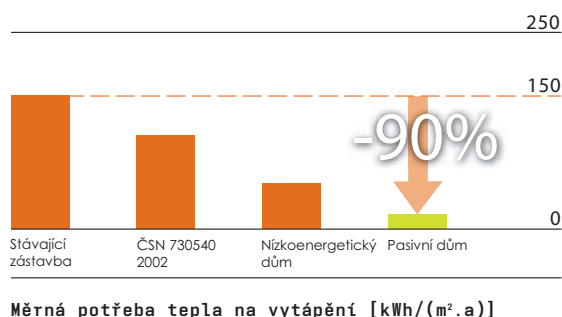
15 kWh/(m<sup>2</sup>.a) – maximální roční potřeba tepla na vytápění,

0,6 h<sup>-1</sup> – maximální neprůvzdušnost n<sub>50</sub>,

120 kWh/(m<sup>2</sup>.a) – maximální roční celková potřeba primární energie.

### Požadavky programu Zelená úsporám

Pro dotační program Zelená úsporám jsou stanoveny požadavky na pasivní domy v TNI 730329 (rodinné domy) a TNI 730330 (pro bytové domy). Tyto požadavky zahrnují i další parametry, jako jsou součinitele prostupu tepla, účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu a požadavek na nejvyšší přípustnou teplotu vzduchu v obytné místnosti.



## ZÁKLADNÍ PRINCIPY

### Technické a dispoziční řešení

Stejně jako u kvalitních aut nebo jiných technologií se u pasivních domů staví na základě dokonale propracovaného návrhu. Právě ve fázi prvotního návrhu, při vytváření studie, se nepochybně rozhoduje o budoucích vlastnostech budovy. Na vytvoření dokonale fungujícího a energeticky co nejúspornějšího řešení by měl celý projekční tým pracovat společně. Zejména u větších objektů je prakticky nezbytná koordinace všech profesí, jako vzduchotechnika, topení a jiné. Integrované navrhování se však často zanedbává. Chyby vzniklé jednostranným návrhem, nezohledňujícím ostatní vlivy a profese, se v dalších fázích projektu již těžce odstraňují. Ukázkovým a bohužel častým příkladem jsou architektonické návrhy bez jakéhokoliv napojení na stavebně-technická řešení. Následné energeticky úsporné opatření pak mnohdy nelze provést v potřebné míře. V dalších fázích projektu se už „jen“ zpřesňují původní rozhodnutí a na zásadní změny v prvotním konceptu pak ani většinou nezbyvá čas, chuť nebo ani finance. Běžné navrhování, kde si jednotlivé profese předávají návrh a doplňují svá řešení, je nutné u pasivních domů pozměnit. Návaznost a komplexnost řešení zaručí návrh, který vytvářejí všechny profese společně.

Pořekadlo „Dvakrát měř, jednou řež!“ platí u pasivních domů dvojnásob. Nejen u větších objektů se vyplácí zpracovat více variant, jejichž porovnáním se optimalizuje chování budovy, energetická náročnost, ekologická zátěž a návratnost vynaložených financí. Je známo, že chytré řešení dokáže ušetřit nemalé peníze, které pak lze investovat třeba do obnovitelných zdrojů energie.

Není pravidlem, že pasivní domy jsou o hodně dražší. Na druhé straně to, že je dům dražší, nemusí vůbec znamenat, že je energeticky úsporný. Cenu domu mnohem víc ovlivní prostorové nároky investora a jeho nároky na vybavení než to, že dům bude v pasivním standardu. Například jednou ze zažitých falešných představ je, že pasivní dům musí být vybavený spoustou drahých technických zařízení. Platí pravý opak, protože současně se snižováním energetické náročnosti budovy se snižují také požadavky na výkon zdroje energie a další technologie.

Vybavení a forma pasivních domů jsou skutečně různorodé. Použito může být moderní hi-tech řešení nebo naopak řešení umírněné, s důrazem na ekologickou stopu použitých materiálů. Konečné rozhodnutí však vždy zůstává na investrovi a jeho volbě přístupu.

### Ideálně navržený a umístěný pasivní dům by měl mít:

- kompaktní, málo členitý tvar,
- hlavní fasádu otočenou na jih, případně na jihovýchod nebo jihozápad,
- největší plochu oken na jižní, nejmenší na severní straně,
- solární zisky nezastíněny okolní zástavbou nebo terénem,
- letní stínění proti přehřívání interiéru,
- místnosti umístěné s ohledem na světové strany, vzduchotechniku a vytápění.

### Co ovlivňuje energetické vlastnosti objektů v pasivním standardu?

Nízká spotřeba energie pasivních domů není zabezpečena jenom výrazně silnější izolací, kvalitními okny a rekuperací odpadního vzduchu. Rozhodně se na malých tepelných ztrátách a vysokých pasivních ziscích výrazně podílí víc faktorů, které je potřeba při návrhu domu zohlednit. U běžných domů, které energii doslova plýtvají, tyto faktory natolik neovlivní energetické vlastnosti stavby. Navýšení nebo úspora 5 až 10 (i víc) kWh/(m<sup>2</sup>.a) u domů se spotřebou 150 kWh/(m<sup>2</sup>.a) nehraje velkou roli, ale u pasivních domů, kde je spotřeba tepla na vytápění menší než 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a), se to odrazí velice! Výslednou energetickou náročnost a chování budovy ovlivní zejména:

- volba pozemku,
- orientace a osazení budovy na pozemku s ohledem na přímé slunečné záření, případné zastínění zelení, okolní zástavbou nebo terénem,
- exponovanost objektu vůči větru,
- velikost budovy – přiměřenost danému účelu,
- tvarové řešení – tvarová kompaktnost a členitost stavby,
- vnitřní uspořádání s ohledem na vytápění a nevytápěný prostor i orientaci ke světovým stranám – zónování místností,
- vlastnosti obvodových stěn, tepelné mosty a vazby,
- velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách,
- způsob větrání,
- množství vnitřních tepelných zisků,
- vhodná volba, přiměřená velikost a kvalitní regulace otopné soustavy,
- způsob, jakým je zajištěna pohoda prostředí v letním období – přirozené chlazení,
- efektivnost ohřevu teplé vody a energetická účinnost elektrických spotřebičů,
- skutečný způsob užívání budovy.

Je pochopitelné, že každý objekt má rozdílné podmínky a vyžaduje jiné řešení, případně určitá

přízpusobení. Neměli bychom však zanedbávat žádný z uvedených faktorů, i když v daném případě se mohou projevat v odlišné míře. Často nemůžeme některé faktory výrazně ovlivnit, při optimalizaci řešení i ve výpočtu by však měly být zohledněny.

### **Volba pozemku, umístění a orientace budovy**

Při volbě pozemku určitě hrají významnější roli i jiné faktory než jen energetické úspory. Přístupnost pozemku se taky může v budoucnu odrazit na provozních nákladech, zejména u rodinných domů. Tam, kde chybí budovy občanské vybavenosti, jako školy, služby atd., a místo není snadno dosažitelné veřejnou dopravou, mohou emise škodlivin (zejména CO<sub>2</sub>) spojené s dojížděním vlastním autem být výrazně vyšší než z provozu domu.

Vhodná orientace budovy na pozemku je velmi důležitá. V ideálním případě by měl dům stát na pozemku nestíněn, hlavní fasádou s největší prosklenou plochou otočen směrem k osluněné straně (od jihovýchodu přes jih po jihozápad). To kromě výhody využívání pasivních solárních zisků skrývá i riziko přehřívání budovy. U administrativních budov a staveb občanského vybavení, které často využívají velkých prosklených ploch, je proto zapotřebí pečlivě navrhnout stínící prvky. Kanceláře a jiné místnosti je možné navrhnout na místa bez přímého slunečního záření s jižním přesvětlením přes komunikační prostory. Je ovšem nutno brát ohled na dostatek denního osvětlení a jeho pozitivní vliv na psychiku a výkonnost.

Někdy však volbu pozemku nebo umístění budovy nemůžeme ovlivnit. Poloha budovy může být regulována určitými pravidly (např. řadová zástavba, uliční čára) nebo jiný pozemek jednoduše nepřipadá v úvahu. V takových případech lze alespoň prověřit zastínění okolní zástavbou, terénem i vzrostlou zelení a pak navrhnout optimální prosklení jednotlivých fasád vzhledem k pasivním solárním ziskům. Pasivní dům je možné postavit i v hlubokém stinném údolí, ale zde by velká prosklená fasáda mohla způsobit více tepelných ztrát než zisků. Zastínění menšími stromy a obrostlou zelení, jako je vinná réva a podobně, může být i výhodné, jestliže se jedná o rostliny a stromy v zimě opadající. V létě tvoří příjemný stín a v zimě zas volně propouštějí sluneční záření. V případě omezení ve formě stínění, nevhodné orientace pozemku nebo budovy je zapotřebí tyto podmínky přesně definovat (nebo alespoň předvídat do budoucna) a zahrnout je do úvah, případně i výpočtů.

Budovy velice exponované vůči větru mají zpravidla vyšší tepelné ztráty infilrací (přes netěsnosti ve vzduchotěsné obálce). Na exponované pozemky

bez přirozené terénní ochrany se doporučuje umístit větrolamy.

### **Tvarové řešení – krychle, kvádr, nebo něco jiného?**

Značnou měrou se na výsledných energetických vlastnostech podílí tvar budovy a její členitost. Nejjednodušším způsobem, jak omezit tepelné ztráty, je zmenšit podíl ochlazovaných ploch konstrukcí vůči objemu. Tento způsob rovněž přináší finanční úspory – čím méně konstrukcí, tím nižší jsou i náklady. Pokud by tvar byl podřízen jen technickým parametřům, byla by ideální koule. Pokud nebudeme stavět dům na oběžné dráze okolo země, asi takový tvar pro praktický život nebude použitelný. Jestliže budeme naopak stát pevně na zemi, pro současný pasivní (nejen rodinný) dům bude optimálně vyhovovat kvádr, delší stranou obrácený k jihu, se střechou mírně skloněnou k severu.

Z hlediska kompaktnosti stavby je výhodnější vícepatrová varianta. V poslední době se však zvýšila poptávka po malých jednopatrových domech pro seniory nebo mladé rodiny. Tato řešení jsou rozumná, pokud se půdorysná plocha domu vejde do 120 až 140 m<sup>2</sup>. U větších ploch je pak dosažení standardu pasivního domu problematické.

### **Střecha pro pasivní dům**

Pasivní domy nejsou omezeny tvarově jen na jeden typ střechy. Výhodnější jsou však střechy s malým sklonem 0,5–20°, ať už střechy ploché, pultové nebo sedlové. Vytvářejí menší ochlazovanou plochu a jsou i levnější (méně izolace, krytiny) a konstrukčně jednodušší. Plochým střechám bylo často vytýkáno, že jsou nekvalitní a mnohdy do nich zatéká. Současné materiály tento problém úspěšně odstranily.

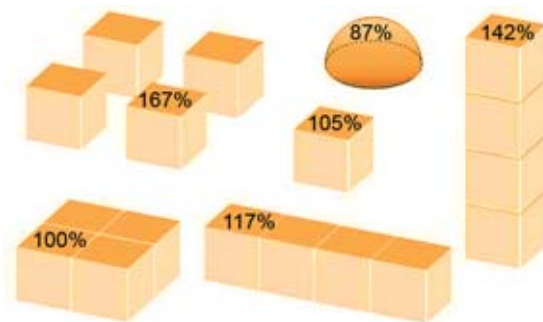
Sedlová střecha původně vznikla především pro uskladnění sena. Při současných nárocích však hlavně omezuje hůře využitelnou podlahovou plochou. Vznikají pak obtížné nebo zcela nevyužitelné prostory a zbytečně se navyšuje objem stavby.

Masové rozšíření sedlových střech je způsobeno neustálým opakováním stejných konstrukčních řešení. Znamená to však stavět za vyšší cenu s menší užitnou hodnotou.

O sedlových střechách se traduje, že jsou výhodnější po napadnutí sněhu. Zkušenosti dokumentují pravý opak. Sedlové střechy trpí sesuvy sněhu, jeho kumulací a přeměnou na ledový krunýř, který zatěžuje střechu extrémně nerovnoměrně. Zejména u žlabů dochází často k poruchám.

Střechy ploché nebo s mírným sklonem jsou zatěžovány rovnoměrně a většina sněhu je odváta, protože střecha nemá závětrnou stranu, kde by se





Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty. Procenta vyjadřují porovnání velikosti ochlazovaných ploch (povrchu) při stejném objemu tělesa. Nejlepší poměr má polokoule, v praxi obtížně použitelná. Seskupené objekty jako řadová zástavba nebo bytové domy pak dosahují pasivního standardu mnohem snadněji než samostatně stojící objekty.

tvořily závěje. Z uvedeného jsou střechy s malým sklonem vhodnější, avšak v některých oblastech (především na venkově) je jejich použití regulováno.

Mírný sklon střech se současně nabízí pro použití zelených vegetačních střech (optimálně bezúdržbových). Zpomalují odtok vody z krajiny, a tím přispívají k jejímu ochlazení – vhodné do přehřátých měst. Toto řešení současně prodlužuje životnost střešního pláště.

### Kompaktnost a objemová přiměřenost

Členité stavby přinášejí s sebou mimo nárůstu ochlazovaných ploch i množství složitých detailů a napojení nosných konstrukcí komplikujících realizaci. Tvarová kompaktnost je základním pravidlem při navrhování pasivních domů. Pokud to není vysloveně nutné, je vhodné různé vystupující prvky a místnosti volit jako nevytápěné nebo je sdružovat a spojovat do větších objemů. Také výstavba samostatně stojících rodinných domů je už ve své podstatě energeticky nevýhodnější při srovnání s řadovou nebo bytovou zástavbou. Sdružování do větších celků poskytuje rovněž možnost napojení na společný zdroj tepla.

Velikost domu je klíčový parametr, který předurčí spokojenost jeho obyvatel i výslednou spotřebu energií. Zbytečně předimenzovaný dům má velké nároky na uklízení, pořizovací náklady i celkovou spotřebu energie. K tomu je třeba si dobře ujasnit všechny požadované funkce domu, možnost uspořádání a flexibilitu, případně vícegenerační soužití.

Pasivní domy je samozřejmě možné realizovat i jako podsklepené. Spojuje se s tím ovšem řada technických i energetických komplikací a stavba se tím zpravidla prodražuje. V případě návrhu sklepa je nutno dodržet několik zásad: tepelně oddělit konstrukce s vyloučením tepelných mostů (podobně jako u základů) a vstup navrhovat mimo vytápěnou část domu (samostatný vstup zvenku nebo z nevytápěného zádveří, které musí být tepelně odděleno od vytápěné zóny).

Během životnosti domu, která bývá víc než 100 let, s největší pravděpodobností dochází ke změně požadavků na vzhled nebo dispozici a k případným opravám či výměnám prvků s kratší životností. Je proto vhodné, aby v komplexním návrhu pasivního domu bylo s takovými změnami počítáno.

Promyšlené umístění prvků a rozvodů technického zařízení budov stejně jako i konstrukční řešení by mělo v případě potřeby umožňovat změny bez většího zásahu nebo porušení konstrukce budovy. Nejedná se jen o možnost rozšíření – nadstavby, ale i o případnou výměnu prvků s kratší životností (oken apod.) nebo potřebné opravy. Během životního

cyklu může také dojít ke změně užívání nebo mohou vyvstat požadavky na změnu vnitřního uspořádání (např. posun vnitřních nenosných příček). Počítáno by mělo být také s možností osazení dalších prvků, na které během výstavby nezbyly finanční prostředky (solární systém na ohřev vody, zdroj vytápění na pelety, fotovoltaické panely apod.). Dům může obsahovat připravené instalační vedení a další potřebné náležitosti, které v budoucnosti značně zjednoduší instalaci daného prvku.

Zimní zahrady se staly symbolem pro nízkoenergetické domy konce tisíciletí a někdy dochází k chybné interpretaci, že by snad měly být nezbytnou součástí pasivních domů. Je nutné hned na začátku upozornit, že tak tomu v žádném případě není. V našich klimatických podmínkách nelze uvažovat o možnosti vytápění sluncem z jednoho prostého důvodu: za mrazivých zimních dnů, kdy je potřeba topit nejvíce, slunce svítí nejméně, zatímco prosklení způsobuje největší tepelné ztráty domu. V létě je pak nutno řešit někdy až extrémní přehřívání, nebude-li kvalitně vyřešeno jejich stínění a větrání. Zimní zahrady tedy lze použít jedině jako doplněk celkové koncepce pasivního domu. Navrhují se spíše z důvodů psychologických – jako „lék“ na jarní a podzimní deprese nebo pro zahrádkáře jako skleník na předpěstování sazenic. Zimní zahrada by však měla být od vytápěného prostoru dokonale tepelně oddělena. Podobně použití zasklených atrií a prosklených prvků pro využití solární energie (prosklené větrané fasádní prvky, dvojité prosklené fasády apod.) je sice možné, ale po pečlivém zvážení jejich přínosu ve prospěch budovy v průběhu celého roku.

### Zónování – uspořádání dle potřeb na vytápění

U pasivních domů se již zónování neprojevuje na zvyšování tepelné ztráty budovy, ale spíše na provozním fungování objektu. Vnitřní uspořádání místností se volí s ohledem na teplotní režim, regulaci, potřebnou míru denního osvětlení, funkční propojení nebo jiné požadavky, jako možnost výhledu, dispozice pozemku apod.

Základní rozdělení prostor v objektu je na vytápěné a nevytápěné, které většinou vychází z logicky a funkčně oddělených celků, jako sklep, podkroví, garáž a obytné či jiné prostory. Vytápěnou a nevytápěnou zónu je nutné důkladně tepelně oddělit a promyšlená volba konstrukcí zde značně usnadňuje řešení detailů.

Ve vytápěném prostoru dochází k dalšímu členění, dle účelu místností, provozního režimu a následné regulace vytápění. Nejen u pasivních domů se obytné místnosti umísťují k osluněné straně, od jihovýchodu po jihozápad s teplotami kolem

20 °C, ložnice k východu až jihovýchodu, s provozní teplotou 18 °C. Koupelny s teplotou 24 °C patří mezi nejteplejší místnosti v domě a je vhodnější je umístit do teplejší části objektu. Komunikační a skladové prostory se umísťují spíše na severní stranu objektu, případně do nevytápěné části. Takové uspořádání umožní lepší využití prostorů i s ohledem na přirozené osvětlení místností a využívání solárních zisků okny. Kromě energetických úspor může optimální zónování přinést uživatelům i zdravotní výhody.

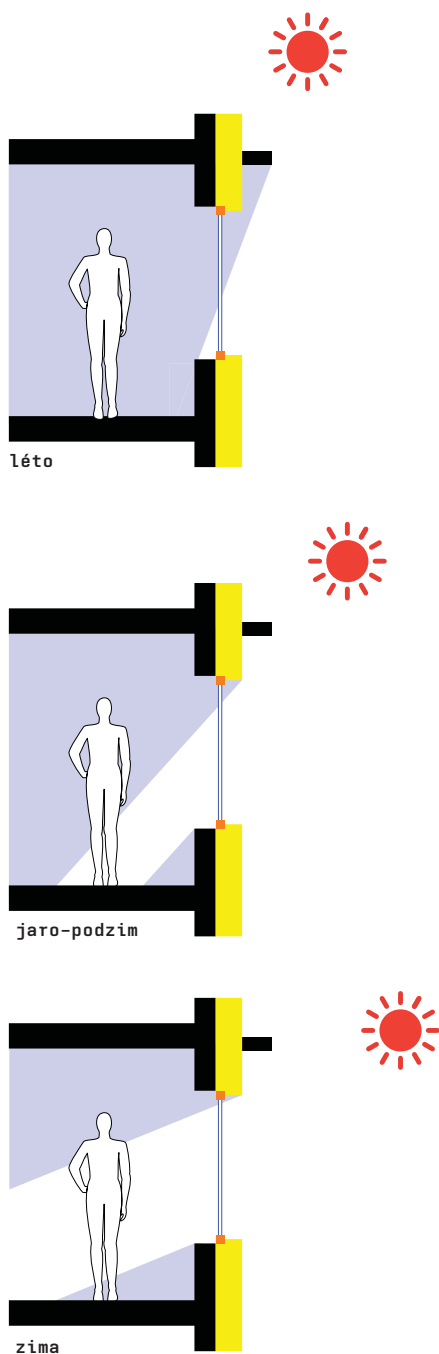
Administrativní budovy a podobné objekty si vyžadují částečně odlišný přístup při návrhu teplotního zónování. Z důvodu rizika letního přehřívání je možné umístit kanceláře na místa bez přímého slunečního záření s jižním přesvětlením přes komunikační a oddychové prostory. Solární zisky v zimním období jsou pak využívány pomocí systému větrání, který je rovnoměrně rozvádí po objektu. Při navrhování je ovšem nutno brát ohled na dostatek denního osvětlení a jeho pozitivního vlivu na psychiku a výkonnost. To je možné ověřit i výpočtově pomocí programů simulujících i případné letní přehřívání a použití stínících prvků.

### Chlazení budovy

Při snaze zabezpečit optimální solární zisky se budovy mnohdy dostávají do rizika letního přehřívání. Jak mu nejlépe předejít? V první řadě je nutné optimalizovat velikost a umístění prosklených ploch. Asi nejproblematictější jsou celoprosklené budovy, u kterých je velice složité, a někdy až prakticky nemožné optimální zaregulování otopné a chladicí soustavy. V nejhorších případech takové stavby k zabezpečení požadavků uživatelů vyžadují současné chlazení na jedné straně budovy a vytápění na straně druhé.

K optimalizaci prosklení a návrhu vhodných stínících prvků se zejména u větších objektů využívají programy simulující denní osvětlení a případné přehřívání interiéru. Efektivní je navrhování velikosti prosklení podle potřeb na denní osvětlení, čímž se minimalizují tepelné ztráty okny v zimě a v létě možnost přehřívání. Každopádně by se k návrhu velikosti prosklení mělo přistupovat opatrně, což nepochybně přispívá i k snížení nákladů potřebných na stínící prvky.

V našich klimatických podmínkách se správně navržené pasivní domy zpravidla obejdou bez strojního chlazení. Optimalizované prosklení a stínící prvky, spolu s efektivním nočním větráním a využitím předchlazení nasávaného vzduchu v zemním registru, jsou ve většině případů schopny zabezpečit



Správně navržené stínící prvky také napomáhají ke snížení chladicí zátěže. Horizontální stínící prvky se navrhují s dostatečným přesahem, aby letní slunce, které dopadá pod úhlem 60 až 70°, nesvítilo přímo do místnosti. Tyto prvky mohou současně plnit funkci předsazené terasy nebo balkonu. Další možností je umístění venkovních žaluzií, rolet nebo okenic s dostatečnou nastavitelností, případně automatickým provozem.

vyhovující teploty v místnostech. Větší budovy mohou využít systému chlazení pomocí rozvodů umístěných v betonových stropích, kterými protéká ochlazená kapalina – tzv. aktivace betonového jádra. Dochází k předchlazení masivních konstrukcí, které pak jako plošné prvky uvolňují chlad a udržují příjemnou teplotu. V zimě jsou stejné rozvody využívány jako otopný systém.

Snížení vnitřních tepelných zisků také přispívá k omezení letního přehřívání. Zejména u provozů s větším počtem spotřebičů, např. v kancelářích, je vhodné použitím úsporného osvětlení, LCD monitorů a dalšího vybavení s co nejmenší spotřebou energie snížit celkový příspěvek vnitřních zdrojů.

Teplotní špičky zmírňují i konstrukční materiály s větší akumulací schopností. Přebytkovou energii ukládají a s určitým zpožděním pak vydávají. Inovativní výrobky na bázi PCM materiálů (Phase Change Material) umožňují vázání velkého množství latentního tepla neboli energie potřebné na změnu skupenství (např. z pevného na kapalné a obráceně). Je možno je využít v omítkách nebo ve formě obkladových desek podobných sádrokartonu. Obsahují speciální vosk, který taje při teplotě 26 °C (případně jiné), a při tloušťce 1,5 cm mají desky stejnou akumulaci schopnost jako betonová zeď tloušťky 9 cm nebo zeď z lehčených cihelných bloků tloušťky 26 cm. Tím se tento sádrokartonový materiál stává nejen důležitým stavebním prvkem budov, ale i významným tepelně akumulacním prvkem, který svými vlastnostmi aktivně ovlivňuje vnitřní klima.

## TEPELNÁ IZOLACE

Pasivní dům má extrémně nízkou spotřebu tepla. Aby se do něj mohlo dodávat tak málo energie, a přesto v něm zůstala příjemná tepelná pohoda, je třeba teplo úzkostlivě chránit. Pravděpodobně nejdůležitější součástí pasivního domu je silná vrstva tepelné izolace, která výrazně snižuje tepelné ztráty a přináší domu řadu dalších výhod.

Lidé často váhají, zda zateplovat, či nezateplovat novostavbu – vždyť dnešní keramické tvárnice mají jistě dostatečné izolační vlastnosti. Na trhu však najdeme velmi těžko i cihly, které by mohly dosáhnout parametrů nízkoenergetického domu. Na úroveň pasivního domu se bez použití tepelné izolace nelze dostat.

Zcela zbytečná je také debata nad návratností investice do silnější vrstvy izolace, náklady na navýšení tloušťky jsou totiž většinou podstatně menší než náklady spojené s její aplikací. Návratnost investice do zateplení domu je v řádu maximálně několika let. Ceny energie však zcela jistě porostou a úměrně

tomu se bude snižovat i návratnost. Vnější zateplovací systém také podstatně prodlužuje životnost konstrukce. Mírně vyšší počáteční investice je tedy i z tohoto pohledu velmi výhodná.

#### Výhody kvalitního zateplení:

- snížení tepelných ztrát,
- snížení rizika plísně zvýšením vnitřní povrchové teploty,
- menší namáhání nosné konstrukce atmosférickými vlivy,
- odstranění typických tepelných mostů – sekání cihel, dozdivání jiným zdivem, přechod zdiva na základ,
- nižší kondenzace vody v konstrukci,
- snižuje přehřívání budovy v letním období.

#### Tepelná izolace masivních staveb

##### Vnější zateplení

Vnější zateplovací systémy jsou nejčastějším způsobem tepelné izolace objektů. Jejich největší výhodou je celistvost tepelně izolační vrstvy. Při použití masivních stěn s vysokou akumulací schopností lze také dosáhnout vynikajících parametrů tepelné setrvačnosti vnitřního prostoru. Zateplení z vnější strany se provádí buď formou provětrávaných zateplovacích systémů, nebo se používají takzvané kontaktní zateplovací systémy.

Kontaktní zateplovací systémy tvoří jednotlivý celek jednotlivých vrstev systému. Tepelná izolace slouží v tomto případě jako nosný prvek povrchových vrstev. Povrch fasády tvoří většinou omítka, v ojedinělých případech lepený obklad. Tento systém je v současnosti masivně využíván zejména při obnově bytového fondu. Pro kontaktní zateplení je nejčastěji používán expandovaný polystyren s tenkovrstvou vnější omítkou. U kontaktních zateplovacích systémů hrozí riziko kondenzace vlhkosti v konstrukci. Je to dáno poměrně vysokým difuzním odporem lepidel a vnějších omítek. Navrženou skladbu je vždy nutné prověřit ve výpočtovém programu. Při rekonstrukci budov u lehce zavlhlého zdiva je vždy nutné použít provětrávanou fasádu.

Tloušťka izolace není ani u jednoho systému nijak omezena. Izolace se aplikuje nejčastěji v jedné vrstvě, v některých případech v závislosti na rovinatosti stěny a soudržnosti lze vrstvu izolace jen celoplošně lepit bez dodatečného kotvení. Zde je však požadavek i na větší pevnost izolantu. Ve výškách nad 20 m nebo po nesplnění podmínek rovinatosti a soudržnosti je nutné zvolit kotvicí prostředky.

U provětrávaných zateplovacích systémů se vkládá tepelná izolace mezi nosné prvky roštu (nejčastěji dřevěného), který je připevněn k nosné části zdiva.

Rošt je vhodné udělat několikanásobný – dvojitě až trojitě překřížený – pro eliminaci liniových tepelných mostů – nebo použít I-nosníky. Dále je vytvořena provětrávaná mezera o tloušťce minimálně 25 mm a připevněn fasádní obklad (dřevo, cementotřískové desky, keramika a podobně). Souvrství je často doplněno pod vzduchovou mezerou difuzně otevřenou fólií, která slouží jako pojistná hydroizolace. V tomto systému se v našich podmínkách nejčastěji používá vláknitá tepelná izolace (desková nebo foukaná). Je dobře propustná pro vodní páry, které jsou pak odvětrány vzduchovou mezerou, a v konstrukci je vyloučeno riziko kondenzace.

##### Vnitřní zateplení

U rekonstrukcí budov je velmi těžké dosáhnout pasivního standardu. Situace se ještě podstatně komplikuje, pokud má budova výraznou a kvalitní fasádu, například režné zdivo nebo štukovou výzdobu. Tam, kde nepřipadá vnější zateplení v úvahu, je jediným řešením izolace zevnitř. Jak praxe i výpočty ukázaly, z energetického hlediska nemá smysl zateplovat silnější vrstvou než 80 mm. Efekty tepelných mostů stěn a stropů pronikajících izolací jsou totiž velmi výrazné. Při rozumném návrhu vnitřní izolace se lze u historické budovy dostat na  $U_{stěna} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Pro omezení kritických teplot při okrajích tepelné izolace (u podlahy a stropu) je možné použít náběhové klíny, které však nepůsobí v interiéru příliš esteticky.

Při projektování novostaveb je vždy možné se vnitřní izolaci fasády vyhnout.

##### Výhody vnitřního zateplení:

- často jediná možnost zateplení historických budov,
- možnost provádění celý rok,
- snadná realizace bez lešení – nízká cena.

##### Nevýhody vnitřního zateplení:

- obtížně řešitelné tepelné mosty,
- rozumné pouze v malé tloušťce izolace,
- zmenšení podlahové plochy místnosti,
- nelze počítat s akumulací vlastnostmi zdiva,
- promrzání a vlhnutí vnějšího zdiva.

##### Systém ztraceného bednění

Tyto systémy, které tvoří specifickou skupinu masivních staveb, v současné době získávají stále větší oblibu. Pro pasivní domy jsou zvláště vhodné systémy z polystyrenových tvarovek. Po sestavení vytvářejí skládačku jako z dětské stavebnice, která zaručí perfektní návaznost jednotlivých prvků a celistvou tepelně izolační obálku.

Bloky jsou vyráběny z EPS s přídatkem grafitu (tzv. šedý polystyren), který tvoří zároveň bednění pro lité beton tvořící nosnou část stěny. Materiál

použitý na tvarovky dosahuje součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  a stěna o tloušťce 450 mm má součinitel prostupu tepla  $U = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Výhody systémů ztraceného bednění

- vysoká přesnost stavebnicových systémů,
- rychlost výstavby,
- systémové řešení konstrukčních detailů bez tepelných mostů,
- vynikající tepelně izolační vlastnosti při relativně malé tloušťce zdi.

### Tepelná izolace u dřevostaveb

Dřevostavby jsou již z konstrukce svých stěn jako stvořené pro použití velké vrstvy tepelné izolace. Obecně lze rozdělit stavby s dřevěnou nosnou konstrukcí na stavby připravované na místě a stavby panelového systému, jejichž dílce se vyrábí jako prefabrikáty v továrně a na místě jsou pouze smontovány a utěsněny.

Tepelná izolace se vkládá přímo mezi dřevěné nosníky a tím dochází k zásadnímu snížení tloušťky stěny, která je ve výsledku téměř totožná s tloušťkou izolace. Kromě izolace na bázi minerálních či skleněných vláken se velmi často používají i izolační materiály na přírodní bázi, jako jsou dřevovláknité desky, desky z konopí či lnu. V zahraničí je nejrozšířenější celulóza (desky, foukaná), která se vyrábí recyklací novinového papíru.

Mezi nosníky dřevostaveb se zpravidla používá měkká tepelná izolace o nízké objemové hmotnosti. Souvrství pak může být doplněno klasickým kontaktním zateplovacím systémem (např. dřevovláknité desky o vyšší objemové hmotnosti) s omítkou.

Všechny tyto materiály spojuje velmi malá ekologická stopa při tepelně-technických vlastnostech srovnatelných s izolacemi vyráběnými průmyslově chemickou cestou.

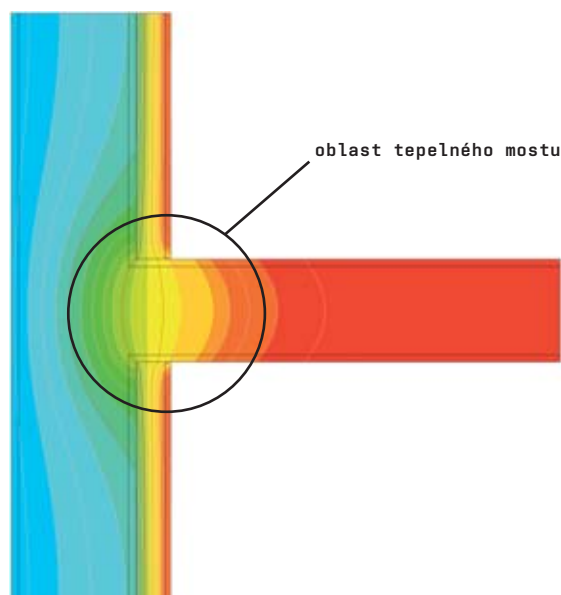
Zajímavou vlastností přírodních materiálů je i jejich schopnost práce s vlhkostí. Buněčná struktura umožňuje účinně distribuovat vlhkost, která se rovnoměrně rozvrstvěje v materiálu. To činí konstrukci více bezpečnou vůči případnému vniku vnitřní vlhkosti, samozřejmě to ale nelze považovat za lék na vlhkost. Kvalitní vzduchotěsná rovina a konstrukce bez tepelných mostů jsou určitě dva nejdůležitější parametry, které ovlivňují životnost konstrukce a její funkčnost.

### TYPY TEPELNÝCH IZOLACÍ

Tepelných izolací je nepřeberné množství. Následující přehled tepelných izolací zdaleka není jejich vyčerpávajícím výčtem, ale je přehledem materiálů běžně dostupných a používaných v českém prostředí.



Při montáži na soudržný a rovný povrch lze izolaci celoplošně lepit bez kotvení. Na obrázku 30cm EPS celoplošně lepeno na vápenopískové cihly (foto Kalksandstein).



Na obrázku je výstup z výpočtového programu simulujícího průběh teplotního pole. Při dodatečném vnitřním zateplení vzniká v místě průchodu stropní desky liniový tepelný most, který výrazně zvyšuje tepelné ztráty v tomto místě. Další navyšování tloušťky proto není efektivní.

### Expandovaný pěnový polystyren – EPS

Je nejrozšířenějším tepelným izolantem. Polystyren vzniká jako produkt polymerace styrenu. Následně je materiál tepelně zpracován a vypěňován do forem. Bloky se pak řežou na desky požadovaného rozměru. Dalším zpracováním se docílí samozhášivosti (přidávají se retardéry hoření).

Ve stavitelství se používají čtyři základní varianty, které předurčují jeho použití:

- Z – základní – nízká přesnost desek, použití: podlahy,
- S – stabilizovaný – používaný ve střeších,
- F – fasádní – vysoká přesnost desek (tolerance max. 2 mm), zejména pro kontaktní zateplovací systémy,
- Perimetr – materiál má uzavřenou povrchovou strukturu, využívá se tam, kde by mohlo dojít ke kontaktu s vodou – izolace soklu, pod hlavní hydroizolací ve střeše.

Typ polystyrenu se označuje např. EPS 70 S. Číslo udává pevnost v tlaku v kPa. Běžně jsou k dostání polystyreny tříd 50, 70, 100, 150, 200 a 250.

Materiál běžně dosahuje hodnot součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m.K)}$  pro EPS 100. V současné době je již na trhu polystyren s příměsí grafitu (tzv. „šedý EPS“), který dosahuje výborných hodnot  $\lambda_D$  až  $0,031 \text{ W/(m.K)}$ . Výhodou je vyšší izolační schopnost při menší tloušťce. To je důležité jak u rekonstrukcí, kde nemůžeme navyšovat tloušťku stěny, tak i u novostaveb, kde se snažíme dosáhnout co nejlepších tepelně-izolačních parametrů při co nejmenší tloušťce.

Polystyren nelze dlouhodobě vystavit vlhku ani účinkům UV záření a omezená je i jeho pevnost. Kotví se buď pouze lepením, nebo lepením a mechanicky, dle podkladního materiálu, rovinatosti povrchu a výšky objektu. Při dostatečné rovinatosti povrchu je nevhodnější izolaci aplikovat v jedné vrstvě, i když jde o tloušťky třeba 30 cm. V takovém případě nehrozí kondenzace vlhkosti, která by v případě vrstvené izolace mohla vznikat. Mezi výhody polystyrenu patří jednoznačně jeho nízká cena a snadná dostupnost.

### Extrudovaný polystyren – XPS

Na první pohled jiný typ polystyrenu, který je barevně odlišen dle výrobce (modrý, zelený, žlutý, růžový, fialový atd.) a liší se od standardního bílého expandovaného polystyrenu jak způsobem výroby, tak i vlastnostmi. Extruzí či protlačením pěny má extrudovaný polystyren (XPS) na rozdíl od EPS uzavřenou strukturu bez mezer. To dává XPS velmi dobré parametry, co se týče pevnosti v tlaku (únosnost), minimální nasákavosti a ka-

pilarity s vazbou na stálou hodnotu součinitele tepelné vodivosti, která se pohybuje v intervalu  $0,029\text{--}0,038 \text{ W/(m.K)}$ .

Obecně se XPS rozdělují dle níže uvedených kritérií:

- dle pevností v tlaku (kPa) – XPS 200, 250, 300, 500, 700,
- dle povrchu – hladký, zdrsňený, protlačovaný,
- dle profilu hran – rovný, polodrážka, pero-drážka.

U pasivních domů se XPS díky svým vlastnostem nejčastěji používá v inverzní neboli obrácené skladbě ploché střechy, tedy i zelené střechy, při založení betonové desky na izolaci, dále při izolování suterénu, podlahy a eliminaci tepelných mostů. Jako všechny pěno-plastické izolace povrchově degraduje UV zářením.

### Pěnový polyuretan PUR

Polyuretan může být ve formě měkké pěny, která zlidověla pod označením molitan. Ve stavebnictví se ale používá téměř výhradně tvrdá polyuretanová pěna. Jedná se o účinnou tepelnou izolaci s velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_D < 0,025 \text{ W/(m.K)}$ . Aplikuje se buď přímo na místě stříkáním nebo litím, nebo je dodáván ve formě desek či tvarovek. Tvrdý pěnový polyuretan může mít i zvýšenou odolnost vůči tlaku a může být použit pro eliminaci tepelných mostů (např. práh u dveří atd.) či kotvicí tvarovky. Podobně jako extrudovaný polystyren nesnáší UV záření a je nutné jej před ním chránit.

### Minerální vlna

Po pěnovém polystyrenu se zatím u nás jedná o nejrozšířenější tepelnou izolaci. Vyrábí se průmyslově tavením hornin. Surovinou pro výrobu je čedič nebo křemen a další sklotvorné příměsi. Název je potom podle suroviny kamenná nebo skelná vlna. Desky jsou v celém objemu hydrofobizované, ale nelze je trvale vystavit vlhku. Běžně dosahují hodnot tepelné vodivosti mezi  $\lambda_D = 0,035$  a  $0,040 \text{ W/(m.K)}$ . Předností je jednoznačně odolnost vůči vysokým teplotám – používají se například v kombinaci s polystyrenem u panelových budov nad požárně dovolenou výškou, případně pro vytvoření požárních pásů. Další výhodou minerální vlny je její nízký difuzní odpor, a tím vysoká paropropustnost. Díky této vlastnosti se minerální vlna často úspěšně používá ve skladbách provětrávaných fasád nebo dvouplášťových střeš. Aplikace může probíhat buď klasicky, pomocí lepicí stěrky kontaktním způsobem, nebo vkládáním desek do připraveného dřevěného roštu.

### Pěnové sklo

Materiál vzniká ztavením směsi skleněného a uhlíkového prášku. V nově vzniklém materiálu, který je vlastnostmi podobný sklu, se vytváří drobné bublinky, jejichž stěny jsou zcela uzavřené. Tím materiál docílí úplné nehořlavosti a parotěsnosti. V pasivních domech se v současnosti využívá především pro přerušení tepelného mostu, například u paty nosných stěn. Jeho širšímu použití na stavbě brání jeho vyšší cena. Větší využití nachází pěnové sklo v průmyslu, kde se aplikuje na podlahy či střechy s extrémním tlakovým namáháním. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v závislosti na únosnosti mezi 0,040 a 0,050 W/(m.K). Při pokládce se desky lepí k napenetrovanému podkladu horkým asfaltem.

Dalším produktem je štěrk z pěnového skla, který se využívá zejména při zakládání domu na izolaci, což umožňuje dosáhnout celistvé izolační obálky bez tepelných mostů. Výhodou je jeho vysoká únosnost a nenásákavost. Po ztuhnutí s koeficientem 1,2–1,4 dosahuje štěrk z pěnového skla hodnoty  $\lambda_D = 0,070\text{--}0,085$  W/(m.K). Pro pasivní domy tak potřebujeme vrstvu přibližně 500 mm ztuhlého skleněného štěrku.

### Vakuová izolace

Vakuová izolace patří mezi takzvané high-tech izolační materiály. U nás se používá zřídka zejména kvůli vysoké ceně. Dodává se ve formě panelů obalených v metalizované fólii. Plnivo tvoří pyrogenní kyselina křemičitá, která zajišťuje prvku unikátní vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti vakuové izolace v neporušeném stavu se udává  $\lambda_D = 0,004$  W/(m.K), do výpočtu se počítá s vyšší hodnotou s přídatkem na stárnutí –  $\lambda_D = 0,008$  W/(m.K). Při těchto hodnotách je možné použít k izolování stěny na úroveň pasivního domu pouze 60 mm tlustý panel. Vakuové panely nacházejí uplatnění zejména při řešení komplikovaných konstrukčních detailů, např. při zaizolování roletového boxu atd. V zahraničí jsou však i realizace, kde byla provedena kompletní izolace domu pomocí systému vakuových panelů – fasáda, střecha, podlaha.

### Celulóza

Jedná se o tepelnou izolaci z celulózových vláken, která se vyrábí metodou recyklace starého novinového papíru. Základní surovinou izolace je tedy dřevo. Výroba probíhá smícháním kousků novinového papíru s boritany, které zajišťují jeho odolnost proti hnilobě a požáru. Směs je následně semleta.

Aplikace se provádí nejběžněji strojově foukáním do připravených dutin stěn nebo stropů. Systém

umožňuje izolování bez spár a řešení komplikovaných a těžko dostupných míst. Při kalkulaci ceny je nutné počítat s koeficientem ztuhnutí kvůli sedání materiálu. Do vertikálně umístěné stěny je nutné nafoukat téměř dvakrát větší množství celulózy než do horizontálního stropu. Mezi další techniky izolace patří volné sypání (především u podlah) a sprejování, které se používá při jednostranně otevřených konstrukcích. Objemová hmotnost se pohybuje od 30 kg/m<sup>3</sup> pro volně loženou až po 70 kg/m<sup>3</sup> pro foukání do vertikálních dutin. Dle různých aplikací dosahuje celulóza hodnot  $\lambda_D = 0,039\text{--}0,042$  W/(m.K).

Zvláštní vlastností tzv. „živých izolací“ (všechny izolace na přírodní bázi) je, že do buněčné struktury vážou vlhkost a rozvádějí ji. V praxi to znamená, že celulóza funguje jako jakýsi piják, který je schopen ze zvlhklého zdiva vysát vlhkost. Ta se neshlukuje, ale je rovnoměrně rozložena v izolaci.

Celulóza je v pasivních stavbách v zahraničí masivně využívána zejména v dřevostavbách, které zde tvoří vysoké procento novostaveb.

### Sláma

Obliba slaměných balíků jako tepelné izolace v poslední době roste zejména mezi ekologicky smýšlejícími stavebníky. Používá se často v kombinaci s dalšími přírodními materiály, jako jsou hliněné omítky a nepálené cihly. Fyzikální vlastnosti závisí z velké části na kvalitě a objemové hmotnosti slaměných balíků. Kvalitně slisované slaměné balíky o objemové hmotnosti 90–110 kg/m<sup>3</sup> dosahují hodnoty  $\lambda_D = 0,052$  W/(m.K) při použití kolmo na stěbla. Slámu lze použít buď v kombinaci s nosnou stěnou, nebo může sama sláma sloužit jako nosná konstrukce. Izolace má ve spojení s hliněnou omítkou požární odolnost až 90 minut, vyhovuje proto všem typům konstrukcí. Velmi důležité je oddělení balíků od všech zdrojů vlhkosti omítkou nebo obkladem.

### Izolace z dřevitých vláken, konopí a lnu

Desky z dřevitých vláken se dají považovat za čistě ekologický materiál, při jejich výrobě je použito jen minimální množství lepidla. Mezi velké výhody patří mimořádně vysoká tepelná kapacita ( $c = 2100$  J/kg.K), která brání proti přehřívání v letních měsících. Desky jsou dobře paropropustné a hodnota  $\lambda_D$  se pohybuje v rozmezí 0,038–0,050 W/(m.K). Desky z dřevitých vláken se u dřevostaveb často využívají i jako pokladní vrstva pro omítku či další aplikace, jako kročejová izolace či pojistná hydroizolace.

Stejně jako u ostatních přírodních materiálů materiál nasaje a uvnitř distribuuje vlhkost. Těto vlastnosti se říká sorpční schopnost. Podobně

vlastnosti jako dřevitá vlákna mají také izolace z technického konopí a lnu. Větší rozšíření těchto nových materiálů se teprve očekává v nejbližších letech.

## VÝPLNĚ OTVORŮ A ZASKLENÍ

Okna a dveře, kterým se technicky říká výplně stavebních otvorů, mají v budovách řadu funkcí. Asi není třeba zmiňovat, že slouží zejména pro osvětlení místností, které je samostatným vědním oborem.

Okna a světlo se stávají prostředkem architekta pro vytvoření atmosféry, výrazu, pocitu z prostoru. Dostatek světla je naprosto klíčový pro vytvoření zdravého a příjemného pracovního prostředí kanceláře stejně jako moderního, prosluněného obývacího či dětského pokoje.

Okna i dveře jsou součástí obálky budovy, která má sloužit pro uchování tepla uvnitř budovy. Z hlediska tepelné techniky okna byla a asi vždy i budou tou nejslabší částí obvodového pláště, kudy uniká z vytápěného prostoru nejvíce tepla.

Právě toto hledisko mnoho architektů nezohledňuje a podceňuje, a proto se při použití nekvalitních rámu a zasklení stávají domy zářiči energie a obyvatelé se po první zimě při pohledu na účet za topení nestačí divit.

Ideálním řešením by bylo nahradit okna silnou vrstvou tepelné izolace. Tudy ovšem cesta samozřejmě nevede. Je proto nutné sáhnout po kvalitních moderních rámech se sofistikovaným systémem zasklení.

Ve většině domů je otevření okna také jediným způsobem, jak větrat, kdežto v pasivním domě je výměna vzduchu zajištěna řízeně.

Slunce a světlo na nás při pobytu v místnosti působí pozitivně. Okna, která to zajišťují, však mají v pasivním domě i jinou důležitou funkci. Přispívají výrazně k úspoře tepla na vytápění. Energie, která se dostává přes zasklení do interiéru, snižuje potřebu tepla na vytápění. Okno pro pasivní dům by mělo do interiéru propouštět dostatek slunečního záření, které dopadá na zasklení. Tím, že je dům kvalitně zateplen a utěsněn, teplo ze slunce neuniká, ale zůstává uvnitř.

Jak se dozvíte v dalším textu, vlastností, které ovlivňují výslednou kvalitu okna, je celá řada. Na úvod je možné je shrnout následovně.

Co je důležité u oken a dveří pro pasivní domy?

- kvalitní zasklení, výplň inertním plynem,
- izolovaný rám okna,
- výborné utěsnění křídla a rámu,
- dostatečná hodnota propustnosti slunečního záření,

- správné umístění okna při montáži,
- stínicí systémy proti nadměrnému přehřívání v létě.

## Tepelně-technické vlastnosti

Mluví se zde o úsporách energie, proto daleko důležitější než materiál oken jsou vlastnosti tepelně-technické, které mají zároveň velký vliv na správnou funkci oken v celkové energetické bilanci domu.

Následující fyzikální parametry oken by měly být rozhodující při výběru okna pro pasivní dům.

## Součinitel prostupu tepla

Nejdůležitějším parametrem pro hodnocení kvality okna pro pasivní dům je součinitel prostupu tepla  $U$  (dříve označovaný jako  $k$ ). Výrobce by měl vždy uvádět hodnotu  $U_w$ , což je hodnota pro celé okno – tedy zasklení včetně rámu. Požadavky normy na tento parametr jsou neustále zpřísňovány, ale doporučená hodnota pro pasivní domy je ještě výrazně nižší.

Součinitel prostupu tepla je možné stanovit výpočtem. Z následujícího vztahu lze odvodit, co má vliv na výslednou hodnotu parametru  $U$ . Uvedený vztah je pro efektivní hodnotu součinitele prostupu tepla, tj. hodnotu korigovanou o vliv osazení okna do stěny (ideálně do vrstvy tepelné izolace).

$$U_{w, \text{eff}} = \frac{A_g \cdot U_g + A_r \cdot U_r + l_g \cdot \Psi_g + l_{\text{osazení}} \cdot \Psi_{\text{osazení}}}{A_g + A_r}$$

Kde:

- $A_g$  je plocha zasklení [ $\text{m}^2$ ]
- $U_g$  je součinitel prostupu tepla zasklení [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]
- $A_r$  je plocha rámu [ $\text{m}^2$ ]
- $U_r$  je součinitel prostupu tepla rámu [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]
- $l_g$  je délka uložení zasklení do rámu [ $\text{m}$ ]
- $\Psi_g$  je lineární činitel prostupu tepla v uložení zasklení do rámu [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]
- $l_{\text{osazení}}$  je délka osazení rámu do stěny [ $\text{m}$ ]
- $\Psi_{\text{osazení}}$  je lineární činitel prostupu tepla v osazení rámu do stěny [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]

Indexy jednotek jsou odvozeny z anglických  $g$  – glazing (zasklení) a  $f$  – frame (rám).

Jaké lze udělat z uvedeného vztahu závěry?

Kvalita okna zdaleka nezávisí pouze na parametrech zasklení, ale také na kvalitě rámu a způsobu uložení skla do rámu. Vzhledem k tomu, že rámy mají při použití vynikajícího zasklení zpravidla horší vlastnosti, vycházejí lépe větší okna, kde je logicky menší podíl plochy rámu. Stejně tak okno jednoduché je výhodnější než dělené.

Často se diskutuje také o použití střešních oken v pasivních domech. Nakloněním zasklení totiž

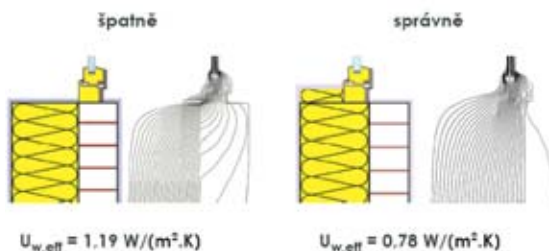
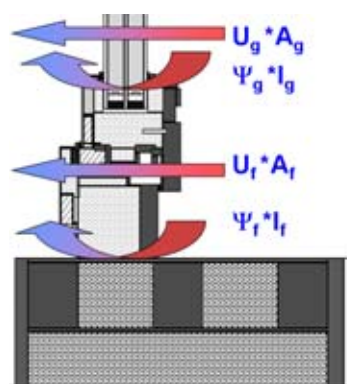


dochází k relativně výraznému zhoršení součinitele prostupu tepla (min. 10 %).

### Vliv osazení okna

Velký vliv na funkci okna mají nejen parametry rámu a zasklení, ale také způsob zabudování okna do stěny. Pokud je okno zabudováno běžným způsobem, to znamená rám je v úrovni zdiva, dochází k výraznému zhoršení parametru součinitele prostupu tepla. Tím vzniká tepelný most, který způsobuje zvýšený tepelný tok a v krajním případě může docházet ke vzniku plísní kolem rámu okna.

Na obrázcích jsou konstrukční detaily možného zabudování okna, které jsou doplněny průběhem izoterm. Izoterma spojuje místa se stejnou teplotou v konstrukci. Čím jsou čáry hustější, tím rychleji klesá nebo stoupá teplota. Při nesprávném osazení je zřetelné extrémní zhuštění izoterm a vznik tepelného mostu.



Vliv osazení okna na součinitel prostupu tepla

### Teplota na vnitřním povrchu

Se součinitelem prostupu tepla úzce souvisí teplota na vnitřním povrchu materiálu – dotyková teplota. Je to parametr, který způsobuje buď pocit chladu, nebo naopak pocit příjemně teplé konstrukce. Platí, že pokud je dodržena hodnota  $U$ , potom okno splní požadavky normy na dotykovou teplotu.

U okna o součiniteli prostupu tepla  $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  při venkovní teplotě  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  neklesne nejnižší povrchová teplota okna pod  $13,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , což je bezpečně nad kritickou hodnotou uváděnou v normě pro výplně otvorů. Kritickým místem s nejnižší teplotou je zpravidla styk zasklení a rámu a tzv. distanční rámeček.

Většina okna má však výrazně vyšší teplotu (až  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Tím je docíleno tepelné pohody i v blízkosti velké prosklené plochy.

Rosení oken je potom důsledkem nízké povrchové teploty oken a vysoké vlhkosti v interiéru. Dotykovou teplotu je možné měřit například dálkovým laserovým teploměrem nebo spočítat ve výpočtovém programu simulujícím teplotní pole (Therm).

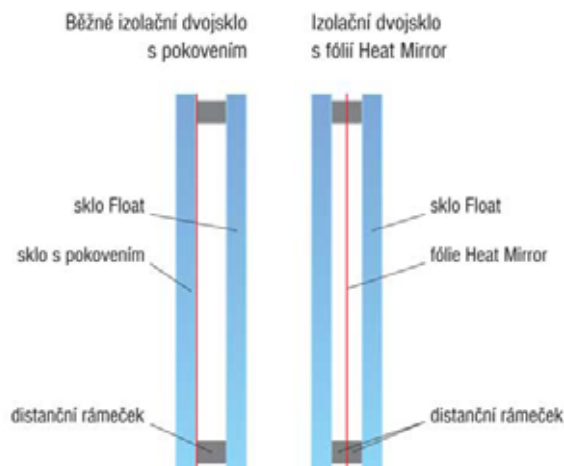


Schéma umístění fólie Heat Mirror

### Vývoj požadavků na součinitel prostupu tepla - $U_g$ [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]

	rok 1992	rok 2002	rok 2005	požadavek pro pasivní domy
požadované hodnoty	2,9	1,8	1,7	0,8

\*) Uváděné hodnoty jsou pro nová okna z normy ČSN 730540-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Hodnota  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  je požadována pro certifikaci okna u Passivhaus Institutu (Německo) a uváděna jako maximální pro použití v pasivních domech v klimatických podmínkách střední Evropy. Co je důležité – certifikovaná okna jsou testována se zasklením se stejným parametrem  $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , což vypovídá i o kvalitě rámu. Okna s vynikajícím zasklením a nevhodným rámem sice mohou mít  $U$  celého okna  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , ale po osazení do konstrukce vzniká v místě osazení značný tepelný most, který výrazně zhorší součinitel prostupu tepla celého okna po osazení.

### Propustnost slunečního záření

Pasivní domy by měly být již od začátku navrhovány tak, aby umožňovaly vpustit do interiéru co nejvíce sluneční energie. Při tak dobré tepelné izolaci tvoří sluneční zisky významný podíl na celkovém pokrytí potřeby tepla domu.

Parametrem, který je pro to určující, je propustnost slunečního záření  $g$  [%]. Určuje, kolik procent slunečního tepla (infračervená oblast slunečního záření) se neodrazí, ale pronikne do interiéru. Tento parametr však výrazně klesá s použitím třetího skla. U okna s  $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  by měla být propustnost slunečního záření větší než 50 %.

### Průvzdušnost funkčních spár

Určuje, jak těsné je připojení rámu okna k ostění (zeď, OSB). Požadavek, který je definován v technické normě ČSN 73 0540-2, je pro budovy s nuceným větráním téměř desetkrát přísnější než pro budovy s přirozeným větráním.

Z toho je zřejmé, že dobré utěsnění má zásadní vliv nejen pro zamezení nekontrolovatelných tepelných ztrát, ale je důležité i pro správné fungování větracího systému, aby nedocházelo k přísávání vzduchu spárami oken a dveří.

Pro zajištění tak nízké průvzdušnosti spáry se používají speciální třístupňové těsnicí systémy – vnitřní, středové a vnější těsnění. Vnitřní fólie slouží k zajištění vzduchotěsnosti a parotěsnosti, kontaktní plocha rámu okna se kvůli tepelné a zvukové izolaci vypěňuje. Vnější fólie brání proniknutí dešťové vody do spáry při zachování paropropustnosti.

Správné utěsnění funkčních spár oken má velký význam pro zajištění vzduchotěsnosti a pro dosažení nízké hodnoty  $n_{50}$ .

### Zasklení

Velmi důležitý parametr zasklení, který přímo ovlivňuje tepelnou pohodu v místnosti, je vnitřní povrchová (dotyková) teplota. Tato teplota je výsledkem výše uvedených hodnot, které ovlivňují kvalitu zasklení. Následující tabulka přehledně zobrazuje, jak se mění výsledná teplota s rostoucí kvalitou okna při vnitřní teplotě 21 °C a vnější teplotě -14 °C.

### Vzduchová mezera

Meziprostor izolačních zasklení býval dříve plněn pouze vzduchem. Ztráty vedením tepla se však dají redukovat použitím vzácných (inertních) plynů, které mají podstatně menší tepelnou vodivost. Nejběžněji se používají argon a krypton, teoreticky je možné uvažovat i o xenonu.

Vlastnosti jednotlivých plynů jsou více či méně závislé také na tloušťce mezery, která se pohybuje přibližně od 6 do 20 mm. Každý z plynů dosahuje svých nejlepších vlastností při jiné tloušťce mezery.

### Distanční rámečky

Styk skleněných tabulí s rámem a distanční rámeček (anglicky spacer), který zajišťuje přesnou vzdálenost mezi nimi, jsou energeticky nejslabším místem okna. Hodnota součinitele prostupu tepla  $U_g$  se většinou udává ve středu tabule. Ve skutečnosti je však na okrajích skla silně ovlivněna kvalitou použitého distančního rámečku.

Pro výrobu rámečků se dříve používal hliník, který je velmi tepelně vodivý, a tudíž naprosto nevhodný. Poněkud lépe jsou na tom rámečky z nerezové oceli.

U oken pasivních domů by však mělo být pravidlem použití tzv. „teplých rámečků“ (Warm Edge). Jsou to plastové rámečky s ocelovou výztuží,

Vlastnosti zasklení jsou charakterizovány následujícími fyzikálními parametry

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	součinitel prostupu tepla zasklením udává, jaké množství tepla ve Watech za sekundu projde plochou m <sup>2</sup> zasklení při rozdílu teplot 1 K. Výpočet součinitele prostupu tepla pro vícenásobné zasklení je poměrně komplikovaný
$g$ [%]	propustnost slunečního záření, v rozmezí 0 až 1, udává, kolik procent slunečního záření dopadne do interiéru. Je součtem krátkovlnné složky slunečního záření, které přímo pronikne do interiéru ( $\tau_i$ ), a tepla, které odevzdá zasklení interiéru ( $q_i$ ) $g = \tau_i + q_i$
$g/U$	slouží k orientačnímu energetickému posouzení okna; čím je tento poměr větší, tím má okno lepší vlastnosti
$\lambda_k$ [W/(m.K)]	ekvivalentní tepelná vodivost distančního rámečku
$R_w$ [dB]	index zvukové neprůzvučnosti

Teplota povrchu zasklení při různých parametrech  $U_g$

Součinitel prostupu tepla $U_g$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	2,9	1,7	1,2	0,8
Povrchová teplota skla [°C]	7,9	13,3	15,6	17,4

kteří mají kvůli přilnavosti tmelů kovové hrany. Lze se také setkat s typovým označením TGI či Swisspacer.

### Tepelné zrcadlo

Systém tepelného zrcadla (heat mirror) je na našem trhu už poměrně běžný. Technologie, která je stará již téměř třicet let, byla vyvinuta v americkém vojenském výzkumu.

Fólie, která je pokryta nízkoemisivní vrstvou a je průhledná pro viditelné světlo, je napnuta uprostřed mezi dvěma skly. Výhodou je především hmotnost okna odpovídající běžnému dvojsklu při stejných nebo lepších parametrech než u trojskla.

Tepelné zrcadlo také propouští do interiéru jen část spektra slunečního záření. Zjednodušeně to znamená, že v létě, kdy hrozí riziko přehřívání, pustí teplo ven a v zimě, kdy jsou sluneční zisky nejvíce potřeba, propouští teplo dovnitř a nepouští ven. Samozřejmě tento efekt funguje jen v malé míře a výrazněji neovlivňuje potřebu stínění v letním období.

V současné době je na trhu již i systém s dvěma fóliemi heat mirror. Výsledkem je čtyřvrstvý izolační systém dosahující velmi nízkých hodnot součinitele prostupu tepla – při šířce zasklení 40 mm je  $U < 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Schéma str. 57.

### Výhoda u střešních oken

Při naklonění okna (např. u střešních oken) dochází v důsledku změny cirkulace vzduchu k výraznému zhoršení tepelně-izolačních vlastností. Při sklonu  $45^\circ$  se jedná až o 32 %. Při použití mezisklené fólie ke zhoršení součinitele  $U$  téměř nedochází (1 až 3 %). Je to proto, že fólie oddělí prostor na dvě samostatné komory a brání přímému předávání tepelné energie mezi skly v šikmém i vodorovném směru.

### Výhody tepelného zrcadla

- nízká hmotnost okna při vynikajících izolačních vlastnostech,
- propustnost pro specifické složky spektra slunečního záření,
- zachování vlastností okna při naklonění,
- nízká povrchová teplota skla – tepelný most u napojení skla na rám, nevhodné osazení okna v konstrukci.

### Nevýhody tepelného zrcadla

- vyšší cena,
- menší propustnost slunečního záření.

### NEPRŮVZDUŠNOST, ZKOUŠKY KVALITY

Dokonalé vyřešení a realizace vzduchotěsné obálky budovy je jedním ze základních pilířů pasivního domu. Nepotřebného „větrání“ spárami a netěsnostmi se v pasivním domě snažíme vyvarovat a nahradit jej větracím systémem s vysoce účinnou rekuperací tepla. Jak praxe ukázala, při plánování a provedení spojitě vzduchotěsné vrstvy je zapotřebí profesionálního přístupu. Případné šetření či nedbalost může způsobit větší tepelné ztráty, kondenzaci vlhkosti v konstrukcích a následně pak vznik poruch a nižší životnost staveb.

### Základní požadavky na průvzdušnost

Celkovou průvzdušnost obvodového pláště budovy stanovuje norma jako hodnotu  $n_{50}$  [ $\text{h}^{-1}$ ] celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Čím menší je tato hodnota, tím je větší vzduchotěsnost stavby. Pro pasivní dům s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je hraniční hodnota  $n_{50,N} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Za jednu hodinu se tedy v budově nesmí vyměnit více vzduchu než 60 % celkového objemu budovy. Měření probíhá při stejnoměrném tlakovém rozdílu (podtlaku nebo přetlaku) 50 Pa, což odpovídá tlaku vznikajícímu při síle větru asi 9 m/s.

Hodnota  $n_{50}$  se určuje experimentálně měřením dvěma metodami: při výstavbě po dokončení vzduchotěsnicích opatření nebo v době používání budovy. Zásadní je měření neprůvzdušnosti během výstavby, nalezené netěsnosti se pak dají hned na místě odstranit, a zabrání se tak jejich překrytí a následné zdlouhavé lokalizaci.

### Průvzdušnost domu = tepelné ztráty

Vysoká průvzdušnost obálky budovy pochopitelně vede také k vyšším tepelným ztrátám, které během projektování budovy zpravidla nejsou zohledněny. Skutečné energeticko-tepelné vlastnosti budovy mohou být někdy výrazně horší než navrhované a v krajním případě může dojít k poddimenzování otopné soustavy. Ve výpočtech se rovněž uvažuje s více faktory ovlivňujícími konečné hodnoty ztrát, jako expozice budovy, množství fasád vystavené pů-

### Porovnání hodnot $\lambda_k$ pro různé materiály distančních rámečků

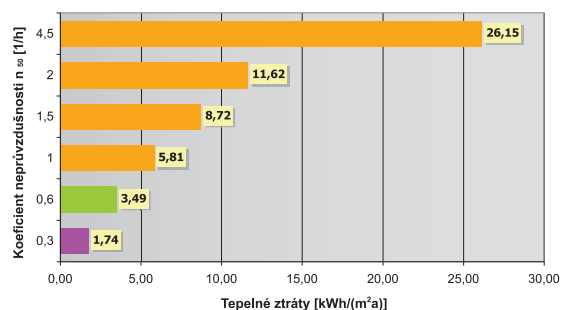
materiál	hliník	galvanizovaná ocel	nerezová ocel	teplý rámeček – plast s ocel. výztuží
ekv. tepelná vodivost $\lambda_k$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	3,05	2,15	0,974	0,321

sobení větru, výška budovy a jiné. Vliv hodnoty  $n_{50}$  na měrnou roční potřebu tepla ilustruje graf (na této straně). V přibližných výpočtech byly použity střední hodnoty faktorů a velikost obytné plochy 100 m<sup>2</sup>. Při hraniční hodnotě  $n_{50}$  pro pasivní domy 0,6 h<sup>-1</sup> jsou ztráty asi 3,5 kWh/(m<sup>2</sup>.a), což je při celkové měrné potřebě tepla na vytápění 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a) podstatná část. Pro porovnání, běžná budova s přirozeným větráním s hodnotou  $n_{50} = 4,5$  h<sup>-1</sup> má roční ztráty infiltrační kolem 26 kWh/(m<sup>2</sup>.a), což je více než 1,5násobek měrné potřeby tepla na vytápění u pasivních domů. Je zřejmé, že zabezpečení neprůvzdušnosti je nutno věnovat náležitou pozornost.

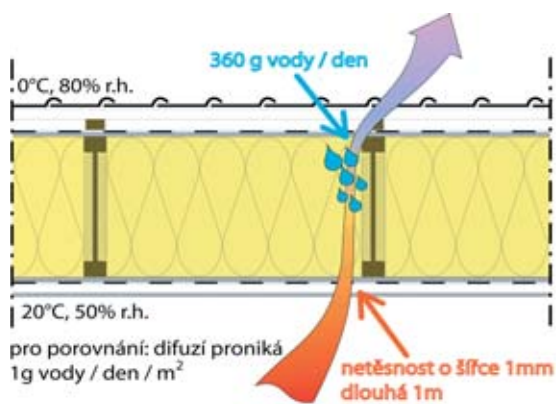
Některé z měřených pasivních domů překračují hraniční hodnotu  $n_{50} = 0,6$  h<sup>-1</sup> několikanásobně a určitě se za pasivní považovat nedají. Menší část domů hodnotu splňuje a značná část je blízko kýžené hodnoty. Nedosažení požadované hodnoty lze připsat ve značné míře chybám v projektové fázi (volba vzduchotěsnicích vrstev, řešení detailů napojení vrstev), chybám během provádění stavby (zanedbání kvality provedení, nechtěné porušení vzduchotěsné vrstvy atd.), velikosti objektů (u malých objektů je větší poměr vzduchotěsnicích vrstev k vnitřnímu objemu). Na základě výsledků vyvstává doporučení věnovat zvláštní pozornost neprůvzdušnosti již ve fázi návrhu a koordinovat návrh i s ostatními profesemi (vzduchotechnika, instalace atd.). Obdobně je nutné postupovat i při realizaci – všechny zainteresované obeznámit s požadavky na neprůvzdušnost a zajistit kvalitní a častý technický dozor.

### Riziko šíření vlhkosti

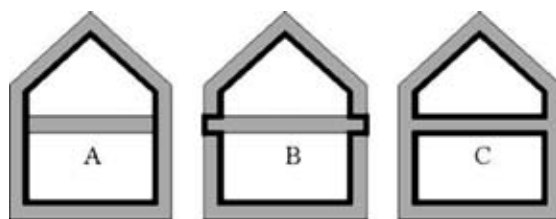
Typickými netěsnostmi může proudit teplý vzduch z interiéru do exteriéru a působit tak jako nositel vlhkosti. Tato skutečnost je v každém případě nezanedbatelná. Vzduch proudící spárou širokou 1 mm a dlouhou 1 m (při teplotě v interiéru 20 °C a relativní vlhkosti 50 %) může denně z interiéru přenést kolem 360 g vody (ročně 10–15 kg vody) ve formě vodních par. To je mnohonásobně více než při vlhkostním toku v důsledku difuze vodních par a je prakticky nemožné, aby se takové množství účinně odpařilo. Zpravidla se tyto páry hromadí



Vliv hodnoty  $n_{50}$  na potřebu tepla na vytápění. Platí jednoduchá rovnice – čím vyšší průvzdušnost budovy, tím vyšší tepeľné ztráty. Netěsné novostavby mají tyto ztráty průvzdušností budovy dokonce větší než celková roční potřeba tepla na vytápění u pasivních domů (zdroj program PHPP).



Vzduchotěsná vrstva



Různá řešení průběhu vzduchotěsné vrstvy v detailu obvodová stěna / vnitřní strop:  
 A - utěsnění prostupu trámů, B - „obalení“ trámů, C - samostatně utěsněné prostory

Porovnání doporučených hodnot koeficientu  $n_{50}$  v závislosti na rozdílném způsobu větrání dle ČSN 73 0540-2

Větrání v budově	$n_{50,N}$ [h <sup>-1</sup> ]
Přirozené	4,5
Nucené	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0
Nucené se zpětným získáváním tepla v pasivních domech	0,6

ve vrstvách konstrukcí do nasákových materiálů. Při teplotních rozdílech pak kondenzují na chladnějších místech nebo rozhraních materiálů s různým difuzním odporem. Takové podmínky jsou ideální pro vznik plísní a hub, které mohou způsobit rozsáhlé škody na konstrukcích. Vznik plísní na straně interiéru je způsoben zpravidla nasáknutím izolantu, u kterého se radikálně snižuje izolační schopnost. Vytváří se tím tepelný most a možnost kondenzace vlhkosti na vnitřním povrchu. Dřevěné konstrukce jsou náchylnější na vlhkost a už za několik let mohou být značně ovlivněny jejich fyzikální vlastnosti až po totální destrukci. U masivních staveb je riziko menší, respektive poruchy se můžou projevit za delší čas. Především u střešních konstrukcí je výskyt netěsností častější kvůli zhoršené dostupnosti a složitějším detailům přechodu konstrukcí.

Pečlivě provedená vzduchotěsnicí vrstva tedy zlepšuje ochranu konstrukcí před vlhkem a zvyšuje tím životnost celé stavby. Kromě toho je zásadní i doporučení skladby konstrukcí s ohledem na difuzní odpor vrstev. Platí zásada, že směrem k exteriéru by se měl difuzní odpor kvůli odvětrání vlhkosti zmenšovat. Vzduchotěsnicí vrstva musí být umístěna s ohledem na možnou kondenzaci vodních par. Její umístění ve vnitřní čtvrtině konstrukce, co se týče tepelného odporu, ve většině případů této podmínce vyhoví a vlhkost zde nekondenzuje.

## JAK NA KVALITNÍ UTĚSNĚNÍ ANEB VZDUCHOTĚSNOST BEZ KOMPROMISŮ

### Kvalitní návrh

Základem vysoké neprůvzdušnosti u pasivního domu je pečlivě propracovaný návrh s vyřešenými detaily a použitými materiály. Je vhodné dodržet několik zásad:

- volba vhodné konstrukce budovy s minimem problematických detailů,
- návrh spojitě vzduchotěsné obálky bez přerušení a její správné umístění v konstrukci,
- volba vhodného vzduchotěsnicího materiálu, kvalitních spojovacích a těsnicích materiálů (lepicí pásky, tmely atd.) kompatibilních se vzduchotěsnicím materiálem a s garantovanou funkčností (přilnavost, pružnost) po celou dobu životnosti konstrukce,
- minimalizace prvků prostupujících vzduchotěsnou vrstvou – např. pomocí vedení rozvodů v instalačním prostoru,
- identifikace problematických míst, vyřešení způsobu utěsnění a napojení vzduchotěsnicí vrstvy na ostatní konstrukce spolu s detailní dokumentací a návrhem použitých materiálů,
- dokonalé utěsnění spojů navazujících a prostupujících prvků (okna, potrubí).

Při navrhování pasivních domů s ohledem na vzduchotěsnost je zapotřebí dbát i na další faktory, jako jsou expozice budovy vůči větru a tvarová členitost. Samotná expozice budovy nemá vliv na její neprůvzdušnost, ale na množství vyměněného vzduchu v objektu netěsnostmi a s tím spojené tepelné ztráty. Různá expozice budovy znamená rozdílný tlak větru. Doporučuje se umisťovat domy na závětrná místa nebo umístit větrolamy z návětrné strany. Co se týče členitosti, jednoduchý tvar domu bez komplikovaných detailů nepochybně znamená při realizaci méně potenciálních netěsností. Již v návrhu je proto nutné se vyvarovat složitých detailů s omezenou dostupností, např. dvojité kleštiny a jiné.

Různé druhy konstrukce vyžadují specifický přístup při navrhování a provedení vzduchotěsnicí vrstvy. Například u řešení C je reálné nebezpečí provětrávání, a tím i prochlazování stropu nad 1. NP a je vhodné jen pro určité druhy konstrukcí.

### Materiály pro vzduchotěsnicí vrstvu

Vhodné: vzduchotěsné materiály	Nevhodné: netěsné materiály
<ul style="list-style-type: none"> <li>– vnitřní omítka na zděné stavbě</li> <li>– fólie (parozábrana)</li> <li>– armovaná lepenka</li> <li>– tvrdé a polotvrdé konstrukční desky na bázi dřeva, např. OSB, MDF, DFF</li> <li>– beton se správným poměrem vody a dalších složek, zhutněný vibrováním a bez prasklin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– samotná zděná stavba (spáry v maltě)</li> <li>– perforované fólie</li> <li>– měkké dřevovláknité desky, např. Hobra, Isoplat</li> <li>– příliš suchý beton (horší zhutnění a spojitost)</li> <li>– příliš mokřý beton (vznik prasklin)</li> <li>– desky z tvrzeného polystyrenu</li> <li>– pero – drážkové bednění</li> <li>– sádkokarton</li> </ul>
Trvale těsné spoje	Spoje dočasně těsné, netěsné
<ul style="list-style-type: none"> <li>– fólie slepené butylkaučukovými páskami, příp. i s dodatečným přitlačným laťováním</li> <li>– vzduchotěsné lepicí pásky s akrylátovou vrstvou</li> <li>– vhodná manžeta (průchodka) pro instalační prostupy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– izolační pásky, papírové pásky, balicí apod.</li> <li>– přelepování masivních konstrukcí bez primeru (adhezivního impregnačního nátěru)</li> <li>– spáry vyplněny silikonovým tmelem</li> <li>– PUR montážní pěna</li> <li>– fólie bez slepení přesahů</li> </ul>

Klíčové je již ve fázi plánování podrobně vypracovat celkový koncept vzduchotěsnosti zahrnující veškeré napojení ke konstrukčním prvkům, jejich přechodům a utěsnění otvorů (prostupů instalací). Všechny detaily je nezbytně jasné vyřešit a popsat.

#### Nejčastější místa a příčiny vzniku netěsností

Důvod vzniku netěsností může být různý – ve fázi návrhu zanedbáním, případně nedořešením návrhu neprůvzdušnosti nebo ve fázi realizace stavby nedodržením doporučených postupů, použitých vzduchotěsnících a lepicích materiálů, případně zhoršenou dostupností míst nebo neovladnutím koordinace jednotlivých profesí. Jedná se hlavně o místa napojení konstrukcí: střecha na obvodovou zeď v místě pozednice, detaily v okolí trámů a vazníků (většinou zhoršená dostupnost), v místě uložení stropu, napojení vnitřních zdí na obvodovou stěnu, detaily kolem základů v místě napojení obvodové zdi a podlahy. Další problematická místa jsou stavební otvory (okna, dveře, přístupová dvířka) a veškeré prostupy vedením, přípojky zemního registru, vzduchotechniky a taky odvodů zplodin zdroje tepla, kanalizace a jiné.

#### Vhodné materiály pro vzduchotěsnicí vrstvu

U masivních konstrukcí plní funkci vzduchotěsnicí vrstvy vnitřní omítka bez prasklin, která musí být provedena spojitě na všech obvodových stěnách. Samotná zděná stavba má totiž značnou průdušnost přes mezery v maltě. Omítnuté musí být i stropy, nebo v případě monolitických stropů vzduchotěsně napojené na obvodové zdi. Je ovšem důležité zajistit dokonalé utěsnění vedení instalací, jejich výustek (použít vzduchotěsné zásuvkové krabice, vypínače) a dalších prostupů, jako kotvicí prvky a jiné. V případě viditelné vnitřní zděné konstrukce bez omítky je vzduchotěsnou vrstvu nutno umístit mezi interiérové zdivo a další vrstvu.

Vzduchotěsnost u dřevostaveb je zabezpečena pomocí konstrukčních desek na bázi dřeva – nejčastěji OSB (dřevoštěpkové desky), MDF (dřevovláknité tvrdé) nebo plastové fólie – parozábrany. Které z nich použít – desky, nebo fólie? Desky na bázi dřeva se používají nejčastěji, a to ve vyhotovení na pero a drážku se spojí tmelenými trvale plastickým tmelem a přelepené páskami. Výhoda oproti fóliím tkví ve spojení vzduchotěsnících schopnosti se současným zavětrováním konstrukce. Nevýhodou fólií je také jejich menší odolnost vůči propíchnutí nebo proříznutí (což se při stavbě často stává), dále nutnost napojování na podložených místech a eventuální přítlačné laťování. Vzduchotěsnicí vrstva se umísťuje na vnitřní straně konstrukce za instalačním

prostorem, v případě jednovrstvé skladby na vnitřní straně stěn. Instalační prostor o malé tloušťce (asi 50 mm) má hned několik výhod: zmenšuje počet prostupů vedení vzduchotěsnicí vrstvou (elektřina, voda a jiné), při provádění instalací se snižuje nebezpečí poškození dokončené vzduchotěsnicí vrstvy.

Utěsnění oken a jiných stavebních otvorů je v každém případě zapotřebí věnovat náležitou pozornost. Připojovací spáry výplní otvorů jsou velmi citlivým místem, protože jejich tloušťka je malá, ale požadavky na ně jsou přibližně stejné jako na ostatní obvodové konstrukce. Klíčem ke kvalitně vyhotovené montážní spáře je správný výběr materiálů, jejich skladba a detailní projektová dokumentace. Jednoduché utěsnění PUR pěnou v žádném případě není dostatečné, zejména po ořezání expandovaných přebytků. Má otevřenou buněčnou strukturu, a za vzduchotěsnou tedy považována být nemůže. Kromě toho je nasákavá a není po expandování tvarově přizpůsobivá (při pohybech stavebních prvků vznikají neizolované mezery s přímým prouděním vlhkého vzduchu). Použité materiály by měly splňovat požadavky vysoké odolnosti vůči průchodu vody (pro většinu budov je dostačující při tlaku 600 Pa), schopnost vyrovnávat tvarové nerovnosti různé tloušťky spár a dilatační pohyby. Co se týče skladby, je vhodné se držet zásady „těsněji vevnitř než venku“, tedy pro vnitřní stranu vybírat materiály s větší vzduchotěsností a parotěsností a směrem k vnější straně volit materiály prodyšnější, kvůli možnosti odvětrání i vysušování spár a zabránění následné kondenzaci vodní páry. Pro tento účel jsou vhodné předkomprimované pásy, provazce nebo speciální silikonové tmely. Těsnicí pásy, fólie a lišty pro utěsnění oken se vyrábějí v mnoha vyhotoveních pro interiéry i exteriéry (s rozličným difuzním odporem), s možností přilepení nebo přichycení do omítky pomocí perlinky. Nabídka je velmi široká, takže lze vybrat vhodný výrobek pro různá řešení připojovací spáry okna a jakýkoliv druh stěny a okna.

#### Vzduchotěsné spoje

Levné náhražky v podobě kancelářských a jim podobných pásek určitě nezaručí kvalitní utěsnění stavby. Takové materiály s nízkou pevností, přilnavostí a omezenou životností jsou vysoce rizikové a mohou úplně znehodnotit vynaložené úsilí.

V současné době je značný výběr speciálních výrobků pro lepení, napojování, utěsňování pro tento účel vyvíjených, s garantovanou životností. Rozličné vyhotovení těsnících materiálů umožňuje výrazně urychlit a zjednodušit utěsňování stavby a dosáhnout prakticky nulové průvzdušnosti detailů. Výrobci parozábran mnohdy současně dodávají,



Nejčastější místa vzniku netěsností. Jedná se především o místa napojení konstrukcí, kde vznikají problematicky utěsnitelné detaily.



K lokalizaci netěsností se používají speciální přístroje, např. anemometr, který měří okamžitou rychlost proudění vzduchu.

či alespoň doporučují vhodné pásky a doplňky pro jejich napojování. Výhodu tu mají ucelené těsnicí systémy, nabízející jednoduché řešení detailů i s mnoha užitečnými doplňky. O vhodnosti použití a kombinaci různých lepicích a spojovaných materiálů je možné se poradit s výrobcem. Některé materiály mohou totiž vzájemně chemicky reagovat, popřípadě nevytvářejí trvale těsné spoje. Při používání těsnicích materiálů je zapotřebí řídit se montážními postupy doporučenými výrobcem.

Přítlačování pásek je důležité věnovat pozornost. Doporučuje se použít speciálních válečků nebo je obzvláště precizně přítlačovat, protože pevnost spojů je takřka přímo úměrná tlaku při spojování. Mezi netěsné spoje se totiž po určitém čase může dostat prach a nečistoty. Netěsnosti vzniklé nepřilnutím pásek se složitě lokalizují, obzvláště po dokončení dalších vrstev konstrukce.

Pro exteriér se používají těsnicí pásky a fólie s menším difuzním odporem, vhodné pro slepování difuzních folií a utěšňování rámu oken z vnější strany. Tyto výrobky umožňují vynikající odvětrání a zároveň zabraňují průniku hnaného deště na tepelnou izolaci.

Ke slepování parotěsných fólií nebo styků konstrukčních desek se používají pásky s vysokým difuzním odporem. Mírná roztažnost těchto pásek zaručuje trvalé parotěsné a vzduchotěsné spoje i při dotvarování stavby.

Speciální pásky a fólie pro vzduchotěsné napojení oken se vyrábějí v mnoha variantách. Díky zvláštní konstrukci (záhybu) nebo vysoké roztažnosti umožňují dokonalé napojení rámu okna v místě připojovací spáry i při dilatačních pohybech. Na vzduchotěsnicí vrstvu se napojují pomocí lepicí vrstvy, perlínky, která umožňuje omítnutí, nebo pomocí tmelu. Stejně tak speciální okenní lišty s předkomprimovanou páskou zajišťují vzduchotěsnost připojovací spáry oken.

Pružné pásky s vysokou roztažností se používají pro napojení konstrukcí např. v místě základového prahu nebo stropu a také pro utěsnění prostupů kolmo prostupujících prvků bez použití manžet. Díky vysoké roztažnosti až 300 % jsou vhodné zejména pro velké prostupující prvky kruhového a obdélníkového průřezu (např. potrubí vzduchotechniky). Používají se materiály na bázi butylkaučuku nebo bitumenkaučuku. Výhodou je, že po spolehlivém obemknutí prostupujícího prvku je možné pásku roztáhnout, aby současně naplocho přilnula k parozábraně. Lepit je možné i na silikátové materiály, nejlépe s použitím primeru (adhezivního nátěru).

Těsnicí manžety a průchodky potrubí slouží k trvalému vzduchotěsnému a parotěsnému uzavření

otvorů s prostupem prvků kruhového průřezu. Vyrábějí se ve více rozměrech pro kabely nebo tenčí i hrubší potrubí. Používají se především u prostupů s menším průměrem, kde je nevhodné použití pružných pásek, kvůli rozměru, ale i teplotě nebo jiným faktorům. Manžety jsou vestavěny do samolepicích pásek, což zjednodušuje jejich použití.

Vzduchotěsné elektroinstalační krabice a vypínače se používají u konstrukcí, kde instalace prostupují vzduchotěsnicí vrstvou, například omítkou u masivních staveb, nebo u dřevostaveb bez instalační roviny. Těsnost zajišťují vzduchotěsně řešené kabelové otvory.

## KONTROLA NEPRŮVZDUŠNOSTI

Nezbytnou součástí zajištění kvality pasivních domů je test neprůvzdušnosti, a to ve správný čas. Je naprosto nutné zabezpečit tento test v průběhu výstavby po dokončení vzduchotěsnicí vrstvy. Včas se tím odhalí defekty a netěsnosti a jejich náprava bude jednodušší a levnější. Další test v době používání budovy je pak dokladem pro certifikaci.

Určení průvzdušnosti budovy se provádí měřením metodou tlakového spádu, např. pomocí blower door testu. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný ve vhodném otvoru v obvodové stěně vytváří v budově tlakový rozdíl (podtlak nebo přetlak) a měřením objemového toku u ventilátoru vyhodnocovací jednotka vypočte průměrnou hodnotu  $n_{50}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa. Při zjišťování těsnosti obálky musí být během měření důsledně utěsněny všechny stavební otvory, instalační otvory a prostupy, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Jedná se zejména o okna, přípojky vzduchotechniky, kanalizace, vody, zdroje tepla a elektroinstalací. Výsledná hodnota je pak považována za intenzitu výměny vzduchu přes funkční spáry a netěsnosti. U certifikačního testu během provozu se utěsňuje pouze vzduchotechnika.

Měřicí aparatura se skládá z výkonného ventilátoru, čidel na měření objemového toku vzduchu a vyhodnocovací jednotky. Pomocí napínací plachty se ventilátor vzduchotěsně umístí do vhodného otvoru (obr. na str. 63) a nainstalují se přístroje pro měření tlakového rozdílu a objemového toku. Otáčky ventilátoru se nastaví tak, aby se vytvořil konstantní tlakový rozdíl, a pak se změří objemový tok vzduchu procházejícího ventilátorem. Měření se opakuje při různých úrovních tlakového rozdílu v rozsahu přibližně 20 až 80 Pa. Řídící jednotka obsahující přenosný počítač a speciální software řídí a kontroluje celý průběh měření, které pak okamžitě vyhodnocuje.

## Lokalizace netěsností

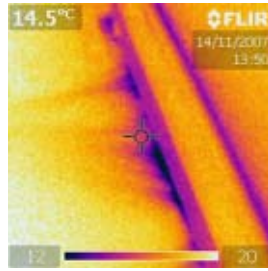
Součástí měření bývá také lokalizace netěsných míst, a to zejména v případě neuspokojivých výsledků testu. Ty vznikají hlavně v místech spojů různých konstrukcí, v okolí stavebních otvorů apod. Po vytvoření podtlaku k detekci pak slouží např. ruční anemometr – přístroj na měření okamžité rychlosti proudění vzduchu, řadu cenných informací může přinést také termovizní snímkování. Mnohdy je možné lokalizovat netěsnosti i pomocí našich smyslových orgánů, např. dlaní, které jsou na pohyb vzduchu velmi citlivé. Pro zjištění proudění vzduchu složitějšími detaily se může využít sledování pohybu barevného kouře vytvářeného za přetlaku. Tato metoda se používá nejméně, ale je velice názorná, což je v některých případech velkou výhodou. Utěsňování nalezených netěsností probíhá hned na místě až do fáze uspokojivého výsledku blower door testu.

## VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ

Kvalitní čerstvý vzduch je pro život nepostradatelný, ať už na pracovišti nebo doma. Zabezpečit větrání v pravidelných intervalech není také jednoduché. Správně by se mělo větrat každé dvě hodiny (i v noci!) na 3 až 10 minut otevřenými okny, ideálně dvěma okny a dveřmi. Kdo ale doopravdy takhle větrá? Běžné větrání okny způsobuje značné tepelné ztráty, a proto se v zimě větrá o mnoho méně, než je potřebné. Toto chování může se sebou nést řadu problémů, např. zvyšování relativní vlhkosti, růst plísní, zvyšování škodlivých látek atd. Kromě toho jsou tepelné ztráty běžným větráním pro pasivní domy příliš vysoké. Jejich nedílnou součástí jsou větrací jednotky s rekuperací odpadního tepla, které zabezpečují vynikající kvalitu vzduchu při minimálních tepelných ztrátách. Jednotky jsou tiché a úsporné, při větrání se nevytváří průvan.

Čerstvý vzduch je neustále přiváděn do obytných místností, a to přesně v potřebném množství pro vysoký komfort a hygienu. Pro správnou funkci větrání je odpadní vzduch odváděn z míst se vznikem znečištění – kuchyň, WC, aby nedocházelo ke znehodnocení vzduchu v dalších prostorech. Oproti běžnému větrání zde nevzniká průvan. Rychlosti proudění vzduchu jsou velmi malé – řádově jen několik centimetrů za sekundu. Výměna vzduchu tedy probíhá prakticky necitelně a samozřejmě neslyšně. Teplo, které se při větrání odvádí z domu, je však možné zpětně využít. Tepelné ztráty řízeným větráním výrazně snižuje větrací jednotka se zpětným získáním tepla, ve které odváděný vzduch odevzdává své teplo vzduchu přiváděnému. U pasivních domů





Ochlazované místo v detailu napojení francouzského okna a podlahy, způsobené nesprávným napojením vzduchotěsné vrstvy. Při odhalování netěsností může být nápomocné i termovizní snímkování.

### REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY, TYPY, ÚČINNOSTI

Schéma				
Typ výměníku	křížový	křížový protiproudý	protiproudý	<input type="checkbox"/> křížový <input type="checkbox"/> protiproudý
Plocha výměníku [m <sup>2</sup> ]	4 – 10	6 – 14	17 – 60	
Profil proudění (fz)				
Účinnost rekuperace [%] efektivní účinnost dle PHPP	50 – 70	70 – 85 (60 – 75)	85 – 95 (75 – 82)	

je nutné použít rekuperační výměníky s účinností minimálně 80 %, ve kterých se přiváděný vzduch ohřívá téměř na pokojovou teplotu. Jde o jednoduchý princip, kdy je odpadní a čerstvý vzduch oddělen teplosměnnou plochou, přes kterou se teplo předává. U jednotek s vyšší účinností (více než 90 %) se využívá protiproudého principu kanálového výměníku. Nasávaný (studený) a odpadní (teplý) vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích, kde dochází k předávání tepla. Odpadní a čerstvý vzduch je oddělen a kvalita nasávaného vzduchu není ovlivněna. Větrací jednotka může být umístěna v technické místnosti, v podhledu stropu, ve sklepech, v podkroví nebo přímo v místnostech. Rozvody pro přívod a odtah jsou pak vedeny v podlaze, v podhledu pod stropem nebo ve stěnách. Další možností jsou viditelné kanály; některé lze omítat a tím je začlenit do prostoru. Velice často je systém nuceného větrání doplňován o zemní výměník, přes který je vzduch nasáván. V zimě plní funkci protimrazové ochrany, v létě naopak chlazení.

### Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla

- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání během topné sezony,
- neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO<sub>2</sub>,
- filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly – vhodné pro alergiky,
- vysoký komfort – teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí,
- bez hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny,
- kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním,
- bezobslužný provoz.

### Zpětný zisk tepla – rekuperace

Tepelné ztráty větráním u pasivního domu bez použití nuceného větrání s rekuperací jsou příliš velké. Při intenzitě výměny větrání  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  ztráty činí asi 35 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Použitím nuceného větrání s rekuperací s účinností nad 80 % se tyto ztráty sníží na hodnotu 5–8 kWh/(m<sup>2</sup>.a).

Co je to účinnost rekuperace neboli účinnost zpětného získávání tepla? Vyjadřuje, jaká část tepla je využita (předána přiváděnému vzduchu) z celkového množství tepla obsaženého v odváděném vzduchu. Hodnoty se pohybují mezi 0 a 100 %, přičemž nulová účinnost je účinnost otevřeného okna, kde je teplý vzduch bez užítku odváděn, a stoprocentní účinnost by byla tehdy, pokud by se přiváděný vzduch ohřál od odváděného na jeho původní teplotu. Reálně dosažitelné hodnoty účinnosti jsou

95 % a za vynikající se považuje účinnost rekuperace nad 80 %.

Poměr výkon/příkon neboli výkonový faktor větracích jednotek udává poměr výkonu rekuperace (energetických úspor zpětnou výměnou energie spotřebované na pohon ventilátorů tepla) a energie spotřebované na pohon ventilátorů. Vyšší faktor znamená větší úspory energie. Je-li výkonový faktor 10, je na každých 10 W uspořených rekuperací spotřebováno chodem jednotky 1 W.

Na výsledné hodnotě se významně podílí účinnost rekuperace, která je ovlivněna více faktory (viz dále). Stejně důležitá je spotřeba energie ventilátorů. Většina vysoce efektivních větracích jednotek využívá úsporných ventilátorů se stejnoměrným pohonem. Výkonový faktor takových jednotek se pohybuje v rozmezí 10–15, nejkvalitnější jednotky dosahují až hodnot 20.

Účinnost zpětného zisku tepla (ZZT), respektive celého systému, je přímo závislá na více faktorech – účinnosti samotného rekuperačního výměníku, průtoku vzduchu, možnosti využití kondenzačního tepla a stupni neprůvzdušnosti objektu. Účinnost udávaná výrobcí větracích jednotek je měřena v ideálních podmínkách a při provozu celého systému je nutno počítat s účinností o několik procent nižší, v závislosti na provedení celého systému.

V minulosti používané křížové deskové výměníky s účinností 50–70 % jsou dnes nahrazovány protiproudými kanálovými výměníky, které dosahují účinnosti až 95 %. Mezi proudícími vzduchy je více styčných ploch, přes které je výměna tepla realizována, a účinnost rekuperace klesá s narůstajícím objemem větraného vzduchu pomaleji.

#### Průtok vzduchu a tlakové ztráty

Účinnost rekuperace je ve velké míře závislá na množství vzduchu procházejícího výměníkem. Pokud je průtok vzduchu větší, než jaký byl dimenzován pro danou jednotku, účinnost rekuperace klesá. Ta je uvedena pro určitý objem vyměňovaného vzduchu (obvykle pro 25–50 % výkonu jednotky). Při 100 % výkonu účinnost klesá, v některých případech až o jednu pětinu. U vysoce kvalitních rekuperačních výměníků není snížení tak závažné. Obraz o průběhu účinnosti v závislosti na objemu větraného vzduchu nám udává křivka účinnosti, která by měla být součástí popisu každé jednotky.

Špatně navržený větrací systém s vysokou tlakovou ztrátou zase vyžaduje provoz hnacích ventilátorů s větším příkonem na zabezpečení stejného větracího výkonu výměny vzduchu. Výsledkem je navýšení spotřeby elektřiny potřebné na provoz jednotky.

Na správné fungování systému větrání má tedy zásadní vliv těsnost systému rozvodů, délka a průměr rozvodů, správný výběr jednotky a kvalitní návrh systému větrání a rozvodů. Návrh větrání by proto měli provádět jen specialisté, kteří mají zkušenost s pasivními domy. Pravidelná výměna prachových filtrů je nutností pro správný chod systému, ucpané filtry neumožňují volné proudění vzduchu.

#### Zpětný zisk vlhkosti

Některé systémy zpětného zisku tepla, například regenerační systém s rotačními prvky nebo i jiné, umožňují i zpětný zisk vlhkosti. Využitím latentního tepla obsaženého ve vlhkosti může být celková účinnost zpětného zisku tepla i o málo vyšší než u běžných výměníků, využívajících jen přenos citelného tepla. Jsou k dispozici i rekuperační výměníky, které mají teplosměnnou plochu z membrány, umožňující zpětný zisk až 60 % vlhkosti. Tyto systémy mají význam zejména v místech, kde dochází k nadměrnému vysoušení vzduchu, např. vlivem malé obsazenosti v zimním období.

#### Neprůvzdušnost konstrukcí

Značnou měrou se na účinnosti celého systému řízeného větrání s rekuperací tepla podílí neprůvzdušnost objektu. V případě pasivních domů je jasný předpoklad splnění stupně neprůvzdušnosti  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ , který je nezbytný nejen kvůli tepelným ztrátám, ale i kvůli správnému fungování větrání. Netěsnými spoji a konstrukcemi při větrání dochází k infiltraci a exfiltraci vzduchu, který neprochází rekuperačním výměníkem a vyměňuje se v podstatě „neřízeně“. Když je například účinnost celého systému 80 % při  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ , navýšením  $n_{50}$  na hodnotu  $1,0 \text{ h}^{-1}$  se účinnost snižuje na 75 % a při  $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$  je účinnost menší než 60 %! Obdobně na systém větrání působí otevírání oken, které by měli uživatelé zvážit zejména v zimním období.

#### Protimrazová ochrana rekuperačních výměníků

U vysoce účinných výměníků vyvstává potřeba protimrazové ochrany, protože odpadní vzduch je při velice nízkých venkovních teplotách ochlazován na teploty nižší než 0 °C. Ohřátý odpadní vzduch nese s sebou vlhkost, která ve výměníku při ochlazení kondenzuje a po zamrznutí může způsobit dočasnou nefunkčnost systému nebo i poškození výměníku. Nasávaný vzduch může být před vstupem do rekuperačního výměníku předehříván pomocí zemního výměníku tepla nebo elektrické spirály. Odpadní vzduch má pak po průchodu výměníkem teplotu, při které již nedochází k zamrznání výmění-

ku. Protimrazová ochrana je přímo součástí některých, zejména decentralních větracích jednotek.

### Větrání a vytápění

Při účinnosti rekuperace 80 % a venkovní teplotě -15 °C má vzduch po průchodu rekuperační jednotkou teplotu asi 15–17 °C. Na pokrytí tepelných ztrát objektu, i když jsou malé, je potřeba do domu dodat potřebné teplo. V pasivních domech se využívají dvě koncepce vytápění: teplovzdušné vytápění, kde je nosičem tepla přímo vzduch, nebo vytápění klasickými zdroji tepla s jiným topným médiem (stropní, stěnové a podlahové vytápění nebo i přímotopné panely a radiátory).

### Teplovzdušný systém vytápění

U pasivních domů platí pravidlo: čím méně techniky a rozvodů, tím lépe. Rozvod vzduchu lze současně využít k distribuci tepla a nahrazuje se jím klasická otopná soustava. Teplo dodávané do vzduchu slouží nejen pro samotné dohřátí vzduchu, ale hlavně na pokrytí tepelných ztrát místností. Sloučení řízeného větrání a teplovzdušného vytápění šetří pořizovací náklady a k vytápění obytných prostor se toto řešení využívá nejčastěji. Teplovzdušné vytápění lze realizovat jen u domů s velmi nízkou tepelnou ztrátou. Omezení vyplývá z faktu, že vzduch jako teplonosná látka má nízkou schopnost vést teplo. Současně je maximální teplota vzduchu z hygienických důvodů omezena na 50 °C. Při vyšší teplotě již dochází k rozkladu částic prachu, což zhoršuje kvalitu vzduchu. Ohřev vzduchu zpravidla zajišťuje nízkoteplotní teplovodní výměník zapojený do systému na ohřev teplé vody, případně elektrický ohřívač. Samotný ohřívač může být umístěn centrálně pro všechny větve nebo před každou výústkou, což zajišťuje lepší regulovatelnost teplot v místnostech. Regulování teplot uzavíráním klapek jednotlivých větví se z hygienických důvodů nedoporučuje. Zároveň se snižováním výkonu přivedeného do místnosti se totiž snižuje i množství větracího vzduchu. Výhodou teplovzdušného vytápění oproti sálavým zdrojům tepla je pružnost systému při reakci na změny teplot. Takový systém pak vykazuje větší úspory na vytápění, protože tepelné zisky, ať už solární nebo vnitřní, jsou tak využívány efektivněji.

Systémy teplovzdušného vytápění lze rozdělit na:

- Teplovzdušné vytápění bez cirkulace – přiváděný čerstvý vzduch je po přechodu rekuperačním výměníkem ohříván na teplotu do 52 °C, po vyvětrání a vytopení je odsáván a vyměňován za čerstvý. Tento systém je používán zejména v zahraničí, kde není cirkulace odpadního vzduchu povolena. V zimním období je však na pokrytí tepelných ztrát domu často

zapotřebí vyměňovat větší množství vzduchu, než je hygienicky nutné, což může mít za následek vysušování vzduchu v místnostech. Proto je nutné striktně dodržet limit na topnou zátěž systému 10 W/m<sup>2</sup>, což je hodnota v ČR skoro nedosažitelná, případně kombinovat teplovzdušné vytápění s dodatečnými zdroji tepla (podlahové, stěnové topení, sálavé panely či fólie atd.), které jsou možné jen po určité krátkou část topného období. Nevýhodou je kombinace zdrojů tepla, na druhé straně spotřeba elektřiny na pohon ventilátorů je nižší než v případě cirkulace.

- Teplovzdušné vytápění s cirkulací (tzv. dvouzónové větrací jednotky) – stejně jako v předchozím případě je přiváděný čerstvý vzduch po přechodu rekuperačním výměníkem ohříván na teplotu do 52 °C, po průchodu objektem je odsáván, znovu dohříván a vracen zpět do domu. Znečištěný odpadní vzduch je v domě vyměňován za čerstvý buď nárazově (po užití WC či kuchyně), nebo směšováním určitého hygienicky potřebného množství pomocí klapky v jednotce. To umožňuje systému pokrýt i vyšší tepelné ztráty pomocí cirkulace, bez narušení hygieny vnitřního prostředí a vysušování vzduchu. V letním období tento výkonnější systém zase umožňuje větší chladicí výkon díky většímu objemu větracího vzduchu. Určitou nevýhodou je složitější rozvodný systém (jedna větev navíc pro cirkulaci) a rozvody o větším průměru.

Oba zmíněné systémy teplovzdušného vytápění poskytují, při správném návrhu, stejný komfort za přibližně stejné vstupní náklady. Každý z nich má malé odlišnosti, na které je potřeba dbát během návrhu, které však neovlivňují kvalitu výsledku.

### Kombinace nuceného větrání a klasického vytápění

Při použití konceptu samotného nuceného větrání s rekuperací se dohřev vzduchu realizuje klasickým způsobem – radiátory, stěnovým nebo podlahovým topením. Výhodou je, že u pasivních domů nemusí být zdroje tepla umístěny u oken, protože povrchové teploty skla jsou vyšší a nedochází zde ke kondenzaci. Je ovšem nutno zabezpečit kvalitní regulaci a přiměřený výkon těchto zdrojů. Takové řešení poskytuje možnost kvalitní regulace teplot v jednotlivých místnostech, i když za vyšší pořizovací náklady. Mnohdy i teplovzdušný systém vytápění bývá doplňován o záložní zdroj tepla, například malá teplovodní kamínka na dřevo nebo pelety. V koupelně se standardně navrhuje topný žebřík nebo podlahové topení. Pro objekty, kde je požadováno, aby byla regulovatelná každá místnost zvlášť, je realizace odděleného topného systému nutností. Velkou výhodou sálavých systémů je, že teplo je pro uživatele mnohem příjemnější (uživatelé u nás jsou

zvyklí na sálavou složku tepla) a někdy umožňuje snížení vnitřní teploty v obytných místnostech při dosažení stejné tepelné pohody jako u teplotovzdušného systému. V poslední době se často uplatňují přímotopné sálavé fólie, které se aplikují jako stropní či stěnový systém, zakrytý sádkartonovou konstrukcí. Takové řešení je esteticky čisté, a přitom tepelně a regulačně zcela vyhovující.

Při kombinaci krbu nebo kamen bez samostatného přívodu vzduchu s nuceným větráním je nutné zabránit vzniku podtlaku, aby nedocházelo k nedokonalému spalování a nasávání spalin do objektu. Systém nesmí pracovat v podtlakovém režimu. Rovnotlaký nebo ideálně mírně přetlakový režim zabezpečí správné fungování spalovacího zařízení a vyloučí nebezpečí otravy unikajícími plyny. Vhodnější jsou kamna se samostatným přívodem a odtahem spalin.

### Letní chlazení

K chlazení v létě se nepoužívají žádná doplňková chladicí zařízení, jako klimatizace a jiné. Systém nuceného větrání spolehlivě funguje i v době, kdy by přirozené větrání okny v důsledku malého pohybu vzduchu nefungovalo. Na předchlazení vzduchu se nejčastěji používá zemní výměník tepla. Chladicí výkon zemního kolektoru je sice omezený, ale při správném návrhu stínění a okenních ploch na udržení letních teplot v interiéru pod 26 °C plně postačuje. Efektivní je i použití tzv. nočního chlazení, při kterém se do objektu přivádějí větší objemy chladnějšího vzduchu. Takto předchlazený objekt si udržuje vhodnou teplotu po celý den.

Větrací jednotky obvykle obsahují letní režim, kde odpadní vzduch prochází kolem výměníku tepla přes by-pass a neohřívá nasávaný chladný vzduch

### Návrh, provoz a údržba

Výběr jednotky a její správný návrh jsou v podstatě nejdůležitější pro správnou funkci větrání a spokojenost uživatele, a proto by měly být ponechány na specialitech. Nepohodlí a zhoršená kvalita vzduchu nejsou většinou způsobeny chybou samotného systému, ale jeho návrhem a zaregulováním, případně nedodržením uživatelských zásad.

Při výběru jednotek byl problém zejména u zařízení umožňujících větrat malým objemem vzduchu do 60 m<sup>3</sup>/h. Tyto hranice nebyly dány ventilátory, nýbrž jejich ovládáním. Nyní však jsou již k dispozici a i malé byty lze vybavit např. malými decentrálními jednotkami.

Norma stanovuje minimální intenzitu výměny vzduchu 0,5 h<sup>-1</sup> při větrání okny. Tato hodnota je nastavena na běžné objekty, aby se zde v zimním

období udržela nízká relativní vlhkost. Snižuje se tím riziko kondenzace vodních par na ochlazených místech a následného vzniku plísní. U pasivních domů již toto riziko nehrozí. Naopak v zimním období se právě snažíme vzniku nadměrně suchého vzduchu zabránit. Hygienicky nezbytná základní výměna vzduchu je určena na 0,25–0,3 h<sup>-1</sup> a vychází z reálných potřeb čerstvého vzduchu pro obyvatele. Intenzita výměny vzduchu na osobu by měla být 25–30 m<sup>3</sup>/h (dle aktivity osob), což dokazují četné statistiky, výpočty a měření. Požadavky na odvětrávání zatěžovaných prostor, jak jej určuje norma, jsou:

- kuchyně: 40–60 m<sup>3</sup>/h
- koupelny: 40–60 m<sup>3</sup>/h
- WC: 20–30 m<sup>3</sup>/h

Vhodný návrh rozvodů s ohledem na kvalitní odvětrání prostor, potřebné objemy větraného vzduchu, minimální délku rozvodů a možnost pravidelných kontrol rozhodujícím dílem přispívá k celkové funkčnosti systému. Podstatná je rovněž těsnost rozvodů a v případě potřeby je možné spoje přelepit vzduchotěsnými páskami. Rozvody čerstvého vzduchu je vhodné izolovat v případě, že procházejí nevytápěným prostorem, kde by mohlo dojít k ochlazení vzduchu. Jako materiál rozvodů se používá pozinkované nebo plastové potrubí pevné, kruhového nebo obdélníkového průřezu. Pevné potrubí je z hlediska čistitelnosti i tlakových ztrát vhodnější, je však nutné používat tlumiče hluku, protože lépe přenášejí zvuk. Ohebné hadice s harmonikovým vnitřkem (tzv. flexihadice) se sice u nás používají často, ale je obtížné je čistit a mají větší tlakové ztráty. Při provádění sice flexihadice umožňují větší variabilitu v prostoru, ale existuje značné riziko jejich poškození či nevhodného trasování. Z hlediska údržby jsou nejdůležitější kruhové rozvody, které lze čistit rotačním kartáčem. Nejdůležitější pro udržení čistoty rozvodů i celého systému je prevence v podobě účinné filtrace (viz dále). Během realizace stavby je nutné zamezit vniknutí nečistot do systému kvůli vysoké prašnosti prostředí. Podobně v případě stavebních prací během provozu je nutno systém odstavit a výústky ochránit proti prašnosti.

Použít rozvody ve stropě, stěnách, nebo v podlaže? Z hlediska provětrání prostor jsou při vhodném návrhu tyto varianty rovnocenné. Výhodou podstropního a stěnového vedení jsou kratší rozvody, které zpravidla vedou ve sníženém podhledu komunikačních prostor s použitím nadedveňních výústek. Také lze lépe koordinovat profese během stavby, kde lze po dokončení hrubých prací instalovat rozvody vzduchu. Různé druhy výústek, větracích mřížek,



Ukázka čistého provedení pomocí pevných rozvodů, které si vyžaduje i návrh trasování (nahore). Chybné provedení trasování (dole), v tomto případě i stažení flexhadic a jejich zalomení mělo za následek značné tlakové ztráty a nefunkčnost systému.

dých a dalších distribučních prvků jsou k dispozici pro všechny typy instalací.

Snadná údržba je dalším bodem, za který v podstatě zodpovídá výrobce a autor zařízení, na který však musí myslet i projektant správným umístěním celého zařízení i revizních nebo čistících míst v systému. Snadná přístupnost k částem relevantním pro údržbu je totiž nezbytným předpokladem pro správnou a pravidelnou údržbu, čištění a výměnu filtrů minimálně jednou ročně. Čištění a výměna filtrů je závislá na prašnosti lokality, kde je umístěna budova, a může se provádět i jednou za čtvrt roku. Z hygienických důvodů je nezbytný jemný filtr (stupeň filtrace F7 nebo vyšší), který udržuje zařízení trvale čisté. Filtr nasávaného vzduchu i na odtahu vzduchu garantuje čisté rozvody i rekuperační výměník. Mnohdy je u dnešních jednotek počítáno s možností vyjmutí samotného rekuperačního výměníku, jež je rovněž možné čistit.

Nezbytným prvkem systému jsou tlumiče hluku. Umístěné centrálně nebo dle potřeby před jednotlivé větve zabraňují přenosu hluku z jednotky i telefonickému šíření hluku mezi místnostmi. Dodrženy by měly být hodnoty akustického tlaku v obytných místnostech < 25 dB a v technické místnosti < 35 dB. Tento požadavek je naprosto prioritní při sanaci stávajících bytů, např. v panelové zástavbě. Případná vysoká hlučnost jednotek může být jedním z důvodů neúspěchu prosadit rekuperaci v takových kompaktních prostorách.

Vyvážení a regulace ventilační jednotky a vzduchotechnických rozvodů by měly být samozřejmou součástí realizace každého komfortního větrání, o kterou se postará firma realizující instalaci celého systému větrání.

Odvětrání kuchyní by mělo být realizováno samostatnou cirkulační digestoří s umyvateľným filtrem z tahokovu na zachycení tuků a jedním nebo dvěma odsávacími místy pro odsávání větracího vzduchu. Množství větracího vzduchu pro kuchyň je voleno přibližně 60–90 m<sup>3</sup>/hod.

Venkovní nasávání musí být vhodnými prvky ochráněno proti zafoukávání deště nebo sněhu, rozvody musí zůstat suché. Nevhodné je umístit fasádní nasávání nízko nad zemí, ideálně ve výšce asi 3 m a na severní fasádě, kde v letním období nedochází k tak výraznému ohřívání vzduchu. Obdobně může způsobit znečištění nasávaného vzduchu blízkost výfuku odpadního vzduchu. V případě zemního vzduchového kolektoru se používá nasávací a filtrační box, který chrání kolektor před znečištěním a tím riziko znečištění snižuje.

## KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Asi každý z nás pozná chvíle, kdy se v místnosti už nedá vydržet. Někdy kvůli vydýchanému vzduchu, až máme pocit, že usínáme, jindy kvůli pachům, suchému vzduchu nebo nevyhovující teplotě. Všechny tyto faktory ovlivňují kvalitu našeho života, vytvářejí rušivé podněty, či přímo způsobují zdravotní potíže.

O kvalitní vnitřní prostředí u pasivních domů se stará kromě jiného systém řízeného větrání s rekuperací tepla. Mnohdy se na tento systém hledí jen z úhlu energetických zisků a z toho vycházející návratnosti systému. Proč ale nevnímat kvalitu vnitřního prostředí jako faktor ovlivňující spokojenost, výkonnost či zdraví uživatele? Existuje více studií přímého vlivu kvality vnitřního prostředí na výkonnost, některé z nich lze přímo převést na ekonomické zisky. O tom, že se jedná o nezanedbatelná čísla, svědčí například studie prováděné v USA. Při výzkumu se zvýšila kvalita vzduchu o 40 % a zvýšená výkonnost zaměstnanců způsobila roční úspory přes 1000 dolarů na osobu. Je nutno podotknout, že odhady těchto úspor nezahrnují zisky ze snížených nákladů na zdravotní péči a sníženou absenci na pracovišti kvůli zdravotním problémům. Ty mohou činit dalších 400 dolarů na osobu ročně. U běžných budov s více uživateli v místnosti, jako jsou např. kancelářské budovy, školy nebo nemocnice, je možno zvýšit výkonnost zlepšením kvality vzduchu až o 5 %. Návratnost investic by pak činila méně než dva roky.

Nejen příjemná teplota vytváří kvalitní vnitřní prostředí pasivních domů. Dostatečné množství čerstvého vzduchu, optimální vlhkost a další faktory také napomáhají vytvoření pocitu pohodlí, komfortu a zdravého vnitřního prostředí.

Nejde však vše přepočítávat jenom na peníze. Stejně důležité je naše zdraví, kvalita života a další aspekty, které se nás dennodenně dotýkají. Mnohdy běžné bolesti hlavy, únava nebo zhoršený spánek mají původ ve zvýšené koncentraci  $\text{CO}_2$ , způsobené nedostatečným větráním. Nevhodná relativní vlhkost vzduchu (příliš suchý nebo příliš vlhký vzduch) má zase za následek vysoušení sliznic a negativní vliv na dýchací cesty nebo zvýšenou tvorbu mikroorganismů a plísní.

O kvalitní vnitřní prostředí pasivních domů a maximální míru komfortu pečuje systém řízeného větrání s rekuperací tepla. Dodává hygienicky potřebné množství vzduchu v pokojové teplotě (díky zpětnému zisku tepla), účinně odvětrává pachy a filtruje přiváděný vzduch od pylu a prachu. Systém odvádí přebytečnou vlhkost z problematických míst



Rozvody vzduchu pod stropem

(koupelna, kuchyně), čímž zabraňuje vzniku plísní. Nedochází ani k nadměrnému vysoušení vzduchu přílišným větráním, protože vyměňováno je jen minimální potřebné množství vzduchu.

Čím se vyznačuje vnitřní mikroklima pasivních domů?

- neustále čerstvý a nevydýchaný vzduch,
- optimální teplota vzduchu – tepelná pohoda,
- optimální vlhkost vzduchu,
- omezená prašnost filtrací vzduchu,
- snížená hlučnost oproti větrání okny.

### Současný stav

Přírozené větrání infiltrací u novostaveb a rekonstruovaných objektů je vlivem zateplení a těsných oken radikálně omezeno. Rozhodný vliv zde má míra neprůvzdušnosti objektu. Vyjadřuje, jaká část objemu vzduchu z celkového objemu domu je vyměněna za hodinu při určitém tlakovém rozdílu (podtlaku, přetlaku). Pasivní domy splňují požadavek na neprůvzdušnost  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ , tedy za hodinu se při rozdílu tlaků 50 Pa (mezi interiérem a exteriérem) vymění méně než 60 % objemu vzduchu celého domu.

U starších objektů je ve většině případů koeficient neprůvzdušnosti  $n_{50}$  větší než  $4 \text{ h}^{-1}$  a zvláštností nejsou ani hodnoty dvojnásobně vyšší. Vytápěcí systém zde vytváří, díky rozdílu teplot vnitřního a vnějšího vzduchu, vztakové síly, které přes netěsnosti účinně provětrávají celý objekt. Vnitřní mikroklima díky obvykle předimenzovaným vytápěcím systémům není, až na suchý vzduch v zimě a zvýšenou prašnost v budovách, narušeno.

U modernizovaných objektů se výměnou oken snižuje  $n_{50}$  zpravidla na  $1,5 \text{ h}^{-1}$ . Přírozená výměna vzduchu pak bohužel výrazně klesá až pod hodnoty  $n < 0,05 \text{ h}^{-1}$ , což je naprosto nevyhovující z hygienických hledisek. Při neměnné produkci vodních par do interiéru, u průměrné rodiny až 10 l/den, dochází pak k výskytu plísní s výrazně negativními důsledky pro lidské zdraví. Průvodním jevem jsou časté škody na konstrukcích (zejména na ochlazených místech, kde dochází ke kondenzaci vlhkosti), což nepříznivě ovlivňuje nejen jejich vzhled, ale především životnost. To ovšem nebývá případ pasivních domů, kde jsou tepelné mosty pečlivě eliminovány.

Přírozené větrání okny je často zanedbáváno hlavně v zimním období, v létě zase dochází k přehřívání staveb prakticky bez možnosti přirozeného odvětrání. Proto nejen u novostaveb, ale i u komplexně rekonstruovaných objektů na standard nízkoenergetického nebo pasivního domu je přímo nutností použít řízené větrání s rekuperací tepla.

### VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI (PHPP, TNI), OPTIMALIZACE NÁVRHU

Pro navrhování pasivních domů byl vytvořen nástroj PHPP (Passive House Planning Package), který slouží pro výpočet energetické náročnosti budovy umístěné na konkrétním místě a zohledňující místní podmínky (klimatická data, zastínění apod.). Pomocí tohoto nástroje lze budovu již ve fázi návrhu technicky optimalizovat, čímž lze dosáhnout také optimalizace ekonomické.

Pro účely programu Zelená úsporám je pasivní standard deklarován výpočtem v souladu s metodikou TNI 730329 (rodinné domy) a TNI 730330 (bytové domy). Tato metodika nezohledňuje místní podmínky stavby (používá jednotná klimatická data, zjednodušený model zastínění apod.). Dům postavený v Liberci bude mít dle této metodiky stejné vlastnosti jako dům na jižní Moravě. Metodika TNI je obsažena ve všech běžně používaných výpočetních nástrojích pro výpočet energetické náročnosti budov.

### EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Stavba domu pro bydlení představuje většinou jednu z největších životních investic stavebníka. Je proto důležité věnovat pozornost celému procesu, zejména se zaměřit na fázi studie a návrhu, kdy lze výši budoucí investice ovlivnit nejvíce.

Optimalizací umístění budovy na pozemku, tvaru budovy, skladby konstrukcí a použití prvků a materiálů lze výši investice oproti dle výrobců „nejlepším řešením na trhu“ výrazně snížit. Vyplatí se proto optimalizaci věnovat čas i úsilí. Pro architekta to znamená znát i jiná řešení, než která nabízí samotní výrobci, a věnovat dostatečnou pozornost přáním klienta.

Při vlastním ekonomickém posouzení není možné uvažovat pouze s počáteční investicí, v případě pasivního domu s vícenáklady na dosažení tohoto standardu, ale také s nemalými úsporami provozních nákladů, které tyto vícenáklady přinesou. Ekonomické posouzení je nutné vztahovat na delší časové období, ideálně na celou životnost (technickou nebo morální) stavby.

Do ekonomické analýzy vstupují tyto okrajové podmínky:

- investice – výše vícenákladů (s čím srovnáváme, co je srovnávací hladina?),
- provozní náklady (vč. oprav a údržby),
- délka období (ideálně morální nebo technická životnost stavby),
- vývoj ceny energie (obtížně předvídatelný),
- vývoj ekonomiky (inflace, úrokové sazby).

Rozhodování investorů je ale ovlivněno především subjektivními pocity, které lze ekonomicky vyjádřit velmi obtížně:

- estetické hledisko,
- zvýšení komfortu,
- zvýšení kvality,
- vliv na životní prostředí,
- bezpečnost (nezávislost na dodavatelích energie).

#### Příklad jednoduchého ekonomického hodnocení

Pro příklad byl zvolen rodinný dům, při variantě jako pasivní vícenáklady ve výši 15 %. Celá investice je financována hypotečním úvěrem na 20 let s úrokovou sazbou 5 % ročně po celých 20 let.

##### investice

- běžný dům 3 000 000 Kč
  - pasivní dům 3 450 000 Kč (+15 %)
  - pasivní dům s dotací (290 000 Kč) 3 160 000 Kč
- úroková sazba 5 % ročně (p. a.), fixace 5 let,

délka úvěru 20 let

##### měsíční splátka

- běžný dům 20 061 Kč
- pasivní dům 23 070 Kč
- pasivní dům s dotací 21 131 Kč

##### měsíční provozní náklady (kompletní bez

splátky)

- běžný dům 4 000 Kč
  - pasivní dům 1 250 Kč
- nárůst ceny energie 2 % p. a. (inflace)

Pro porovnání jednotlivých variant posuzujeme červenou křivku, tzn. celkové roční náklady spojené s domem. Po celou dobu platíme za spotřebovanou energii, počátečních 20 let navíc splácíme hypoteční úvěr. Po splacení úvěru platíme pouze za energii.

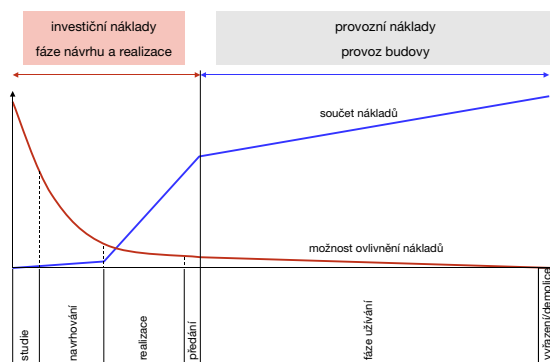
Z grafu je patrné, že díky dotaci Zelená úsporám se pasivní dům vyplatí od prvního okamžiku. I bez dotace se pasivní dům vyplatí, především kvůli jistotě trvale výrazně nižších plateb za energii.

#### NEJČASTĚJŠÍ MÝTY A PŘEDSUDKY

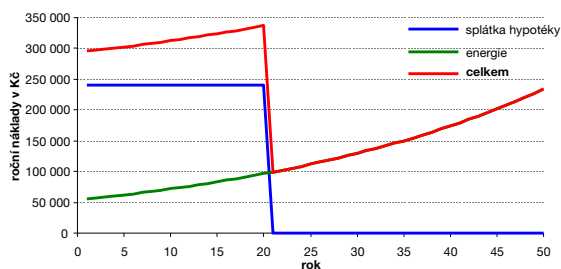
Pasivní domy jsou spojeny s velkým množstvím mýtů a předsudků. Většina z nich vychází z neznalosti problematiky, případně z nezájmu a strachu z novinek.

##### Nemožnost otvírání oken

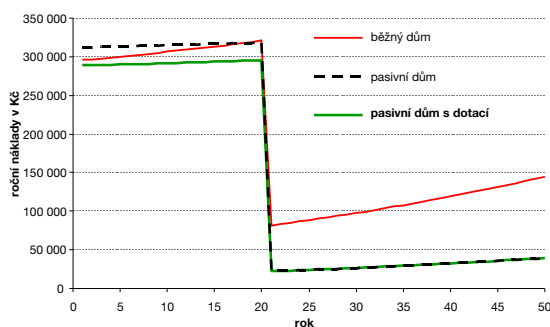
Pasivní domy žádným způsobem své obyvatele neomezují. Okna lze otvírat, nucené větrání lze vypnout. Uživatelé svým chováním samozřejmě ovlivňují výslednou spotřebu energie na vytápění, nicméně i při extrémně nešetrném chování je spotřeba tepla oproti běžnému domu stále několikanásobně nižší.



Z grafu je zřejmé, že v úvodní fázi návrhu máme největší možnost ovlivnit výši budoucí investice do stavby a vlastnosti budovy, a to ve fázi s nejnižšími náklady. Při realizaci je téměř nemožné ovlivnit investiční i provozní náklady.



Graf představuje roční náklady na provoz normálního domu. Modrá křivka představuje výši anuity (splátka hypotéky), zelená náklady na vytápění a chlazení a červená křivka představuje součet těchto dvou křivek.



Porovnání financování běžného a pasivního domu. Z grafu je zřejmé, že přes vyšší počáteční investici se pasivní dům (černá čárkovaná) vyplatí díky nižším provozním nákladům. Vyšší investiční náklady je možné financovat pomocí půjčky, která se bude splácet z úspor na energii.



V rámci snižování nákladů je vhodné navrhovat některá okna jako neotvíravá, což platí i pro běžné stavby.

### Výpadek proudu

Ani při dlouhodobém výpadku dodávky elektřiny nejsou obyvatelé pasivních domů v ohrožení života. V případě potřeby lze otevřít okno a větrat přirozeně. Větší riziko představuje přerušení dodávek elektřiny pro běžné domy. Ty jsou většinou závislé na vytápění s nuceným oběhem teplonosného média, plynový kotel bez elektřiny rovněž nefunguje. Zatímco je pokles teploty v pasivním domě v zimě pouze zhruba 1 stupeň denně, běžný dům vychladne i pětinasobně rychleji. Problémem tedy není čerstvý vzduch, ale teplota vnitřního prostředí.

### Nové technologie a materiály

V pasivních domech se používají klasické, dlouhodobě používané materiály, jejichž vlastnosti a funkce jsou ověřené. Jedinou technologickou novinkou je vzduchotechnické zařízení. V principu je výrazně jednodušší než plynový kotel, jedinou pohyblivou součástí jsou ventilátory s velmi malým příkonem. Údržba jednotky představuje pro běžného uživatele výměnu filtrů, která je náročností srovnatelná s výměnou filtrů nebo sáčků ve vysavači.

Snahou je navrhovat a stavět takové pasivní domy, které od uživatelů nevyžadují žádné další nároky na znalosti a údržbu.

### Technicky nemožné

Desetitisíce celosvětově postavených pasivních domů ukazují, že tento trend nepředstavuje nepřekonatelný problém. Pasivní domy se staví ve všech klimatických pásmech ze všech běžných materiálů. Další vývoj materiálů a prvků stavbu pasivních domů dále zjednodušuje.

### Omezují architekturu

Návrh pasivního domu vyžaduje základní znalosti o využívání energie ve stavbě. Celá řada českých i zahraničních příkladů ukazuje, že je možné navrhovat pasivní domy, které splňují veškeré požadavky na kvalitní architekturu.

Posláním architektury je vytvářet takové prostředí, které bude respektovat nejen estetiku, ale také požadavky na technické vlastnosti. Po věky platnou potřebou uživatelů domů je nízká spotřeba energie. Aktuálně v souvislosti se změnou klimatu a závislosti na nespolehlivých zahraničních dodavatelích energie je tato výzva ještě naléhavější. Od architektů se proto očekává inovativní řešení a překonávání bariér.

### Vysoká cena

Výši investice určuje v nejvyšší míře úvodní fáze návrhu, což platí u všech staveb. Je úkolem architekta respektovat požadavky klienta na výši investice a návrh přizpůsobit požadavkům. Při správném návrhu není opodstatněné navýšení investice o více než 15 % kvůli dosažení pasivního standardu. V opačném případě je nutné hledat chybu v návrhu, případně hledat jiného architekta.

### REKAPITULACE POŽADAVKŮ NA KONSTRUKCE – VAZBA NA ČSN 73 0540

#### Prostup tepla jednotlivými konstrukcemi

Norma (ČSN 730540-2) definuje ve své tabulce 3 vyváženou obálku budovy z hlediska prostupu tepla. Budovy s nižším prostupem tepla (např. na doporučené úrovni či na úrovni vhodné pro nízkoenergetické domy) jsou snižovány v konstantní 2/3 proporcii. V platné normě je tedy uplatněn princip zajištění stejných poměrů mezi tepelnými toky různých konstrukcí obálky budovy. Tento princip je možné uplatnit i při stanovení požadované a doporučené úrovně pro nízkoenergetické domy (NED) a pasivní domy (PD). Konkrétní doporučené U-hodnoty uvádí tab. 1. Je ovšem třeba si uvědomit, že pouhé dodržení uvedených hodnot automaticky naznamená dosažení standardu pasivního domu. Důležitou roli hraje orientace na pozemku, dispoziční řešení, neprůvzdušnost obálky a další aspekty zmíněné dříve.

Pro NED a PD uvedené hodnoty velmi dobře korelují s údaji uváděnými pro jednotlivé konstrukce nebo skupiny konstrukcí v dostupné literatuře. Kontrolou mohou být hodnoty pro okna, dveře a jiné výplně otvorů, kde U-hodnota  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  je shodná s často citovanou hodnotou  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , která se požaduje pro PD a doporučuje pro NED.

Výhodou hodnot v tab. 1 je pokrytí všech druhů konstrukcí obálky budovy nebo teplotní zóny budovy – tedy i konstrukcí s malým teplotním spádem, pro které se v dostupné literatuře hodnoty pro PD a NED běžně neuvádějí (např. pro konstrukce k terénu, konstrukce k nevytápěnému nebo částečně vytápěnému prostoru, do zádveří apod.).

Důležité je také využití jednoznačně definovaných normových U-hodnot pro NED a PD k bilančnímu stanovení průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy  $U_{\Sigma}$ .

Zasklení výplní otvorů orientovaných na západ – jih – východ přitom musí mít pro NED a PD celkovou propustnost slunečního záření  $g \geq 0,5$  [-], stanovenou podle ČSN EN 410.

Součinitele prostupu tepla konstrukcí se stanoví včetně vlivu tepelných mostů podle ČSN 73 0540-4,

ČSN EN ISO 6946, ČSN EN ISO 10211, okna a dveře podle ČSN EN ISO 10077-1 a -2, lehké obvodové pláště podle ČSN EN 13947 a zasklení podle ČSN EN 673.

### Prostup tepla tepelnými vazbami mezi konstrukcemi – řešení detailů styků

Vliv jednotlivých extrémních tepelných vazeb mezi konstrukcemi omezuje tabulka 3a v normě<sup>8</sup> pouze pro požadovanou a doporučenou úroveň. Zatím není ani v poznámce zmínka o přísnějších požadavcích pro NED a PD – přitom to však je jednoznačná nutnost s ohledem na reálnou splnitelnost

následného požadavku na prostup tepla obálkou budovy. Pro konstrukční návrh tak není dán jasný impuls k nutnosti zodpovědnějšího detailního řešení styků a spojů mezi konstrukcemi.

Souhrnný vliv tepelných vazeb  $\Delta U_{\text{em}}$  mezi konstrukcemi obálky budovy na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy  $U_{\text{em}}$  charakterizuje kvalitu navrhovaného řešení styků konstrukcí obálky budovy. Pro NED a PD má být podle čl. A.5 normy<sup>8</sup> nulový.

Při nesprávně řešených detailech obálky budovy je reálně ohrožena splnitelnost přísnějších požadavků na prostup tepla obálkou budovy pro NED a PD.

Tabulka 1 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$  jednotlivých konstrukcí

Budova – běžná s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{\text{in}} = 18\text{ °C}$ až $22\text{ °C}$	Normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]				
	Požadované	Požadované pro NED Doporučené	Požadované pro PD Doporučené pro NED	Doporučené pro PD	
Typ konstrukce					
Střecha plochá a šikmá do 45° včetně Strop nad venkovním prostorem, s podlahou	0,24	0,16	0,11	0,07	
Vnější stěna lehká (těžká) – vnější vrstvy od vytáp. Střecha strmá se sklonem na 45° lehká (těžká) Strop pod nevytápěnou půdou	0,30 (0,38)	0,20 (0,25)	0,13 (0,17)	0,09 (0,11)	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru k zemině (výjimka: pás u obvodu s požadavkem na stěnu)	0,45	0,30	0,20	0,13	
Strop s podlahou nad nevytápěným prostorem Stěna z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,27	0,18	
Strop a stěna nad částečně vytápěným prostorem Strop a stěna z část. vytápěného prostoru k ext.	0,75	0,50	0,33	0,22	
Podlaha a stěna částečně vytáp. prostoru k zemině (výjimka: pás u obvodu s požadavkem na stěnu)	0,85	0,55	0,38	0,25	
Stěna mezi sousedními budovami Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C vč.	1,05	0,70	0,45	0,31	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C vč.	1,30	0,90	0,60	0,40	
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C vč.	2,2	1,50	1,00	0,65	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C vč.	2,7	1,80	1,20	0,80	
Okno, dveře aj. výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru do ext. – $U_w$ Jejich rámy s $U_f \leq U_w$	1,70	1,20	0,80	0,55	
Šikmé střešní okno, světlík aj. šikmá výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru do ext. – $U_w$ Jejich rámy s $U_f \leq U_w$	1,50	1,00	0,65	0,45	
Okna, dveře aj. výplně otvorů ve vnější stěně a strmé střeše k částečně vytápěnému prostoru $U_w$ Jejich rámy s $U_f \leq U_w$	3,5	2,3	1,55	1,05	
Šikmé střešní okno, světlík aj. šikmá výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše k částečně vytápěnému prostoru – $U_w$ Jejich rámy s $U_f \leq U_w$	2,6	1,70	1,15	0,75	
Lehký obvodový plášť, hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ Jejich rámy s $U_f \leq U_w$	$f_w \leq 0,5$	0,3+1,4. $f_w$	0,2+ $f_w$	0,13+0,62. $f_w$	0,09+0,41. $f_w$
	$f_w > 0,5$	0,7+0,6. $f_w$			

Řešení těchto detailů má pro NED a PD srovnatelný vliv jako dimenzování tloušťky tepelných izolací. To vede k úvaze, že bez doložení detailního řešení styků konstrukcí nelze vůbec hodnotit splnitelnost či nesplnitelnost požadované úrovně pro NED a PD. Pokud je tedy smluvně vyžadována projektová dokumentace na NED a PD, pak je tato dokumentace bez řešení detailů styků neúplná a neprůkazná.

## LITERATURA

- 1 TYWONIAK, J.: Nízkoenergetické domy. Grada, 2005.
- 2 BROTÁNEK, A.: Kudy vedou cesty k návrhům rodinných energeticky pasivních domů, Zborník z konferencie Energeticky pasívny dom 2007, IEPD, Bratislava 2007.
- 3 [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- 4 ISOVER: Multi-Komfortní dům ISOVER – postaveno pro budoucnost, Saint-Gobain Isover, 2007.
- 5 FEIST, W.: Protokollband Nr. 14 – Passivhaus-Fenster, Arbeitskreis.
- 6 Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998.
- 7 GABZDYL, M.: Okenní výplně stavebních otvorů. VUT Brno, 2003.
- 8 ČSN 73 0540-2: 2007 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut.
- 9 FEIST, W.: Lufdichte Projektierung von Passivhäusern, CEPHEUS – Projektinformation Nr. 7, Fachinformation PHI-1999/6, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999.
- 10 ČSN EN 13829 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda, ČSNI, 2001.
- 11 NOVÁK, J.: Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov, Grada, 2008.
- 12 NOVÁK, J.: Měření průvzdušnosti budov v ČR – výsledky a zkušenosti, Sborník z konference Pasivní domy 2006, Brno 2006.
- 13 ŠÁLA, J.: Tepelná ochrana budov, č. 3/2009, str. 15–18, CZB ČR, o. s., Praha & IC ČKAIT Praha, 2009

## ► PŘÍKLADY VYBRANÝCH DETAILŮ PRO PASIVNÍ DOMY

### DETAIL OSAZENÍ OKNA

Jedná se o osazení okna do roviny izolace v masivní konstrukci z vápenopískových cihel s kontaktním zateplovacím systémem (ETICS) na bázi EPS. Předsazení okna do vrstvy izolace je doporučené řešení pro pasivní domy a výrazně snižuje nepříznivý vliv osazení okna do konstrukce a současně při větších tloušťkách izolace snižuje vliv stínění ostěním okna.

#### Konstrukční postup

Okno je v tomto případě vysazeno do roviny tepelné izolace (TI) pomocí rektifikovatelných kotev, které umožňují usazení okna do správné pozice. Okno je možné vysadit i na běžné ocelové či kompozitní profily (L či T profily), což je levnější varianta, ale je potřeba počítat s větší pracností a přesností práce. Okno může být také osazeno na dřevěný hranolek, ten je však vhodnější pro foukané či vrstvené izolace kvůli vyřezávání kolem hranolku.

Je-li potřeba okno posunout víc do exteriéru (např. z důvodu vyšších solárních zisků), je možné osadit jej do schránky z OSB desek.

#### Zásady aplikace

- Tepelnou kvalitu detailu výrazně ovlivňuje přeizolování rámu okna. Ideální je z vnější strany překrýt rám okna tepelnou izolací v co největší tloušťce. Některá okna umožňují efektivní překrytí celého rámu izolací. Některé rámy, zejména využívající hliníkového opláštění, z vnější strany nemá prakticky žádný význam přeizolovávat, protože hliníkové opláštění bezpečně svede chlad i za izolaci. Máte-li zájem taková okna přeizolovat a pomoci tepelně-technickému řešení detailu, je možné nechat si za příplatek ořezat část opláštění, které má být schované za plánovanou izolací.
- Důležité pro životnost detailu je zabezpečení vzduchotěsnosti připojení z vnitřní strany materiály na to určenými, tj. okenními pásky, okenními lištami atd. Stavební otvor musí být řádně připraven – vnitřní ostění, parapet a nadpraží vystěrkované stavebním lepidlem. Na vyschlý povrch jsou lepeny okenní pásky po napenetrování primerem (podkladem) pro butylové a butylkaučukové pásky. Důležité je také paropropustné a současně voděodolné a větrotěsné napojení okna na tepelnou izolaci na straně exteriéru.

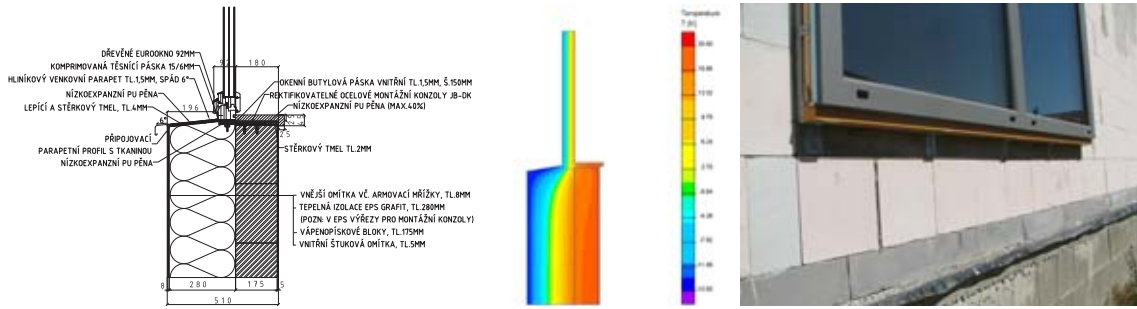
Toto řešení je použitelné zejména v případě, kdy z různých důvodů není možné osadit okno do roviny izolace.

### PRÁH BALKONOVÝCH DVEŘÍ NA TERASU, IZOLACE NAD ZÁKLADOVOU DESKOU

Řešení je závislé v značné míře na:

- kvalitě rámu použitých balkonových dveří.
- V tomto případě je okno osazeno do roviny zdiva a tepelný most v místě osazení je výraznější. Proto je nezbytné volit zateplený rám dveří/okna.
- izolačních vlastnostech prvku, na kterém je okno položeno. Zde není potřeba volit prvky s velkou únosností, ale je potřeba zohlednit i bodové zatížení, které vzniká při nášlapu na vnější parapet nebo prvek terasy, který je na parapetu posazen. Mohou být použity materiály jako XPS, purenit nebo další.

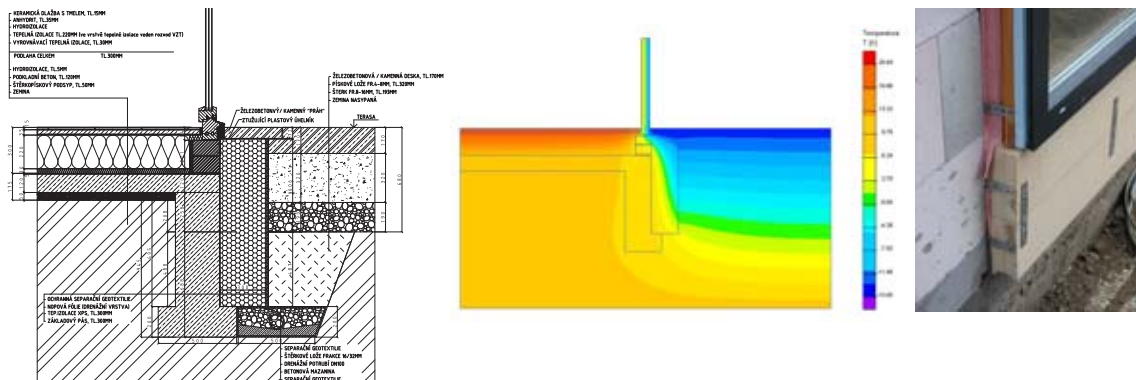
Eliminace lineárního tepelného mostu lze dosáhnout vysazením okna do vrstvy izolace na kotvy a posazením na purenitovou desku.



Okno v místě parapetu, ETICS, osazení do roviny tepelné izolace

Parametr	Tl. Tep. Izolace EPS [mm]			
	280	280*	340	
Minimální teplota v místě napojení stěny a rámu okna	Teplostní faktor $f_{Rsi}$ [-]			
	Poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu $\zeta_{Rsi}$ [-]			
	Vnitřní minimální povrchová teplota [°C] pro teplotu interiéru 21°C a exteriérových teplotách:	-13,0	13,7	13,8
		-15,0	13,3	13,4
	-17,0	12,9	13,0	
Lineární číselník prostupu tepla z exteriéru $\psi_e$ [W/(m.K)]				
Lineární číselník prostupu tepla z interiéru $\psi_i$ [W/(m.K)]				
* EPS-GRAFIT				

\* Poznámka – Do výpočtu teplotních polí a lineárního číselníku prostupu tepla bylo okno nahrazeno dřevěným panelem tloušťky 92 mm se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,18$  W/(m.K). Tím dochází k rozdílu ve výsledku proti konkrétnímu profilu okna, nejvíce je však podobný dřevěnému profilu okna tloušťky 92 mm. Pro osazení konkrétních oken je nutné lineární číselník prostupu tepla dopočítat, protože výsledek u osazeného okna je ve značné míře ovlivněn konstrukcí a materiálem okna. Ve výpočtu je také zanedbán bodový vliv kotevních prvků.



Práh balkonových dveří na terasu, izolace nad základovou deskou

Parametr	Tl. Tep. Izolace EPS [mm]			
	280	280*	340	
Minimální teplota v místě napojení podlahy a rámu dveří	Teplostní faktor $f_{Rsi}$ [-]			
	Poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu $\zeta_{Rsi}$ [-]			
	Vnitřní minimální povrchová teplota [°C] pro teplotu interiéru 21°C a exteriérových teplotách:	-13,0	13,7	13,7
		-15,0	13,3	13,3
	-17,0	12,9	12,9	
Lineární číselník prostupu tepla z exteriéru $\psi_e$ [W/(m.K)]				
Lineární číselník prostupu tepla z interiéru $\psi_i$ [W/(m.K)]				
* EPS-GRAFIT				

## ► PŘÍKLAD 1

### DŘEVĚNÝ PASIVNÍ DŮM, VOTICE

Autoři projektu: Ing. arch. Josef Smola  
 Zastavěná plocha (m<sup>2</sup>): 97  
 Užiténá plocha (m<sup>2</sup>): 151  
 Obestavěný prostor (m<sup>3</sup>): 733  
 Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m<sup>2</sup>.a):  
 19,0 dle TNI, 15 dle PHPP  
 Výsledek testu neprůvzdušnosti: 0,57

#### Identifikační údaje stavby:

Na mírně svažitém pozemku na okraji města Votice byl realizován ekonomický dřevěný rodinný dům v pasivním standardu. Tradiční, konzervativní koncept jednoduché dvoupodlažní hmoty domu je zakryt sedlovou střechou s výraznými stínicími přesahy, reagující na kontext místní zástavby. Servisní prostory spolu s přístřeškem pro auto jsou opatřeny plochou vegetační střechou, tepelně jsou od domu odděleny, lze realizovat jako etapu. Pro jižní průčelí je charakteristická rozlehlá dřevěná terasa, stíněná částečně zastřešenou pergolou. Velmi úsporná vnitřní dispozice využívá důsledně každý metr čtvereční. V podkroví jsou nad pokoji vestavěny obytné galerie – pelíšky pro děti. Dům nabízí pohodlné bydlení o velikosti 5+1 pro mladou rodinu se třemi dětmi.

#### Konstrukční řešení:

- Základy a spodní stavba: základové pasy spojené tenkou železobetonovou deskou
- Svislé nosné a dělicí konstrukce: lehká dřevěná skeletová konstrukce s dělenými sloupky montovaná z prvků na stavbě, ztužení OSB deskami
- Stropní konstrukce: dřevěné stropnice, záklop z OSB desek
- Nosná konstrukce střechy: dřevěný krov, dělené krokve
- Schodiště: dřevěné
- Výplně otvorů: dřevěná okna s izolačními trojskly
- Tepelné izolace: dřevěné palubky a SDK obklad

#### Skladby konstrukcí:

##### Podlaha na terénu:

- skladba čisté podlahy (podle druhu místnosti do 20 mm)
- samonivelační anhydrit 50 mm
- pojistná hydroizolace
- tepelná izolace 200 mm, EPS – 100 Z

- hydroizolace proti radonu a tlakové vodě
- podkladní beton, C 20/25, 120 mm vyztužený kari sítí 150/150/5 mm
- hutněný podsyp 150 mm šterkopísku

##### Obvodový plášť:

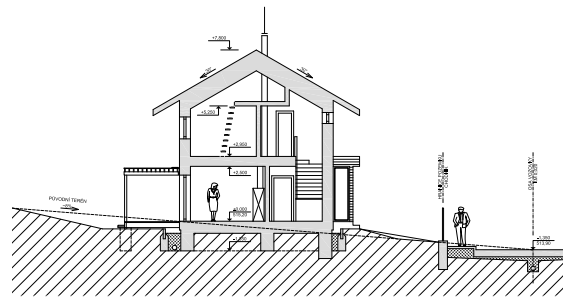
- sádrokarton + malba 12,5 mm
- dřevovláknitá deska 60 mm mezi latě 60/40 mm, instalační předstěna
- parozábrana OSB deska 12 mm, P+D spoje tmele-né a lepené
- minerální vlna 240 mm mezi dělené dřevěné sloupky
- dřevovláknitá deska 60 mm mezi latě 60/40 mm
- kontaktní závětrná fólie
- diagonální latě 28 mm
- široké modřínové palubky tl. 15 mm

##### Střešní plášť:

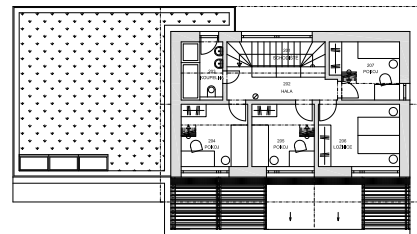
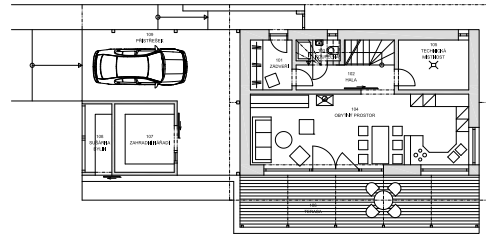
- Střešní tašky
- Latě 40/60 mm
- Kontralatě 40/60 mm
- Kontaktní difuzní fólie
- Krokve 60/200 mm, kontaktně vložené minerální desky 200 mm
- Minerální desky 120 mm mezi závěsy dělených krokví
- Minerální vlna mezi dřevěné latě 40/60 mm
- Parozábrana OSB deska 12 mm, P+D spoje tmele-né a lepené
- Dřevěný rošt a dřevovláknitá deska 20 mm
- Sádrokarton + malba 12,5 mm

#### Technická řešení:

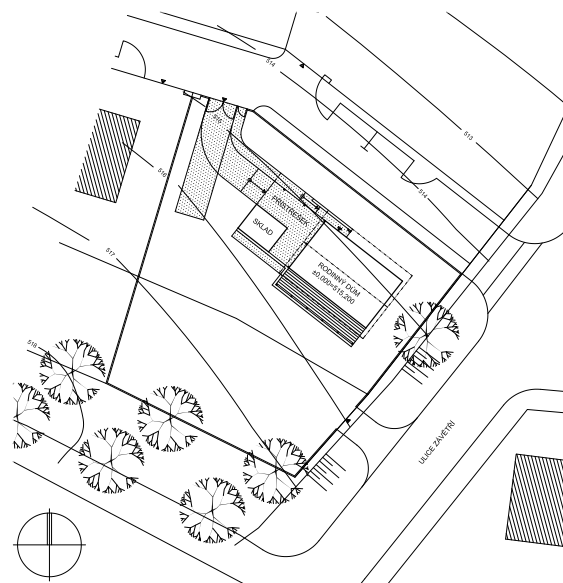
- Hlavní zdroj energie: solární panely a elektrický zásobníkový ohřívač
- Doplnkový zdroj(e) energie: krbová vložka v hlavní obytné místnosti
- Vytápěcí systém: sálavé infrapanely
- Způsob větrání a výměny vzduchu: mechanické s rekuperací tepla
- Řešení letního přehřívání budovy: klimatizace není navržena, přehřívání je zamezeno kombinací vnějších stínicích žaluzií a architektonických prvků – přesahů střechy a stínicí pergolou.



Řez



Půdorysy přízemí a patra



Situace

## PŘÍKLAD 2

### RODINNÝ DŮM, HRADČANY

Autoři projektu: Akad. arch. Aleš Brotánek,  
MgA. Jan Brotánek, Ing. arch. Jan Praisler  
Studie: 2005  
Realizace: 2006–2007  
Zastavěná plocha (m<sup>2</sup>): 107  
Užitná plocha (m<sup>2</sup>): 85  
Obestavěný prostor (m<sup>3</sup>): 424  
Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m<sup>2</sup>.a): 18,4  
Výsledek testu neprůvzdušnosti: 0,71

#### Identifikační údaje stavby:

Rodinný dům je situován mimo zastavěnou část obce do tzv. Sluneční ulice, která tvoří samostatnou část zástavby takto řešených domů, kde investor chtěl použít vše rozumné z poznatků trvale udržitelné výstavby, ale ne za každou cenu. Nebyli jsme nuceni do používání sedlových střech (resentimentu vycházejícího z jiných historických a materiálových souvislostí), jak tomu většinou bývá, protože to není praktické ani výhodné. Dům je pro investora na odpočinek v důchodu, a proto je přízemní, i když to není zcela ideální pro kompaktní tvar budovy, ale bezbariérový patrový dům se projektuje obtížně.

#### Konstrukční řešení:

- Základy a spodní stavba: komplet založený nad terénem na pilotkách a přechod na terén z jihu a západu tvoří pochozí terasa z dubových latí, ze severu ocelová mřížka a od východu je přiznaný průhled pod objekt.
- Svislé nosné a dělicí konstrukce: trámový a fošinkový skelet z profilů 125 x 125 a 125 x 50 mm + OSB desky s vnitřní jílovou omítkou tl. 60 mm. Vnější opláštění: kombinovaný modřínový obklad a vápenná omítka na heraklitu
- Výplně otvorů: dřevohliníková okna se zatepleným rámem, izolační trojsklo
- Tepelné izolace: celulózová izolace z recyklovaného papíru 350 až 400 mm

#### Skladby konstrukcí:

##### Podlaha na terénu:

- nášlapná vrstva tl. do 20 mm (např. parkety tl. 14 mm, MIRALON tl. 3 mm, samonivelační stěrka tl. 2 mm)
- betonová mazanina tl. 70 mm + KARI síť 4/200 mm s dilatačními páskou po obvodu

- tepelná izolace z minerální vlny NOBASIL PTN tl. 20 mm
  - tepelná izolace z minerální vlny NOBASIL PTN tl. 50 mm > vedení VZT potrubí a instalací
  - podlahový záklop deskami OSB 3 tl. 18 mm PD spoje – trvale elastický parotěsný tmel (BUTYLEN, BITUMEN) s lepicí páskou AIRSTOP FLEX
  - podlahové trámký 80 x 150 mm + podlahové průvlaky sdruženého profilu 140 x 50 + 100 x 180 (v = 230 mm) > dutina vyplněna tepelnou izolací CLIMATIZER PLUS tl. 330 mm
  - závětrná difuzní fólie TYWEK SOFT nebo OMEGA-ISOCCELL
  - zavěšený prkenný (SM) záklop tl. 20 mm na konstrukci z ocel. profilů CD + CW
- #### Obvodový plášť:
- vnější vápenný nátěr STRASSERVILE
  - omítka z MULTIBATU (vápenný hydrát) tl. 20 mm (hlazená pouze lžící)
  - rabicové pletivo
  - záklop deskami HERAKLIT tl. 25 mm + spoje na PU lepidlo ICEMA 145/31
  - diagonálně kladená prkna SM (45°) 20 x 100 mm, á 350 mm – odvětrávaná mezera
  - závětrná difuzní fólie TYWEK SOFT nebo OMEGA-ISOCCELL
  - konstrukce vnější – svislé latění 60 x 40 mm, vnitřní – sloupky 140 x 50 mm
  - tepelná izolace v konstrukci – CLIMATIZER PLUS tl. 350 mm
  - desky OSB 3 tl. 12 mm + spoje – trvale elastický parotěsný tmel (BUTYLEN, BITUMEN) s lepicí páskou AIRSTOP FLEX
  - latění 20 x 50 mm po 500 mm > vedení instalací
  - diagonální latění 20 x 20 mm po 50 mm
  - rabicové pletivo
  - jílová omítka tl. 60 mm; při realizaci změněno na 40 mm na rákosovém pletivu
- #### Střešní plášť:
- vegetační souvrství – sukulentní společenstva
  - substrát tl. 30–50 mm
  - geotextilie S500
  - hydroizolační PVC fólie PROTAN G tl. 1,4 mm
  - geotextilie S300
  - záklop deskami OSB 3 tl. 16 mm
  - krokve 60 x 180 mm > provětrávaná dutina
  - difuzní desky DHF tl. 15 mm – zesponu na krokvicích
  - lepené vazníky 140 x 250 mm + tepelná izolace v konstrukci – CLIMATIZER PLUS tl. 235 mm





Řez



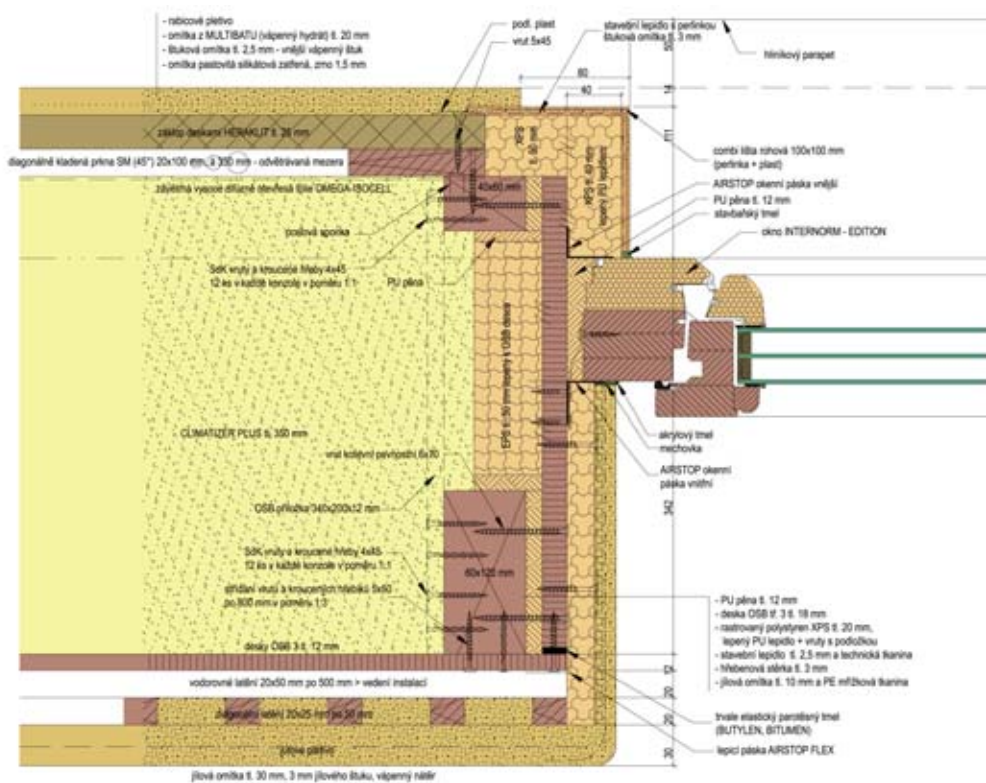
Půdorys

- spodní krokve 150 x 40 mm + tepelná izolace v konstrukci – CLIMATIZER PLUS tl. 150 mm
- parotěsná vrstva – desky OSB 3 tl. 12 mm
- + spoje – trvale elastický parotěsný tmel (BUTYLEN, BITUMEN) s lepicí páskou AIRSTOP FLEX
- latění 50 x 20 mm po 500 mm > vedení instalací
- kontra-latění 20 x 20 mm po 50 mm
- rabicové pletivo
- jílová omítka tl. 30 + 20 mm

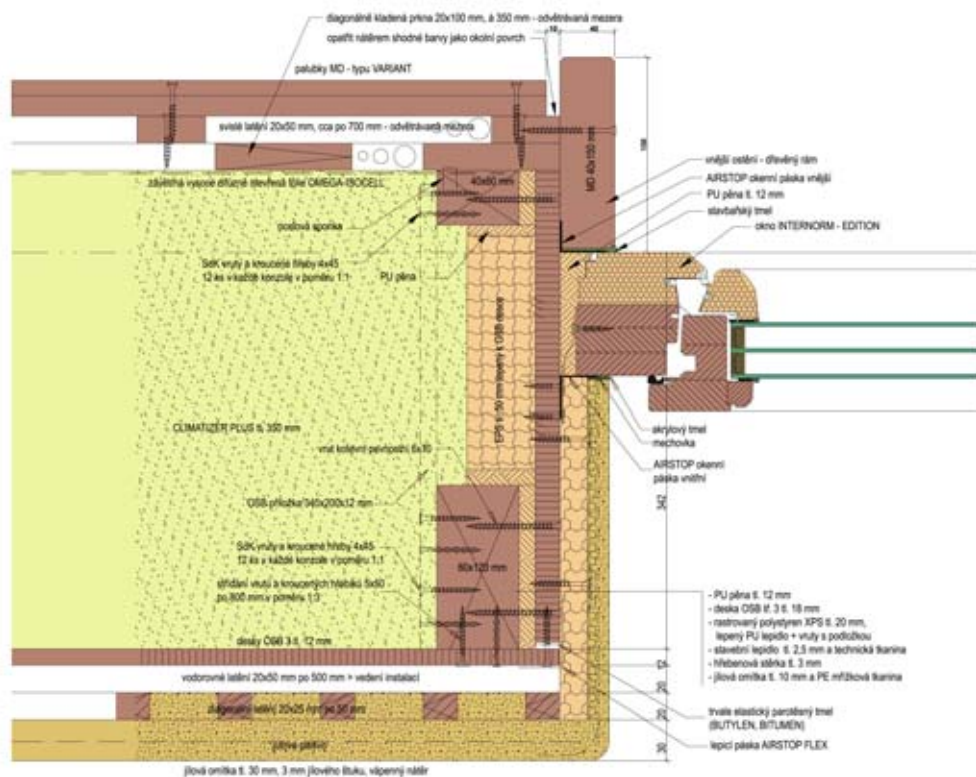
#### Technická řešení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro přehřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory na ohřev TUV propojený s vytápěním
- integrovaný zásobník tepla (IZT) s elektrospirálami na nouzový dohřev
- krbová vložka se spalováním biomasy – 9 kW k temperování v extrémních podmínkách
- ústředna a regulace

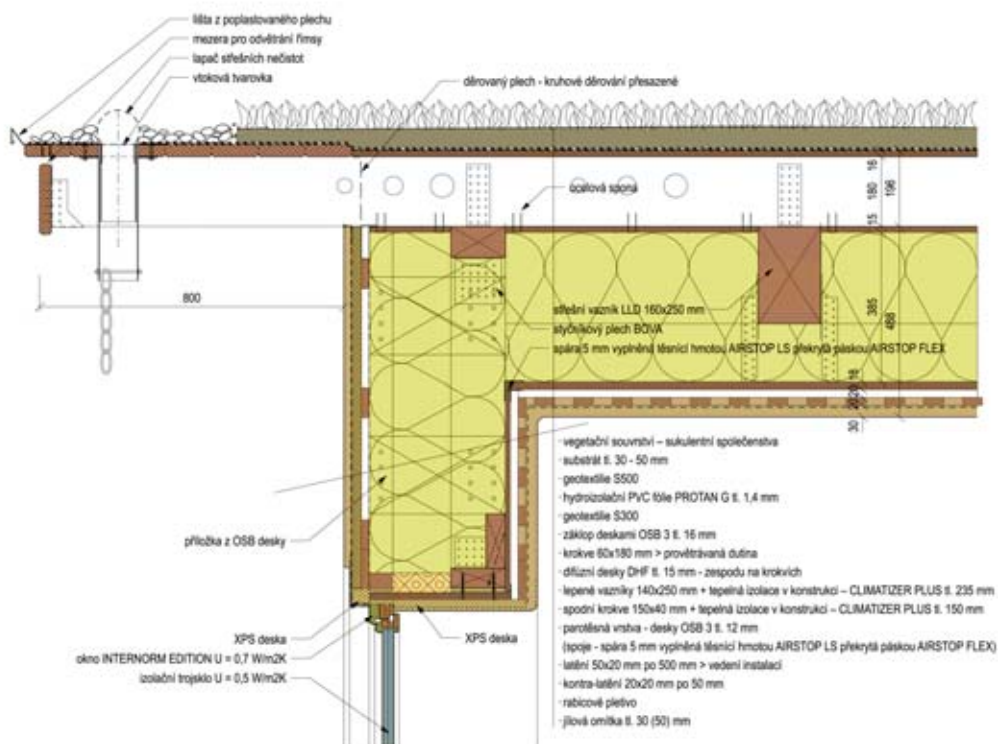




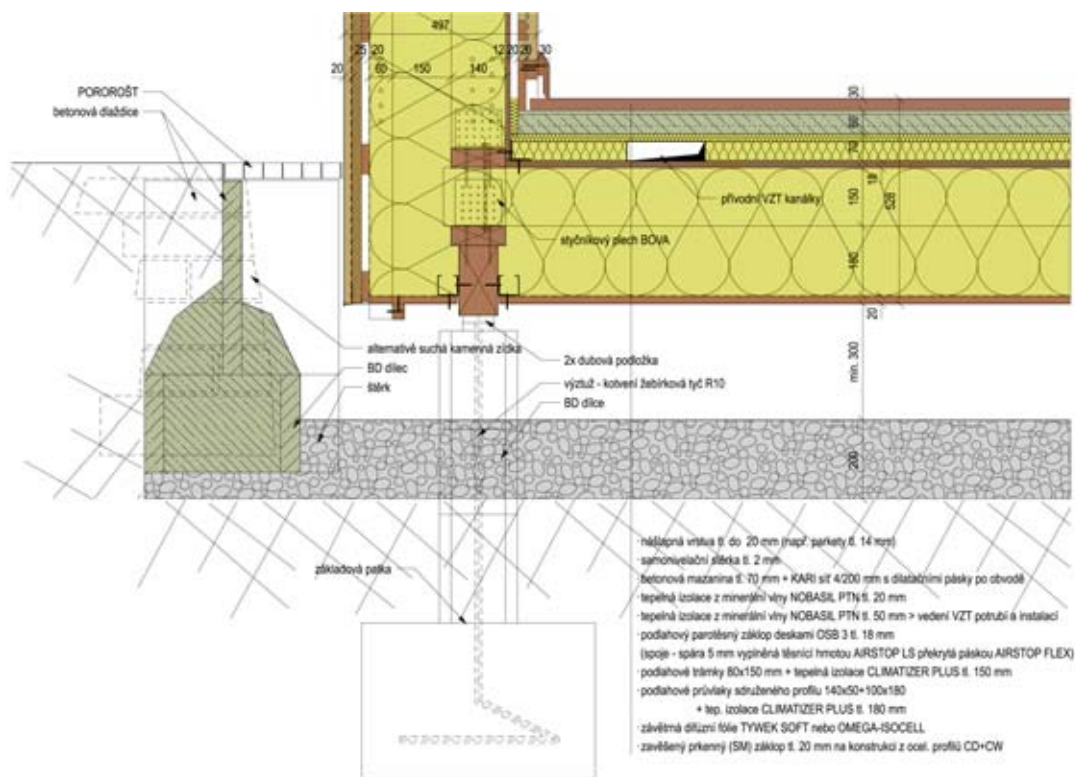
Vnější obvodová stěna - omítka



Vnější obvodová stěna - modřínový záklop



Střešní konstrukce - vytápěná část



Podlahová konstrukce - vytápěná část

## ► PŘÍKLAD 3

### BYTOVÝ DŮM, SCHELLENSEEGASSE, VÍDEŇ

Autoři projektu: Architekt Georg W. Reinberg  
 Zastavěná plocha (m<sup>2</sup>): 663  
 Užitná plocha (m<sup>2</sup>): 2787  
 Obestavěný prostor (m<sup>3</sup>): 10 231  
 Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m<sup>2</sup>.a): 10  
 Výsledek testu neprůvzdušnosti: 0,24–0,51  
 Potřeba primární energie (kWh/m<sup>2</sup>.a): 66

#### Identifikační údaje stavby:

Jedná se o objekt sociálního bydlení (velikost bytů a max. výše nákladů stanovena zákonem) ve 23. vídeňském okrsku. Pozemek je orientován na východ a západ. V objektu se nachází 22 bytových jednotek a podzemní garáž.

Dům přesahuje obvyklý standard pasivních bytových domů:

- Individuální možnost regulace dohřevu vzduchu v každé místnosti (dohřev vzduchu není řešen centrálním výměníkem, nýbrž v jednotlivých místnostech naddvěnými radiátory před výústkami rekuperovaného vzduchu).
- Čidla umístěná na okenních rámech, která automaticky přeruší dohřev vzduchu v místnosti.
- Aktivní využití solární energie pro ohřev TUV a vytápění přes fasádní kolektor.
- Fotovoltaický systém, pokrývající náklady na společné domovní prostory a domovní techniku.

#### Konstrukční řešení:

##### Podlaha podzemní garáže k terénu:

- 3 cm asfalt
- 2–14 cm beton ve spádu
- 50 cm vodostavební beton
- 6 cm XPS
- 10 cm podkl. beton se solankovým výměníkem
- 8 cm šterkový podsyp

##### Podlahy bytů ke garáži:

- 2,0 cm parket nebo obklad
- 6 cm betonový potěr
- PE folie
- 3 cm minerální kročejová izolace
- 26 cm EPS
- parozábrana
- 22 cm železobetonový strop
- 12 cm minerální vlna

#### Svislé nosné a dělicí konstrukce:

- 0,5 cm tenkovrstvá omítka
- 32 cm EPS-F + fasádní izolace
- 18 cm železobeton
- 1,5 cm omítka

#### Konstrukce střechy:

- 2 cm plechová krytina systém domico
- 2,5 cm kontralaťování
- 2,5 cm bednění
- 62 cm minerální vlna mezi dřevěnými krokviemi
- parobrzdá
- 20 cm železobetonová konstrukce

#### Zed' mezi bytem a schodištěm:

- 0,5 cm šterka
- 20 cm železobeton
- 8 cm předsazená sádrokart. stěna s izolací z min. vláken
- 1,5 sádrokartonová deska

#### Výplně otvorů:

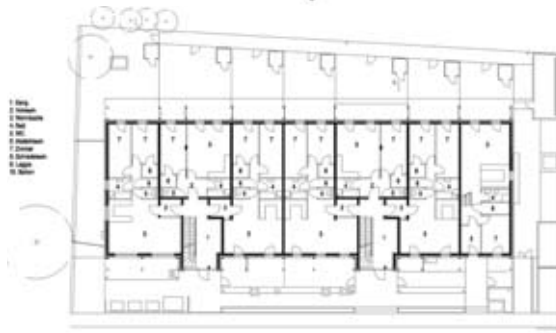
- Dřevohliníková okna s izol. trojskly,  $U_w$  0,79, g 0,5, 38 dB

#### Tepelné izolace:

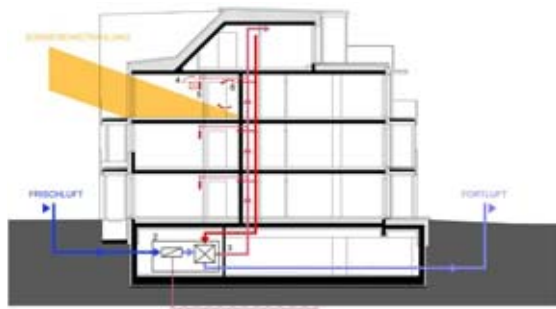
Na bázi polystyrolu u svislých nosných konstr. a základů, minerální ve střeše

#### Technická řešení:

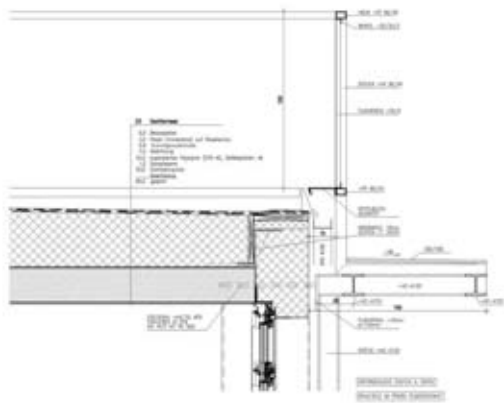
- Hlavní zdroj energie: plynový kondenzační kotel, přitápění, solární panely na ohřev TUV
- Doplnkový zdroj(e) energie: fotovoltaika, solankový výměník na předeřev centrálně nasávaného vzduchu
- Vytápěcí systém: vytápění vzduchem, dohřev vzduchu malými radiátory nad vstupem do místnosti
- Způsob větrání a výměny vzduchu: centrální větrací jednotka, dohřev decentrální
- Řešení letního přehřívání budovy: zastínění okenních otvorů žaluziemi, akumulací masa – noční větrání, minimální chlazení vstupního vzduchu přes solankový výměník



Půdorys přízemí



Řez



Detail napojení střešního pláště



## ► PANELOVÉ DOMY

ODBORNÝ GARANT: ALEŠ BROTÁNEK

AUTOŘI TEXTŮ: ALEŠ BROTÁNEK, JIŘÍ ČECH, JURAJ HAZUCHA, PETR KLÁPŠTĚ,  
FRANTIŠEK MACHOLDA, PETR VOGEL

- PANELOVÉ DOMY LZE VELMI DOBŘE ZMĚNIT NA PASIVNÍ DOMY
- ROZSAH VÝSTAVBY, OTEVŘENÝ URBANISMUS, KVALITNÍ POLOHA A NAOPAK MÁLO HODNOTNÁ ARCHITEKTURA ČINÍ Z PANELOVÝCH SÍDLIŠŤ VELKÉ URBANISTICKÉ I ARCHITEKTONICKÉ TÉMA, KTERÉ ZŮSTÁVÁ VĚTŠINOU NEVYUŽITO
- KLÍČEM K SÍDLIŠŤM JE TRANSFORMACE JEJICH VEŘEJNÉHO PROSTORU

# 2



## ▶ PANELOVÉ DOMY

*Panelové domy mají ze stávajících staveb největší potenciál ke změně na nejmodernější bydlení s nejvyšším užitným komfortem bydlení 21. století, jakým jsou domy pasivní, pokud by byly realizovány na jejich zásadách i s řízenou výměnou vzduchu.*

*Objemem bytů představují největší a v současnosti nejsnáze dostupný potenciál úspor pro jednu třetinu obyvatel České republiky, který je však využíván nejméně nebo nedůsledně.*

*Zároveň jsou panelová sídliště podle své konkrétní geografické polohy nejvíce ohrožena nebezpečím změny na bydlení pro sociálně vyloučené skupiny, tedy na špatné adresy = ghetta, přestože mají předpoklady k další promyšlené dostavbě i k doplnění dalších funkcí kromě bydlení. Proto mají možnosti výrazně zvýšit svoji urbanistickou kvalitu, a tudíž i zhodnotit celou konkrétní lokalitu na cenové mapě s realitami.*

*Ekonomičtí poradci doporučují jako neekonomičtější řešení změny stavby panelového domu nekomplexní provedení bez řízené výměny vzduchu, a tím vedou investory do paradoxní situace, že si neekonomičtěji byt změní na bydlení s hygienickými parametry, které splňují předepsané požadavky jen v době, pokud v takovém bytě není nikdo z jeho obyvatel přítomen, tedy nevhodné k bydlení.*

*Panelové domy jsou nositeli velkých možností i velkých ohrožení.*

### PANELOVÉ DOMY – JAKÉ MOŽNOSTI NABÍZEJÍ A CO BYCHOM MOHLI PROMARNIT?

#### Kolik obyvatel žije v panelových domech

V panelových bytových domech postavených od padesátých let žije třetina občanů České republiky (31 %); poslední byly dokončeny těsně po návratu demokratických poměrů (roku 1990).

#### Jaké jsou kořeny výstavby panelových sídlišť

Jsou dítětem směklých vizí začínajících u Le Corbusiera, které byly reakcí na přelidněné a špatně prosvětlené chudinské čtvrti nové vrstvy námezdního proletariátu. Tyto vize byly u nás se zpožděním realizovány až v poměrech šedivého reálného socialismu, když už se od nich jinde v Evropě ustupovalo. Jsou také často vnímány s negativním emocionálním znaménkem, protože jejich výstavba byla více podřízena masové stavební

výrobě než potřebě realizovat příjemné bydlení a domov.

Urbanisticky stojí na konceptu industriální éry s průmyslovou výrobou, ve které výroba obtěžovala hlukem i znečištěným ovzduším, a proto se jevila neslučitelná s bydlením, které bylo vytěsněno do svého izolovaného sektoru. Neoprávně pak byla sídliště vnímána jako noclehárny a jejich obyvatelé je opouštěli nejen denně do vzdáleného zaměstnání, ale i kdykoli to bylo možné za rekreaci a zábavu. Nadstandardní plochy zeleně okolo bodových a liniových objektů, pro architektury symbol volnosti a rozletu nové doby, pak paradoxně byly spíše obtěžujícím prodloužením dlouhé cesty s nákupem, i když je lemovaly umělecké artefakty ženských aktů, pro které se vžilo označení „ztratila jsem klíče v trávě“.

Život ale není černobílý a v současnosti, kdy morálně dožívá technické vybavení bytů v panelových domech i místní infrastruktura, jsou panelové domy téměř ideální kostrou hrubé stavby, kterou je možné nejsnáze ze stávajících staveb proměnit na moderní bydlení s minimální energetickou spotřebou.

#### Jaké potenciály v sobě skrývají panelové domy

Panelové domy jako jediné lze realizovat na 100 % komplexními opatřeními podle principů pasivního domu s kvalitativně nejvyšším komfortem užívání a tepelné pohody.

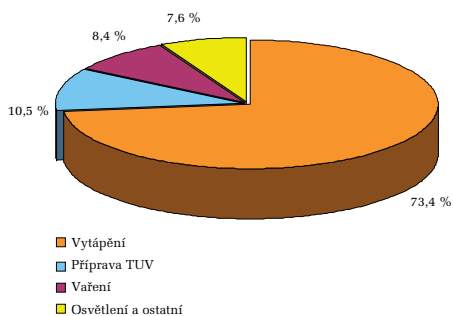
Proto panelové bytové domy představují největší a zároveň technicky nejdostupnější využitelný potenciál úspor v bydlení.

#### Problém kvality vnitřního prostředí

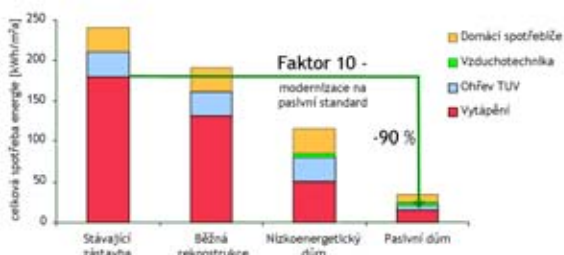
Panelové domy jsou svou konstrukcí poměrně těsné stavby a takzvané přirozené větrání v nich zabezpečují v největší míře netěsná okna. Ta dokážou přivádět dostatek čerstvého vzduchu pouze nárazově za silného větru, nebo když není v bytě plně obsazení všemi obyvateli. Při inverzním povětrí a ve zhoršených rozptylových podmínkách ani ta nemohou zabezpečit naše potřeby na přísun kyslíku. Pokud dojde pouze k výměně za nová, těsná okna, i pokud náhodou mají tzv. mikroventilaci, dojde k výraznému zhoršení koncentrace škodlivin s nedostatkem čerstvého vzduchu. Naopak komplexní úpravy řeší řízeným větráním s optimálním množstvím přiváděného čerstvého vzduchu do obytných místností bez energetických ztrát



Vytápění je hlavní položkou ve spotřebách energie v domácnostech



Omezení tepelných ztrát modernizací na pasivní standard, které je technicky realizovatelné u 1/3 domácností v ČR, je velká výzva, jak ovlivnit 73,4% jejich současné spotřeby (zdroj Statistický úřad ČR).



Potenciál úspor na vytápění u stávajících panelových domů je při komplexní modernizaci na úrovni „faktoru 10“ a umožňuje dosažení úspor až 90%. Nejčastěji realizované úpravy však dosahují úspor pouze 20-30% oproti původnímu stavu (zdroj CPD).



Architektonicky odstrašující příklady vznikají bez přítomnosti citlivého autora a většinou si architekturu panelového domu pletou s variací zkoušených barev z palety vzorníku omítek na geometrická témata (autoři neznámí).

s výrazným zvýšením kvality vnitřního prostředí i vyváženost teplotní pohody. U všech dílčích opatření je opomíjen fakt, že dochází k nedodržení normou požadovaných hygienických podmínek na koncentraci škodlivin ve vnitřním prostředí, která se zhoršuje s počtem obyvatel na m<sup>2</sup> jeho plochy, a tudíž že tato opatření porušují stávající legislativu, a jsou tedy nezákonná. Paradoxem je, že tyto nezákonné úpravy probíhají s podporou státu, i v rámci dotačních programů.

### Příspěvek k ochraně klimatu

Budovy a domácnosti se podílejí asi 40 % na celkové spotřebě energie svým provozem vytápění a snížení tohoto potenciálu o 90 % může být nejnápadnějším přínosem ke snížení skleníkových plynů. Dalším logickým krokem pak může být zajistit zbývajících 10 % spotřeby z obnovitelných zdrojů, což už není nereálný požadavek.

Dosavadní stavba, která má technický potenciál k přestavbě na pasivní dům (dále jen PD), kromě finančních úspor při provozu výrazně méně zatěžuje životní prostředí podílem na produkci skleníkových plynů, a to i tím, že zachovává největší objem původního stavebního materiálu. Nové stavební materiály obsahují velké množství svázané (tzv. šedé) energie spotřebované při jejich výrobě a dopravě. U změny stávající stavby se množství nově použitého materiálu značně redukuje, odpadá energeticky náročná demolicí a náklady spojené s uložením stavebního odpadu. Ještě krátce po roce 1989 bylo slyšet názory, že panelové domy je třeba zbourat, což se ukázalo jako sociálně i technicky nereálné, ale možnost komplexní regenerace na pasivní dům ukazuje, že by to bylo i nerozumné.

### Bariéry využití potenciálu úspor

K tomu, aby se všechny nabízené potenciály mohly i jen zčásti začít využívat, je třeba překonat tolik překážek netechnického charakteru, že v současné době je využití tohoto potenciálu velmi nízké.

#### • Nejlevněji, nebo promyšleně

Hlavní důvod je v potřebě komplexního řešení, nebo alespoň na sebe navazujících řešení, realizovaných sice s odstupem, ale v logickém sledu. Na začátku je třeba neudělat chybu v síle zateplení a umístění oken v izolaci. Kvalita vnějšího pláště rozhoduje, zdali v budoucnu investor bude mít možnost dalšími změnami dokončit proces transformace, tak aby mohl skončit minimálně na úrovni nízkoenergetického domu (dále jen NED), a pokud bude postupovat prozíravěji, není důvod, aby se nemohl dopracovat až k PD.

Proti tomu se na začátku investoři setkají s vášnivou diskusí mezi sebou a zažitou praxí, zdali 5,6, nebo 8 cm polystyrenu je ta správná volba. Bohužel, narazí často i na poměrně inteligentně se tvářícími poradenské agentury, které ještě před několika lety radily 8 cm, pak 10 cm a dnes už možná i 12 cm.

Dnes není těžké si selským rozumem bez placených poradců srovnat údaje aktuálních cen zateplení za m<sup>2</sup> na trhu stavebních prací. Z tabulky níže vyplývá, že v síle zateplení je jen minimální navýšení ceny dané tloušťkou, ale právě síla izolace rozhodne o dalších možnostech opatření, zda budou drahá a málo efektivní, nebo zda bude dokonce nutné během několika málo let provést zateplení zcela znovu. Zaslíbená diskuse má tedy probíhat v rovině „kolik dát nad 15 cm, tedy 20, 25, nebo 30 standardního, nebo o něco méně šedého polystyrenu s lepšími vlastnostmi?“ V tuto chvíli se rozhoduje, jestli bude možné jednou dosáhnout lepšího, nebo horšího nízkooenergetického standardu, nebo se zacílí až k pasivnímu domu s menší ekologickou stopou. Bohužel na tuto rovinu diskuse investorů dostoupí jen mimořádně.

Malá informovanost a touha volit to nejlevnější řešení nakonec v naprosté většině skončí u té nejnákladnější varianty – tloušťka izolace 5–10 cm, kdy se s domem již skoro nic dále dělat nedá!

Z tohoto stavu plyne zkušenost, že je lépe raději nedělat nic než příliš brzo dělat jen tak trochu něco bez rozmyslu, tedy bez komplexního projektu.

- **Vlastnické vztahy a nezbytná dohoda vlastníků**

Další bariérou jsou složité vlastnické vztahy, které do značné míry ovlivňují kvalitu rozhodovacího procesu a na jejichž pozadí musí proběhnout nezbytná dohoda vlastníků. Při dohadování nad něčím ne zcela jednoznačným, kde je třeba vážit řadu pro a proti, se většinové stanovisko rodí více než těžko. Nejkomplikovanější je to u bytů v osobním vlastnictví; u družstevních bytů by to mohlo být jednodušší, neboť mívají fungující rozhodovací struktury, ale do vyhlášení Zelené úsporám žádné družstvo k realizaci NED ani PD také nepřistoupilo. Situace u obecních bytů by měla být o mnoho jednodušší, ale zde se především naráží na všeobecnou neinformovanost a zažité stereotypy. Osvíceného starostu snadno semele neznalé zastupitelstvo, zvláště před volbami. A právě proto, že chybí pozitivní příklady, na které je možné se podívat, je těžké stereotypy měnit. Asi i proto je zatím jediný příklad komplexního přístupu v naší republice ze sídliště v Novém Lískovci z Brna pod prozíravým vedením starostky Drápalové.

Izolační systém	Tloušťka v [mm]	R izolace [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U izolace [W/(m <sup>2</sup> K)]	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ]	
Fasádní povrchová úprava bez zateplení	0	0	–	550	
EPS 100 F (práce, lepidlo, perlínka, omítka, barva)	50	1,35	0,740	870	
EPS 100 F (práce, lepidlo, perlínka, omítka, barva)	100	2,65	0,375	930	
EPS 100 F (práce, lepidlo, perlínka, omítka, barva)	200	5,30	0,189	1010	NED
EPS 100 F (práce, lepidlo, perlínka, omítka, barva)	300	7,95	0,124	1090	PD
Minerální vlna ETICS (práce, lepidlo, perlínka, omítka, barva)	300	7,55	0,133	2180	PD
Foukaná celulóza v dřevěném roštu (latě/přiložky)+ DVD 60 mm (omítka, barva, práce)	270 + 60	7,62	0,131	2010	PD

Srovnání cen izolačních systémů (zdroj May. Schurr. Passivhauskonzepte)



Projekt zateplení panelových domů s jemnou grafikou na fasádě (autor: Petr Hovořák, DIMENSE architects)



Realizace barevné fasády při zateplení BD Pomořanská ul. v Praze 9 ukazuje, že tupou velkou hmotu monotónní fasády lze opticky zjemnit (autor: Daniel Smitka).



Nástavbou panelového domu lze nejnázne řešit ekonomickou stránku komplexního řešení změny stavby následným prodejem nově vybudovaných bytů. Snímek ze Vsetína (autor: Petr Hovořák, DIMENSE architects).

### • Kvalita a cena projektu proti kvalitě a výslednému zhodnocení stavby

I na obvyčejné zateplení by měl být vytvořen nezávislý projekt od zkušeného projektanta, který ochrání investory před prosazením zájmů někoho jiného než jich samých.

Proti tomu naprostá většina změn panelových domů začíná výměnou oken bez projektu a pozdějším následným zateplením, které projektově (tzv. zadarmo) zajišťují realizační firmy. Je to nejen střet zájmů, ale pokud (zase v naprosté většině) zajišťuje prováděcí firma i technický dozor investora, jde o porušení stavebního zákona. Žádný investor by se pak neměl divit, že výsledný produkt bude s nejmenším jmenovatelem problémů pro realizátora a bohužel v nejnižší výsledné kvalitě a s nejmenší přidanou hodnotou užžitnou i estetickou. Nebezpečné je, že výsledek bývá v rozporu se zákony stavební fyziky a mnohdy ohrožuje životnost stavby, tedy i bezpečnost uživatelů.

### • Možnosti a úskalí úvěrování

Kvalita provedené změny stavby přímo souvisí s její hodnotou na trhu nemovitostí, tedy i s hodnotou ručení stavbou k poskytovanému úvěru. V zahraničí banky nejenže půjčují, ale přímo motivují realizovat stavby NED a PD a půjčují s nižším úrokem. Pro banku jde o méně ohrožené, bonitnější klienty schopné splácet dluhy, protože mají menší provozní výdaje na energie, a také výsledná hodnota nemovitosti výrazně převyšuje tu původní. U panelových domů s původní špatnou pověstí to může být i o 50 % a podle lokality je tu potenciál dokonce i ke 100% zhodnocení tržní ceny. K podobnému přístupu se u nás banky pomalu také odhodlávají a lze předpokládat, že stejní vlastníci bank v Německu a Rakousku se budou logicky stejně zjišťně chovat i u nás. Půjčovat si na polovičatá opatření, která stojí jen o málo méně než ta komplexní, je mnohem riskantnější chování, neboť náhlý růst cen energií na světových trzích může takovou investici zásadně znehodnotit!

Komplexní změnu stavby se zvýšením úspor energií, ale i komfort bydlení, estetické zhodnocení, a proto i zvýšení tržní ceny nemovitosti krátkodobě podpoří program Zelená úsporám.

### Proč ještě přemýšlet i v širších souvislostech

Dnes už také není nutné držet jakékoli sídliště jako monofunkční strukturu pouze pro bydlení, protože je sebezáchovné zbytečnou dopravu obyvatel a materiálu nezvyšovat. Technika stále více obyvateľům umožňuje práci z domova a hustota zastavění je relativně řídká, takže při koncepčním dlouhodobém

plánování je technicky i prakticky možné změnit zónování. Mělo by jít o přirozenější a udržitelnému rozvoji bližší koncepci prolínání prostorů s pracovními příležitostmi, trávení volného času v místě bydlení, tedy reálnou tvorbu domova, i to, že mohou mít bydlení na dobré adrese.

K tomu je ale zapotřebí dohoda politická na dlouhodobém konceptu plánované transformace ve spolupráci občanů, místní samosprávy i se soukromými investory. V opačném případě hrozí opak transformace nebo vytvoření problémových ghatt se sociálně výbušnou atmosférou. Zkušenosti ze zahraničí ukazují, že takto zanedbaná ghetta je pak vždy velice nákladné řešit až následně. Bydlení na špatné adrese je nakonec vždy propojeno s nelegálním přistěhovalectvím a organizovaným zločinem.

Panelová sídliště v budoucnu tak mohou být buď velkou výzvou, nebo velkým problémem, a z těchto důvodů je do této kapitoly zařazen oddíl v širších souvislostech, aby bylo možné zviditelnit rizika, vedle kterých velké technické problémy při realizaci jsou jen viditelnou špičkou ledovce nad problémy blokované okrajovými podmínkami sociálněekonomickými, urbánními, a tedy politickými.



Nástavba malometrážních bytů v ulici Přeštická v Praze 15 nepopírá původní architekturu, ale doslova ji korunuje (autoři: DREXLER VRBATA ARCHITEKTI).

Poslední snímek představuje obnovu a nástavbu panelového domu v Brně-Bystrci. Zdařilé architektonické řešení muselo ctít nesmyslný požadavek místní regulace: sedlové střechy (autor: Markéta Veselá, foto archiv autorky).

# URBANISTICKÉ, SOCIÁLNÍ A EKONOMICKÉ SOUVISLOSTI

## NEDOKONČENÁ REFLEXE SÍDLIŠŤ

Panelová sídliště se stala symbolem odcházejícího totalitního režimu – mluvilo se o nich jako o noclehárnách, králíkárnách, moři šedi. Krátce po sametové revoluci se stavba sídlišť víceméně samozřejmě zastavila a uvolněním poměrů se otevřela možnost pro diskusi o sídlištích mezi odborníky, laiky a politiky, která mohla pomoci nemocnému dědictví sídlišť stanovit diagnózu a zajistit s širokou podporou účinnou léčbu. Byla však využita?

Debaty o problémech sídlišť začala již za socialismu mezi odpovědnými architekty (Ivo Oberstein, Miroslav Baše a další) a s nimi spolupracujícími sociology (Bohuslav Blažek a Jiřina Olmrová, Jiří Musil). Krátce po revoluci vznikla řada teoretických textů (Aulická 1993, Blažek 1994, Maier 1994) i konkrétní koncepční projekty (studie Bulvár – Jižní Město Ivana Plicky, Jana Sedláka a Martina Sedláka z roku 1996). Mezi architekty se mluvilo o různých scénářích pro sídliště: Zbourat? Humanizovat? (Ale co to znamená?) Zahustit? (Jak?) Pouze doplnit chybějící funkce? Nechat svému osudu na dožití? Akceptovat? Nebo u každého sídliště jinak? Nevznikl přitom konsensus (resp. širší pokus o něj), co na sídlištích bylo nepřijatelné, co pouze špatné, co naopak dobré a co z toho je skutečně systémovou chybou sídlišť a co jen produktem šlendriánu reálného socialismu. Ve veřejné a politické debatě zůstalo jen u mediálních klišé.

Chyběla tak jasná měřítko, podle kterých by byly možné scénáře odpovědně porovnány. To mělo zásadní praktické důsledky:

- To, co se nakonec na sídlištích událo, nebyla vědomá strategie, ale mírně náhodná cesta nejmenšího odporu, ve svém nekonceptním výsledku stvrzená privatizací – tedy upevnění problematické fyzické struktury jejím promítnutím i do struktury vlastnické.
- Státní finanční podpora revitalizace sídlišť se zaměřovala mnohem více na odstranění technických nedostatků snižujících kvalitu vlastních objektů (jednodušší část problematiky, kde konsensus existoval) než na revitalizaci urbanistické struktury.
- Společnost (včetně řady architektů) se z problémů sídlišť nepoučila pro budoucnost – obyvatelé, kteří opustili sídliště „za lepším“, se často usadili v nových obytných souborech, které mají (i přes odlišnou estetiku) až příliš často výsostně sídlištní charakteristiky: jsou ryze obytné, bez obchodů a vybavenosti, tvořené parterem okupovaným automobi-

ly a izolovanými objekty bez přední a zadní fasády a jasně definovaného veřejného prostoru.

S tím, jak se porevoluční obavy z rychlé degradace sídlišť (stanou se ghety a městy duchů a vybydlí je squatteři) nevyplnily, zájem veřejnosti a politiků o téma sídlišť časem ochaboval. Dnes se může zdát, že sídliště nepředstavují pro budoucnost závažný problém či riziko. Při podrobnějším pohledu na důvody, které zbrzdily negativní vývoj, však zjistíme, že některé jsou pouze dočasné. Degradace se zbrzdila, protože:

- Na rozdíl od západních zemí nebyla sídliště obydlena pouze jednou sociální skupinou.
- Sídliště nejsou svými obyvateli vnímána tak problematičtě (projevuje se tzv. maladaptace).
- Sociální rozdíly v České republice byly na konci socialismu malé.
- Zapůsobil příznivý ekonomický vývoj, který povzbuzoval poptávku po bytech, proto rostla cena všech bytů bez ohledu na jejich kvalitu. V takové situaci ani nová výstavba nebyla nucena nabídnout výrazně vyšší kvalitu než sídliště.
- Regulované nájemné vedlo k dalšímu omezení nabídky, a tím i ke zvyšování cen bytů.

Poslední tři důvody však nejsou trvalého charakteru – současná ekonomická krize prohlubuje rozdíly v cenách bytů, rostou sociální rozdíly. Téma sídlišť se tak stává opět aktuálnější.

Poznání podstaty problémů sídlišť, ale i hodnot, které bezpochyby mají, je dnes proto potřeba, a to z následujících důvodů:

- aby bylo možné navrhovat opatření řešící skutečnou podstatu problémů, nejen příznaky,
- aby se řešením jednoho problému jiné mimoděk nezhoršovaly, nebo alespoň neuzavřely možnosti jejich řešení,
- abychom zásahy do sídlištní struktury nepřipravili sídliště o pozitiva, která mají,
- abychom se v budoucnu vyvarovali opakování stejných chyb.

Proto v této podkapitole dosavadní uváděné poznatky o sídlištích stručně shrneme a doplníme nástinem nových úvah, které může generovat potřeba úspor energie a ekosystémový pohled na město.

## SYSTÉMOVÉ VLASTNOSTI SÍDLIŠŤ

Někdy se říká, že sídliště byla dobře zamýšlena, ale špatně realizována a nedokončena. Problémem

údajně není základní myšlenka rozvolněného města v parku, ale pouze nízká kvalita domů a nerealizování původní představy občanské vybavenosti a parkových úprav. Pro budoucí nakládání se sídliště je přitom zásadní otázka, zda to byl skutečně jen produkt socialistického šlendriánu (a tudíž se máme snažit dnešními úpravami dokončit původní koncepci), nebo zda má v sobě koncept sídliště zabudované systémové chyby, které k některým problémům tak jako tak zákonitě vedou (a tudíž se máme snažit dnešními úpravami původní koncepci pozměnit).

### Monofunkčnost

*Nejvíce skloňvaným problémem sídlišť je jejich záměrná monofunkčnost.* (To vyjadřuje i hanlivé označení „noclehárny“.) Komunistický režim, zaměřený na těžký průmysl,razil modernistickou koncepcí oddělení bydlení a práce i v době, kdy bylo zřejmé, že jde o překonané schéma. Na sídlištích tak nevznikla téměř žádná pracovní místa. Výjimkou jsou školy a základní obchody a služby (ovšem jen pokud byly dokončeny pro ně určené objekty). To vedlo k tomu, že přes den jsou sídliště vylištěná a doprava ve špičce je téměř jednosměrná. To neúměrně přetěžuje dopravní infrastrukturu a vytváří špatné ekonomické podmínky pro obchody a služby (mají příjem pouze z odpoledního fungování).

### Rozsah prostoru udržovaného z veřejných prostředků

Srovnáním hustot osídlení a poměru prostoru udržovaného z veřejných prostředků (veřejný prostor, pozemky školských zařízení) k prostoru soukromému dojdeme k velmi zajímavému rozdílu mezi blokovou zástavbou a sídlištěm. Pro ilustraci srovnáme dvě pražská území – Vinohrady a část Jižního Města – sídliště Háje (ortofoto viz na obr. 1 a obr. 2).

Z tabulky č. 1 je zřejmé, že na sídlišti Háje připadá na jednoho obyvatele přibližně 3x více městem udržovaného venkovního prostoru (chybí zde soukromé dvorky a vyšší podlažnost způsobuje menší zastavěnou plochu domu na jednoho obyvatele). Hodnoty pro jiná území se budou lišit, ale základní poměr (resp. nepoměr) zůstane. Je proto logické, že není možné na sídlišti nejen realizovat, ale zejména udržovat kvalitu veřejného prostoru a parkových úprav stejným způsobem jako v kompaktním městě, protože na jeden metr čtvereční je na sídlišti 3x méně daňových prostředků. *Z ekonomického pohledu tudíž není možné na sídlištích udržovat obvyklý park – a jde o základní systémovou vlastnost struktury, která se paradoxně ideově vyvinula z konceptu domů v parku.*



Obr. 1 Ortofotografie Praha-Vinohrady



Obr. 2 Ortofotografie Praha-Háje



Obr. 3 Intenzita pohybu osob ve veřejném prostoru – výzkum fungování pěší zóny Anděl na základě sledování 1372 tras náhodně zvolených návštěvníků (všední den 7–20 h, jaro 2006) a 24 rozhovorů s podnikateli sídlícími v lokalitě. Hustota pohybu osob je ovlivněna tvarem prostoru, polohou zdrojových a cílových míst pohybu a rozmístěním prvků parteru. Atraktivita umístění provozovny roste přibližně do hustoty pohybu 1000 lidí.  $\text{den}^{-1} \cdot 0,5 \text{ m}^2$  a s dalším nárůstem intenzity pohybu naopak klesá (analýza Petr Klápště, Eva Klápšťová, Miloš Říha, Petra Šilberská).

## Geometrie veřejného prostoru

Geometrie veřejného prostoru (tedy tvar a vzájemné systémové vazby jednotlivých prostorů) je velmi podstatný faktor ovlivňující komerční úspěšnost obchodů a služeb (Gehl 2000, Lynch 2004). Jednoduše řečeno platí, že vybavenost, zejména ta komerční, je závislá na výskytu klienta (kromě specializovaných obchodů a služeb). Proto je pro ekonomický úspěch nutné, aby byla daná služba či obchod v místě, kde díky geometrii prostoru dochází k přirozené koncentraci chodců. Princip je ilustrován na obr. 3.

V klasickém městě (koridorová struktura), kde soustava ulic a náměstí přirozeně sdružuje pohyb do liniových tras, to znamená umístění v rušné ulici či na náměstí. Na sídlišti (plánováno jako buňková struktura), které koridorový prostor typu ulice nezná, pak může vznikat ekonomický problém pro klasické obchody a služby. Pokud cesty s vyšší koncentrací chodců vůbec existují, nejsou u nich ve struktuře sídliště podmínky pro umístění obchodů a služeb. Pokud jsou cesty rozptýlené, k vyšší koncentraci dochází pouze bodově – zejména okolo stanic MHD – nebo vůbec. Supermarketům, jejichž styl prodeje má v podstatě bodový charakter, naopak sídlištní struktura vyhovuje.

Druhým systémovým problémem tedy je, že v *konceptu sídliště s volnou strukturou zástavby nebyly jejich uspořádáním vytvořeny podmínky pro rentabilní provoz malých obchodů a služeb.*

Tento problém se však netýká všech sídlišť. Některá pozdní sídliště již na to reagovala a jejich struktura byla vytvořena tak, aby uliční koridor vytvořila (Praha-Barrandov) nebo ho nahradila jinou strukturou s podobným efektem (Praha-Jihozápadní Město – viz obr. 4).

## Teritoriální chování člověka

Člověk má potřebu ohraničovat si svoje teritorium. Sám svůj malý kousek prostoru v bytě, společně s rodinou svůj byt/dům a terasu/zahradu. Tradiční zástavba (zemědělský dvorec, městské bloky) dále vytváří dvorek – prostor pro specifické aktivity, který je v rámci skupiny sdílející stejný dům veřejný, ale vůči všem ostatním je uzavřený, soukromý. Samostatně stojící bytové domy tento prostor nemají, což vytváří deficit a vede to k tomu, že činnosti dříve

soustředěné do soukromí dvorku (sušení prádla, domácí práce, skladování objemných předmětů) se dostávají na oči ostatním. Dům vlastně nemá svou přední a zadní stranu (Blažek 1983). *Výsledkem je nedostatek intimity a volného soukromého prostoru.* Obojí bývá někdy nahrazováno „guerillovým“ způsobem – patří sem adopce předzahrádek a vlastní výsadby na pozemku města, ale i graffiti.

## Východisko pro úpravy

Sídliště v těchto bodech selhávají systémově. Proto úpravy sídliště při akceptaci jeho současné logiky mají nutně své limity, zásadní kvalitativní posun je možný při úpravě původní koncepce sídliště.

## DALŠÍ PROBLÉMY

### Vývojem způsobené problémy

- Vývoj k soukromému vlastnictví vede k vlastnické struktuře, na kterou nebyla sídliště projektována. Byty jsou privatizovány, většinou vznikají společenství vlastníků, méně často družstva. Jejich praktické fungování odhaluje problém struktury s nízkou zrnitostí – v nutnosti rekonstruovat ji po velkých částech (min. po sekcích), což vyžaduje nutnou kumulaci kapitálu a problematické rozhodování.
- Sídlíště nepočítala s automobilizací současného měřítka a dnes je jejich parter doslova zavalen parkujícími automobily. Původně zamýšlená hlavní devíza sídlišť – bydlení v zeleni – je tím znehodnocena.
- Větší sídliště bývají dělena na části s podobnými byty, což determinuje sociální skladbu obyvatel a znesnadňuje situaci vyvíjející se domácnosti, která uvažuje o změně velikosti bytu, a přitom chce zůstat v lokalitě. Zejména chybí byty vyššího standardu.

### Problémy s polistopadovým managementem sídlišť

- Jako čím dál větší problém se ukazuje přezíravost vůči obyvatelům sídlišť. Odborníci a politici plánovali změny bez jejich obyvatel. Ti v procesech, které nemohou ovlivnit, vidí pochopitelně ohrožení a vzhledem k rostoucí občanské emancipaci stále více brání změnám plánovaným shora. Stále častějším případem je zejména odpor vůči zahušťování, angažovaní obyvatelé si uvědomují jeho nebezpečnost, pokud je prováděno nekonceptně.

Tabulka 1 Sídlíště Háje a Vinohrady – srovnání

	hustota obyvatel [obyvatel/ha] (zdroj Hnilička 2005)	Podíl obcí udržovaného venkovního prostoru z celkové plochy	Plocha obcí udržovaného venkovního prostoru na jednoho obyvatele [m <sup>2</sup> ]
Vinohrady	324	cca 1/3	cca 10
Háje	224	cca 2/3	cca 31

- Často nebyla cílená podpora doplnění pracovních příležitostí v nových objektech (úpravy směrem k větší samostatnosti sídliště), podnikání se tak odehrává v bývalých kočárkárnách a podobných provizoriích.
- Doplnění nových staveb na sídliště probíhalo často podle původní logiky sídliště (izolované objekty bez přední a zadní fasády a městotvorného efektu), protože otázku, zda by to nemělo být jinak, si v daném případě nikdo nepoložil. Pokud se objevují nové pracovní příležitosti, mají často stejnou, nebo dokonce menší zrnitost než původní sídliště.
- Ekonomická neudržitelnost veřejného prostoru sídlišť byla zčásti maskována příjmy z privatizací objektů – ty ale zákonitě dříve či později musí ustát.
- Sídlíště v době privatizace neměla vizi budoucího rozvoje – proto obvykle privatizace jen zafixovala novými vlastnickými vztahy nevyhovující strukturu.

#### Další, méně závažné problémy

- Úpravy veřejného prostoru probíhají „záplatováním“ po malých kouscích bez celkové koncepce (vydláždění vyšlapané cesty, vysazení několika stromů, výměna herních prvků dětského hřiště, rekonstrukce chodníků po malých úsecích) a stabilizují současnou strukturu parteru. Při poměrně značných postupně proinvestovaných částkách zůstává kvalita veřejného prostoru víceméně stále stejná.
- Původně nerealizované parkové úpravy si zajistili obyvatelé sami. Bohužel často způsobem, který neuvažoval budoucí vývoj a údržbu.

#### SILNÉ STRÁNKY A POTENCIÁLY SÍDLIŠŤ

Přes problémy, které sídliště bezpochyby mají, je třeba nepřehlédnout nemalá pozitiva a potenciály, které v sobě skrývají.

- Mají větší procento ploch zeleně než centra a bloková zástavba, to znamená i větší vsakování a odpar s pozitivními důsledky pro mikroklima. Často se daří držet situaci, kdy sídliště přímo sousedí s lesoparkem či volnou krajinou, což znamená velkou hodnotu jak z hlediska dostupnosti rekreace, tak z hlediska ekologické stability.
- Struktura sídlišť většinou nabízí dostatek prostoru pro změny a budoucí dotvoření a adaptaci na nové podmínky. Ve srovnání s ostatními strukturami v sobě skrývá největší potenciál ke změně v ekologicky mnohem stabilnější městské prostředí. Přírodě blízké úpravy veřejného prostoru mohou snížit náklady na údržbu, propojit prostory sídliště s přírodními prvky ve volné krajině, poskytnout útočiště zvířatům a všeobecně zvýšit ekologickou



Obr. 4 Obchodní centrum z doby socialismu (vlevo) – obchody jsou v druhém podlaží, celá hmota je kolmo na pěší cesty – dnes komerčně problematické (naopak supermarkety a velké obchodní centrum Chodov na stejnojmenné stanici metra jsou úspěšné); Praha-Jižní Město (foto Petr Klápště).



Obr. 5 Ortofoto Praha – sídliště Lužiny (Ivo Oberstein, urbanistická studie 1968), okolí stanice metra Luka. Z obytných „rondelů“ se při cestě ke stanici metra prochází osou s obchody, která funguje podobně jako dnešní obchodní centra – je modifikací ulice.



Obr. 6 „Zahušťování“ sídliště – parkoviště, supermarket a nová budova úřadu – nevytváří novou kvalitu prostoru. Jedná se jen o izolované objekty a nahrazování parku parkovištěm; Praha-Jižní Město (foto Petr Klápště).





Obr. 7 „Záplatování“ veřejného prostoru kompozicí vskutku klasickou - Praha-Jižní Město (foto Petr Klápště).



Obr. 8 a 9 Opatov Park, 1. etapa (Omicron-K, 2009) a Kupa Háje. Nová pracoviště mají stejnou a větší zrnitost než původní sídliště. Tak jako jsou dnes velkým přínosem, mohou být i problémem. Jakou máme jistotu, že se nové monofunkční komplexy velkého měřítká časem nedostanou do podobných problémů jako ty staré? Praha-Jižní Město (foto Petr Klápště).

stabilitu. Využití dešťové vody ze střech pro mokřady a vodní plochy může zlepšit mikroklima a snížit náklady na údržbu dešťové kanalizace, zelené střechy mohou nabídnout prostor pro menší komunitu, zpomalit odtok a zlepšit teplotní pohodu v budovách (nepřehřívají se).

- Sídliště mají dostatečnou hustotu obyvatel pro fungování hromadné dopravy. Mají potenciál k zavádění nových trendů v dopravě, jako je car-sharing.
- Již vybudované rozvody tepla mohou být napojeny na kogenerační kotelny na biomasu, části střech a fasád může být využito pro získávání elektrické energie ze slunce.

Silné stránky a potenciály tu jsou, a je tedy stále při neuvážených úpravách a zásazích co ztratit a promrhat. Bohužel se to i často děje, zejména nekonceptním zahušťováním a polovičatými rekonstrukcemi objektů.

## ÚKOLY

Zadání pro celkové zlepšení situace sídlišť by mohlo vypadat přibližně takto:

- Vytvořit členění prostoru, které zajistí intimitu a skupinovou identifikaci s prostorem (možno využít střešních zahrad a polozavřených prostorů, jasně přínáležejících konkrétní skupině obyvatel).
- Doplnit pracovní místa.
- Vytvořit prostředí pro drobné obchody a služby – připravit prostory koncentrace (ekvivalenty ulic a náměstí, byť oproti těmto vzorům pravděpodobně pozměněné)
- Zajistit diverzitu bytového fondu.
- Snížit nároky na údržbu prostoru z veřejných rozpočtů. A to vhodným vyvážením stavebního zahušťování, privatizací částí prostoru, který zůstane nezastavěný, a přeměnou částí veřejného prostoru na stabilnější ekosystémy. Stavební zahušťování by mělo probíhat tak, aby zároveň umožnilo naplnění vždy alespoň dvou z předchozích čtyř úkolů.
- Zavést efektivní management poptávky po parkování (kombinace důstojného řešení menšího množství parkovacích stání a motivace k nevlastnění automobilu – cílená podpora car-sharingu). Budovat trvalá stání na plný současný stav automobilů je diskutabilní – ropný zlom ve spojení s rozšířením car-sharingu může ukázat, že masivní posilování parkovacích kapacit není třeba.
- A zejména zavést postupy participativního plánování – bez toho jsou nutné změny neuskutečnitelné. Často panují obavy ze zapojování obyvatel na základě zkušenosti z občanských protestů. Zásadním rozdílem oproti skutečné participaci ale je, že obyvatelé jsou v takovém případě zapojeni pozdě (neměli vliv

na zadání projektu) a museli si svoji pozici vydobýt – na počátku tak stojí konfliktní atmosféra. Z vlastní zkušenosti autora vyplývá, že pokud jsou obyvatelé zapojeni od počátku projektu – tedy již při formulaci problémů k řešení, hodnot k zachování a rozvíjení a z toho vyplývajícího zpřesňování zadání, může být celý proces zvladatelný k oboustranné spokojenosti. V současné době se bohužel zapojování obyvatel ze strany radnic často omezuje na ankety o kultuře či barvách fasád domů bez možnosti diskuse o čemkoli podstatném – není se pak co divit, že to aktivním lidem přijde spíš jako výsměch.

## RIZIKA

V současných trendech je možné spatřit řadu rizik vyplývajících z nerefluktování problémů sídlišť. Hrozí zejména, že:

- Změny budou diktovány shora bez zapojení obyvatel do plánování jejich podoby a mohou jimi být v nespokojenosti zablokovány.
- Zahušťování proběhne pouze stavebně a v duchu současné logiky sídliště – s využitím izolovaných domů rozvolněné struktury – ztratí se tak potenciál změny struktury směrem k ekonomickému využití míst koncentrace a zvyšování ekologické stability, a přitom poměr obyvatel a prostorů zůstane stále horší než v kompaktním městě.
- Při plánování parkování bude automaticky akceptována současná potřeba, bez využití možnosti ovlivňovat poptávku tak, aby bylo možné realizovat menší množství dostatečně kvalitních stání.
- Velký rozsah veřejného prostoru svede politiky a projektanty k jeho rozdělení na velké množství větších monofunkčních zón s velkými nároky na údržbu a ve výsledku malou koncentrací rozptýlených uživatelů (již dnes se objevují tendence vybudovat dětská velehřiště s příliš přeuročeným prostředím místo průlezků a stromů u každého domu, fragmentovaná sportoviště se samostatným hřištěm pro každý druh sportu místo víceúčelového plácku, velké množství cest pro různé využití – pěší, cyklo, in-line, neřkuli koně – i tam, kde to nemá smysl).
- K sídlištím se bude přistupovat šablonovitě a nebude brán ohled na rozdíly, které mezi nimi jsou – ne všechny problémy se týkají všech sídlišť a dobrá řešení nebývají univerzálně platná.

### Specifické úvahy spojené s dotačními programy na zateplování panelových objektů

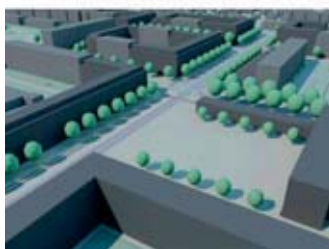
Dotace přináší cenný impulz k zlepšení energetické bilance objektů. Zatím však nebyla podporována další opatření, která by mohla přispět ke snížení energetické náročnosti provozu měst jako celku



Obr. 10 Nové řešení protierozních opatření a osázení svahu přírodě podstatně bližším způsobem (keře a půdopokryvné dřeviny), Brno-Nový Lískovec. Použité akátové dřevo je vpravdě místní materiál – bylo získáno prořezávkou lesoparku na druhém konci sídliště (foto Petr Klápště).



Obr. 11 Původní řešení v témže svahu se skomírajícím trávníkem o kus dále (foto Petr Klápště).



Obr. 12-15 Ivo Tuček - sídliště pro 21. století (2008), diplomová práce pod vedením prof. Karla Maiera (FA ČVUT), navrhující revitalizaci pražského sídliště Bohnice, zejména vytvoření ekonomicky a funkčně kvalitnějších veřejných prostorů a doplnění pracovních příležitostí.

a zvýšit ekologickou stabilitu. V měřítku jednoho objektu to jsou například ozeleněné střechy, v návaznosti na okolí využití dešťové vody ve veřejném prostoru.

Ke zvážení pro investory i projektanty je i spojení tepelně technické sanace se zvýšením užitné hodnoty objektů – zvětšení plochy balkonů, vytvoření společného chráněného prostoru na střešní terase (možnost drobných akcí jako grilování apod.), v některých případech komerční přístavby či změny části objektu na komerční plochy apod.

Pokud zateplení objektů nebude počítat s možnostmi těchto dalších změn a stabilizuje současnou podobu a funkci domů, může v budoucnu tyto pozitivní kroky znesnadnit. Bylo by proto prozíravé projektovat tepelné sanace s vědomím dalších možných navazujících opatření a realizovat je současně, nebo je alespoň v budoucnu umožnit.

## LITERATURA, ZDROJE

AULICKÁ, Zdenka a kol. Regenerace sídlišť. Praha: VÚVA, 1993.

BLAŽEK, Bohuslav a kol. Praha 2010 – Program rozvoje hlavního města Prahy: Závěrečná zpráva. Praha: Nadace Ecoterra, 1994.

BLAŽEK, Bohuslav. Konečně diskuse o sídlištích? On-line dostupné na: <http://www.e-architekt.cz/>

BLAŽEK, Bohuslav. Rodinné zákulisí. Technický magazín, 1983.

HNILÍČKA, Pavel. Sídelní kaše. Brno: Vydavatelství ERA, 2005.

LYNCH, Kevin. Obraz města. Praha: Polygon, 2004.

GEHL, Jan. Život mezi budovami. Brno: Nadace Partnerství, 2000.

MUSIL, Jiří et al. Lidé a sídliště. Praha: Svoboda. 1985.

MAIER, Karel. Analýza a kriteria posouzení urbanistických potenciálů sídlištních obytných souborů pro regeneraci I. Etapa. 1994 (pracovní materiál pro Ministerstvo hospodářství).

MAIER, Karel. ČTYROKÝ, Jiří. STOKLASOVÁ Irena. Vyhodnocení potenciálů a rizik pražských sídlišť pro jejich regeneraci. Studie, 2001



Obr. 16 Zapojení obyvatel do přípravy úprav veřejného prostoru sídliště Nisa v Jablonci nad Nisou. Definování problémů a hodnot a sběr námětů – dvě ze sedmi pracovních skupin. Diskutuje se nad ortofotomapou, která dobře ukazuje stávající stav (foto Rudolf Klápště).



Do dnešní doby jsou zateplovací systémy o tloušťce větší než 14 cm ojedinělé.

### Technický potenciál úspor energie

Realizací obvyklých úsporných opatření v ČR lze ušetřit přibližně 160 PJ/rok. Náklady na tato opatření činí téměř 350 mld. Kč.

### VLIV TVARU NA EFEKTIVITU PROVEDENÝCH OPATŘENÍ

Energetická náročnost panelových domů závisí na mnoha faktorech. Většina lidí, a to i technicky vzdělaných, se domnívá, že nejdůležitější jsou vlastnosti dané stavební soustavou, ve které je objekt postaven. Není to ale zdaleka nejpodstatnější. Stavební soustava definuje vlastnosti, jako jsou rozpon sekcí, uspořádání nosných konstrukcí, typ bytových jader apod.

Tepelná ochrana budovy je dána vlastnostmi obalových konstrukcí, které se stavební soustavou souvisejí pouze částečně. Mnohem více jsou spojeny s rokem výstavby. Paradoxně tak můžeme najít v téže stavební soustavě různou kvalitu konstrukcí. Zásadním milníkem je rok 1978, kdy byla revidována ČSN 73 0540. Před tímto rokem můžeme odlišit panely sendvičové s vyšší kvalitou a panely z lehče-

ného betonu, které byly horší. Po revizi normy jsou odchylky poměrně malé, takže je možno konstrukce považovat za podobné, pokud se nechceme věnovat podrobnému hodnocení.

To, že kvalita konstrukce není hlavním faktorem ovlivňujícím energetickou náročnost panelového domu, lze demonstrovat dále.

EkoWATT pracuje na výzkumném projektu „Komplexní rekonstrukce panelových domů do nízkoenergetického standardu VaV SP3g522107“, podpořeném MŽP ČR. V rámci projektu byl sestaven model umožňující simulovat aplikaci úsporných opatření a jejich ekonomické a environmentální dopady. Tento model používá statistický přístup, kdy je jako vzorek generována sada 10 000 virtuálních objektů a následně jsou sledovány vlivy jednotlivých parametrů, tj. vlastností objektu.

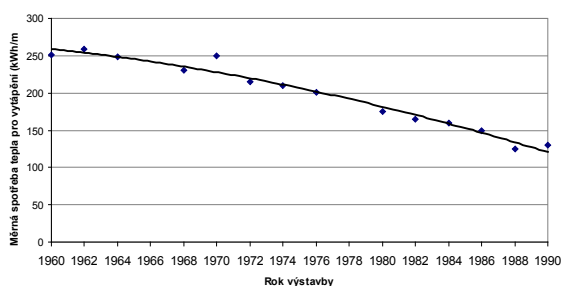
Pro „rozklíčování“ vzájemných vztahů mezi náhodně generovanými vstupy a výslednými vlastnostmi byla provedena jejich citlivostní analýza. Pro názornost byla jako sledovaná veličina vybrána měrná potřeba tepla na vytápění EA [kWh/m<sup>2</sup>.a]. Tato sledovaná vlastnost je zvolena především z toho důvodu, že určuje čistě kvalitu stavebního řešení a její vliv na následnou energetickou náročnost. V případě výběru např. měrné spotřeby jako sledované veličiny by do výpočtu dále vstupovaly účinnosti

Tabulka 2 Potřeba tepla na vytápění vybraných stavebních soustav bytových domů, zdroj Vytápění rodinných a bytových domů, JAGA. Petráš, D. a kolektiv.

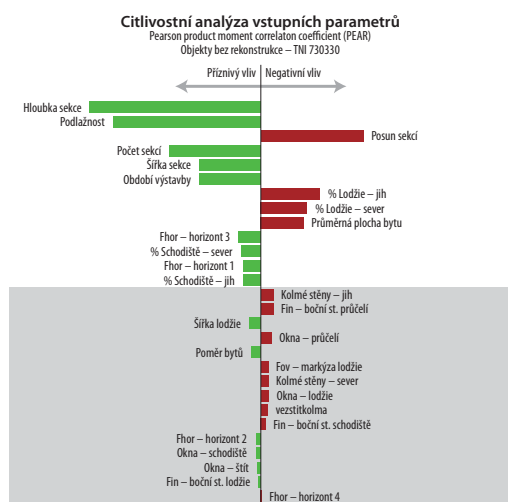
Stavební soustava	Hodnoty pro obestavěný prostor 200 m <sup>3</sup>	
	potřeba tepla (MWh)	
	původní řešení	
T06 B KV západočeská	12,3	
T06 B – Vč východočeská	9,54	
T06 BD – 78 severočeská	10,74	
T06 B – OL severomoravská	10,7	
T06 B – KDU jihomoravská	9,27	
T06 B – PSBU jihomoravská	9,38	
T08 B – 78 severočeská	9,59	
OP 1.11 ČSR	9,77	
VVÚ ETA Praha	8,1	
B70/R jihomoravská	8,99	

Tabulka 3 Potenciál úspor energie do roku 2050

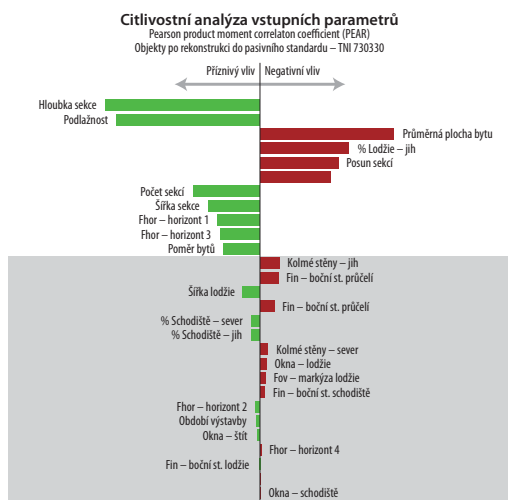
potenciál / úspory	Vytápění	Ohřev vody	Vaření	Nezaměnitelná el.
Technický potenciál	124 PJ	8.6 PJ	4.4 PJ	4.9 PJ
Ekonomický potenciál	50.4 PJ	6 PJ	2.9 PJ	3.2 PJ



Obr. 1 Vývoj spotřeby tepla pro vytápění v panelové bytové výstavbě. Zdroj: Vytápění rodinných a bytových domů, JAGA, Petráš, D. a kolektiv.



Obr. 2 Citlivostní analýza vstupů pro objekty v původním stavu před rekonstrukcí



Obr. 3 Citlivostní analýza vstupů pro objekty po rekonstrukci do pasivního standardu

výroby, distribuce a další veličiny, které by následně vyjádření citlivosti zkomplikovaly. Pro hodnocení je použita varianta výpočtu podle TNI 73 0330. Jako statistická metoda pro vyjádření vlivu jednotlivých vstupních parametrů byl vybrán tzv. Pearson product moment correlation coefficient (PEAR), jehož absolutní hodnota udává míru vlivu vstupního parametru na sledovanou veličinu. Jeho znaménko pak určuje, zdali je vliv pozitivní, nebo negativní, tedy jestli hodnota sledované veličiny vzroste, či klesne spolu se vzrůstem či poklesem vstupního parametru. Výsledek citlivostní analýzy ukazuje obr. 2.

Z výsledků je zřejmé, že hlavní geometrické charakteristiky, jako jsou počet pater, počet sekcí, hloubka a šířka sekce, hrají ve výpočtu zásadní roli. Tyto parametry mají na potřebu tepla na vytápění pozitivní vliv, neboť obecně snižují tzv. faktor tvaru budovy zvaný A/V, tedy poměr jejich ochlazovaných povrchů vůči vytápěnému objemu. Na druhou stranu například vzájemný posun sekcí působí na sledovanou veličinu negativně (zvyšují se ochlazované plochy, přičemž rozměry vytápěné části zůstávají stále stejné). Poměrně značný vliv má také průměrná plocha bytu (ovlivňující celkový počet osob v objektu, a tím vnitřní tepelné zisky a další energetické potřeby domu) a u objektů v nerekonstruovaném stavu období výstavby.

Obr. 3 uvádí naopak výsledky citlivostní analýzy pro objekty po rekonstrukci do pasivního standardu.

Je například vidět, že průměrná plocha bytu hraje ještě výrazně větší roli nežli u objektů před rekonstrukcí. Citlivostní analýza jenom potvrzuje často diskutovanou významnost vnitřních tepelných zisků u pasivních a nízkoenergetických staveb, kdy tyto zisky nabývají na důležitosti vzhledem k velmi nízkým ztrátám takového objektu a nejsou výjimkou případy, kdy jsou schopné spolu s pasivními solárními zisky pokrýt více nežli 60 % tepelných ztrát objektu. Analýza citlivosti dále ukazuje, jak se po takové rekonstrukci výrazně sníží vliv období, kdy byla budova postavena. Rozdíly v součiniteli prostupu tepla obvodových stěn budov v původním stavu jsou samozřejmě značné (vzhledem k postupnému zpříšňování tepelně technických požadavků na obvodové konstrukce). Po aplikaci kontaktního zateplovacího systému tloušťky např. 200 mm budou však tyto rozdíly hrát v energetické bilanci objektu nevýznamnou roli.

## JSOU DÍLČÍ POSTUPNÁ OPATŘENÍ CESTOU KE ZMĚNĚ PANELOVÉHO DOMU NA STANDARD 21. STOLETÍ?

Nebudeme se už dále zabývat důvody, proč je takový problém provádět změnu stavby panelového domu komplexně. Je to realita, kterou je také nutné přijmout, a tato kapitola má jen osvětlit, v čem je běžná praxe neudržitelná a jak by bylo možné logicky časovanými kroky dojít v mezích možností k rozumnému výsledku, bez porušování platné legislativy stavebního zákona i OTP, tedy bez ohrožování stavby a zdraví jejích obyvatel.

Bytové domy v porovnání s rodinnými domy mají nespornou výhodu kompaktního tvaru a ty panelové, jak vyplývá z předchozí kapitoly, jsou typologicky velmi podobné, což činí jejich renovaci o mnoho jednodušší, lépe organizovatelnou opakovanými komponenty, a tudíž s potenciálem levnější realizace. **Ze stávajících staveb nemá žádná jiná skupina budov po technické stránce v naprosté většině tak optimální předpoklady k transformaci do standardu pasivního domu jako domy panelové produkce.** Jejich relativně tenká konstrukce z masivního betonu s velkou tepelnou setrvačností vyhovuje kulturní zkušenosti i našemu středoevropskému klimatu. Takovouto konstrukci by neměl být velký problém opatřit odpovídající tepelnou izolací a následným vybavením.

### SOUČASNÁ PRAXE A OKOLNOSTI, KTERÉ NEVEDOU K VOLBĚ POSTUPNÝCH, ALE POLOVIČATÝCH OPATŘENÍ

**Pohodlnost v přístupu k řešení a nedocení potenciálů obvykle stojí u zrodu rizikové neefektivní investice.**

Základní problém, který plodí špatné výsledky, je v prvotním přístupu. Pokud člověk nabude nějakého majetku, musel předtím vynaložit úsilí a prostředky a následně si jej váží a většinou se o něj také odpovědně stará. Bohužel je stále ještě velká většina obyvatel panelových domů, kteří byt získali velmi levně. Někteří do panelových bytů šli nedobrovolně, pokud museli opustit asanovanou starou zástavbu. Osobně ambivalentní vztah ke společnému domu i jen u části obyvatel pak brání přistupovat ke změnám koncepčně. Následně to pak vede k tomu, že obyvatelé jsou ve vleku událostí a ad hoc reakcí na akutní stav, mnohdy až když je havarijní. Z údržby se stává záplatování záplat za nejmenšího omezení provozu.

### PŘÍKLAD BĚŽNÉHO STANDARDU PROVÁDĚNÍ ZATEPLENÍ VNĚJŠÍHO PLÁŠTĚ

Jde o náhodně vybraný příklad pětisekcčního panelového bytového domu v menším městečku ve středních Čechách. Je zde možné zdokumentovat na jednom objektu výchozí stav i kvalitu provádění. Bližší lokalizace nemá smysl, neboť nemá jít o pranyřování, ale slouží pouze jako referenční příklad a zdaleka nepatří mezi zástupce těch nejhorších.

Již z pohledu zdálky lze rozeznat, že před nedávnem byla provedena oprava fasády bez zateplení. Efekt této opravy je dnes prakticky nulový. Jak víme z přehledu cen fasádních úprav v úvodu, stojí dnes úprava fasády bez zateplení na 1m<sup>2</sup> okolo 550 Kč. Tato investice je dnes znehodnocena. Problém je v konstrukční vadě, kdy se na fasádě střídají sekce zakončené vnějším pláštěm s okny a s uskakujícími lodžiami. To vede k sérii tepelných mostů, které nejen vyvádějí energii z domu, ale podílejí se na narušování konstrukce – ta je namáhána promrzáním a na jejím rozhraní vznikají kondenzační zóny. Esteticky pak vnější plášť trpí rychle postupující erozí, popraskáním povrchu omítky a v místech, která jsou nejnamáhanější, u lodžii, je narušena nejen omítka, ale trhliny postupují do hloubky, místy dokonce až na výztuž.

### PRŮBĚH OBVYKLÉ REALIZACE ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

První, co upoutalo moji pozornost na započatém průběhu zateplování, je volba tloušťky tepelné izolace fasádním EPS v síle 100 mm (obr. 6). Není to sice ta nejhorší varianta, ale stačilo by relativně už jen velice málo, aby další opatření mohla dohromady pokračovat v logickém sledu. Tímto prvním špatným krokem je rozhodnuto, že se dalšími opatřeními nelze přiblížit ani k nízkoenergetickému standardu, pokud se zateplení neprovede znovu. Bohužel je velmi pravděpodobná prognóza dalšího vývoje, že do deseti let se znovu znehodnotí vnější povrch nové fasády na všech místech, kde vlivem nedořešených tepelných mostů dojde k narušení a opadání povrchových vrstev, podobně jako k tomu došlo po opravě fasády novou omítkou. Horší však je, že pod vrstvou izolace mohou probíhat erozní procesy





Obr. 1 Běžný šestisekční panelový bytový dům, který před deseti lety prošel povrchní údržbou.



Obr. 2 Lodžie, konstrukčně propojené s obvodovým pláštěm tepelné obálky domu, jsou tím nejproblematičtějším prvkem pro řešení tepelných mostů na panelových domech.



Obr. 3 Popraskaná omítka v místech, která nejvíce trpí promrzáním na styku tepelných mostů u lodžii, zde omítka nejdříve opadala z čela panelu, rozpraskaného i do hloubky.



Obr. 4 Panel mezi patry lodžii trpí nevyváženým průběhem teplot v mrazivém období; nejdříve se může projevovat narušením krytí výztuže.



Obr. 5 Pravděpodobně byla použita omítka s vysokým difuzním odporem vodních par a kondenzující vlhkost pod povrchem proces eroze ještě podpořila.

nosné konstrukce neviditelně, a někdy dokonce i rychleji, než kdyby se nedělalo žádné zateplení. Takto vyvolané investice na složité opravy oprav zateplení se mohou blížit výši ceny provedení zcela nového zateplení, ale není vyloučeno, že mohou být i vyšší. Konečná bilance tak (*prostým součtem*) znamená, že v průběhu dvaceti let se vynaloží na m<sup>2</sup> 550 Kč (1999 – nová omítka) + 930 Kč (2010 – zateplení 100 mm EPS) + 930 Kč (2020 – oprava nebo zcela nové zateplení), celkem minimálně 2410 Kč. Zdá se, že jde o ekonomický nesmysl? Ne, to je současná běžná realita! Proto je důležité si přiznat, že než taková opatření je lépe nedělat opatření žádná!

Za podmínky, že se použije k upevnění na fasádu lepicí pěna, není třeba desky kotvit talířovou hmoždinkou, pokud se samozřejmě aplikace provede správně podle technologického předpisu. Znamená to, že kotevní pěna je nastříkána souvisle spojitě po celém obvodu každého fasádního dílce i křížem v ploše. Kotvení ve velkých plochách může být podle výpočtu doplněno pouze po určitých úsecích pásem hmoždinek. Omezením kotvení na minimum lze výrazně snížit pracnost kotvení a nezhoršit vlastnosti izolační vrstvy. Pokud se někde kotvy používají, je důležitá správná aplikace provedení. To předpokládá zapuštění talíře kotvy pod povrch alespoň 20 mm a tím dojde k odstranění tepelného mostu kotevního prvku po překrytí zátkou z izolačního materiálu.

Každá profese má své řemeslné postupy, které je třeba zvládnout. Zdánlivě jednoduché zateplování provádí většinou levná nekvalifikovaná pracovní síla i u firem s certifikátem k zateplování. Pokud se lepené kotvení neprovede důsledně podle technologického postupu, může se od fasády časem odtrhnout, a proto firmy talířové kotvy/hmoždinky zneužívají jako pojištění nekvalitního lepení.

Překotvenost bez odstranění tepelného mostu kotev, pouze zapatláním stavebním lepidlem, má za následek nejen oslabení funkčnosti izolace, ale časem se talíře kotev, které mají jiné fyzikální vlastnosti než povrch fasády, prokreslí na omítce fasády. Jak bude takto chaotický dekor těšit obyvatele domu?

## DETAILY PROVEDENÍ

### Sokl na styku s terénem – „špatně“

Základní vlastností tepelně izolační vrstvy vnější obálky budovy je, že musí probíhat spojitě, pokud možno nepřerušeně. Kde to není možné, vzniká tepelný most, který je třeba řešit. Společný jmenovatel většiny probíhajících zateplení panelových domů se dá shrnout do hesla „**problémy se neřeší**“.



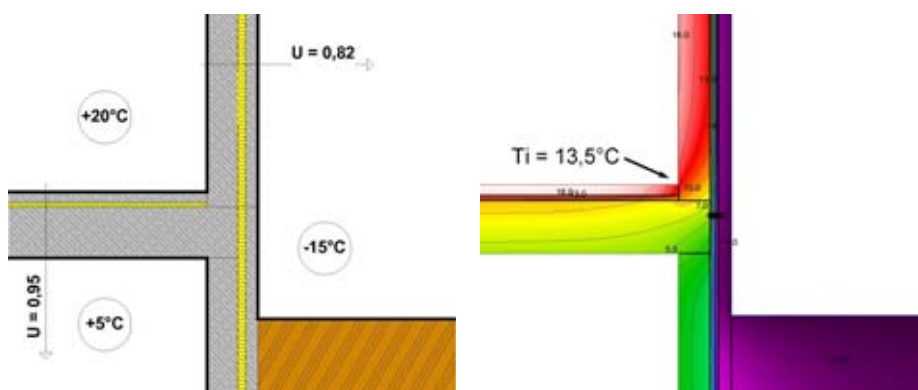
Obr. 6 Zateplení 100mm EPS lepené PUR lepicí pěnou s velkou spárou! Každá mezera nad 2mm by měla být pěnou dotěsněna.



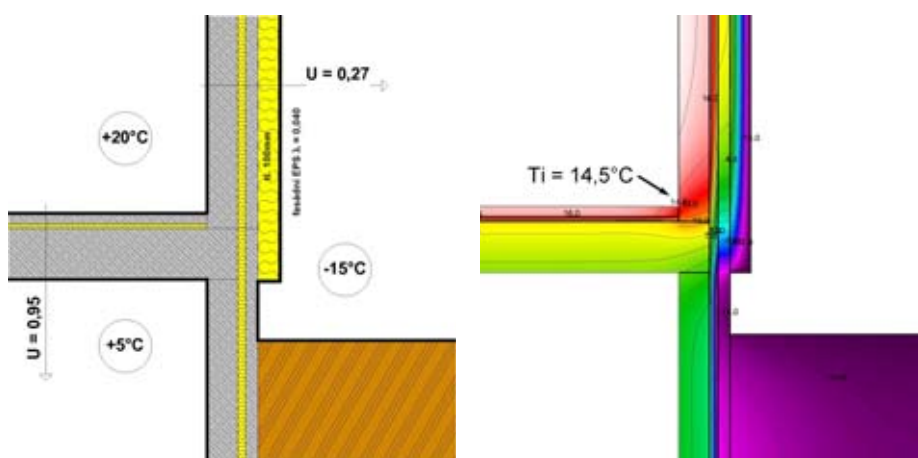
Obr. 7, 8 Nezapuštěné kotvy v nesmyslně velkém množství výrazně zhoršují parametry zateplení. Se zapuštěním kotev pod rovinu povrchu izolace si zde, jako na většině tuzemských staveb, starosti nepřipouští.



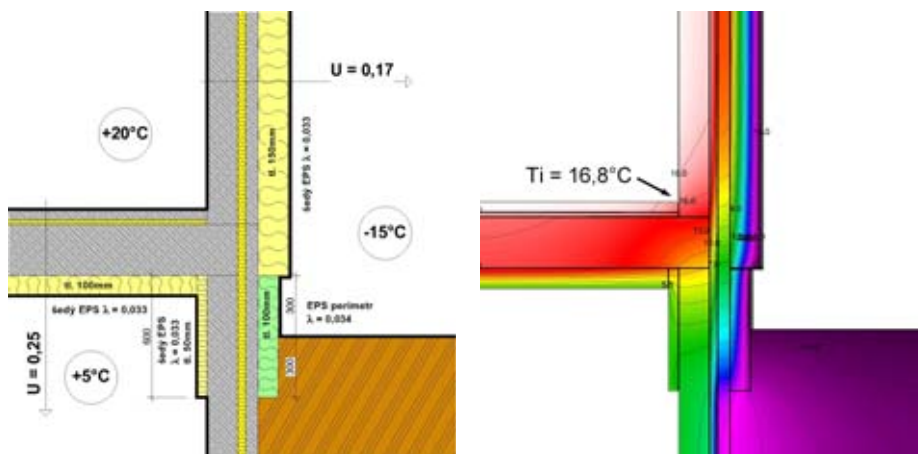
Obr. 9 Ukončení tepelné izolace nad zemí vodivou základací lištou a nedostatečně uzavřenou mezerou na patě domu.



Obr. 10, 11 Detaily v řezu - původní stav paty domu, styk soklu s terénem a zobrazení průběhu teplotního spádu v detailu soklu při -15 °C venkovní teploty.



Obr. 12-13 Detaily v řezu - SOKL NA STYKU S TERÉNEM - „ŠPATNĚ“ Stav po provedeném zateplení pouze k soklu s terénem a zobrazení průběhu teplotního spádu v detailu soklu při -15 °C venkovní teploty. Vnitřní povrchová teplota 14,5 °C musí vytvářet rosení a následně plísnivění v rohu obytné místnosti, zvláště když bude do rohu přistavěn nábytek.



Obr. 14-15 Detaily v řezu - SOKL NA STYKU S TERÉNEM - „LÉPE - 150mm šedý EPS“ a zobrazení průběhu teplotního spádu v detailu soklu při -15 °C venkovní teploty, kdy neklesá teplota nechladnějšího místa ve spodním rohu místnosti pod 16,8 °C.

Tato praxe vede mimo jiné i k tomu, že se izolační vrstva přivede jen do roviny obytného prostoru a zakončí na soklu v rovině stropu sklepa, jak je vidět na fotce (obr. 9) referenční stavby. Navíc je sokl založen hliníkovou (dobře vodivou) zakládací lištou, která zruší i několik desítek centimetrů tepelné izolace (dnes už jsou na trhu plastové přerušené zakládací lišty). Je také dobře vidět, že kotvami se nešetřilo, ale PUR pěnového lepidla je na fasádě poskrovnou.

To pak vede k tomu, že v nevyplněné mezeře od soklu nastává pohyb a proudění vzduchu z vnějšího prostředí. Výsledkem je snižování účinnosti tepelné izolace a zvýšená kondenzace vodních par pod vrstvou polystyrenu, což dále zhoršuje vlastnosti tepelné izolace.

Když vedle sebe srovnáme chování detailu konstrukce v okrajových podmínkách při teplotním spádu 20 °C / -15 °C za původního stavu a stavu po zateplení (na obrázcích 12–13), je vidět, že vnitřní povrchová teplota se ze 16 °C zvýšila na 18 °C, ale ve spodním rohu místnosti, který je nejohroženější kondenzující vlhkostí, došlo k teplotnímu posunu pouze o jeden stupeň, a to z 13,5 °C na 14,5 °C. Takže z hlediska celkových vlastností dochází k výraznému zlepšení vlastností budovy, ale z hlediska stavební fyziky se výrazně vyostřilo rozhraní promrzajícího rohu místnosti. Pokud tento roh bude o 6–7 °C chladnější než vnitřní prostředí a prostor nebude intenzivně provětrávaný, musí trpět kondenzací vodní páry a následným růstem plísně, která bude obtěžovat nezdravým prostředím obyvatele. Z vnější strany však dochází k promrzání betonové vrstvy pod tepelnou izolací, kde budou kondenzující páry mrznout a podílet se na erozi nosné konstrukce!

#### **Sokl na styku s terénem – „lépe – 150 mm šedý EPS“**

Tam, kde u paty domu končí vytápěný prostor, který chceme tepelně ošetřit, a dále nosné konstrukce stěn pokračují v nevytápěné prostory sklepů, je rovina izolace přerušena tepelným mostem nosných stěn. Přesto je detail konstrukce nutno vyřešit tak, že nebude vyvádět teplo do vnějšího prostředí ani nebude promrzat rozhraní vytápěné a nevytápěné části domu. Teplo je třeba nevyvádět ani do sklepních prostorů. Toho lze dosáhnout, jedině když se izolace nezastaví nad zemí, ale ve formě nenasákové soklové izolace (perimetr nebo XPS) pokračuje pod terén. Je také alternativně možné použít pod rovinu terénu pod zem zásyp štěrkovým pěnosclem (obaleným ochrannou geotextilií), které už v Česku vyrábí tuzemská firma Recifa. Není také možné nezateplovat sklepní prostory. Tepelná izolace ze stropů musí přeběhnout alespoň 600 mm po vnitřní

svislé stěně a to je nutné i u nosných stěn, které jsou uvnitř dispozice půdorysu, pokud mají být tepelné mosty opravdu eliminovány. Podle podmínek požární zprávy nemusí vždy vyhovět použití polystyrenu a pak je třeba zvolit odpovídající řešení, např. sádrokartonový podhled zafoukaný celulózovou izolací nebo vyplněný minerální vlnou, kotvenými minerálními rohožemi s tenkovrstvým omítkovým systémem atp.

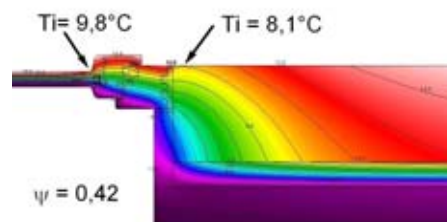
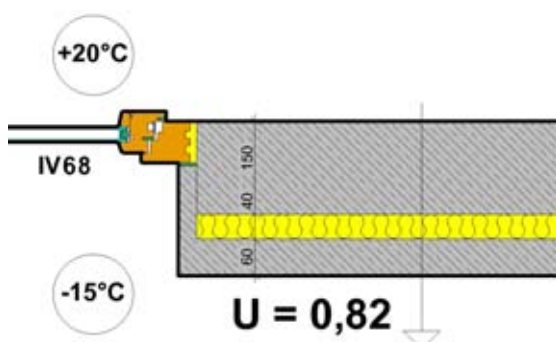
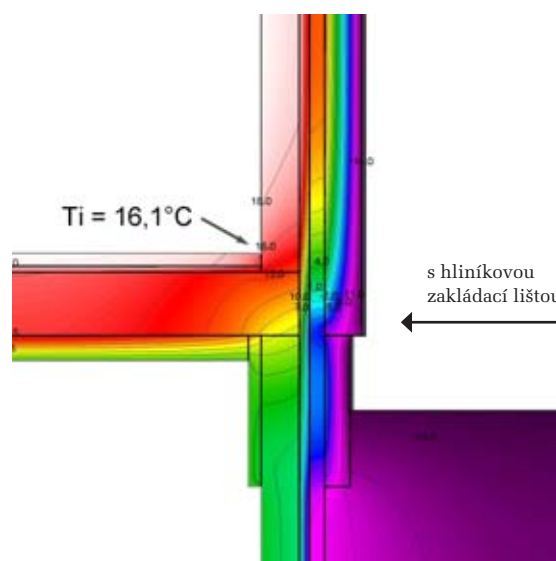
Zajímavé je, když v dalším modelu průběhu teplot je vidět, že když se na stejný detail použije hliníková zakládací lišta, skoro o 1 °C ochladí vnitřní roh místnosti, nejvíce ohrožený vnitřní kondenzací vodních par. Proto je důležité, aby bylo použito nevodivých prvků plastových, které jsou na trhu běžně k použití.

#### **Osazení okna na původním místě mimo rovinu tepelné izolace je pouze „dočasné řešení“**

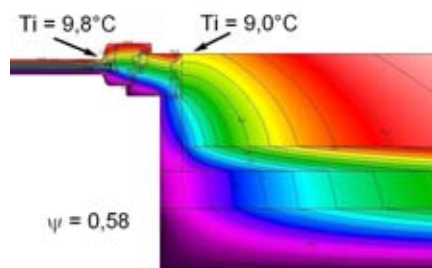
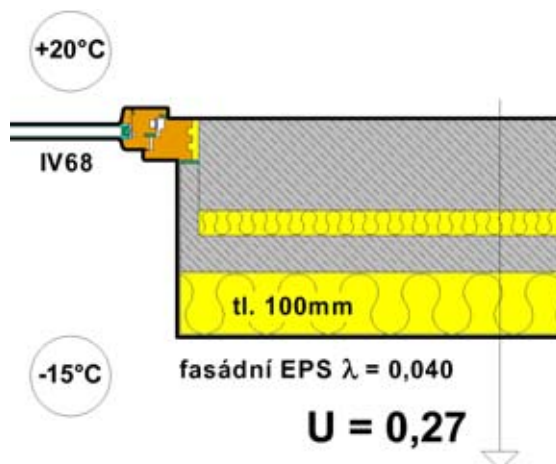
Osazení okna je klíčový detail, jehož optimální osazení se dostává do konfliktu s realizací, během které je velký tlak na minimální omezení užíváním bytu. Proto v naprosté většině realizací dochází k výměně oken tak, aby práce z interiéru proběhly během jediného dne. To je ale možné, jedině když jsou ponechána na svém původním místě. To je do jisté míry pochopitelné, pokud dochází pouze k výměně oken a v naivní představě se neuvažuje zásah do vnějšího obvodového pláště. Takové opatření se nutně prosadí jako dočasné! Pouhá výměna oken s kvalitativně lepšími tepelně technickými parametry s dvojsklem a  $U_{\text{okna}} = 1,2$ , která zároveň výrazně sníží větrání (i pokud budou s mikroventilací), musí způsobit při mrazivých venkovních teplotách -15 °C následný pokles teplot na všech místech s tepelnými mosty na straně interiéru až na 8,1 °C, kondenzaci vlhkosti a následné plesnivění rámu i stěny (třeba plochy za skříňovým úložným prostorem plným oblečení). (Obr. 17–18.)

Okenní prvky, i ty nejlepší, jsou vždy tím nejslabším prvkem tepelné obálky, a proto pouhá jejich výměna svádí k iluzi, že tím dojde k efektivnímu energetickému i estetickému zkvalitnění s nejnižšími investičními náklady. Bohužel po první opravdové zimě se objeví vážné problémy, které logicky brzo vedou k dalšímu kroku se zateplením. A pokud se opět jde cestou „zdánlivě nejmenšího odporu“, provedení tepelné izolace proběhne bez ošetření špalety. Průběh teplot v ostění okna ukazuje, že přestože došlo k výraznému zlepšení vlastností pláště, problém stále zůstává nevyřešen, protože průběh povrchové teploty v místě okenního rámu stoupl pouze o jeden stupeň na 9 °C oproti zcela nezateplené fasádě. Navíc promrzající špaleta vyruší

Obr. 16 U stejného detailu - SOKL NA STYKU S TERÉNEM - „LÉPE - 150mm šedý EPS, ale s hliníkovou zakládací lištou“, zhorší se teplota nechladnějšího místa ve spodním rohu místnosti na 16,1 °C, ale vytvoří se nebezpečný, prudce vychýlený průběh teplot v ostře vyhraněné promrzající linii.



Obr. 17-18 Nová (vždy mnohem těsnější) okna bez přípravy na zateplení ponechaná v původní rovině pláště, při mrazivých venkovních teplotách -15 °C jsou příčinou plesnivění rámu i stěny, protože teplota na straně interiéru 8,1 °C musí generovat kondenzaci vlhkosti.



Obr. 19-20 Vyměněná okna ponechaná v původní rovině obvodového pláště a následně doplněná zateplením na fasádě 100 mm EPS bez ošetření špalety. Průběh teplot v ostění okna ukazuje, že povrchová teplota v místě okenního rámu stoupla pouze o jeden stupeň na 9 °C oproti zcela nezateplené fasádě. Promrzající špaleta vyruší až 300 mm šířky provedeného zateplení a podílí se na rychlé erozi nevyřešeného detailu. Jedná se o časté, ale zcela nepřijatelné řešení!

až 300 mm šířky provedení zateplení a bude se podílet na rychlé erozi detailu nevyřešeného tepelného mostu s prudkým teplotním spádem.

#### Jaké to nese následky?

- Nevyřešil se technický problém po pouhé výměně oken.
- Investice do zateplení nenaplňuje potenciál úspor, a proto je neefektivní.
- Výsledkem provedených opatření je zhoršení kvality vnitřního prostředí a dál pokračuje narušování nosné konstrukce na prudkém rozhraní tepelného mostu mezi rámem okna a rovinou tepelné izolace a všude, kde zůstaly prochlazované plochy tepelných mostů!
- Vzniká hluboká špaleta okna okolo 300 mm, i když vlastní tloušťka tepelné izolace je provedena na minimální a nedostatečné úrovni, která navíc způsobuje zhoršení světelných podmínek.

#### Osazení okna na původním místě mimo rovinu tepelné izolace, ale současně s ní = „teoreticky dořešený detail“

Na referenční realizaci (obr. 21–25) je vidět, jak okna zůstávají v původní poloze, i když dochází k výměně oken současně s tepelnou izolací. To nelze pojmenovat jinak než jako „promarněnou šanci“ za cenu, že se ušetří jeden den nutné přítomnosti zedníka, který začistí vnitřní špaletu po posunutí okna do optimální polohy v rovině izolace. Je zde sice vidět snaha o zachování spojitě roviny tepelné izolace, ale řešení po svislých stranách ostění s 20 mm tepelné izolace ve stejné kvalitě, jakým je provedeno na obvodovém plášti (100 mm), je nevyvážené. U ostění okna z referenční stavby průběh hodnot na teplotním modelu ukazuje, že tepelný most ostění vypadá výrazně zlepšen, jen je problém, že výpočtový model počítá se stoprocentní kvalitou provedení, která v reálu realizována není (spáry nedoléhají, kotvy narušují už tak minimální krytí tepelné izolace a lepená spára je nespojitá, takže účinnost bude narušena konvekcí vzduchu ve spáře). Chybějící těsnicí prvky ve styku okna a ostění znamenají nedodržení technologického postupu, ale především způsobí závadu. Unikající vodní páry v jinak těsném interiéru extrémně zatíží styčnou spáru svou kondenzací.

Aby ošetření špalety bylo alespoň trochu přijatelné, muselo by být provedeno výrazně lepším materiálem (šedý EPS, Perimetr nebo PUR desky) a v tloušťce alespoň 50 mm, tak jak je provedeno nadpraží.

#### Jaké to nese následky?

- Opět vzniká hluboká špaleta okna, přestože vlastní tloušťka tepelné izolace je na nedostatečné úrovni, a dochází také ke zhoršení světelných podmínek.
- Vzniká neřešitelný detail parapetu, neboť na tomto místě pod parapetním plechem není prostor na žádnou izolaci venkovní špalety (obr. 22). *To by šlo pouze s nepříjemným zvýšením parapetu v interiéru a současným zmenšením rozměru okna a následným zvýšením vnitřního parapetu. Tím by ale nebyla splněna podmínka stihnout výměnu oken v jednom bytě během jediného dne a nezasahování do interiéru.*
- Nevyvážené řešení tepelného mostu špalety (zesílená tepelná izolace v nadpraží okna na 50 mm, boční špaleta 20 mm, žádná v parapetu) jen zvýší množství různých teplotních rozhraní, která se napětím ve vnějším plášti podílejí na jeho rychlejším lokálním poškození stejně jako u nedořešeného soklu.
- Degradaci detailu urychlí zcela chybějící těsnicí prvky ve styku okna a ostění.

#### Osazení okna na původním místě mimo rovinu tepelné izolace, ale s vakuovou izolací = „prakticky dořešený detail“

Jediný způsob, jak vyřešit tepelný most okna ponechaného v původní poloze, je za použití extrémního hi-tech materiálu, vakuové izolace, která jediná dokáže při síle materiálu 20–40 mm (obr. 26–28) poskytnout vlastnosti srovnatelné s vlastnostmi zateplení obvodového pláště v tloušťce 150–250 mm. Je pravda, že jeho cena je významně vyšší, ale vzhledem k tomu, že se jedná o relativně malé plochy detailů o šířce 250 mm, nejde o tak převratnou položku. Tato zvýšená cena je daná za to, že první krok byl pro investory pohodlný nebo že si nechtějí dlouho doma dělat nepořádek, ale přesto stojí o užívání stavby s bezproblémovým provozem a bez potřeby nekonečných oprav.

To však platí, pouze pokud se provede ošetření špalety vakuovou izolací po celém obvodu okna, tedy i pod parapetem. Zvýšení parapetu o 30 mm v tomto případě není velký problém ani esteticky. Tato téměř nepostřehnutelná změna a šikovné osazení vnitřního parapetu skryje anomálii v šířce rámu. Znamená to použít okna s rozšířeným okenním profilem při spodním okraji. Výrobci oken specializovaní na pasivní standardy jej mají v sortimentu běžně, stačí jen vědět, co potřebují, a objednat.

Okna ponechaná při zateplení na svém původním místě znamenají, že esteticky jsou nepříjemně hluboce utopená, omezují výhled,



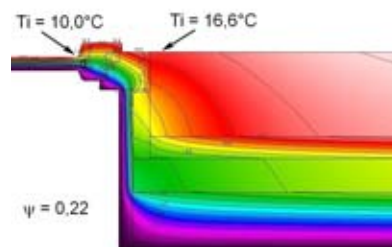
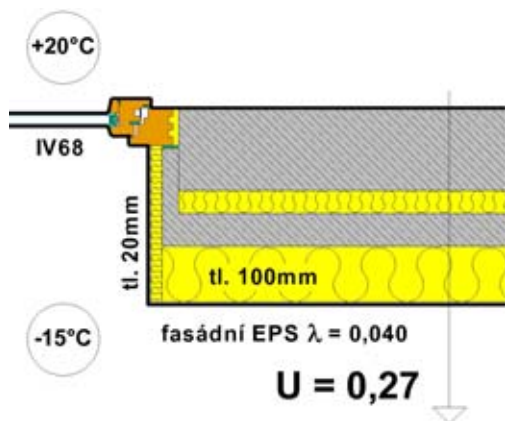
Obr. 21 Hluboká špaleta nedostatečně zateplené fasády s novým oknem na původním místě s nevyváženě řešením (nepatrně, málo a zcela neřešeným) tepelným mostem ostění.



Obr. 22 Neřešitelný detail tepelného mostu parapetu, pokud nemá dojít ke změnám v interiéru bytu, protože pod parapetním plechem není místo na jakoukoli izolaci a navíc zcela chybí jakékoli těsnicí prvky ve styku okna a ostění (pásky nebo komprimační těsnění).



Obr. 23 Minimální zateplení špalety 20mm EPS je navíc znehodnoceno tím, že lepicí PU pěna nevyplňuje celou styčnou lepenou spáru (a pravděpodobně ani plochu) a je narušena dalším zbytečným tepelným mostem kotev.



Obr. 24–25 Průběh teplot v ostění okna z referenční stavby (špaleta ošetřena pouze 20mm EPS + na fasádě 100 mm EPS) ukazuje, že tepelný most ostění vypadá zdánlivě výrazně vylepšen. Je však problém, že výpočtový model počítá se stoprocentní kvalitou provedení, která v reálu realizována není (spáry nedoléhají, kotvy narušují už tak minimální krytí tepelné izolace a lepená spára je nespojitá, takže účinnost bude narušena konvekcí proudění vzduchu ve spáře). Chybějící těsnicí prvky ve styku okna a ostění znamenají nedodržení technologického postupu a unikající vodní páry z interiéru extrémně zatíží styčnou spáru jejich kondenzací.

snižují osvětlení obytných místností a energeticky znamenají nevyužití celého potenciálu úspor včetně rychlého opotřebením stavby, pokud špaleta není řešena nebo je řešena špatně, případně je řešena, ale nákladně.

#### Závěr z řešení detailů vycházejících z ponechání oken na původním místě

Jediným důvodem, který legitimuje toto východisko, je nedocenění a nevědomost, jaká další dominová reakce se spouští. Pokud vynaložíme nějaké úsilí a prostředky, ale nepřinesou úspory, znamená to vyhození části vložených finančních prostředků (zde doslova) oknem. K tomu zvýšená pracnost provádění, rychlé opotřebením z nedořešených tepelných mostů snižuje životnost a způsobuje chátrání nebo nepřetržitou opravu oprav = NEJDRAŽŠÍ VARIANTA. Když se k tomu přičte snížení komfortu bydlení, logicky z toho vyplývá, že tato rychlá a snadná řešení nesplňují počáteční zadání na nejlevnější a nejpohodlnější řešení.

Vedle toho je použití technologicky nejnáročnější vakuové izolace (výrobně i aplikačně), které tyto problémy řeší. Tato varianta, zprvu nákladnější na počáteční investici, je provozně levnější technické řešení. Neřeší však snížení světelnosti vytvořené hlubokou špaletou a má svá úskalí i *provozně*. Ohrožení izolace může nastat proražením, třeba když si někdo neinformovaně bude chtít přidělat něco na fasádu, např. držák na praporky.

Stojí všechny tyto komplikace za to, když existuje i jiné řešení?

#### Osazení okna do roviny tepelné izolace s vyrušením tepelného mostu a s profilem okna $U_{okna} = 0,8 =$ „optimálně, tedy i pro pasivní standard“

Všechny komplikace předchozích řešení i neřešení tepelných mostů zmizí, když se na začátku zvolí koncepčně správný postup a posune se osazení okna optimálně k rovině izolace. Toto řešení umožní postupný proces výměny oken v první fázi, kterou bude v dohledném horizontu následovat zateplení ve fázi druhé. Trvale by asi esteticky toto řešení nepřicházelo v úvahu, ale krátkodobě může být rozumným řešením (obr. 29–30).

#### Jaké to přináší důsledky?

- Vyřešil se technický problém s minimalizací tepelného mostu na hodnotu  $\psi = 0,02$ .
- Nevzniká žádné přerušování tepelné vazby mezi oknem a izolací ani u parapetu.
- Investice do zateplení dává předpoklad využít v maximální míře potenciál úspor a podle zvolené

kvality zateplení může s dalšími opatřeními po dokončení sloužit v nízkoenergetickém nebo pasivním standardu (nejefektivněji, pokud se použije okno s  $U_{okna} = \text{minim } 0,8-0,7$ ).

- Vzniká špaleta hluboká pouze podle tloušťky zvolené izolace v rozpětí 150–250 mm a nezpůsobuje zhoršení světelných podmínek.
- Průběh teplot i při  $-15\text{ °C}$  je maximálně vyvážený v celé ploše, pod  $18\text{ °C}$  klesá teplota jen v růžku na místě styku okna s nosnou stěnou, a proto nehrozí kondenzace vodních par a vznik plísní.
- Na květiny není třeba v interiéru přidávat parapet, vznikne jako důsledek posunutí okna do roviny izolace
- Odpadá složité a pracné zateplování špalety, ať už více nebo méně účinnou vrstvou tepelné izolace

Jedinou cenou za takový postup je, že v interiéru musí zedník začít vnitřní špaletu okna a osadit nový parapet. Je jeden den narušeného domácího provozu vysoká cena za vyřešení více nebo méně řešitelných problémů, které generují vady a investice na jejich neustálé odstraňování?

#### PRŮBĚH REALIZACE ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ V MÍSTECH S LODŽÍÍ

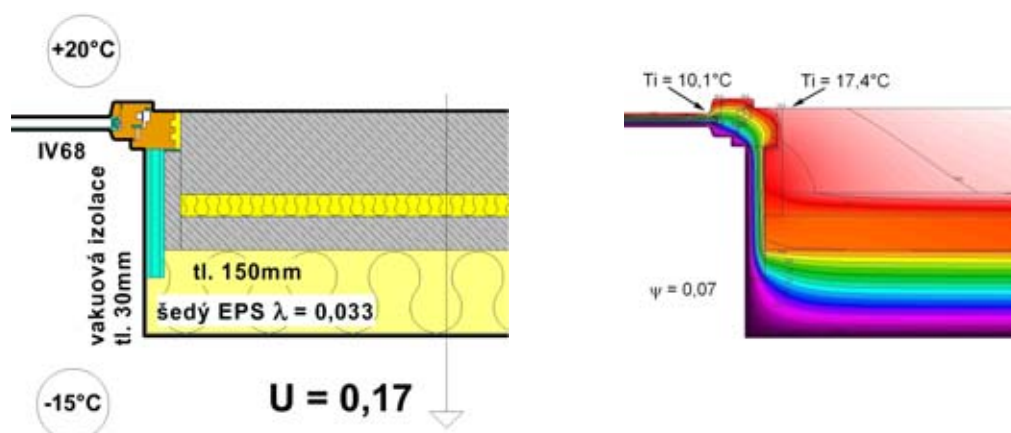
Konstrukční řešení lodžie je nejproblematictější detail na panelových domech, který téměř nemá rozumné řešení. Panely lodžie přímo vyrůstají z obvodového pláště, a proto jsou na tom stejně jako žebra chladiče. Jejich funkcí je vyvádět teplo z hlavního objemu tělesa. Systémově to lze řešit zbouráním lodžii a jejich postavením před rovinu tepelné izolace. To je ale problém (jako na referenční stavbě), pokud se moduly sekcí zakončených lodžii střídají a ve stejné rovině jsou zakončeny obvodovým pláštěm. Tento půdorysný zuborez rovněž zvyšuje ochlazovanou plochu, ale hlavně brání oddělení lodžii, neboť se konstrukčně s obvodovým pláštěm prolínají.

Střídání sekcí s lodžii a bez nich je jedním velkým tepelným mostem.

#### Výchozí stav

Vnitřní povrchová teplota klesající (v rohu půdorysného detailu – při venkovní teplotě  $-15\text{ °C}$  klesá až na  $9,8\text{ °C}$ ) je tou hlavní příčinou, že konstrukce lodžie je nejsilněji erodující částí panelového domu. V takových podmínkách lze pohodlně bydlet jedině s netěsnými okny a s přetápěním bytu na vysoké teploty, aby se zamezilo vzniku plísní. Takové chování je v přímém protikladu s chováním, ke kterému dochází při nárůstu cen energií.

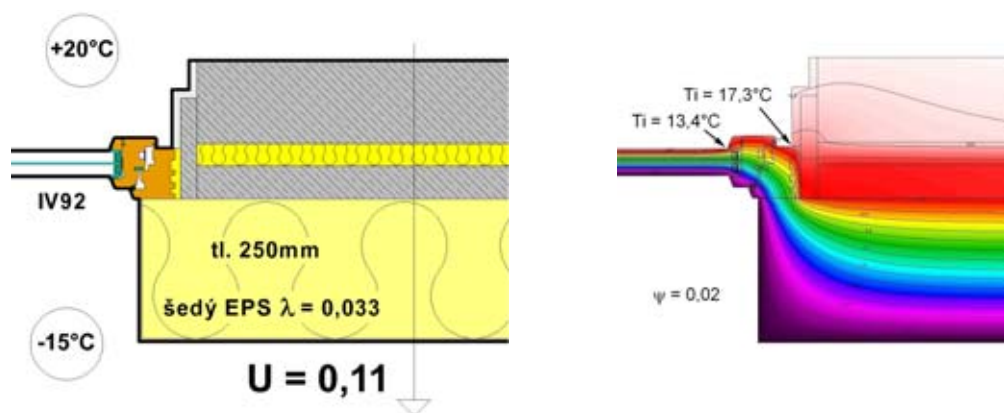




Obr. 26-27 Vyřešený detail tepelného mostu okna ponechaného v původní poloze za použití extrémního materiálu vakuové izolace v celkové síle 30 mm. Povrchová teplota v místě vetknutí rámu už se blíží optimální 18 °C.



Obr. 28 Výsledný stav hluboké špalety po zateplení s okny v původní rovině mimo rovinu tepelné izolace.



Obr. 29-30 Tepelná izolace jednoduše překryje rám okna a vzniká bezproblémový detail napojení tepelné izolace s okenní výplní a s vyváženým průběhem teplot bez prudkých teplotních rozhraní = BEZPEČNĚ.

## Jak vyřešit lodžie panelového domu?

Vyřešit prochlazované partie lodžií lze jedině obalením tepelnou izolací po celém povrchu lodžií včetně vybíhajících konstrukčních prvků.

To ovšem znamená zásadní zásah do vnějšího charakteru objektu a generuje to velkou = *nákladnou* zateplovanou plochu. U svislých prvků je ještě představitelná, ale u horizontálních pochozích teras už jen velmi obtížně. Znamenalo by to buď obalit pochozí panel izolací a vytvořit schod z bytu na terasu (včetně zvýšení zábradlí), anebo na pochozí plochu použít zase vakuovou izolaci. Pouze spodní plocha panelu by mohla být provedena klasickou izolací EPS, nejlépe sešíkmenou, aby její průběh kopíroval potřebu zateplení a nedocházelo ke zhoršení osvětlení.

### DETAILLY PROVEDENÍ

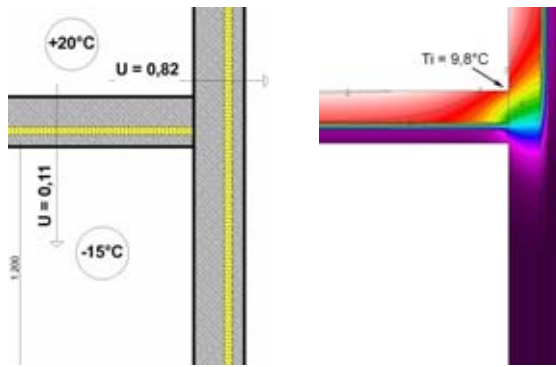
#### Řešení lodžie, obvykle špatně

Základní potřebou pro tepelně izolační vrstvy vnější obálky budovy je, aby probíhala nepřerušeně. Obvyklý postup při realizaci (i na vybrané referenční stavbě) je, že se izolační vrstva aplikuje pouze tam, kde to jde bez problémů. Výsledkem jsou, stejně jako na předchozích detailech, výrazně vyostřená destruktivní rozhraní teplot. Vnitřní kritický roh půdorysného detailu se zlepší teplotně pouze o 1,3 °C. Výsledkem je, že investované peníze nejenže neposlouží k očekávaným úsporám, ale ještě okamžitě zahájí proces poškozování a destrukce opraveného pláště. Obvykle se pak hledá viník a první v pořadí bývá výrobce omítek. Ale ani ta nejkvalitnější a pro vodní páry dobře propustná omítka nedokáže zvládnout nápor kondenzované vlhkosti při výkyvech teplot v zimě pod povrchem omítky na ostrém rozhraní teplot. Je to obdobné, jako když v děravé lodi dojde k ucpání jen jedné díry. Teče do ní stejně, jen o něco pomaleji.

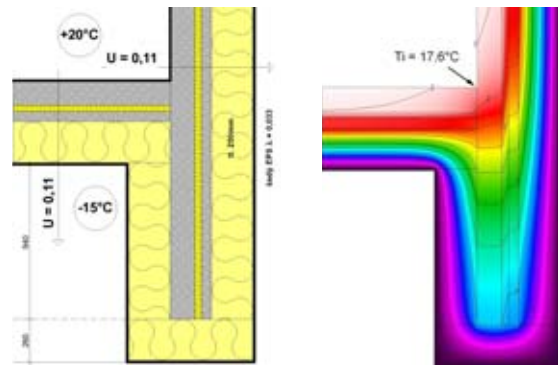
Provedení tepelné izolace spojitě je komplikované a investoři se mu snaží vyhnout také proto, že jim tepelná izolace ubírá prostor. Zdánlivě vyřešení problému nabízí osazení posuvného zasklení a utěsnění lodžie. Jak ovšem prokázala monitorovací studie Ekowattu, dochází sice ke zlepšení situace a využívání slunečních zisků v zimním období, bohužel je to však řešení zase jen částečné. Pokud nedojde k utěsnění oken bytu i zasklení lodžie, vzniká v mrazivých dnech na zasklení destruktivní námraza z kondenzované vodní páry unikající z bytu. V každém případě ale zasklením dojde k ještě výraznějšímu zhoršení výměny vzduchu ve vnitřním prostředí bytu. Výzkum



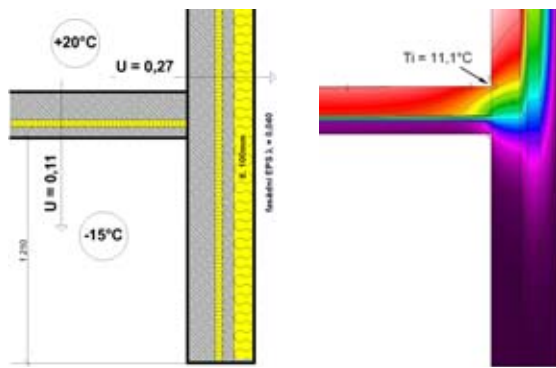
Obr. 31 Střídání sekcí s lodžielemi a bez nich má jen málo dobrých řešení průběhu tepelné izolace a žádné není levné.



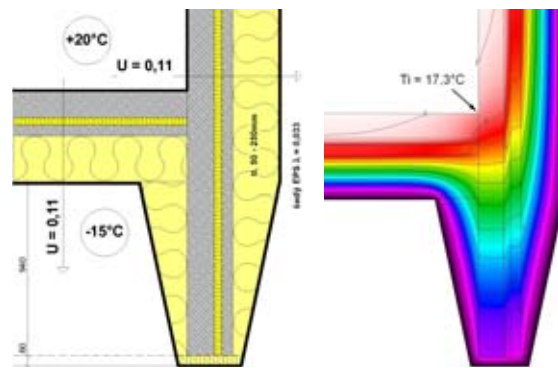
Obr. 32-33 Detail půdorysného řezu lodžie: výchozí stav řešení krajové sekce s vybíhající nosnou stěnou lodžie.



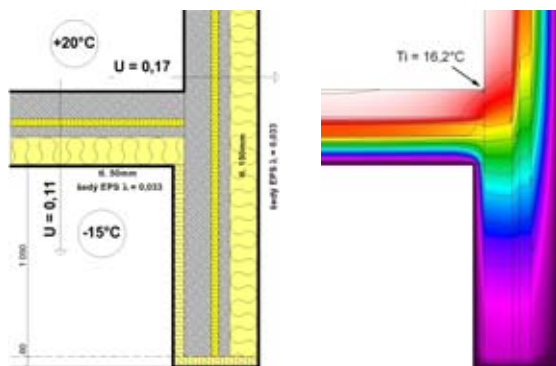
Obr. 38-39 Detail půdorysného řezu lodžie po realizaci spojitě tepelné izolace o síle 250 mm.



Obr. 34-35 Detail půdorysného řezu lodžie po zateplení - pouze bezproblémové velké plochy obvodového pláště, kdy tepelná izolace jednostranně přeběhne na vybíhající nosnou stěnou lodžie.



Obr. 40-41 Detail půdorysného řezu lodžie po realizaci spojitě tepelné izolace v optimalizovaném proměnlivém průřezu její tloušťky.



Obr. 36-37 Detail půdorysného řezu lodžie po realizaci spojitě, částečně jednostranně oslabené vrstvy tepelné izolace.

a měření Ekowattu ukázaly, že teplota v měřené ložnici v některých případech klesá pod teplotu rosného bodu a na tabulích zasklení kondenzuje značné množství vody. Důvodem je pravděpodobně nedostatečný odvod vlhkosti pronikající z interiéru. Množství této vlhkosti je značně ovlivněno typem/kvalitou použité otvorové výplně. Zásadní vliv bude pak mít jednak těsnost (spárová průvzdušnost) oken v místnosti sousedící s ložnicí, ale i způsob užívání ložnice (pravidelnost a doby otevírání dveří na ložnici). Výměna oken za těsná bude v tomto případě snižovat množství vlhkosti pronikající z interiéru do prostoru ložnice. S výměnou oken ovšem souvisí i průběh teploty v prostoru ložnice. Z tohoto pohledu je naopak výměna oken vlivem negativním, neboť s použitím nových oken se teplota na ložnici sníží (díky zmenšení tepelné ztráty ze sousedícího pokoje do prostoru ložnice). Samotné zvýšení či snížení teploty na ložnici má pak navíc vliv na proudění vzduchu v ložnici a na intenzitu výměny vzduchu spárami v zasklení ložnice (výměna vzduchu s teplotou na ložnici roste).

Z měření teplot a vlhkostí je např. patrné, že v rozmezí venkovních teplot asi 0.0 až -5.0 °C jsou hodnoty rosného bodu v určitých časech překročeny, a bude tudíž docházet ke kondenzaci.

#### **Řešení ložnice neobvyklé, ale technicky správné**

Tepelně izolační vrstvy vnější obálky budovy mají i u ložnice probíhat nepřerušeně, a tak musí být ošetřeny i nosné části mimo tepelnou obálku, ať už je zvolena jakákoli síla tepelné izolace.

Pokud dojde k použití 150 mm tepelné izolace na obvodovém plášti a na vnitřní nosnou stěnu ložnice bude použito alespoň 50 mm tepelné izolace, už se posune rosný bod jen těsně na povrch ohroženého rohu místnosti. Stále však je ještě výrazná většina vystupujícího panelu za modrou promrzající zónou. Lze tušit, že detailu by pomohlo zesílení alespoň na styku vrstev 150 a 60 mm (obr. 36–37).

Pokud promyslíme opačný extrém, použití 250 mm tepelné izolace na obvodový plášť ze všech stran, jsme jednoznačně u technicky správného řešení. Otázka je, zdali bude přijatelné zúžení ložnice na 940 mm. A také dojde ke změně charakteru objektu na vnějším vzhledu. Teplotní pole detailu je však velmi vyrovnané a v rizikovém rohu místnosti teplota už neklesá pod rosný bod. Obraz teplotního pole svádí k realizaci tvaru, kde by vrstva tepelné izolace nemusela kopírovat stavbu rovnoběžně s povrchem, ale stačilo by zvolit zešikmený tvar, který ztenčuje mocnost tepelné izolace úměrně vzdálenosti od povrchu obvodového pláště (obr. 38–39).

Zešikmený optimalizovaný průběh tepelné izolace na nosné stěně ložnice by mohl mít i tu výhodu, že nemá negativní vliv na snížení parametrů osvětlení. Celkem ve výsledku na ložnici přijde jen polovina objemu tepelné izolace oproti předchozímu detailu a objednat nařezání i mnohem složitějšího tvaru (třeba na spádové střechy) není problém. Hlavní problém nebude neproveditelnost, ale neobvyklost. Výsledný vzhled by mohl působit subtilněji a zajímavěji (obr. 40–41).

#### **Jak dořešily ložnice referenčního panelového domu zbývající tepelné mosty?**

V praxi je vidět, že spojitost tepelné obálky budovy realizačním firmám starosti nečiní. Kladu otázku: chybí projekt od autorizované osoby, nebo je autorizovaná osoba nekompetentní?

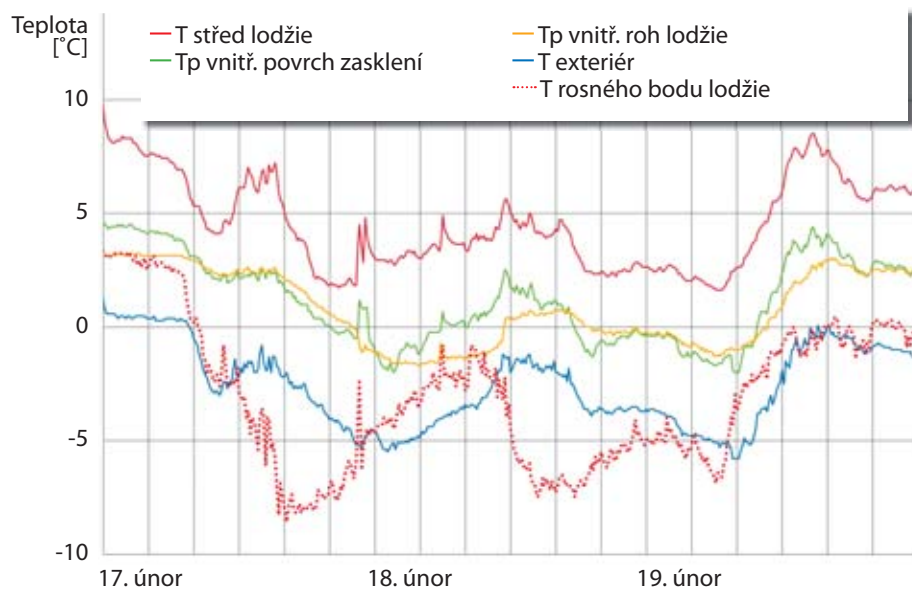
Na referenční stavbě jde jednoznačně o dílčí opatření bez řešení střechy, a proto je na obr. 47 vidět, že panel zastřešující ložnice bude zateplen pouze na přední hraně a spodní i horní plocha zůstane v původním stavu. Na stejném obrázku je vidět, že boční plocha krajové sekce je nedotažena a nepřetažena přes atiku, naopak oplechování je podsazeno pod původní oplechování. Pokud by šlo o krátkodobé řešení na jeden až dva roky, bylo by to ještě přijatelné. Překryvy postupných opatření, pokud by nakonec byly provedeny, jednoznačně realizaci prodražují. Dodatečné napojování omítek na překryvech a předělávání oplechování nebude příliš esteticky slušivé, ale s největší pravděpodobností se bude řešit, až se projeví problémy, a to už bude pozdě. Ani hromosvod není kotvený přes plastové přerušovací válečky. Na jednom obrázku je vidět sedm nedořešených ploch a detailů.

Hrana podlahových panelů ložnice je nově ošetřena oplechováním, které má schovat projev destrukce. Oplechování (jako vodivý materiál), které vbíhá pod rovinu tepelné izolace, bude vypadat pěkně jen krátce a je školáckou chybou.

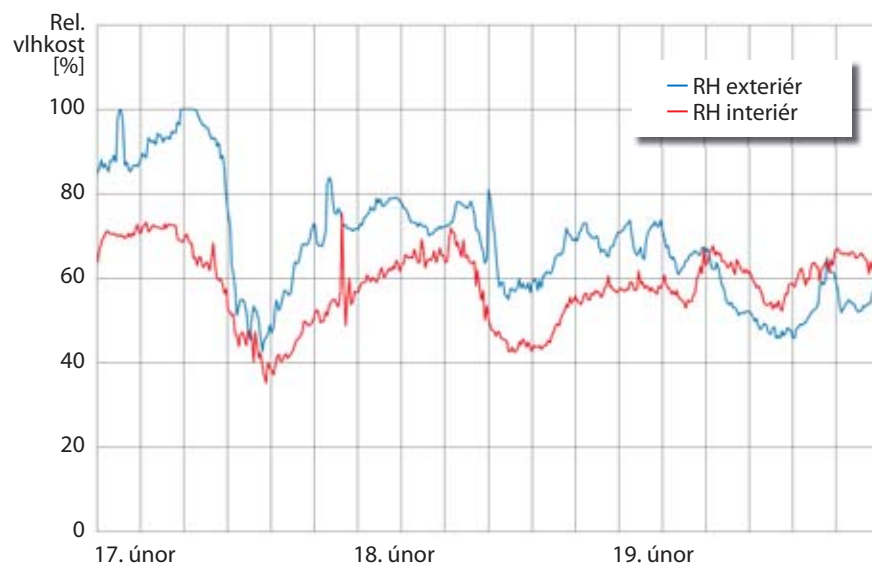
Na jiné stavbě se lze přesvědčit, jak vypadají partie bez tepelné izolace po jednom roce od opravy. Postup povrchové destrukce je neuvěřitelně rychlý.

Jak bude ložnice asi vypadat za pět let?

Opravdové možné vyřešení problému promrzajícího podlahového panelu ložnice ukazuje model z výstavy. Jde o to, jak zateplit pochozí terasu s pomocí vakuové izolace. Může se to zdát jako absurdní řešení, nezvykle komplikovaně zateplovat něco ve venkovním prostoru, nicméně je to jediné trvanlivé vyřešení řešení problému, rozhodně však není levné!



Obr. 42 Průběh teplot vzduchu a povrchových teplot v prostoru lodžie (17.-19. 2. 2009)



Obr. 43 Průběh relativních vlhkostí vzduchu v exteriéru a prostoru lodžie (17.-19. 2. 2009)

### Závěry k řešení lodžie

Při zachování původní koncepce umístění a užívání lodžie nemáme k dispozici žádné řešení, nad kterým by bylo možné jásat. Je třeba vážit řadu okolností a priorit, z čehož zvláště vyvstává potřeba optimalizace při projektu. Stav, kdy většinu klíčových problémů řeší realizační firma, znamená, že optimální řešení bývá optimální pro realizační firmu, nikoli pro investora. Pokud má být provedení vyřešeno, znamená to zvýšené úsilí při komunikaci s uživateli, konfrontaci s výslednou vytvořenou hodnotou a náklady. Posoudíme-li všechny pravdivé okolnosti, je na zvážení, zda není nakonec nejvhodnější řešení zrušit lodžii, odstranit okenní panel, který není nosný a zvětšit obytný prostor o původní lodžii. Ke zvýšeným nákladům bychom museli přičíst i to, že takovou úpravu nelze provádět za provozu. Kompenzací však je vysoká přidaná hodnota řešení. Odpadají opakované opravy oprav, nevzniká nákladně lodžie s horšími užitnými vlastnostmi. Pokud je lodžie vnímána jako vysoká hodnota, je jí možné představit nezávisle před dům?

### CO ČEKÁ OBYVATELE PANELOVÉHO DOMU PO VÝMĚNĚ OKEN A LEPŠÍM NEBO HORŠÍM ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ?

Hlavním očekáváním obyvatel, kteří projdou zateplením panelového domu, je především úspora energie. Měla by dosahovat minimálně 40 %, ale může reálně dosahovat i 60 %. Paradoxem je, že čím větší úspory je dosaženo, tím větší obtíže, které dříve jeho obyvatelé neznali, se dostávají. Zvýšený výskyt pachů, častější pocit únavy a ospalosti. V zimním období výskyt plísní na nejprochladnějších plochách nebo na místech nedořešených tepelných mostů. Ale i rychlá degradace na některých detailech, kde došlo k výskytu nadměrné vlhkosti uvnitř konstrukce za rámem okna, to když připojovací spáry mezi oknem a stěnou nebyly ošetřeny těsnicími páskami nebo tyto byly špatně aplikovány.

Jeden výrobce dřevěných oken byl obviněn z používání nekvalitního dřeva, protože okna jím dodaná na povrchu rámu u stěny plesnivěla. V nájemních obecních bytech se stává, že se nájemníci dožadují výměny bytu za hygienicky nezávadný. Z těchto důvodů byl před lety starosta města Humpolce donucen vydat obecní vyhlášku se zakotvením **povinnosti nájemníků větrat!** Všechny tyto projevy jsou spojeny se změnou kvality vnitřního prostředí a jsou průvodním jevem nekomplexních opatření.



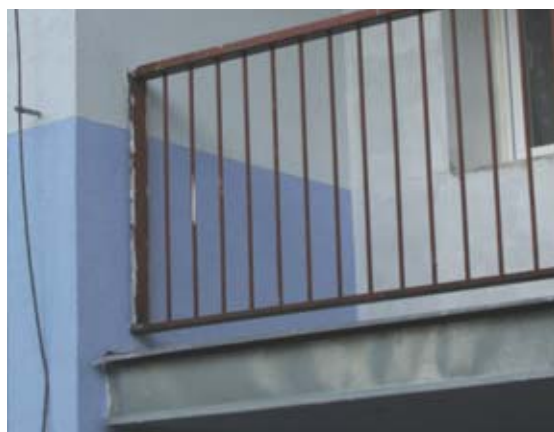
Obr. 44 Lákavá úprava vylepšení zasklení lodžie, zdroj EkoWATT.



Obr. 45-46 Fotografie měřené lodžie pořízená 10. 1. 2009, zdroj EkoWATT.



Obr. 47 Lodžie referenční stavby v posledním patře se sedmi nedořešenými detaily tepelných mostů.



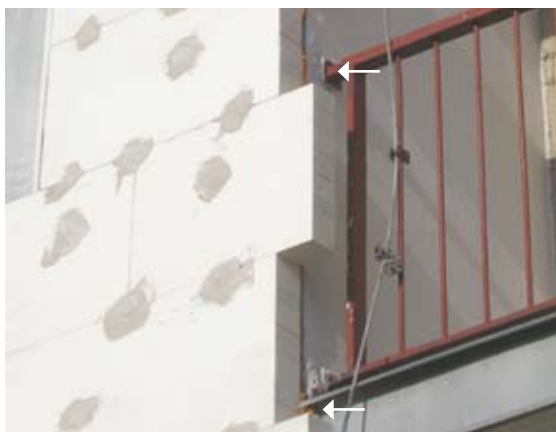
Obr. 50 Na jiném místě už je zábradlí i oplechování vrostlé do izolace. Nyní jen pár zim a zub času novou investici opotřebuje.



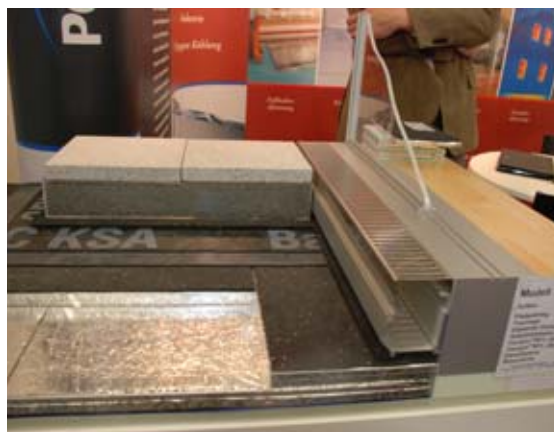
Obr. 48 Příprava oplechování na podlaze lodžie bude jen více vyostřovat teplotní rozhraní zateplené hrany a nezateplené stěny.



Obr. 51 Z jiné stavby: stav promrzající části lodžie po jedné zimě od opravy.



Obr. 49 Zde se přerušení kotvení kovových prvků procházejících tepelnou izolací v žádném případě nechystá. Oplechování hrany panelu prochází celou tloušťkou tepelné izolace až na obvodový panel.



Obr. 52 Na modelu z výstavy použití tenké vakuové izolace na terasu nebo na lodžii.

## Problém kvality vnitřního prostředí v panelových domech (výzkum EkoWATT)

Kvalita vnitřního prostředí v panelových domech je jedním z problémů, které se do současnosti neřešily nebo se vycházelo z předpokladů, které neprověřovaly, zdali řešeny opravdu jsou. Teprve masovější přístup k regeneraci panelových domů ukazuje, že tu problémy jsou, a to dokonce krizové. Původní systémy větrání jsou nevyhovující, ať již proto, že jsou kvůli dlouhodobé absenci údržby nefunkční, nebo proto, že se změnilы předpoklady, za jakých byly navrhovány.

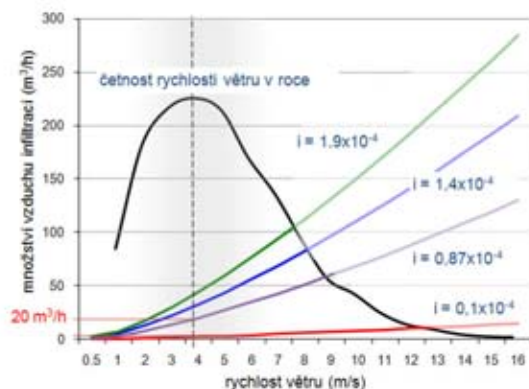
Původní systém větrání panelových domů byl založen na centrálním odtahu vzduchu jednou nebo dvěma šachtami umístěnými v bytovém jádru, přičemž výústky v jednotlivých bytech byly umístěny v kuchyních, na WC a v koupelně. Přívod vzduchu byl zajištěn relativně netěsnými okny, případně jejich otevíráním při vaření apod. Dále docházelo u větších bytů kvůli netěsnosti oken i k příčnému provětrávání vlivem větru.

Po výměně oken za těsná tento systém nemůže fungovat, protože přívod vzduchu není zajištěn. Navíc je zanedbávána údržba odtahových ventilátorů a v řadě případů jsou centrální odtahové ventilátory odstraněny, buď bez náhrady, nebo s nevhodnou náhradou individuálním odtahem z bytů. Toto řešení však problém neřeší, pokud není současně otevřeno okno, a navíc způsobuje výměnu oděrů mezi jednotlivými byty.

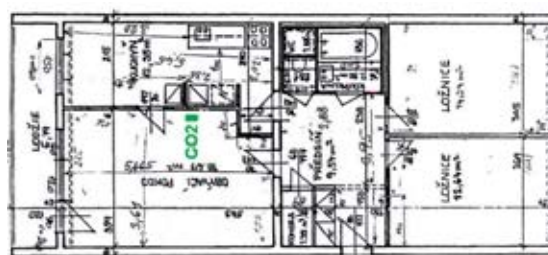
Se zlepšujícími se vlastnostmi stavebních konstrukcí se podtrhuje nutnost řešit otázky větrání, jak je toho dokladem tabulka znázorňující závislost větrání na síle větru a těsnosti oken.

### Měření CO<sub>2</sub> v bytě

Téma kvality vnitřního prostředí je zatíženo řadou subjektivních emocí i pověr, a proto je důležité jej podložit tvrdými daty. V tomto směru je výzkum



Obr. 53 Závislost rychlosti větru na množství větracího vzduchu, které projde různými typy těsných či netěsných oken, zdroj Kotek, EkoWATT.

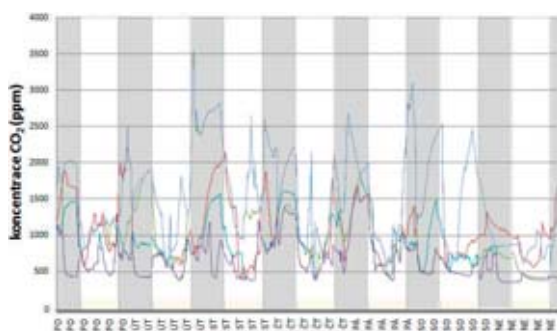


Obr. 54 Půdorys měřeného bytu s označením polohy měřicího čidla CO<sub>2</sub>.

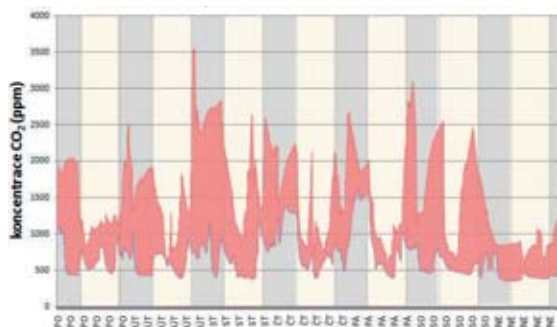
Tabulka 1 Noční a denní maxima, průměry a procentuálně vyjádřený čas nad určitou hladinu koncentrace oxidu uhličitého

Den v týdnu	Noční hodiny 21.00–8.00				Denní hodiny 8.00–21.00			
	Ø	MAX	% nad 1000 ppm	% nad 1200 ppm	Ø	MAX	% nad 1000 ppm	% nad 1200 ppm
PO	1347	2504	78 %	63 %	902	1695	37 %	5 %
ÚT	1318	3555	55 %	50 %	857	2110	23 %	18 %
ST	1606	2833	69 %	61 %	1000	2644	44 %	35 %
ČT	1346	2228	79 %	68 %	811	2137	21 %	13 %
PÁ	1320	3102	60 %	54 %	839	2410	21 %	10 %
SO	1024	2456	42 %	35 %	845	2545	14 %	12 %
NE	820	1695	27 %	6 %	615	1180	5 %	0 %





Obr. 55 Čtyřtýdenní měřená data koncentrace oxidu uhličitého.



Obr. 56 Oblast měřených hodnot koncentrace oxidu uhličitého.

Ekowattu mimořádným přínosem. Podobný příběh čeká na obyvatele vybraného referenčního domu, jehož opatření jsme sledovali.

V rámci důkazů výzkumného úkolu Ekowattu došlo k měření koncentrace  $\text{CO}_2$  a porovnání, zda hygienické limity v bytech s vyměněnými okny v panelovém bytě jsou překračovány.

Měření proběhlo od 2. 8. 2009 do 7. 12. 2009 v bytě 3+1 panelového domu soustavy VVU ETA na sídlišti Prosek s novými plastovými okny u hlavní silnice Vysočanská. Díky orientaci bytu k hlavní rušné silnici mají obyvatelé zavřená okna kvůli nadměrné hlučnosti. Snížená hlučnost je díky výměně starých oken za nová, plastová vykoupena sníženou kvalitou vnitřního prostředí kvůli nedosta- tečné výměně vzduchu. Výsledky tohoto měření tuto skutečnost dokládají.

Hlavní čidlo  $\text{CO}_2$  bylo umístěno v obývacím pokoji, který slouží zároveň jako ložnice manželského páru.

Z měřeného časového úseku byly vybrány čtyři charakteristické týdny již v otopném období a tyto týdny byly podrobněji vyhodnoceny. Nejednalo se tedy ani o období s již extrémními mrazivými teplotami.

Na obr. 55 jsou vynesena veškerá měřená data v průběhu jednoho týdne od pondělí do neděle s vyznačenými nočními hodinami (šedé sloupce) od 21.00 do 8.00. Z měřených dat jsou názorně vidět noční extrémy, které dosahují hodnot až 3500 ppm. Z podrobnější analýzy vyplývá (viz tab. 1), že v nočních hodinách je takřka 70–80 % času nad hygienickou úrovní 1000 ppm, kterou uvádí ASHREA standard 62–2004 (od roku 2009 tuto hodnotu zakotvuje i naše legislativa). V grafu je taktéž názorně vidět, jak v ranních hodinách dochází k nárazovému provětrání bytu, v mnoha případech se hodnota  $\text{CO}_2$  dostane k hranici 700–1000ppm a poté je okno zavřeno s odchodem do práce. Ranní provětrání má však negativní dopad na energetickou náročnost, jelikož otopný systém se po zavření okna snaží „dohnat“ interiérovou teplotu z např. 17 na přibližně 21–23 °C, i když není nikdo v bytě přítomen.

Obrázek 56 ukazuje minimální a maximální hodnoty z měřeného čtyřtýdenního období, denní a noční maxima, průměry jsou dále shrnuty do tab. 1 a na obr. 57–58.

Denní koncentrace  $\text{CO}_2$  se v měřeném období pohybují kolem 500–700 ppm, což v pražských podmínkách představuje přibližně o 100 ppm větší hodnotu než exteriérové koncentrace. Některé denní špičky nad 1000 ppm jsou dány přítomností jedné osoby.

### Závěry z měření

Z měření vyplývá, že kvůli novým plastovým oknům, která mají takřka nulovou infiltraci, dochází k porušování hygienických limitů za cenu snížení tepelné ztráty větráním.

Paradoxní je, že hodnoty vyhovující hygienickému požadavku do 1000 ppm jsou dosahovány, pouze pokud v bytě nejsou jeho obyvatelé.

V ložnici běžných rozměrů 12–14 m<sup>2</sup> při dvou spících osobách je ráno běžně naměřeno více než 3000 ppm CO<sub>2</sub>.

V nočních hodinách, kdy uživatelé nemohou manuálně regulovat intenzitu větrání pomocí otevírání oken, dochází v 70 % k překročení limitu 1000 ppm.

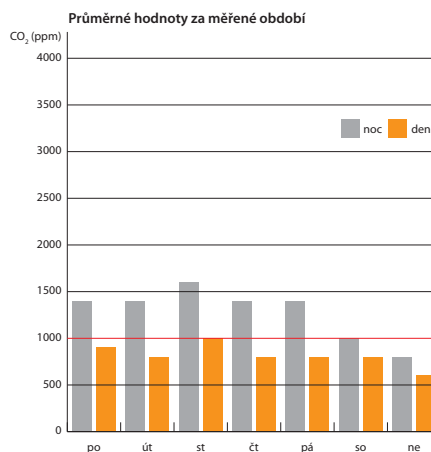
Při koncentracích nad 2000 ppm (jak uvádí obr. 59) dochází ke zvýšenému riziku vlivu na zdraví a i po několik hodinách spánku se člověk ráno cítí stále unaven, neodpočat.

### PROČ NEFUNGUJÍ VĚTRACÍ SYSTÉMY V PANELOVÝCH OBYTNÝCH BUDOVÁCH

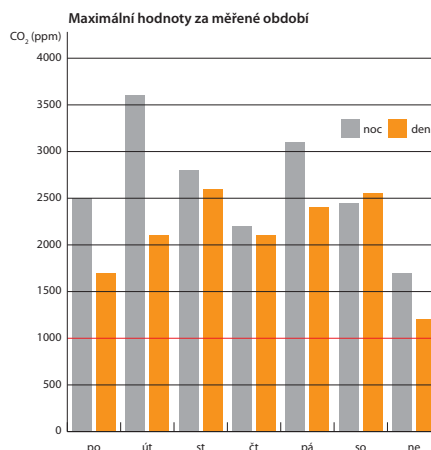
Je stanoveno množství vzduchu, které má být přítomno, aby bylo interní mikroklima na požadované úrovni. Při měření a šetření byla zjištěna řada závad a anomálií, které jsou silně v rozporu s požadavky na zdravé obytné prostředí. V období hromadné bytové výstavby panelových obytných domů byla problematika bytového větrání v řadě případů zcela podceňena. Proto je na místě hledat odpověď na otázku, v čem je jádro problému, že větrací systémy instalované v těchto budovách neplní svoji funkci. Situaci zhoršuje fakt, že většina větracích systémů trpí nedostatečnou údržbou anebo jsou ventilátory uživateli cíleně vyřazeny z provozu pro svoji neúnosnou hlučnost, mnohdy zaviněnou neúdržbou. V následujícím textu jsou uvedeny příklady poruch větracích systémů v panelových domech, zjištěné v rámci výzkumného úkolu Ekowattu.

### Dvanáctipodlažní budova – panelový bytový dům po výměně oken

Po výměně oken za plastová bez mikroventilační štěrbin, která nezajišťují dostatečný přívod vzduchu, dochází k tomu, že v devíti z dvanácti bytů nad sebou vzniká při chodu ventilačního zařízení (větrání koupelny a WC) v těchto prostorách hygienického zázemí takový podtlak, že se dveře velmi těžce otevírají. K tomuto jevu před výměnou oken nedocházelo, neboť stará okna zajistila dostatečný přívod vzduchu. Možné zlepšení je umístit přívodní štěrbinu do dveří koupelny a WC a odstranit část pryžového těsnění v oknech, ale tím samozřejmě i do značné míry znehodnotit opatření provedená na obvodovém plášti.

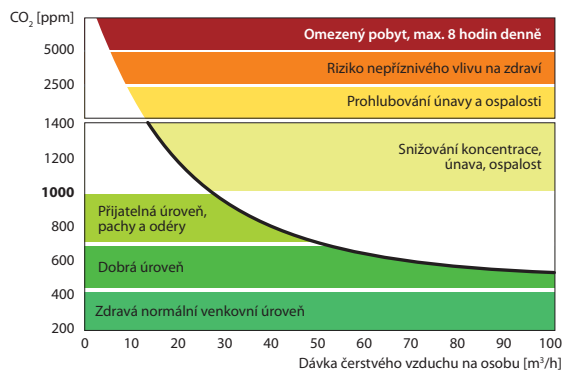


Obr. 57 Denní a noční průměrné hodnoty za měřené čtyřtýdenní období.



Obr. 58 Denní a noční maxima za měřené čtyřtýdenní období.

### Orientační hodnoty vnitřní koncentrace CO<sub>2</sub>



Doporučené hodnoty ASHRAE <1000 [ppm]

Obr. 59 Hodnoty vnitřní koncentrace CO<sub>2</sub>. ASHRAE Standard 62-2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; Atlanta, USA.

## Dvanáctipodlažní budova – panelový bytový dům s cirkulačními digestoři

Pro odvod škodlivin od sporákové plochy byla pro úspory na větracím systému použita digestoř s provedením bez odvodu do volného prostoru – tedy cirkulační digestoř. Norma ČSN 73 4301 ovšem nutnost odvodu do volného prostoru uvádí. Při použití samotné cirkulační digestoře jsou kuchyně prakticky nevětrány. V nevětraných koutech se může vytvářet vrstva plísni. Možné řešení problému je účinná výměna vzduchu pomocí efektivního odtahu a přísunu okny či pomocí systému rovnotlakého větrání.

### Problémy s odtahem do volného prostoru

V tomto případě se jedná o odtah od kuchyňské digestoře, ne do svislého odváděcího průduchu, ale horizontálně na fasádu objektu. Podstatnou nevýhodou tohoto řešení je skutečnost, že vlhkost a mastnota obsažená v odváděném vzduchu vystupuje na fasádu, která je během pár let kolem vyústění průduchu znehodnocena. Možné řešení je vyspádovat trasu horizontálního odtahového potrubí směrem k digestoři a okolí vyústění průduchu na fasádě provést z nenasákavých materiálů.

### Větrání spížních skříní situovaných u fasády objektu

Spížní skříň je spojena přímo s exteriérem pomocí přírodních mřížek. Vzduch, který je přiváděn do spížní skříně, je v zimním období velmi chladný. Spíž je od interiéru oddělena slabými neizolovanými dveřmi. Při netěsných spížních dveřích se do spíže dostane vzduch z vytápěných místností, který obsahuje velké množství vodní páry, relativní vlhkost vzduchu v chladné spíži je pak velmi vysoká. Chladný vlhký vzduch vyvolá kondenzaci na stěnách a dveřích spížní skříně a pak může dojít k růstu plísni. Jedinou možnou ochranou je provedení izolace stěn a dveří spížní skříně, opatřit spížní dveře těsněním a upravit přívod čerstvého vzduchu tak, aby bylo možno regulovat jeho množství.

### Šíření pachů ze svislého průduchu do větraných prostor bytu přes odbočky

Tento jev je zaviněn skutečností, že odbočka odváděcí výústky klesá k průduchu. V tomto případě může vzduch svislým průduchem, odváděným stoupavým proudem v průduchu, vytékat špatně skloněnou odbočkou do cizího bytu. Náprava je možná obráceným spádem odbočky, ale v případě nuceného větrání pomůže pouze osazení dokonale těsné zpětné klapky.

## Efektivnost větrání pomocí rotačních větracích hlavic

Rotační větrací hlavice jsou hitem poslední doby, ačkoliv byly původně určeny pro větrání dvouplášťových střeš s velmi nízkou tlakovou ztrátou. Výměna se realizuje jednoduše tak, že se místo „původních starých, nefunkčních, energeticky náročných a hlučných centrálních ventilátorů“ instalují „tiché a energeticky úsporné“ rotační hlavice. Ty podle údajů dodavatelů plně nahradí stávající centrální ventilátory.

### Popis měření

Měřicí trať dimenze 315 mm byla vybavena na straně sání vtokovou dýzou, dále měřicími odběry pro získání hodnot statického tlaku, odběry pro měření průtoku, stabilizačními usměrňovači průtoku, regulačním zařízením pro změnu průtoku, na straně připojení přechodem na dimenzi 355 mm. Měřena byla tzv. hybridní hlavice, vybavená pro případ „bezvětří“ miniaturním motorkem s výkonem přibližně 7 W. Připojovací rozměr hlavice byl 355 mm a vnější rozměr oběžného radiálního kola s lopatkami otočenými dozadu byl v nejširším místě 450 mm.

### Diskuse a závěry měření

Ze předpokladu, že přibližná potřeba vzduchu na osobu je asi 19–25 m<sup>3</sup>/h, odváděné množství vzduchu může být dostatečné pouze pro několik osob při rychlosti větru 6,6 m/s (24 km/h), a to pouze za předpokladu, že tlaková ztráta větracího systému je menší než asi 5 až 10 Pa. Protože se tlakové ztráty moderních větracích systémů s rozvody a řízenými přívodními a odvodními distribučními elementy pohybují v rozmezí přibližně od 100 do 300 Pa, lze si podobnou funkční vzduchotechnickou aplikaci v současně projektovaných stavbách jen stěží představit.

Ze průměrných větrných podmínek obvyklých například pro Prahu, tedy asi 4–5 m/s, je patrné, že rotační hlavice nelze pro zvýšení intenzity větrání v moderních větracích systémech bytových domů místo ventilátorů použít. Tento systém nelze pro nejistotu již tak nízkých parametrů, závislých na povětrnostních podmínkách, bez možnosti regulace a spínání, doporučit ani pro jiné aplikace s požadavky na definované výměny podle hygienických doporučení.

Na trhu dále existuje tzv. paralelní uspořádání rotačních hlavic pomocí „kalhotového kusu“, které má na tlakovou charakteristiku zcela zanedbatelný vliv, avšak při dvojnásobné ceně.

Při doplnění rotační hlavice o elektrický pohon s dostatečným výkonem (podle rozměrů hlavice a požadovaného průtoku a dopravního tlaku je potřeba asi 80 až 350 W) hlavice pracuje jako radiální střešní ventilátor. Při testovaném geometrickém uspořádání (průměr sání 355 mm a vnější rozměr oběžného kola 450 mm, s elektromotorkem s výkonem asi 7 W) má takový pohon na výkon hlavice minimální vliv.

Technické parametry rotačních hlavic poháněných větrem nebo elektromotorkem s malým výkonem jsou pro větrání panelových domů i rodinných domů zcela nedostatečné. Dopravní tlak rotačních větracích hlavice je srovnatelný se šachtovým větráním bez větracích hlavice v případě mírného termického vztlaku. V období bezvětří a silného termického vztlaku naopak rotační hlavice svou tlakovou ztrátou snižuje průtok vzduchu ve stoupacím potrubí nebo šachtě.

Množství přiváděného čerstvého vzduchu by mělo být asi 19–25 m<sup>3</sup>/h na osobu. Z měření je patrné, že odváděné, respektive přiváděné množství v panelovém domě neodpovídá hygienickým požadavkům.

#### **Závěr z dílčích opatření provedených pouze na obvodovém plášti panelového domu bez řešení vnitřního prostředí ve změněných podmínkách**

Problematika vnitřního prostředí se musí stát běžnou součástí řešení úprav panelového domu, neboť bez komplexního řešení nelze, jak prokázala měření, zajistit hygienické potřeby obyvatel.

Koncentrace oxidu uhličitého je jednou z hlavních veličin, na základě kterých je nutné regulovat systémy větrání v bytě. Nadměrné koncentrace způsobují bolesti hlavy a dlouhodobější účinky mohou způsobit zdravotní potíže a únavu.

V panelových domech se starými okny na jednu stranu dochází k velkým únikům tepla kvůli nedostatečné těsnosti oken, ale na straně druhé bylo zaručeno kontinuální provětrání bytu a koncentrace oxidu uhličitého se mohla častěji pohybovat ještě v přijatelných úrovních alespoň do 1500 ppm.

Po výměně oken za jakákoli nová dojde k nezanedbatelnému snížení tepelné ztráty prostupem tepla, ale také tepelné ztráty větráním díky velmi těsným profilům. Snížení infiltrace na minimum má však za následek zvýšení hladiny CO<sub>2</sub> v obývaném interiéru.

Nefunkčnost stávajících větracích systémů ukazuje, že podcenění této problematiky v minulosti znamenalo, že tyto často nevyhovovaly ani při uvedení do provozu, natož po letech neúdržby. Obálka budovy panelového domu po výměně oken je zpravidla natolik těsná, že nelze bez mechanic-

kého, případně hybridního řízeného větrání zajistit komfortní užívání bytů. V některých případech může docházet až k ohrožení zdraví uživatelů.

#### **JAKÝ JE OBECNĚ NELOGICKÝ SLED POSTUPNĚ PROVÁDĚNÝCH OPATŘENÍ**

- Člověk má tendenci řešit to, co se ho blíže dotýká, proto i změny nejčastěji začínají novým vybavením nebo přebudováním interiérů v rámci nenosných příček, povrchů podlah a zařízení WC, koupelen a kuchyní. Tato opatření probíhají individuálně, a tím zároveň blokují i jakékoli koncepční rozhodování dlouhodobého charakteru, protože při nich následně znamenají menší nebo větší odpis provedených změn.
- Nejohroženější částí domu je rovná střecha panelového domu, která potřebuje nejčastější údržbu, ale opravená střecha bez zateplení znamená nemožnost provedení v další fázi celistvého zateplení bez tepelných mostů anebo znehodnocení provedené opravy střechy.
- Uniformní nevzhledná šed' paneláků láká rychle přemalovat novou omítkou fasádu, která ovšem nemá šanci mít dlouhou životnost.
- I menším zásahem s pomocí regulačních prvků se dá u energeticky nešetrné stavby ušetřit až 10 % spotřeby tepla na vytápění. Jakmile se přistoupí k provádění dalších opatření a zateplení, tato investice ztrácí smysl, který má, pouze pokud se alespoň deset let nebude nic měnit.
- Klíčovou chybou je ukvapená výměna otopné soustavy a zdroje na vytápění (i za tzv. ekologické palivo z obnovitelných zdrojů nebo účinnější centrální turbokotel na plyn nebo za tepelné čerpadlo) dříve, než se provede zlepšení vlastností obálky stavby.
- Výměna oken před zateplením obvodového pláště za těsná okna ponechaná na původním místě mimo budoucí rovinu izolace.
- Zateplení jen částí obálky bez řešení tepelných mostů (špatná poloha osazení okna, styk domu se základem, nedořešení vysazených lodžii pevně spojených s obvodovým pláštěm atp.). Zateplení může skrýt vady (stávající nebo špatným provedením vznikající) na nosné konstrukci, které se pak mohou projevit až destrukcí.
- Ponechání původní otopné soustavy ústředního topení, která byla dimenzována na původní velké tepelné ztráty, znamená, že setrvačnou silou svého objemu reaguje se zpožděním, a tudíž snižuje efekt úspor. Nepříjemné přetápění a rozkolísávání tepelné pohody snižuje vnímanou kvalitu vnitřního prostředí.



Obr. 60 Nezvládnuté a necitlivé řešení barevného pojednání panelových domů, tak trochu jako dětské omalovánky. Je dokladem procesu vzniku během domovní schůze na setkání s dealerem barevných omítek.



Obr. 61 Architektonicky zajímavě navržená řešení vnějšího vzhledu regenerace panelových domů, Makartstrasse v Linci (foto Petra Blauensteiner).

### Výsledný stav

Nevyvážená a těžko regulovatelná předimenzovaná otopná soustava, která netopí, jak je třeba, a tudíž topí nešetrně i nepohodlně. Tepelná obálka je nestejněměrná a vytváří prochlazené kondenzační zóny. To přináší dvojí následky. První jsou ekonomické, protože polořešení způsobují, že vynaložené prostředky jen částečně naplňují možnosti, a tudíž nepřinášejí úspory energií i provozních financí v plném rozsahu, *jsou jen pohodlně rychle realizovatelná*. Druhé následky jsou destruktivní. Skryté nebo zjevně mají vliv na životnost stavby zrychlenou erozí i tvorbou trhlin na teplotních rozhraních zcela nebo jen nedostatečně zateplených ploch nespokojitě ošetřené obálky budovy. Působí destruktivně i na obyvatele, protože vytváří prostředí náchylné k tvorbě plísní. A jak prokázala systematická měření, většinu především nočních hodin, *hlavně v otopném období*, tráví jeho obyvatel v prostředí, kde koncentrace CO<sub>2</sub> překračují přípustné hodnoty i 3500 ppm.

### Závěr

Postup nepromyšlených úprav vyvolaných akutními problémy, pokud by měl být nakonec doveden do uspokojivého stavu, znamená, že výsledná cena všech opatření překročí trojnásobek komplexně provedené změny stavby anebo vznikne prostředí, ve kterém jsou zachovány hygienické limity pouze v období, když byt není obýván. Tento typ postupu postrádá v naprosté většině jakýkoli koncepční přístup a to se projeví i na ztvárnění vnějšího vzhledu. Domy ztrácejí architektonický vjem, stávají se omalovánkami více či méně nápaditého použití vzorníku barev i pseudogeometrických kompozic.

### JAKÝ JE LOGICKÝ SLED POSTUPNĚ PROVÁDĚNÝCH OPATŘENÍ

- Nenechat se tlakem událostí donutit k unáhleným a nedomyšleným krokům – na začátku by vždy měla být rozvaha vycházející z technického posouzení stavu a prognózy dalšího časového vývoje dožívání částí a systémů budovy. Je lépe raději nedělat nic, dokud nenastane vhodná situace. Časová posloupnost dílčích opatření a vědomí přípravných i následných kroků, které na sebe musí navazovat nebo se překrývají, je základ úspěšného postupu realizace. S tím souvisí po jistou dobu i určitá míra dyskomfortu, ale s předem přijatým vědomím, že se jedná o důsledek přechodného stavu na cestě k cílovému řešení. To však vyžaduje komunikaci znalého projektanta s obyvateli nebo jejich zástupci, k tomu nestačí nabídky realizačních firem na snadná a rychlá řešení.

- Úpravy interiéru provádět s ohledem na budoucí nutnou potřebu doplnění bytu o řízené větrání s rekuperací tepla, aby všechna opatření byla ekonomickým i zdravotně uživatelským přínosem.
- Celkovou opravu střechy provádět vždy se zateplením v maximální možné tloušťce tepelné izolace a s přípravou oplechování na následné zateplení pláště bez tepelného mostu atiky, *za předpokladu, že nebude součástí výsledného stavu nástavba o případné další patro.*
- Zásadně neprovádět pouze novou fasádu bez zateplení!
- Výměnu oken před zateplením obvodového pláště provádět zásadně jejich posunutím na rozhraní k budoucí rovině tepelné izolace i za cenu dočasného ošetření horní hrany okna okapovým oplechováním.
- Nejvýhodnější je současné provádění výměny oken a zateplení obálky budovy v návaznosti na styk s terémem a střechu = bez tepelných mostů. Jen tak lze zajistit předpokládanou životnost opatření, která by pak neměla být 30 let, ale není důvod, aby nevydržela přes let 50. A to i při použití EPS, pokud bude realizováno s dodržáním technologických postupů. Takové ošetření tepelné obálky pak není problém realizovat v optimální tloušťce v rozmezí 200–300 mm vhodném pro pasivní standard.
- Teprve když dojde ke změně vlastností budovy, má smysl řešit regulaci a otopnou soustavu, případně i zdroj vytápění, nejlépe i s použitím nebo částečným využitím obnovitelných zdrojů, případně minimálně teplovodních kolektorů na ohřev užitkové vody. Tím pak také dochází k důslednému naplňování cílů opatření v rámci Zelené úsporám.
- Při všech dílčích opatřeních by si měli být investoři vědomi, že nakonec musí být do objektu instalován systém řízeného větrání, pokud mají být splněny legislativní požadavky na kvalitu vnitřního prostředí, ale hlavně pokud chtějí užívat skutečně hygienicky nezávadné bydlení. Proto je moudré při všech dílčích opatřeních konat v místech, kde s ním dochází ke křížení nebo kolizi, na vzduchotechniku přípravy. Proto je třeba hned na začátku učinit rozhodnutí o tom, který systém řízeného větrání budou nakonec uživatelé bytů chtít osadit a který nejlépe vyhovuje technickým možnostem konkrétní budovy i komfortu užívání a údržby. Neekonomičtější by však bylo osazení řízeného větrání současně s výměnou okenních prvků. Důležité však je, aby provedením některého opatření nedošlo k technickému znemožnění řízené větrání osadit nebo za cenu velkých změn již provedených změn, tedy nákladně!

### Výsledný stav

Příjemné bydlení ve vysoké hygienické kvalitě vnitřního prostředí, a to ve dne i v noci, s řízenou výměnou větraného vzduchu se zpětným získáváním tepla řízeného podle aktuálního stavu čidla CO<sub>2</sub>. Jedině tak mohou přípustné hodnoty nepřekračovat koncentrace CO<sub>2</sub> 1000 ppm. Energetická kvalita je pak minimálně v nízkoengetickém standardu, ale pokud se použila silnější izolace, není důvod, proč za téměř stejnou cenu nerealizovat bydlení ve standardu pasivním, nebo alespoň jemu velmi blízko. Znamená to, že i v otopném období se v bytech topí jen velmi málo, a to jen v době poklesu teplot pod -5 °C. Dům je připraven nezatežovat obyvatele starostmi z vysokého nárůstu cen energií, který se v éře ropného zlomu musí projevit. Ceny energií mohou stoupat i o 80–90 %. Tepelná obálka je vyvážená, bez tepelných mostů a má předpoklady vykazovat vysokou životnost, opravy se budou v čase týkat pouze barevnosti povrchu.

### Závěr

Postup promyšlených úprav s konečným maximálním zhodnocením vložených financí předpokládá, že i postupná opatření budou probíhat podle vyprojektovaného návrhu jednotlivých fází. Tyto fáze musí vyrůstat z optimalizovaného auditu bodového harmonogramu, který stanoví počáteční a cílový stav, ke kterému je nutné se dopracovat. Součástí takového postupu je samozřejmě i výtvarné zpracování architektem, které pak znamená maximální přidanou hodnotu realizace. Role architekta je nezastupitelná rovněž v umění vykomunikovat a vysvětlit výběr a důvody zvoleného technického i estetického řešení. Tento postup je však nejnáročnější na vysokou kvalitu organizace a v dlouhodobém horizontu. Takový přístup byl bohužel doposud naprostou výjimkou, což je patrné z toho, že prakticky neexistují publikovatelné pozitivní příklady architektonicky i technicky správně řešených realizací.

# ▶ POSTUP PŘI KOMPLEXNÍM ŘEŠENÍ, PŘÍPRAVA PODKLADŮ, VÝBĚR VHODNÉHO NÁVRHU, PROJEKTANTA, DODAVATELE

## PŘEDNOSTI KOMPLEXNÍHO PŘÍSTUPU K REALIZACI REGENERACE PANELOVÉHO DOMU

Z předchozích kapitol by mělo být jasné, že úsilí, které je třeba podstoupit u dílčích opatření nebo nápravou opatření nedostatečných, je natolik organizačně vysilující a nakonec i finančně náročné, že levnějším řešením je komplexní jednorázová akce načasovaná na dobu, kdy se všechny systémy blíží svému morálnímu dožití. **Platí, že je lépe nedělat nic než něco dělat polovičatě!** Jediný problém bývá v kumulaci kapitálu do kratšího období a v provedení za provozu, což znamená omezení obyvatel v bytech. Při dobré organizaci stavby by omezení mohlo trvat dva týdny. Méně organizačně schopný dodavatel by nemusel omezovat obyvatele déle než měsíc. Při komplexních rekonstrukcích větších celků by místní samosprávy mohly zvážit možnost využít v místě dostupnou ubytovací kapacitu nebo vybudovat ubytovací kapacitu k dočasnému ubytování obyvatel těchto domů bez omezení pohodlí.

Hlavním argumentem pro komplexní rekonstrukci je nejen snížení energetické náročnosti bytového panelového domu, nejen vytvoření optimálního vnitřního pobytového prostředí na zcela jiné kvalitativní úrovni, ale změna formy bydlení po stránce estetické a vytvoření užité hodnoty na nejvyšší současné možné úrovni, jako by šlo o novostavbu. To s sebou samozřejmě nese i vysoké zhodnocení na trhu nemovitostí a může být pádným argumentem pro poskytnutí úvěru bankou, která tím dostává nejlepší záruku i vysoce bonitního klienta nezátíženého vysokými účty za spotřebu energií.

Změna tepelně izolačních vlastností domu se musí doplňovat s vhodným způsobem vytápění a větrání v místnostech. Nejčastějším argumentem poradenských služeb EKIS pro nerealizaci řízeného větrání s rekuperací je, že se ekonomicky nevyplatí. Ale topení a větrání se podílí na vytváření kvality vnitřního prostředí, energetické přínosy jsou z tohoto pohledu okrajové.

Pokud dovedeme tuto zvrácenou logiku do důsledku, neekonomičtější je vytvořit prostředí, ve kterém jeho obyvatelé nejrychleji zemřou, a pak už není třeba ani topit, natož zateplovat. Omlouvám se za poněkud morbidní argumentaci, ale ta jen podtrhuje zvrácenost přístupu.

## OKOLNOSTI A PODMÍNKY KOMPLEXNÍ ZMĚNY: KOMUNIKACE, PARTICIPACE UŽIVATELŮ, INVESTORŮ

Aby bylo možné energeticky úspornou a cenově optimalizovanou rekonstrukci objektu uskutečnit, nejprve musí přijít podnět od vlastníka nemovitosti. Bohužel se často stává, že majitelé nejsou informováni a většina architektů a inženýrů bez znalostí technologie pasivních domů jim také není schopna informace poskytnout. K dosažení cíle = pasivního domu je tedy nezbytné vzdělání obou – jak investora (mnohdy řady investorů), tak architekta/projektanta.

Proces rozhodování může být ovlivněn několika faktory, z nichž nejdůležitější jsou:

- úroveň informovanosti majitele nemovitosti a architekta/projektanta o vhodných úsporných opatřeních a z nich plynoucích výhodách (probráno v předchozí kapitole),
- vlastnická práva,
- účast nájemníků, případně majitelů bytů.

### Vlastnická práva a vliv na proces rozhodování

Mnohdy nebrání kvalitním rekonstrukcím na pasivní standard samotné vyšší finanční náklady, ale vůle a přesvědčení vlastníků a dalších zainteresovaných o správnosti vynaložení prostředků tímto směrem. Na rozhodovací proces mají značný vliv majetkoprávní vztahy k nemovitostem. Existuje několik typů vlastnictví a z nich plynoucích pravomocí v rozhodování, financování nebo realizaci. V České republice může vlastníkem být:

- soukromá osoba,
- stát/obec,
- bytové družstvo,
- korporace/firma,
- majitel bytu, obvykle ve sdružení vlastníků bytů.

Který typ vlastnictví je v České republice nejlepší pro údržbu a komplexní renovace? Z výsledků šetření Ústavu územního rozvoje vyplynulo, že největší motivaci mají vlastníci bytových jednotek, po nich následují bytová družstva. Skutečný stav regenerací s tím tak jednoznačně nekoresponduje. Družstva a vlastníci se sice o domy průběžně starají lépe, ale provádějí spíše dílčí modernizace, jako zateplování obvodových plášťů, výměnu oken a vnitřních rozvodů. Častokrát je míra těchto kroků omezena rozpočtem a nevolí se komplexní, vysoce úsporná řešení.

Rozsáhlejší modernizace a opravy provádějí snáze některé obce, jiné plánují spíše postupnou privatizaci. Hlavním tématem jsou možnosti financování; zde jsou uvedeny následující varianty:

- **Dodatečné náklady (vícenáklady) za modernizaci jsou částečně promítnuty do nájmu** – tato varianta je u nájemních obecních bytů se sociálně slabší skladbou obyvatel ne vždy zcela reálná, ale je možné realizovat v rámci regenerace i nástavbu dalších bytů, jejichž ekonomické nájemné nebo prodej může dorovnat zvýšené náklady.
- **Půjčky / hypotéky** – jsou nejrozšířenějším způsobem financování renovací. Pro soukromé majitele nebo menší sdružení vlastníků je obtížnější získat potřebné finance. V zahraničí je běžné, že rekonstrukce na pasivní standard jsou zvýhodněny, protože schopnost splácet půjčky je při minimálních provozních nákladech o mnoho vyšší. Taková záruka ve formě pasivního nebo nízkoenergetického domu je zvýhodňována menšími úrokovými sazbami nebo větší poskytnutou částkou na pokrytí potřebných vícenákladů. Jsou také společnosti podobné stavebním spořitelnám v ČR, které poskytují půjčky se zvýhodněnými úrokovými sazbami na vícenáklady spojené s pasivními prvky, které jsou spláceny z úspor na provozních nákladech. Bohužel banky u nás zatím nezohledňují kvalitu nebo míru provedených energeticky úsporných opatření pro možnost získání půjčky, její výši a zvolenou úrokovou sazbu.
- **Dotace** – v současnosti existuje několik dotačních programů podporujících rekonstrukce bytových a panelových domů. Komplexní realizaci na úrovni nízkoenergetického nebo pasivního domu, která řeší i vnitřní prostředí, podporuje pouze Zelená úsporám, [www.zelenausporam.cz](http://www.zelenausporam.cz).
- **Vlastní kapitál** – používá se často při spolufinancování půjčky. Jen větší bytová družstva nebo obce mají dostatek prostředků k financování většiny úsporných opatření ze svého.

#### Participace nájemníků bytů v rozhodovacím procesu

Zjištění potřeb nájemníků, případně vlastníků a přizpůsobení koncepce renovace těmto potřebám je důležité, protože jsou to tito lidé, kteří budovy denně využívají. O úspěšnosti renovace budovy rozhoduje komunikace a ucelený soubor komplexních informací v souvislostech. Nebudou-li nájemníci, případně vlastníci ztotožněni se změnami a také dostatečně informováni, může to ovlivnit spolupráci během rekonstrukce i uživatelské chování po uvedení do provozu. Spokojenost uživatelů závisí na jejich souhlasu s opatřeními.

Stalo se již několikrát, že skupina obyvatel vznesla protest nebo použila právní sílu proti průběhu rekonstrukce. Většinou to bylo způsobeno pochybnostmi obyvatel a nedostatkem informací o jejich výhodách. Nejlepším lékem je proto efektivní komunikace s obyvateli objektu od samého počátku průběhu rekonstrukce.

Zjištění potřeb a zájmů nájemníků může probíhat více způsoby. Kvůli objektivitě celého procesu je možné a většinou i žádoucí pozvat si externí organizaci, která pomáhá zjednodušit jednotlivá setkání, vyhodnocuje dotazníky a slouží jako prostředník a dohled nad průběhem rekonstrukce. Usnadnění neboli řízení setkání či diskusí je důležitý proces, který může výrazně pomoci v komunikaci mezi lidmi, kde jsou vyhraněné názorové skupiny. Ty se objevují prakticky u všech rekonstrukcí a k dosažení dohody či rozhodnutí je často potřeba profesionálních schopností ke zvládnutí problematických situací. V případě nepřítomnosti pomocníků se musí této roli ujmout někdo z řad obyvatel, nicméně jeho nestrannost může být chápána různě.

Důležité je, aby byli obyvatelé ochotni se zapojit, a to již od začátku ve fázi plánování a prvním setkání pracovní skupiny dobrovolníků z řad obyvatel. Ti dále působí v různých oblastech jako „mluvčí“, iniciují informační setkání, případně další akce. Následující body mohou pomoci při zapojování obyvatel.

#### Nejčastěji používané komunikační metody

- veřejné shromáždění moderované nezávislou osobou,
  - dotazníky,
  - rozhovory,
  - schránky na dotazy od začátku do konce,
  - oslavy/festy,
  - sídlištní časopis/zpravodaj.
- Obyvatele lze zapojovat ve více úrovních.

#### Úroveň – Informace

Informace jsou základem pro zapojení obyvatel do připravovaného procesu stavby či rekonstrukce. Jedná se o tok informací od stavitele k občanům. Možné způsoby informování jsou:

- osobní či hromadný dopis,
- pozvánky,
- zápisy z jednání domovního společenství,
- informace na vývěskách,
- e-mail,
- interní časopis,
- webové stránky.



### Úroveň – Konzultace

Zde dochází k dialogu mezi stavitelem a obyvateli, díky čemuž jsou v projektu zohledněny požadavky obyvatel. Způsoby dialogů mohou mít následující formu:

- osobní rozhovory,
- dotazování/dotazníky (osobní, písemné, telefonické),
- veřejné shromáždění/projednávání,
- setkávání,
- exkurze.

### Úroveň – Spoluvytváření

V této fázi dochází k aktivnímu zapojení obyvatel. Občané se dlouhodoběji zabývají konkrétními úkoly a zapracovávají své připomínky, dotazy a přání do plánů. Na této úrovni jsou občané považováni za experty na své bydlení a své přímé okolí.

Způsoby zapojení:

- kulaté stoly,
- pracovní skupiny,
- workshopy.

Negativem spoluvytváření je malá část angažovaných obyvatel. A naopak u velkých projektů není možné, aby se všichni zapojili. Proto je snaha vytvořit stabilní okruh lidí, kteří budou participovat.

### Úroveň – Spolurozhodování

U procesu spolurozhodování obyvatelé přebírají zodpovědnost za rozhodnutí. Jedná se o rozhodnutí kolektivní, např. týkající se celého bloku, ale i individuální (kde rozhodují o svém vlastním bytě).

Způsoby zapojení, např. hlasování.

### Základní pravidla zapojení obyvatel:

- obyvatelé musí mít přístup k informacím o projektu,
- všichni obyvatelé, kteří se o projekt zajímají, by se měli účastnit procesu zapojení,
- na začátku musí být stanoveno, jak bude naloženo s výsledky procesu zapojení obyvatel,
- obyvatelé musí být se svými žádostmi, prosbami a návrhy bráni vážně,
- proces zapojení nesmí sloužit žádné manipulaci, zneužití a musí být nestranný.

Tento proces se může zdát komplikovaný, ale v zahraničí je to osvědčené pole působnosti pro neziskové kulturně/environmentálně zaměřené organizace, které mohou působit pozitivně jako spojovací nestranný mezičlánek mezi zainteresovanými. Bohužel bez takového prokomunikovaného přístupu nakonec rozhoduje o volbě řešení jen řada fám, náhodně sdělených informací a polopравd, „jak

se to přece všude dělá“. Jak se to většinou dělá, jsme ukázali v první části předchozí kapitoly – životu nebezpečně.

### POSTUP PŘI REALIZACI: PŘÍPRAVA PODKLADŮ, VÝBĚR VHDNÉHO NÁVRHU, PROJEKTANTA, DODAVATELE

Pro úspěšné zadání a výběr autora je nutné připravit podklady. Čím přesněji dokumentují výchozí stav, tím optimálnější výsledek mohou zrodit. Proto je třeba zajistit:

- posouzení technického stavu a statiky,
- původní projektové podklady, lépe zaměření skutečného stavu,
- energetický audit jako výchozí podklad.

### Výběr projektanta – popis/zásady

Kvalitní projekt je základem kvalitní rekonstrukce. Použití výše uvedených zásad k dosažení energeticky úsporné rekonstrukce může navrhnout investor, ale musí zde být i někdo, kdo zahrne tyto zásady do stavebního projektu. Jen architekti/projektanti, kteří mají zkušenosti s technologií nízkoenergetických nebo pasivních domů, mohou navrhnout energeticky i ekonomicky úsporné řešení. Investor by proto měl prověřit reference předchozích rekonstrukcí projektantů.

Vyšší cena za projekt je obvykle odůvodněná, protože projektová dokumentace musí být zpracována podrobněji, než jsou realizační firmy zvyklé. Návrh propracovaný do detailu je nezbytný pro přesné zadání a sestavení rozpočtové ceny i pro kontrolu realizace. Stavební firma pak má předpoklady pro přesnou nabídku bez rizika dalšího navyšování ceny během stavby.

### Projektová dokumentace rekonstrukce by měla zahrnovat:

- návrh vhodné tepelné izolace s tepelnými vlastnostmi konstrukce dle doporučení pro pasivní domy,
- řešení konstrukčních detailů bez tepelných mostů (např. okna, atika, střecha atd.),
- návrh vzduchotěsné vrstvy s použitím těsnících materiálů,
- optimalizaci oken (typ zasklení, rám, letní zastínění atd.),
- návrh nuceného větrání (volba vhodného větracího systému, protihluková i protipožární ochrana, možnost regulace a revize),
- regulaci otopného systému a patřičné zateplení rozvodů (případně náhrada zdroje tepla),

- optimalizaci návrhu provést v návrhovém modelu pro pasivní domy PHPP, na kterém lze snadno prověřovat variantní řešení,
- výpočet potřeby energie dle národní normy a ekonomická kalkulace.

V případě jakýchkoliv pochybností o návrhu je možné přizvat externí organizaci nebo projektanty ke kontrole.

### Realizační fáze

Celková rekonstrukce vyžaduje nejen precizní návrh, ale také kvalitní práci, která nemůže být realizována „amatéry“, proto je dobré se ujistit, že všechny práce provádí kvalifikovaná firma s patřičnými zkušenostmi a zárukou kvality. Nejdůležitější je pečlivý výběr stavební firmy, která je schopna zajistit logistiku na staveništi, technický dozor, bezvadné provedení a kvalitní záruky (blower door test, teplotní snímky).

- Informujte se o referencích a zkušenostech stavební firmy.
- Porovnejte cenové nabídky firem.
- Důležitá je smlouva o dílo, nejlépe ověřená právníkem.
- Ve smlouvě požadujte dosažení požadovaných hodnot a záruku kvality.
- Záruky by měly být zahrnuty ve smlouvě, stejně jako penále a pokuty.

Pokud se vyskytnou pochybnosti o kvalitě stavební firmy, vždy je možné využít služeb stavebního inspektora nebo externího inženýra. Náklady s tím spojené se vyplatí, díky službám externí inspekce jsou ušetřené náklady mnohem vyšší.

Obvykle se většina prací musí vykonat za provozu bytů. Během provádění opatření, u kterých je potřebná spolupráce nájemníků, je potřeba je řádně informovat o průběhu, náročnosti prací a časovém rozvrhu, abychom zamezili potenciálním stížnostem a nepříjemnostem.

### Fáze užívání rekonstruovaných bytů

Po úspěšné rekonstrukci přichází fáze užívání. Abychom dosáhli požadovaných výsledků v úsporách energie, zcela zásadní je, jakým způsobem budou nájemníci byty užívat. Je obtížné změnit dlouholeté návyky. Nájemníci mají občas tendenci používat okna k větrání místnosti, i když je zapnutá jednotka vzduchotechniky, nebo se snaží snížit teplotu v místnosti otevřením oken, místo aby otočili ventilem u radiátorů.

Z těchto důvodů by projektanti nebo externí organizace měli vydat uživatelskou příručku s odpověďmi na nejčastěji kladené dotazy a osobně ji po ukončení rekonstrukce doručit nájemníkům.

Doporučuje se také provést úvodní zaškolení, buď hromadné, nebo individuální, k užívání systému. Nájemníci by měli mít možnost poradenství i později během užívání.

Hlavní uživatelské problémy, které snižují význam energeticky úsporných opatření:

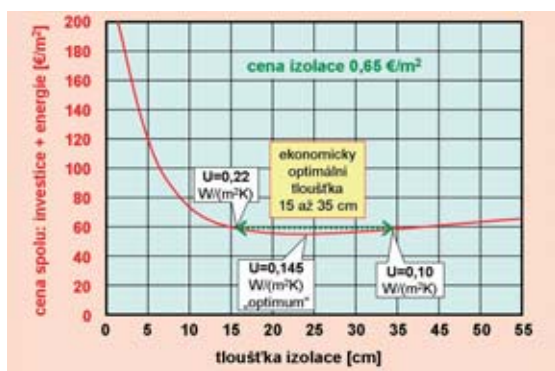
- Použití přirozeného větrání okny zvláště v zimě místo nuceného větrání s rekuperací tepla.
- Příliš velká výměna vzduchu (intenzita větrání) může způsobit velmi suchý vzduch v interiéru – nutné nastavení vhodného stupně v závislosti na počtu osob v bytě.
- Příliš vysoká vnitřní teplota – po rekonstrukci jsou povrchy stěn, oken, atd. teplejší, takže je možné pokojovou teplotu snížit při zachování stejné tepelné pohody.
- K termoregulaci nejsou používány ventily u radiátorů – termostatické ventily udržují nastavenou pokojovou teplotu.
- V letním období se řádně nevyužívá zastínění a okna jsou během dne často otevřená – to může vést k přehřívání interiéru a tepelné nepohodě; řešením je použití stínícího systému společně se zavřenými okny a nuceným větráním v letním režimu.

Tyto problémy se obvykle objevují během prvního roku po rekonstrukci. Pokud je to nezbytné, může se zajistit i dodatečný monitoring (např. otevírání oken, užívání vzduchotechniky, pokojové teploty atd.), stejně jako se doporučují i pozdější setkání s nájemníky ohledně správného užívání a dalších případných řešení. V některých případech je možné nainstalovat automatický měřič spotřeby, nicméně cena je ve srovnání s možnými úsporami nevýhodná.

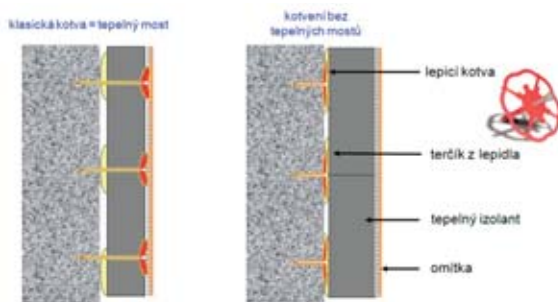
### HLAVNÍ OBECNÉ PRVKY KOMPLEXNÍ ZMĚNY STAVBY PANELOVÉHO DOMU

Hlavní energeticky úsporná opatření, která vedou k dosažení pasivního či nízkoenergetického standardu, jsou:

- vytvoření spojitě navazující izolační vrstvy obvodových stěn 180–250 (300) mm izolace,
- izolování podlah, základů, soklu, případně sklepa či nevytápěných prostor,
- eliminace tepelných mostů a vazeb, hlavně lodžii,
- izolování střechy 250–400 mm izolace,
- výměna oken s trojskly a kvalitními rámy,
- utěsnění obálky budovy, provedení testu neprůvzdušnosti,
- instalace nuceného větrání s rekuperací tepla,
- zateplení rozvodů teplé vody, renovace a regulace otopné soustavy,
- volitelně instalace obnovitelných zdrojů energie (solární kolektory, biomasa).



Obr. 1 Porovnání ceny izolace se započtením vstupních nákladů a spotřeby energie za životnost 25 let. Zde vychází ekonomicky optimální tloušťka izolace 24 cm.



Obr. 2 Porovnání zásadně nevyhovujícího způsobu kotvení s tepelnými mosty a pomocí lepicí kotvy a bez tepelného mostu.

Následující prvky a zásady se v určitých obměnách vyskytují u všech typů obnovovaných objektů, jedná-li se o panelové konstrukce nebo zděné domy z pálených cihel či porobetonových tvárnic. Kvalitní nepřerušovaná vrstva izolace, vyloučení tepelných mostů, správně osazená okna pro pasivní domy a precizně navržená i provedená vzduchotěsnicí vrstva tvoří základ kvalitní obálky budov rekonstruovaných v pasivním standardu. Nucené větrání s rekuperací tepla pak zabezpečí potřebnou výměnu vzduchu bez tepelných ztrát. Principy jsou stejné jako u novostaveb, jenom řešení některých detailů provedených v době výstavby již nemůžeme ovlivnit, „pouze“ dodatečně vylepšit.

### PRVNÍ V POŘADÍ JE VŽDY IZOLOVÁNÍ OBVODOVÝCH STĚN 180–250 (300) MM IZOLOACE, ELIMINACE TEPELNÝCH MOSTŮ A VAZEB

#### Tloušťka izolace

Potřebná tloušťka izolace je nepochopitelně pro většinu investorů i prováděcích firem, a dokonce i projektantů tématem vášnivých diskusí – o dva nebo tři centimetry víc, nebo méně. Ekonomicky optimální tloušťka izolace po započtení vstupních nákladů a množství spotřebované energie za životnost 25 let dle typu obvodových zdí u bytových domů je 16–35 cm. Z hlediska ceny za  $m^2$  to skutečně nemá význam. Smysl to má tam, kde dochází ke zmenšování prostoru, jako třeba u lodžii, ale k tomu právě slouží optimalizační model PHPP (*pro Českou republiku distribuuje a školí CPD*). Jako dosažitelné optimum lze počítat hodnotu součinitele prostupu tepla stěnou  $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Potřebná tloušťka venkovní izolace se liší od tepelného odporu stávající konstrukce. Některé konstrukce již obsahují ve své skladbě izolaci. Například panelové konstrukce z pozdějších období obsahují 40–60 mm EPS izolace, která však na spojích panelů chybí, a také se těžce zjišťuje kvalita použité izolace.

Na tloušťce izolace nemá význam šetřit. Navýšení tloušťky izolace neznámá lineární navýšení ceny. Jednotlivé vrstvy zateplovacího systému (lepidlo, armovací tkanina, tmel, omítka, barva) zůstávají stejné, zvyšuje se jen cena silnější izolace a případného ukotvení.

#### Problematika statiky a kotvení při použití nadstandardních tlouštěk izolací

Při úvahách o nadstandardních tloušťkách izolantu při zateplování budovy je často diskutována otázka statiky a způsobu kotvení. Ve výzkumném úkolu Ekowattu toto téma zpracovala autorka doc. Ing. Hana Gattermayerová, CSc. (2009). Ze zá-

věřů vyplývá, že tloušťka tepelné izolace do 30 cm nepřináší žádné zvláštní potíže při zateplování budov. Současný vývoj navíc přináší nové kotvicí prvky, které eliminují výskyt tepelných mostů. Zásadní novou informací je ale přechod na nové normy používané při výpočtech namáhání zateplovacích systémů sáním větru. Tyto normy zpříšňují požadavky na kotvení zateplovacích systémů, jak z hlediska počtu kotev, tak z hlediska oblastí konstrukce s uvažovaným vyšším namáháním. Praktickým dopadem těchto změn je nárůst měrných cen zateplovacích systémů u vyšších budov a u budov v oblastech s větší větrnou expozicí.

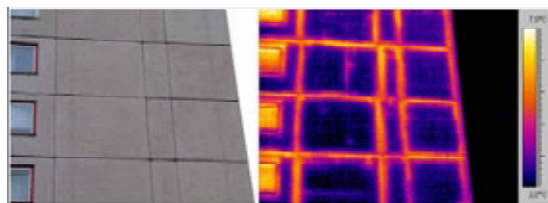
### Tepelné mosty

Úkolem projektanta pro dosažení kvalitního zateplení je dořešení všech detailů a navržení spojitě tepelně izolační obálky bez přerušení. Oslabení v tepelně izolační obálce, tzv. tepelné mosty, se mohou nezanedbatelnou měrou podílet na tepelných ztrátách objektu. Zejména vystupující prvky (balkony, atiky, kotvení prvků atd.) či napojení konstrukcí (okna, střechy, stropy, spoje panelů) jsou problematická místa, která je potřeba vyřešit. Důsledkem tepelných mostů jsou ochlazovaná místa zevnitř a naopak ohřátá místa venku (ostrá destruktivní teplotní rozhraní), kudy prochází o mnoho více tepla než izolovanou obálkou. Tepelné mosty lze identifikovat termovizní kamerou (viz obr. 3), kde jsou patrná oslabená místa, zvýrazněná teplejšími barvami.

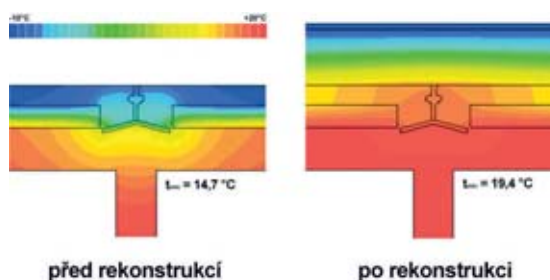
Dostatečná tloušťka izolace po celé obálce budovy má současně vliv na vnitřní povrchovou teplotu. Případný výskyt tepelných mostů způsobuje lokální snížení vnitřní povrchové teploty, jehož důsledkem je nejen únik energie, ale může jím být i kondenzace vodních par na chladných místech, následný růst plísní a poškození konstrukce. V takových případech pak o kvalitním vnitřním prostředí nelze mluvit. U kvalitně zateplených budov takové nebezpečí nehrozí. Navýšení komfortu – tepelné pohody bez nepříjemných teplotních rozdílů v místnostech a kvality vnitřního prostředí je jeden z hlavních atributů kvalitní modernizace.

### Detail řešení tepelného mostu na přechodu tepelné izolace stěn na terén a izolace suterénu

Průzkum realizovaných zateplení panelových domů ukázal, že v naprosté většině tepelná izolace končí v rovině vytápěného prostoru, a tak nemůže splnit požadavky spojitosti tepelné obálky. Na obrázku je vidět, jak je třeba všechna taková místa řešit. Tepelná izolace doplněná pod terén a zateplení stropu sklepa včetně přechodu na svislou stěnu



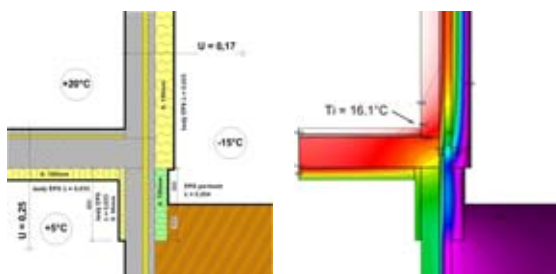
Obr. 3 Na snímku pořízeném termovizní kamerou jsou obvykle výrazné tepelné mosty (zdroj Solanova Consortium).



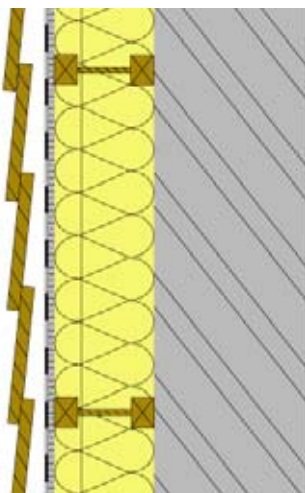
Obr. 4 Simulace konstrukčního detailu před zateplením (vlevo) a po zateplení (vpravo). Vyšší vnitřní povrchová teplota v zatepleném detailu eliminuje riziko poškození konstrukce a zajišťuje větší komfort (zdroj Solanova Consortium).



Obr. 5 Nejčastěji se používá kontaktní zateplovací systém s tlustou vrstvou EPS lepený. Pokud je třeba kotvit, tak zásadně zapuštěnou kotevní hmoždinkou ošetřenou zátkou.



Obr. 6-7 Detaily v řezu - SOKL NA STYKU S TERÉNEM PRO PD „IDEÁLNĚ s 250mm EPS“ a zobrazení průběhu teplotního spádu v detailu soklu při -15 °C venkovní teploty, kdy teplota nejchladnějšího místa ve spodním rohu místnosti neklesá pod 18 °C.



Obr. 8 Princip zavěšené fasády, řez a realizace. Do připraveného roštu, nejčastěji na bázi dřeva, je vkládána izolace, jako fasádní úprava pak může být volena omítka na nosiči (např. dřevovláknitá nebo heraklitová deska) či obkladový materiál s provětrávanou mezerou (zdroj CPD).

z vnitřní strany teprve tento tepelný most řeší. Zde prochlazovaná zóna nevzniká ani při -15 °C. Takto spočítané tepelné mosty je možné zadat do optimalizačního modelu PHPP.

## JAKÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM ZVOLIT?

### ETICS

Pod zkratkou ETICS (External Thermal Insulation Composite System) rozumíme zateplovací systém s omítkou, který je kontaktně upevněn ke stávající konstrukci, a vytváří tak jeden celek (obr. 5). U rekonstrukcí bytových a panelových domů se nejčastěji používá ETICS, zejména z důvodu nižší pracovní a ceny oproti jiným systémům. Tuhé izolační desky se lepí a dodatečně kotví. Nejčastějším typem izolantu je expandovaný polystyren (EPS), ať už běžný, nebo EPS s příměsí grafitu (tzv. šedý), který je jen o málo dražší, ale jeho tepelné izolační vlastnosti jsou lepší o 20 %. Izolace na bázi minerální vlny je druhý nejčastější druh izolace používané u kontaktních zateplovacích systémů, hlavně v místech, kde již není možné použít EPS z důvodu požární ochrany. Nevýhodou je cena, která je řádově o 50 % vyšší u použití minerální vlny. Obecným omezením ETICS je použití celé barevné škály, zejména přechodů tmavých a světlých barev, kde z důvodu různé tepelné roztažnosti může docházet k poruchám v omítkce. V případě nesoudržného povrchu u starších zvětralých fasád je potřebná úprava podkladu, například odstranění staré omítky a nanesení srovnávací vrstvy.

### Provětrávaná fasáda

Systém zavěšených fasád, ať už provětrávaných, nebo s omítkovým systémem, se volí zejména v případech, kde je záměrem použití vláknitých izolačních materiálů, např. fukaná celulóza, nebo z estetických důvodů je žádoucí úprava obkladovým materiálem (cementovláknitá, dřevěná a jiné desky nebo palubky, případně latě). To skýtá možnosti různobarevných úprav fasád nebo například integrace fotovoltaického systému do fasády objektu. Současně není potřebná úprava povrchu pro lepení izolace jako u ETICS. Zde je důležitá volba nosného roštu, aby nevznikaly tepelné mosty. Použití ocelových kotev procházejících celou vrstvou izolace je z důvodu vzniku masivních tepelných mostů nepřijatelné. Toto pravidlo obecně platí i pro ETICS. Pro vynesení fasádního obkladu se proto většinou používají prvky na bázi dřeva (např. l-nosníky nebo jejich obdoba), které eliminují vznik tepelných mostů (viz obr. 8).

## LODŽIE

Lodžie raději nezateplovat, ale zrušit v původní formě.

### Oddělené samonosné konstrukce balkonu – řešení bez tepelných mostů

Konstrukce stávajících balkonů a lodžii jsou zdrojem masivních tepelných mostů, které je nutno během rekonstrukce řešit (viz předchozí kapitolu). Nejúčinnější a také nejjednodušší je odbourání konstrukce lodžie, pokud je samostatně přisazená. Je na zvážení, zdali je to opravdu hodnota důležitá a je ochota do ní investovat. Pokud ano, pak jde o představení oddělené samonosné konstrukce, která bude jen minimálně lokálně připevněna k budově přes plastové kotevní přerušovače tepelného mostu. Za novými balkony bude provedena souvislá vrstva tepelné izolace stejné tloušťky.

### Jednostranně nebo oboustranně zapuštěná lodžie může být pohlčena obytným prostorem

Konstrukční systém panelových domů je příčný, a tak čelní okenní panely nejsou nosné, a tudíž je možné je vybourat a na obvodový plášť doplnit panel nový i s okenní výplní, solárními kolektory nebo obkladem podle výtvarného záměru. V poněkud stísněných podmínkách panelových domů tak může vzniknout větší obytný prostor jako významnější přidaná hodnota komplexní změny stavby.

To, že se takto zcela vyřeší téměř neřešitelný tepelný most původní vytrčené lodžie, snad ani není třeba dodávat, to dokládají detaily s přisazeným panelem, který už nemusí být z betonu, ale jde o panel s použitím „I“ nosníků moderní dřevostavby vyplněné celulózou, tedy celý z obnovitelných materiálů.

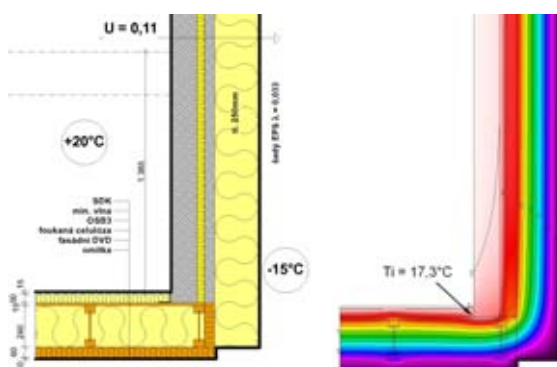
## IZOLACE STŘECH

Střechy se obvykle značnou měrou podílejí na tepelných ztrátách objektů. Na splnění normových požadavků  $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nám postačuje asi 20 cm izolace ( $\lambda = 0,035$ ). Doporučenou hodnotu  $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zabezpečí tloušťka asi 32 cm izolace. Pro pasivní domy jsou potřebné ještě lepší parametry nežli doporučené. Tloušťkou izolace 35–40 cm se dosahuje součinitele prostupu tepla  $U = 0,15$  až  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Ještě před návrhem konstrukčního řešení je třeba uskutečnit průzkum stávající střešní konstrukce a vypracovat posudek o způsobilosti nebo sanaci jednotlivých materiálů střešního pláště. Současně je zapotřebí posoudit statickou způsobilost celé střešní konstrukce. Dalším důležitým krokem je správný



Obr. 9 Oddělená konstrukce balkonů, ocelová s betonovými podlahami u dokončené změny stavby, řešení bez tepelných mostů (zdroj CPD).



Obr. 10-11 Detail půdorysného řezu lodžie, která zmizela v obytném prostoru, znamená zkompaktnění tvaru; teplota nejchladnějšího místa ve spodním rohu místnosti neklesá pod 18 °C.



Obr. 12 Příklad tepelné izolace atiky u konstrukce obrácené střechy (zdroj Treberspurg & Partner Architekten).

výběr tepelné izolace dle účelu střechy a typu konstrukce.

Ploché střechy bývají často místem vzniku poškození, protože vnější krytina (většinou asfaltové pásy nebo fóliové izolace) je vystavena velkým teplotním výkyvům, povětrnosti a UV záření. Funkce a životnost plochých střech závisí na více faktorech včetně umístění tepelné izolace v konstrukci.

- Konstrukce studené střechy – tepelná izolace je umístěna pod nosnou konstrukcí střechy. Konstrukce zůstává studená a vzniká značné riziko kondenzace, z tohoto důvodu se studené střechy nedoporučují a ve stávajících budovách se používají zřídka.

- Konstrukce dvouplášťové střechy – tepelná izolace je umístěna nad stropní deskou s odvětrávanou mezerou pod horním pláštěm, který má vodotěsnou vrstvu. Jako nejlepší řešení se doporučuje rozebrat horní plášť a upravit konstrukci na teplou střechu. Jinak by řešení bez tepelných mostů nebylo možné. Provětrávanou mezeru můžeme navýšit, položit tepelnou izolaci, když je horní plášť demontován, a zpětně ho nainstalovat. Je nutné dodržet provětrávanou mezeru, abychom zamezili vzniku kondenzace. Izolovat dvouplášťovou střechu z vrchní strany se nedoporučuje. Docházelo by ke značnému snížení tepelně izolačních vlastností střechy a provětrávaná mezeru by způsobovala závažné ochlazování stropu. Vhodnější je pak změna konstrukce na jednoplášťovou.

- Teplá střecha – tepelná izolace umístěná nad nosnou stropní konstrukcí a zároveň pod vodotěsnou vrstvou zmenšuje riziko kondenzace, ale protože vodotěsná vrstva je tepelně izolována od zbytku střešní konstrukce, je vystavena velkým změnám teplot, což má za následek zvýšené riziko degradace materiálu.

- Obrácená (pochůzná) střecha – u jednoplášťových střech se s oblibou využívá systém tzv. obrácené střechy. Překonává klasický problém „teplé střechy“ tím, že se tepelná izolace umístí nad vodotěsnou vrstvu, kde udržuje stálou teplotu blízkou interiérové teplotě objektu a chrání vodotěsnou vrstvu před škodlivými vlivy UV záření a před mechanickým poškozením. Jako krytina se používá buď dlažba kladená na sucho, kačírek, nebo zelená střecha. Vodotěsná vrstva se chová jako parozábrana a umístěním na teplé straně izolace setrvává nad teplotou rosného bodu, takže riziko kondenzace je vyloučené. Koncept obrácené střechy má i další výhody, např. provedení je možné za každého počasí: doplněním stávající střechy bez nutnosti odstranění vodotěsné vrstvy nebo jednoduše zvednutím a nahrazením, pokud se budova přestavuje. U střechy s obráceným pořadím vrstev lze jako tepelnou izolaci používat

jen kvalitní únosné a nenasákavé materiály, např. z extrudovaného polystyrenu (XPS), polyuretanové pěny nebo pěnového skla či polystyrenové pěny, kde hydroizolace je překryta nenasákavou vrstvou izolace. Levnější variantou může být umístění vodotěsné vrstvy mezi tepelně izolační vrstvy, kde jen horní vrstva 4 až 10 cm je nenasákavá.

Je možné použít i lehké izolace, jako foukaná celulóza nebo minerální vlna a jiné, samozřejmě v dřevěném roštu z I-nosníků nebo jiných nosných prvků na bázi dřeva. Hydroizolace je umístěna až na záklopu z konstrukčních desek a další provozní vrstva, případně substrát s následným ozeleněním, přichází až na ni. Atiku je kvůli značnému tepelnému mostu nutné zaizolovat po celém obvodu, podobně jako střechu nebo obvodovou stěnu. Alternativně se lze při rekonstrukci vyhnout řešení zateplení atiky vytvořením konstrukce pultové střechy.

Izolování sedlové střechy závisí na konstrukci krovu, kde tepelnou izolaci můžeme vložit mezi krokve, další izolaci umístíme pod nebo na krokve. Varianta umístění tepelné izolace pod krokve je vhodnější v případě, že střešní krytina byla položena nedávno.

U rekonstrukce střechy je nutno vzít v úvahu možnost střešní nástavby s byty na prodej. Tento způsob spolufinancování je úspěšně používán v místech, kde cena stavebních pozemků je velmi vysoká.

#### TEST TĚSNOSTI – KONTROLA KVALITY PROVEDENÍ

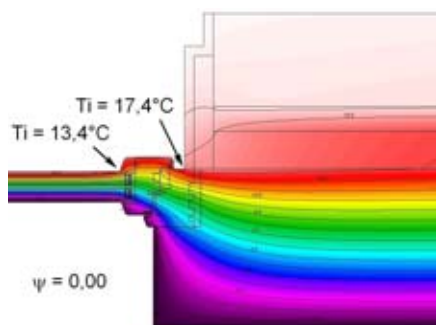
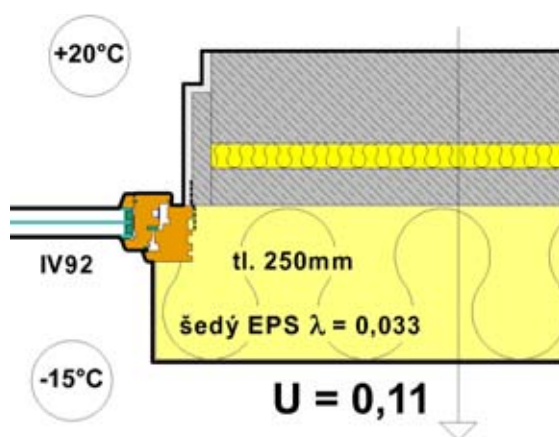
Pokud stavba není vybavena řízeným větráním, měla by být netěsná s dosažením hodnot  $n_{50}$  pod  $3,0 \text{ h}^{-1}$ . Netěsnostmi zde pak uniká obrovské množství tepla, ale optimálního větrání zde stejně nelze docílit s proměnlivostí počasí. Panelové domy, hlavně po výměně oken, nejsou dost děravé, aby vyhovely tomuto požadavku, ani dost těsné pro řízené větrání se zpětným ziskem tepla. To vyžaduje stavbu dotěsnit na maximum. Netěsnosti mají i další efekt – ochlazená místa, která vznikají, způsobují, že v místech netěsností v zimním mrazivém období kondenzuje vlhkost, která se podílí na degradaci pláště budovy. V opačném případě nebude vzduch procházet rekuperačním výměníkem, ale částečně se bude měnit netěsnostmi. Proto je i u rekonstrukcí požadována kontrola neprůvzdušnosti s dosažením hodnot  $n_{50}$  pod  $1,0 \text{ h}^{-1}$ , ideálně pod hodnotu požadovanou pro pasivní standard, tedy  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . Tuto kontrolu zajišťuje tlakové měření zvané blower door test.

Vzduchotěsnou vrstvu v ploše většinou tvoří vnitřní omítka nebo samotný konstrukční materiál



Obr. 13-14 Kotvení oken probíhá stejným způsobem jako u pasivních novostaveb. Okna jsou v ideálním případě předsazena až do vrstvy izolace kvůli eliminaci tepelných mostů. Důležité je také neprůvzdušné napojení rámu okna na konstrukci pomocí speciálních pásek nebo lišt (zdroj CPD, Solanova Consortium).





Obr. 15-16 Okenní rám ponořený v tepelné izolaci znamená, že do výpočtového modelu PHPP je jako hodnotu „psi“ možné zadat 0.



Obr. 17 Letní pohoda je u bytových domů velmi důležitá, proto se používají různé systémy stínění. Zabudované žaluzie mezi zasklením představují účinné zastínění i ochranu proti větru (zdroj Internorm).

(např. beton). Plošně tedy není problém zajistit neprůvzdušnost. Napojení konstrukcí (stropy, okna, střecha, spoje panelů atd.) jsou hlavní místa, která je potřeba precizně utěsnit.

#### Jak postupovat pro zajištění neprůvzdušnosti:

- zjištění stávajícího stavu/lokalizace míst netěsností,
- detailní návrh řešení netěsností,
- volba těsnících materiálů (pásky, fólie, desky atd.),
- precizní provedení utěsnění stavby,
- kontrola testem neprůvzdušnosti.

Jelikož se jedná o vícepatrové budovy, mnohdy vyšší než pět pater, jsou konstrukce více exponovány větru než běžné rodinné domy. Zajištění neprůvzdušnosti je proto potřeba věnovat patřičnou pozornost, netěsnosti bývají nejvíce u vchodových dveří a v šachtách bytových jader.

#### OBNOVA OKENNÍCH VÝPLNÍ

Právě okna jsou častým zdrojem velkých ztrát u starších objektů. Nejen přes nekvalitní zasklení, ale zejména netěsnostmi v místech ostění nám teplo doslova utíká ven. Nízké povrchové teploty na rámu či okraji zasklení mají často za následek orosení, následně stékání kondenzátu po rámu okna a poškození konstrukce rámu. Dalším aspektem je tepelná pohoda, která je z důvodu netěsnících oken také nízká, takže nutnost použití vysoce kvalitních oken je zcela zásadní.

Při rekonstrukcích se při výběru oken i jejich osazování používá stejných zásad jako při pasivních novostavbách. Okna s izolačními trojskly a součinitelem prostupu celého okna  $U_w \leq 0,8$  W/(m<sup>2</sup>.K) nám zabezpečí dostatečnou tepelnou ochranu. Tepelným mostům v místě napojení rámu na nosnou konstrukci se lze vyhnout přesazením okna do vrstvy izolace s následným přeizolováním části rámu. V nejhorším případě by měla být okna osazena do líce nosné konstrukce. Je velmi důležité navrhnut izolaci vnějšího okenního ostění a rámu v největší možné tloušťce. Taktéž je nutné provést precizní vzduchotěsné napojení rámu pomocí speciálních pásek nebo lišt (viz obr. 13–14).

Častým jevem po „běžné“, a hlavně nedostatečné rekonstrukci a výměně oken bývá růst plísní na vnitřním ostění oken. Jedná se o sdružený problém vzniku tepelných mostů a nedostatečného větrání. Nesprávným osazením oken v rovině nosné konstrukce a nedostatečným zaizolováním ostění okna dochází ke snížení povrchové teploty na vnitřním ostění. Nedostatečným větráním u nových

těsných oken se zvyšuje vnitřní vlhkost vzduchu a dochází ke kondenzaci na chladných místech. U komplexní modernizace jsou vytvořeny takové podmínky, vyhovující z hlediska stavební fyziky, že takové jevy nastat nemohou. Správně osazená pasivní okna mají na vnitřní straně vyšší povrchovou teplotu a řízené větrání zabezpečuje potřebnou výměnu vzduchu i odvádění vnitřní vlhkosti z prostředí bytu.

#### **Vliv změn zateplení na osvětlení?**

Modelové výpočty (v rámci výzkumu Ekowattu) prokázaly, že se vzrůstající tloušťkou zateplovacího systému dochází ke snížení úrovně denního osvětlení. Snížení vlivem zateplovacího systému je asi 7–20 % v případě bez okolního stínění a 7–26 % v případě uvažování protilehlé stínící zástavby. Vyhovující stav denního osvětlení na zkoumaných objektech zachován.

Závěrem posouzení vlivu tloušťky zateplení na úroveň denního osvětlení místností je možné konstatovat, že sice dochází k procentuálnímu zhoršení, ale vyhovující stav denního osvětlení místnosti zůstane i při velmi nepříznivém vnějším stínění zachován.

Pokud dojde k posunutí oken do roviny izolace, budou světelné podmínky ještě mnohem příznivější.

#### **Detail optimálního osazení okna do roviny tepelné izolace**

##### **Jaká okna zvolit – plast, nebo dřevo?**

Volba materiálu oken je většinou otázka financí, životnosti a nutnosti údržby. Všechny tři požadavky ve většině případů splňují nejlépe plastová okna. Důležitá je kvalita rámu, kde U hodnota rámu by neměla přesáhnout hodnotu 1,1 W/(m<sup>2</sup>K) nebo 0,9 W/(m<sup>2</sup>K) a rámy okna by měly umožnit přezisolování ostění rámu co největší tloušťkou izolace i v místě parapetu. Z hlediska jednoduchosti údržby a životnosti jsou na tom nejlépe hliníková a plastová okna. Hliníková okna však nesplňují požadavky na tepelnou ochranu a případné spojení dřevěných oken s vnější hliníkovou ochranou je zase finančně nákladnější.

Důležitým prvkem při modernizaci je zabezpečení letního komfortu neboli ochrany proti letnímu přehřívání. Z dotazníků vyplývá, že obyvatelé panelových domů jsou více nespokojeni s příliš vysokými vnitřními teplotami v létě nežli se zimním obdobím. To je nutné brát při modernizaci v úvahu a instalovat kvalitní protisluneční ochranu, ať už integrovanou do konstrukce oken, nebo případně i vnitřní žaluzie.

#### **ŘEŠENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ – OSAZENÍ ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ VČETNĚ RŮZNÝCH TYPŮ TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ VZDUCHOTECHNIKY**

Před rekonstrukcí se panelové budovy potýkají s velkým snížením relativní vlhkosti vzduchu v zimním období, daleko za hranicemi a doporučením norem. Kvůli netěsné obálce, a tím pádem nadměrnému větrání relativní vlhkost vzduchu před rekonstrukcí klesala v některých dnech až pod hodnoty 15 %. To je z hygienického hlediska naprosto nevyhovující. Rekonstruované panelové domy mají opačný problém. Těsná obálka a nedostatečná intenzita větrání mají za následek zvyšování relativní vlhkosti vzduchu nad 60 %. Takové prostředí je ideální pro vznik plísní, rozmnožování roztočů a s tím spojených nemocí, např. alergie, astma apod. Nejúčinnější ochranou je kontinuální větrání o optimální intenzitě, které podle zkušenosti uživatelé v zimním období nejsou schopni dodržet.

Nucené větrání tyto požadavky bez obtíží splňuje. Čerstvý vzduch je přiváděn v požadovaném množství do obytných místností a odpadní vzduch je odváděn z kuchyně, koupelny či WC. Současně eliminuje ztráty větráním až o 80 % pomocí vysoce efektivního zpětného zisku tepla (rekuperace). Ve skutečnosti to znamená, že přiváděný vzduch do bytu je přehřátý odváděným teplým vzduchem, který má teplotu blízkou teplotě interiéru. Větrací jednotky bez rekuperace nebo větrací systémy, které pouze přivádějí čerstvý vzduch či odvádějí odpadní vzduch, jsou z hlediska energetického, hygienického či hlediska komfortu nevyhovující a jejich použití se nedoporučuje.

##### **Nucené větrání a uživatelé**

I přes výše uvedené jednoznačné důvody a výhody je větrání prvkem, který se u komplexních renovací nejvíce setkává s problémy. Jedním z důvodů je to, že se jedná o relativně novou technologii, kterou lidé neznají a často ji zaměňují s klimatizací. Uživatelé se také obávají hlučnosti, průvanu či složité ovladatelnosti. Špatné příklady prvních instalací v době, kdy ještě nebyl dostatek zkušeností a kvalitních větracích jednotek, také bohužel přispívají k nedůvěře uživatelů. Vysoká spokojenost uživatelů ve zdařilých příkladech však jasně ukazuje, že tato technologie má význam. Následující kroky mohou přispět k lepšímu přijetí technologie uživateli:

- vytvořit ukázkovou místnost s nainstalovaným běžícím systémem (nejlépe v rekonstruovaném objektu), kde je možné si jej prohlédnout, vyzkoušet regulaci,
- poskytnout uživatelům informační letáky s odpověďmi na nejčastější dotazy,

- při návrhu systému dbát na jednoduchost regulace, minimalizace počtu režimů (např. vypnuto, minimum, standard, party, léto), přehlednost ovladače,
- k nainstalovanému systému přiložit manuál pro uživatele, případně i pořádat následné setkání a rozhovory.

### Umístění jednotky

U starších objektů se samozřejmě s umístěním větrací jednotky a rozvodů v době výstavby nepočítalo. Samostatné technické místnosti často nejsou k dispozici, a proto se k instalaci větracích jednotek využívají jiné nevyužití prostory – podhledy stropů, skříně, stoupačky, půdy nebo sklepy. Volba způsobu větrání a vytápění by se měla odvíjet od stavu rozvodů otopné soustavy, které lze často po malé úpravě použít. Proto se nejčastěji volí samostatné větrání s rekuperací tepla spolu s klasickou otopnou soustavou. Teplovzdušné vytápění se používá jen u rekonstrukcí, výjimečně i proto, že uživatelé jsou víc zvyklí používat radiátory a už samotné větrání je často problematické prosadit.

Vzhledem k omezeným prostorům u rekonstrukcí se nejčastěji používá podstropní vedení rozvodů. Rozvody s kruhovým průřezem jsou obvykle zakryty podhledem. Viditelná je pouze výústka přivádějící vzduch nad dveřmi. Nejčastěji kvůli estetickému začlenění rozvodů do interiéru lze zvolit obdélníkový průřez, který je možné omítat nebo obložit. V některých případech lze použít i přiznané kruhové rozvody.

Dle umístění větrací jednotky rozlišujeme tři základní možnosti/koncepce větrání:

- centrální koncepce – jedna větrací jednotka pro celý objekt nebo úsek budovy,
- semicentrální koncepce – jedna větrací jednotka pro celý objekt s regulací na úrovni bytů,
- decentrální koncepce – samostatné větrací jednotky pro jednotlivé byty.

Použití centrální, semicentrální anebo decentrální koncepce větrání závisí na typu objektu a jeho vnitřního uspořádání. Následující přehled systémů větrání slouží zejména k orientaci a pro porovnání výhod či nevýhod. Samotnou volbu systému je nutné ponechat na odbornících se zkušenostmi s návrhem větracích systémů pro pasivní domy. Před výběrem systému by mělo být vypracováno více variant řešení i s ekonomickým porovnáním, co se týče vstupních nákladů, provozních a dalších faktorů (instalace, čištění, regulace atd.). Až na základě důsledného zvážení výhod a nevýhod by mělo dojít k výběru konkrétního systému.

### Centrální koncepce větrání

Centrální řešení (obr. 21) obsahuje jednu větrací jednotku s rekuperací pro celý objekt (nebo ucelenou část) umístěnou centrálně na střeše nebo ve sklepech objektu. Rozvody větracího vzduchu větších rozměrů pak distribuují přiváděný i odváděný vzduch mezi patry objektu, odkud jsou vedeny do bytů. Toto řešení se u rekonstrukcí volí méně často, kvůli prostorovým omezením a horší regulovatelnosti.

Výhody / nevýhody:

- + společná údržba (výměny filtrů atd.),
- + možnost společného dohřevu vzduchu,
- + jednodušší řešení prostupů přes fasádu nasávání a výfuku,
- + nižší vstupní náklady celého systému,
- potřeba samostatného prostoru pro větrací jednotku,
- větší prostorové nároky na rozvody (větší průměry),
- horší regulovatelnost v jednotlivých bytech,
- problematická požární ochrana a ochrana proti přenosu hluku.

### Decentrální koncepce větrání

Decentrální koncepce větrání (obr. 21) uvažuje s odvětráním jednotlivých bytů samostatnými menšími větracími jednotkami. Výhodou je vynikající regulovatelnost a jednoduchost vedení s minimálním počtem a délkou rozvodů. Jednotky jsou umístěny většinou ve snížených podhledech komunikačních prostorů nebo v koupelnách s přístupem pro údržbu (revize, výměna filtrů). Přívod i odvod vzduchu jsou pro každý byt samostatné (fasádní otvory), nebo mohou být sdružené pro byty umístěné nad sebou.

Výhody/nevýhody:

- + jednodušší instalace/malý počet rozvodů,
- + vynikající regulace dle individuálních potřeb,
- + malé prostorové nároky na jednotku i rozvody,
- + dobrá požární a protihluková ochrana,
- horší čistitelnost a revize závislé na nájemnících,
- horší identifikace v případě nefunkčnosti,
- nutnost řešení prostupů přes fasádu,
- nemožnost společného dohřevu vzduchu.

### Semicentrální koncepce větrání

Vychází z kombinace obou výše uvedených způsobů větrání a snaží se využívat jejich výhod. Využívá se zejména u vícepodlažních objektů, kde je centrální řešení kvůli délce rozvodů, složitě regulovatelnosti a rozdílům větraného vzduchu prakticky nerealizovatelné. Decentrální řešení může být zase příliš nákladné. Optimálním kompromisem je použití centrálního rekuperačního výměníku, který využívají všechny decentrální větrací jednotky zapojené v systému. Předehřev a rekuperace jsou tedy realizovány centrálně. Často se využívají i centrální

ventilátory pro přívod a odtah, které vyrovnávají tlakovou nerovnováhu systému. Decentrální jednotky použité pro jednotlivé části jsou pak vybaveny jen ventilátory a případným dohřevem vzduchu, jedná-li se o teplovzdušné vytápění. U bytových jednotek, kde je současně potřeba ohřevu teplé vody, může být efektivní spojení větracích jednotek s malým tepelným čerpadlem o výkonu 1,5–2,0 kWh/(m<sup>2</sup>.a), využívajícím odpadní vzduch a předehřev pomocí zemního výměníku. Teplo je ukládáno do malého zásobníku (asi 200 l). Výsledkem semicentrálního konceptu větrání jsou pak odůvodnitelné náklady, které jsou nižší než při centrální nebo decenterální koncepci. Zjednodušen je odečet spotřeby tepla a elektřiny, kde každá bytová jednotka má vlastní spotřebu energie i topný registr. V neposlední řadě také údržba celého systému, výměna filtrů a případné opravy jsou výrazně snadnější.

### Shrnutí

Následující tabulka srovnává typy ventilačních systémů z různých hledisek.

### SYSTÉM VYTÁPĚNÍ

Stávající otopná soustava se většinou potýká s více problémy. Největší z nich jsou regulovatelnost a ztráty v distribučním systému. Po energeticky úsporných krocích logicky dochází k významnému snížení tepelných ztrát objektu. Zůstane-li otopná soustava beze změn, úspory tepla nebudou ani zdaleka dosahovat předpokládaných čísel. Regulace otopných těles je ve většině případů také ve špatném technickém stavu – regulační ventily mnohdy nefungují, a proto je mají uživatelé plně otevřené a v případě příliš vysokých teplot se reguluje teplota v místnosti jednoduše otevřením oken.

Nejčastější úpravy otopného systému, které zabezpečí dosažení potřebných úspor po snížení tepelných ztrát objektu modernizací:

- přeregulování otopného systému na nižší teplotní spád, což má za následek výrazné snížení tepelných ztrát při distribuci,
- použití termostatických ventilů na radiátorech, které automaticky regulují odběr dle nastavené teploty,
- izolace rozvodů tepla a teplé užitkové vody až dvojnásobkem průměru potrubí.

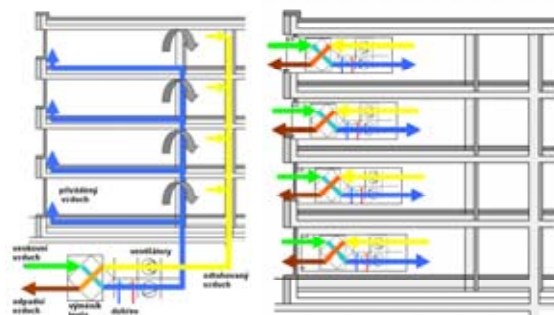
Izolace rozvodů se mnohdy zanedbává a používá se minimální tloušťka izolace. Studie ukazují, že se vyplatí izolovat potrubí až dvojnásobnou tloušťkou izolace, než je průměr potrubí. Pravidlo „Když už, tak už!“ platí i zde. Buduje-li se technicky poměrně náročné izolování rozvodů, je potřeba to provést pořádně a v dostatečné míře.



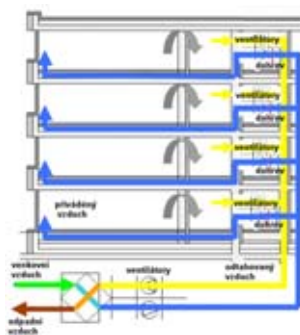
Obr. 18 Viditelné jsou jen výstky nade dveřmi přivádějící vzduch (zdroj CPD).



Obr. 19-20 Efektivní větrání prostor lze zabezpečit i decenterálními jednotkami. Umístění jednotky (vlevo) je zde řešeno jednoduchým způsobem do podhledu v prostoru chodby s malými nároky na prostor, s minimálním počtem a délkou rozvodů. Vpravo umístění jednotky v koupelně (zdroj Solanova Consortium, CPD).



Obr. 21 Centrální (vlevo) a decentrální (vpravo) koncepce větrání (zdroj [www.energiesparschule.de](http://www.energiesparschule.de), Haus der Zukunft).



Obr. 22 Semicentrální koncepce větrání může být optimální pro vícepodlažní objekty (zdroj [www.energiesparschule.de](http://www.energiesparschule.de), Haus der Zukunft).

## VYUŽÍVÁNÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Na velká úsporná opatření často navazuje i výměna zdroje tepla za efektivnější, případně využívající obnovitelné zdroje energie. Při přechodu z dálkového zdroje tepla na lokální u větších objektů stojí za zhodnocení kombinovaná výroba tepla a elektřiny – kogenerace nebo vytápění biomasou. Další úspory provozních nákladů může přinést i využívání solární energie v podobě solárních kolektorů na ohřev teplé užitkové vody nebo fotovoltaických panelů, které mohou být instalovány na střeše či fasádě domu.

## EKONOMIKA KOMPLEXNÍCH MODERNIZACÍ

*Pasivní dům a změna stavby na pasivní dům jsou nejlepší opatření pro pokojný dýchod!*

*Andrea Sonderegger*

Celková cena energeticky úsporných opatření je samozřejmě bodem největšího zájmu investora a může být v konečném důsledku i bodem, kde všechno začíná či končí. Přiměřená cena za rekonstrukci je tématem nejvíce projednávaným všemi účastníky projektu a analýza návratnosti slouží k odůvodnění volby – kvalitní energeticky úsporná opatření, nebo běžná nedostačující renovace. Dosud prováděné běžné analýzy jsou často zkreslené, s velmi rozdílnými výsledky. V současnosti zavedená metoda provádění těchto analýz zahrnuje několik

### Typy ventilačních systémů

	Centrální systém	Semicentrální systém	Decentrální systém
Prostorové požadavky – umístění jednotky			
Prostorové požadavky – rozvody vzduchu (průměr, délka)			
Instalační proces			
Instalace otvorů pro čerstvý a odpadní vzduch			
Úprava vzduchu (ohřev, chlazení, vlhkost atd.)			
Regulace a individuální kontrola			
Požární bezpečnost			
Ochrana proti vzduchu			
Údržba (výměna filtrů, revize, čištění)			
Rozpoznání poruchy			
Vstupní náklady			
Provozní náklady (spotřeba, údržba)			
Spravování spotřeby energie (odečet spotřeby atd.)			

- Optimální řešení
- Průměrné řešení
- Nejhorší řešení

zkreslení v relaci náklady a z nich plynoucí výhody, a proto podporuje (ne nutně úmyslně) nedostačující úroveň rekonstrukcí.

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, výsledek těchto mechanicky prováděných analýz znamená, že *ekonomicky nejvýhodnější řešení změny stavby panelového domu doporučují úpravy, které ve výsledku nejsou vhodné k trvalému pobytu osob v obyvatelstvech.*

Takové informace pak nakonec zavádějí investory na scesti a brání skutečně účinným krokům vedoucím k udržitelné výstavbě. Pokud je například metoda výpočtu návratnosti použita u rekonstrukcí, raději se zvolí levnější opatření s kratší návratností, ale zároveň s menšími úsporami a kratší životností. Výpočtové metody analýz, bez pesimistických či optimistických zkreslení, jsou zcela zásadní pro kvalitní rekonstrukci přinášející dlouhodobý užitek, ale hlavně hygienicky nezávadné prostředí. Je jasné, že v ekonomických pojmech je hodnota zdraví velmi neuchopitelná veličina.

Zkreslení, která mohou ovlivnit analýzu návratnosti a jejich řešení, jsou následující:

- Statická analýza, která nepočítá s úrokovou sazbou. Rekonstrukce jsou většinou zatíženy hypotékou nebo půjčkou, a proto je nezbytné uvažovat i úrokovou míru.
- Exponenciální navýšení cen za energii. Kupříkladu roční nárůst cen energie nebo primární energie je 5 %. Za 40 let bude cena osmkrát vyšší, což může navýšit úspory, ale pravděpodobně k tomu reálně nikdy nedojde, dokud nebude fungovat trh s energií.
- Statická analýza dává spíše přednost kratší době životnosti rekonstrukce a menším úsporám energie, aby doba návratnosti byla co nejkratší.
- Příliš vysoká úroková sazba bez ohledu na míru roční inflace. Je nezbytné počítat se skutečnými úroky za hypotéku a skutečnými úrokovými sazbami.
- Náklady na opravu funkčních poruch domu by měly být vyjmuty z peněz za rekonstrukci – tyto finance by stejně bylo nutné vynaložit.

Efektivnost vložených financí by měla být snadno porovnatelná investorem, proto se u rekonstrukcí používá přepočítání investice za uspořené kilowatthodiny energie za dobu životnosti opatření (např. doba životnosti tepelné izolace z polystyrenu je 25 let). Vypočteme ji jako podíl investice vložené do opatření a množství uspořené energie za předpokládanou dobu životnosti opatření. To nám dává jednoduchou kontrolou ekonomie. Porovnáním ceny uspořené kilowatthodiny s různými scénáři vývoje cen energií, a případně i započtením inflač-

ního vývoje, lze pak vypočítat dobu návratnosti.

Počítá se následovně (Hermelink 2009):

- Vstupní náklady se znovu rozpočítají na rovnoměrné roční platby za energii v závislosti na době životnosti úsporných opatření. To se vypočítá znásobením vstupní investice patřičným faktorem anuity, který je založen na reálné životnosti úsporného opatření a úrokové míře.
- Nakonec jsou roční splátky rozděleny na roční úspory energie. Nyní se mohou „náklady za uspořené kWh energie“ porovnat se současnými nebo předpokládanými budoucími cenami energie a z toho vidíme, zda se tato investice do energie vyplatí.

Cena ušetřené kilowatthodiny je pojem, který se zavádí v případě rekonstrukcí nebo dílčích úsporných opatření. Následující graf ukazuje cenu za ušetřené kWh u jednotlivých úsporných opatření dle PHI.

Je nepřijatelné, aby analýzy návratnosti počítaly s důležitými vlastnostmi kvalitní rekonstrukce nesprávně. Prospěch vyplývající z úsporných opatření může být brán jako výhoda nebo přidaná hodnota, kterou rozhodně nelze zanedbat:

- zvýšení hodnoty nemovitosti v důsledku navýšení standardu bydlení po kvalitní komplexní regeneraci,
- výrazná nezávislost na dodávkách a cenách energie,
- prodloužení morální životnosti konstrukčních prvků, které budou déle aktuální dle technických požadavků,
- lepší kvalita vnitřního prostředí – tepelná pohoda a kvalitní vnitřní vzduch, a proto i zdravější podmínky pro život v těchto budovách,
- zmenšení rizika – snížení rizika chudoby v případě růstu cen energií,
- vliv na životní prostředí – ochrana klimatu.

Tyto argumenty činí z rekonstrukce zajímavou investici do budoucna: dům s velmi nízkou spotřebou energie může skutečně být nejlepší pojistkou na důchod.

Kvalitní a úspěšné příklady realizovaných rekonstrukcí jsou zejména u bytové výstavby velmi důležité a značně ulehčují další opakování. Jeden nepovedený příklad může pokazit reputaci na delší dobu, špatné zkušenosti se bohužel těžko vymazávají z paměti. V uvedených příkladech je také popsán způsob, jakým probíhala komunikace s uživateli (nájemníky nebo vlastníky) bytů. Takové zapojení, integrování uživatelů do procesu navrhování, v minulosti zanedbávané, je nezbytné pro úspěšné komplexní renovace a spokojené uživatele! Jde o příklady zvládnuté technicky, i když

po stránce výtvarného návrhu jsou v předchozí kapitole lepší. Těm zase ale chybí technická a hygienická úroveň 21. století a tento ztáv vymezuje úkol na příští léta. Technicky i výtvarně opustit úroveň 19. století a začít oběma nohama v současnosti, aby na panelových domech oko rádo spočinulo i se v nich ráno příjemně odpočatě probouzelo, bez přiotrávení z nedostatku kyslíku.

## ZÁVĚR

Ze všech uvedených okolností vyplývá, že pokud by se podařilo komplexní změnu stavby panelového domu spojit i s prokomunikovaným krásným architektonickým návrhem, *jak tomu zatím v naprosté většině případů není*, i vhodně transformovaným prostředím sídlišť, *kteřé zatím i v úvahách obcí a měst také chybí*, využil by se velký potenciál přeměny sídlišť na příjemné, zdravé, vyhledávané a ceněné bydlení. To už by mohlo znamenat, že sídliště panelových domů nejsou noclehárny, ale místo umožňující realizaci DOMOVA.

## LITERATURA

- 1 DRÁPALOVÁ, J.: Regenerace panelových domů – Krok za krokem, ERA, Brno, 2006.
- 2 FEIST, W.: Protokollband Nr. 24, Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2003.
- 3 FEIST, W.: Protokollband Nr. 29, Hochwärmege-dämmte Dachkonstruktionen, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2005.
- 4 Kolektiv autorů: Sborník z mezinárodní konference Pasivní domy 2005–2007, Centrum pasivního domu, Brno.
- 5 Kolektiv autorů: Tagungband – Internationale Passivhaus Tagung 2000–2007, Conference proceedings – International Conference on Passive Houses 2000–2007, Passivhaus Institut, Darmstadt.
- 6 [www.solanova.org](http://www.solanova.org)
- 7 [www.zukunft-haus.info](http://www.zukunft-haus.info)
- 8 [www.energieinstitut.at/Retrofit/](http://www.energieinstitut.at/Retrofit/)
- 9 HERMELINK, A.: Report “Economics of retrofit”, available on [http://www.eceee.org/buildings/Report\\_EconomicsOfRetrofit\\_final.pdf](http://www.eceee.org/buildings/Report_EconomicsOfRetrofit_final.pdf)
- 10 HAZUCHA, J.: Regenerace bytových domů
- 11 MACHOLDA, F. a kol. Komplexní rekonstrukce panelových domů v nízkoenergetickém standardu, VAV-SP-3G5-221-07, *Průběžná zpráva – prosinec 2009*.

## PŘÍKLAD 1

### SOLANOVA, DUNAÚJVÁROS, MAĎARSKO

82–90% úspora energie

Cílem byl pilotní a opakovatelný projekt komplexní renovace panelových domů s faktorem 10, tedy méně než 10% potřebou energie na vytápění po renovaci. Po první topné sezoně byly úspory energie na vytápění 82 %, po druhé sezoně až 92 %. Původní celková roční spotřeba energie na vytápění 213 kWh/(m<sup>2</sup>.a) se snížila na 40 kWh/(m<sup>2</sup>.a) a po druhé sezoně na 20 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Podíl obnovitelných zdrojů ze solární energie činí až 20 % celkové spotřeby tepla na vytápění a ohřev TUV.

V rámci projektu evropské komise „ECO – BUILDING“, zaměřeného na renovace stávajících panelových domů ve východní Evropě. Je to první ukázkový příklad implementace trvalo udržitelného přístupu. Snahou projektu je symbióza tří strategií:

- návrh reflektující požadavky uživatelů,
- optimalizované energetické vlastnosti budovy,
- optimalizován podíl využívání solární energie.

Výsledkem je skvělý příklad komplexní renovace na nízkoenergetický standard blízký pasivnímu za přijatelné náklady, které u podobných opakujících se renovací mohou klesnout o dalších 10–15 %. Spokojenost uživatelů s teplotou i se samotným bytem se radikálně zvýšila, to zejména kvůli integrovanému přístupu, kdy návrhu předcházely průzkum mínění uživatelů.

Autoři projektu: University of Kassel, Center for Environmental Systems, Research (WZ III), Budapest University of Technology and Economics, Energy Centre Hungary, Passive House Institute

Rok výstavby: 1975

Rok renovace: 2003–2005

#### Koncept renovace Solanova – klíčové body

- Izolace fasády, sklepa, atiky a střechy
- Vysoce efektivní izolační trojskla s integrovanými žaluziemi
- Použití vysoce efektivního nuceného větrání s rekuperací tepla v každé bytové jednotce
- 20 % celkové spotřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody pokryto solární energií
- Vytvoření společných prostor – na střeše objektu realizována „zelená střecha“
- Spokojení uživatelé

#### Energetické úspory a monitoring

Celková spotřeba energie na vytápění před renovací: 213 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 1. zimě): 40 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 2. zimě): 29 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

#### Zkušenosti a závěry ze Solanovy – komunikace s uživateli

Projektu předcházely průzkum mínění a požadavků uživatelů, který se velice osvědčil. Výsledkem je radikální nárůst spokojenosti uživatelů, který by bez

#### Informace o stavbě

Okolí	město
Podnebí	mírné kontinentální, zima -15 až -10 °C
Typ stavby / počet pater	panelový dům – 7 pater
Počet bytových jednotek	42
Celková podlahová plocha	2742 m <sup>2</sup>
Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)] před renovací	213
Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)] po renovaci	40 = úspora 82%
Vlastník Projektant a stavitel	společenství vlastníků
Cena energeticky úsporných opatření	240 eur/m <sup>2</sup> + DPH
Financování	individuální – vlastníky bytů za podpory maďarské vlády a místní samosprávy



jejich zapojení nebyl tak patrný. Průzkum k pře-kvapení projektových manažerů mimo jiné ukázal větší nespokojenost s teplotami v létě než v zimě. To způsobilo změny v konceptu a důraz zejména na dosažení teplotního komfortu v létě.

Jedním z největších problémů, s kterými se projekt Solanova potýkal, byla skutečnost, že renovace probíhala za provozu objektu, což je stejné i při rekonstrukcích v ČR. Uživatelé byli dostatečně informováni, a hlavně se ztotožnili s nastávajícími změnami, což jim dodalo potřebnou trpělivost a optimismus k překlenutí tohoto období. Proto asi největším odkazem tohoto projektu je zkušenost, že samotné vysoce kvalitní technické navržení změn nestačí k úplné spokojenosti uživatelů. Jen plně přesvědčení a ztotožnění uživatelé, kterým se plní jejich přání, dokážou náležitě ocenit novinky a změny. K tomu je potřebná systematická práce iniciátorů projektu, zahrnující prezentace, jednání s lidmi, a hlavně naladění se na kulturní prostředí. Protože co je přijatelné v jedné zemi, nemusí být lehce přijatelné v zemi druhé. Často vyvstávají obavy z nových technologií. Zejména kvůli jejich neznalosti lidí zaujímají ze zásady obranný postoj, který lze změnit jen kvalitní osvětou, prezentacemi a v neposlední řadě ukázkovými objekty, kde lidé mohou vidět, že to jde a jaké výhody jim to přinese. Proto jsou modelové projekty, jakým je i Solanova, velice cenné a fungují jako určitý základ pro další opakování.

Současně s řadou technických analýz byl v rámci projektu proveden **socioekonomický průzkum**. Průzkum za poslední dvě dekády vede k názoru, že samotné technické měření a analýzy nevedou k předpokládaným výsledkům. Důvody selhání jsou hlavně tyto:

- zvyky / uživatelské chování lidí nejsou známy nebo nejsou respektovány,
- vědomosti uživatelů týkající se „správného“ uživatelského chování se nespojují s novými technologiemi a podmínkami,
- přání uživatel nejsou známá, proto jsou ignorována,
- není brán na zřetel současný stav na trhu nemovitostí a druhy vlastnictví.

Aby se vyhnuli těmto nástrahám v projektu Solanova, byli **uživatelé integrováni do navrhování rekonstrukce**:

- informováním uživatelů,
- informováním od uživatelů.

Na začátku byl proveden výzkum, zaměřující se na spokojenost uživatelů s byty před rekonstrukcí, spokojenost s teplotami, návrhy na zlepšení a obavy.

Pro zjištění nezkrasleného pohledu, co si uživatelé přejí a co ne, jim byly položeny čtyři otázky:

- Co se vám ve vašem bytě nejvíc líbí?
- Co byste chtěli mít ve vašem bytě jinak?
- Co se vám ve vašem paneláku nejvíc líbí?
- Co byste chtěli mít ve vašem paneláku jinak?

Jedním z hlavních výstupů průzkumu mínění, který změnil koncept rekonstrukce, byla obecná spokojenost uživatelů s vnitřními teplotami v zimě a v létě.

V zimě jsou uživatelé spíše spokojeni než nespokojeni. V létě bylo na straně nespokojených 62,1 % oproti 10,8 % na straně spokojených uživatelů. V porovnání s vnímáním teplot v zimě to přináší takřka alarmující výsledky.

Ve fázi konceptu to do rekonstrukce vneslo nový aspekt. Obvyklé je zaměření na zimní období kvůli energetickým úsporám. V tomto případě se stalo samozřejmostí, že navržení komfortu v letním

#### Porovnání - současný stav technologií

Před renovací	Po renovaci
Obvodové zdi nezateplené: $U = 1,8 - 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , značné tepelné mosty	Obvodové zdi zateplený 16 cm EPS $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Střecha $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Střecha zateplena 30 cm XPS + zelená střecha $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okna – dřevěná jednoduchá $U_w = 3,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ – zabudovaného okna	Okna – plastová izolační trojskla (2+1) s integrovanými žaluziemi, zajištěna neprůvzdušnost $U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Větrání přirozené okny	Větrání nucené větrání s rekuperací tepla – účinnost zpětného zisku tepla > 80 %
Vytápění radiátory – vysokoteplotní systém 90/70 °C	Vytápění Redukovaný počet radiátorů – nízkoteplotní systém 60/45 °C, termostatické ventily Podpora vytápění a ohřevu teplé vody – 72 m <sup>2</sup> solárních termických kolektorů – 20 % podíl
Neprůvzdušnost $n_{50} = 7 - 12 \text{ h}^{-1}$ , velmi netěsná okna	Neprůvzdušnost neměřena – ale vzhledem ke spotřebě energie a těsným oknům se předpokládá $n_{50}$ asi 1 h <sup>-1</sup>

období mělo větší váhu než energeticky úsporné opatření v zimě.

Realizaci předcházely i další fáze komunikace s uživateli. Byly vedeny **rozhovory s uživateli**, kde jim vedle přednášek byly rovněž zodpovídaný jejich otázky. Zřízena byla **ukázková místnost**, kde byla nainstalována vzduchotechnika, další ukázky např. skladby stěn, instalovaného okna apod. Ve stanovených provozních hodinách tam byli partneři projektu, kteří zodpovíдали dotazy. Po realizaci byli uživatelé detailně informováni a poučeni o užívání systému větrání. K této příležitosti byl vydán také manuál uživatelského chování, který poskytl odpovědi na nejčastější otázky a rady v případě problémů.

Výběr systému větrání a vytápění byl pravděpodobně nejcitlivějším tématem Solanovy. Fakt, že renovovaná budova se vzduchotěsně osazenými okny a celkově těsnou obálkou potřebuje systém nuceného komfortního větrání, je nepopiratelný. Během návrhu proběhlo víc diskusí o výběru co nejlepší koncepce větrání. Obecně se zvažovaly dle stanovených kritérií:

- investiční a provozní náklady,
- údržba (přístup, náhradní díly, riziko poruch),
- rušivé vlivy během instalace (hluk, prach),
- provozní hlučnost,
- prostorové nároky,
- riziko poškození (vandalismus),
- požární ochrana,
- komfort (teplotní, pachy),
- možnost opakování řešení,
- komplexnost,
- jednoduchost ovládání,
- dostupnost na trhu.

V úvahu přicházelo více variant:

a) 2 velké centrální větrací jednotky, každá pro 21 bytů, a vytápění radiátory

V průběhu návrhu se tato varianta postupně zamítla. Problém byl s umístěním jednotek, nebyl nalezen dostatečný prostor, jen za vynaložení neúměrných nákladů. Složitě je také zaregulování systému a požární ochrana. Samotné ovládání takového systému v jednotlivých bytech je příliš složité a drahé. Tato koncepce současně vyžaduje napojení všech bytů ve stoupačce, což komplikuje jednání s vlastníky bytů.

b) decentrální větrací jednotky pro každý byt a vytápění radiátory

Některé nevýhody centrálního řešení se dají eliminovat použitím malých větracích jednotek, s dvěma ventilátory pro přiváděný a odtahovaný vzduch a vysoce efektivním rekuperačním výměníkem tepla. Bytové jednotky nejsou přepojeny rozvody, a tudíž jsou malé nároky na požární ochranu. U malých bytů je zásadní, aby byly jednotky co nejmenší. Již brzy se ukázalo umístění jednotky do podhledu vstupní halý jako nejlepší kompromis. Samozřejmě, jednotka by měla být co nejmenší, protože světlá výška je zde menší než 2,6 m. Nakonec byla nalezena větrací jednotka s výškou 0,2 m, která kombinuje vysokou efektivitu (účinnost > 85 %), nízkou spotřebu energie ventilátorů a nízkou hlučnost.

c) decentrální větrací jednotky s cirkulací a teplovzdušným vytápěním pro každý byt

Během projektu byla nabídnuta varianta výrobcem z České republiky, která díky cirkulačnímu modu vytápění dokáže pokrýt i tepelnou ztrátu tohoto objektu. Pro byty v 2. až 6. patře by mohlo být použito běžného teplovzdušného vytápění, protože mají tepelnou ztrátu menší než 10 W/m<sup>2</sup>K, která je pro tento systém hraniční. Systém cirkulace vytápěného vzduchu dokáže pokrýt i větší tepelné ztráty, které měly byty v nejvyšším, 7. patře a v 1. patře nad obchody.

Následující výhody oproti řešení c) vedly k výběru varianty b), tedy **decentrální větrací jednotky pro každý byt a vytápění radiátory**:

- menší nároky na prostor:
  - kvůli cirkulaci musí být instalovány větší průměry rozvodů, aby byla dodržena potřebná rychlost vzduchu a hlučnost,
  - aby nebyl vytápěn prostor chodeb, musí být rozvody izolovány,
  - musí být instalován přídavný rozvod pro cirkulaci vzduchu,
- jednodušší regulace kvůli nepřítomnosti cirkulace a teplovzdušného vytápění;
- použití radiátorů rozptyluje obavy z menšího komfortu v blízkosti oken, při použití oken nespĺňujících požadavky na pasivní standard;
- použití radiátorů a termostatických ventilů umožňuje kontrolovat teploty v jednotlivých místnostech

#### Spokojenost uživatelů s vnitřními teplotami v zimě a v létě

	velmi spokojení	spokojení	neutrální	nespokojení	velmi nespokojení
Teplota v zimě	13,5 %	29,7 %	32,4 %	16,2 %	8,1 %
Teplota v létě	2,7 %	8,1 %	27,0 %	27,0 %	35,1 %

a je to zažité řešení, snadné na obsluhu a preferované uživateli. Cirkulace regulaci v jednotlivých místnostech neumožňuje, jen u bytové jednotky jako celku;

- menší hlučnost; u cirkulace kvůli větším objemům vzduchu je hlučnější jednotka (ventilátory, ložiska). U malých bytů je to problém, protože jednotka je ve všech místech relativně blízko;
- menší cena; vzhledem k vícenákladům spojeným s cirkulací vychází varianta větrání + radiátory cenově lépe;
- menší obava z hygienických problémů; idea, že použitý vzduch cirkuluje po bytě, i když WC a koupelna je odváděna samostatně, vytváří obavu z šíření pachů, např. kouř z cigaret apod.

Navzdory velké snaze o kvalitní informovanost, se zažité uživatelské chování mění těžko. Po uvedení do provozu a první zimě byly úspory sice větší než odhadované, ale průzkum zjistil průměrnou teplotu bytů 24,7 °C. Navýšení pokojové teploty oproti výpočtovým 20 °C způsobilo až 50% navýšení spotřeby energie. Po konzultacích s uživateli se během následující zimy udělaly značné pokroky.

V létě nastaly další uživatelské problémy se stíněním a nočním větráním – předchlazením. Stínění se v mnoha případech používalo v nevhodný čas, což způsobilo navýšení teplot interiéru, i když zdaleka ne tak podstatně, jako bylo v minulosti běžné.

Nejdůležitější zjištění bylo, že nelze separátně plánovat a navrhovat řešení bez zapojení uživatel. Míra jejich spokojenosti je přímo úměrná jejich vůli a přesvědčení o správnosti daných změn.

V konečném důsledku finanční stránka projektu Solanova dokazuje, jak velké změny je možné učinit za omezené náklady 240 eur/m<sup>2</sup> (bez DPH), což je v přepočtu asi 6700 Kč. Je známo, že modelové projekty vyžadují o něco vyšší náklady. Očekává se, že cena při opakovaných rekonstrukcích se dostane pod 200 eur/m<sup>2</sup>. Víc smysluplná než vyčíslení doby návratnosti je cena ušetřené kWh během doby životnosti, na kterou je rekonstrukce navrhována. Cena potom může být porovnána s aktuální cenou nebo cenou předpokládanou v budoucnu. V závislosti na budoucích úsporách

energie a době životnosti se vypočítaná cena kWh pohybuje mezi 2,6 a 4,5 ct/kWh + DPH, v přepočtu 0,73 až 1,26 Kč/kWh + DPH. Už teď jsou tyto ceny menší než aktuální cena energie. To znamená, že Solanova je „výhodná koupě“, a to i bez započtení všech dalších pozitivních vlivů spojených s takovou renovací:

- lepší reputace pro sousedy i celou oblast,
- přínos pro životní prostředí,
- lepší možnosti pro využívání obnovitelných zdrojů energie,
- větší finanční jistota pro vlastníky, vyplývající takřka z nezávislosti na cenách energie,
- do domu se nedostává znečištění – prach, hluk, protože okna mohou být zavřená a řízené větrání obsahuje filtry,
- stálé a komfortní vnitřní prostředí v zimě i v létě,
- kontinuální zásobování čerstvým vzduchem,
- eliminace růstu plísní,
- více využitelného prostoru v místnostech, plynoucí z menších nebo žádných radiátorů a z možnosti umístit nábytek i k obvodové stěně.

Při větším měřítku podobných renovací, kde to již nebude „napoprvé“, se investiční náklady na dosažení podobných výhod mohou ještě zmenšit. Je ovšem třeba mít na paměti, že ceny stavebních prací se stále zvyšují, což se stalo i v průběhu projektu samotné Solanovy. Proto je nutné komplexní renovace provádět co nejdříve.

#### Spokojenost uživatelů s vnitřní teplotou

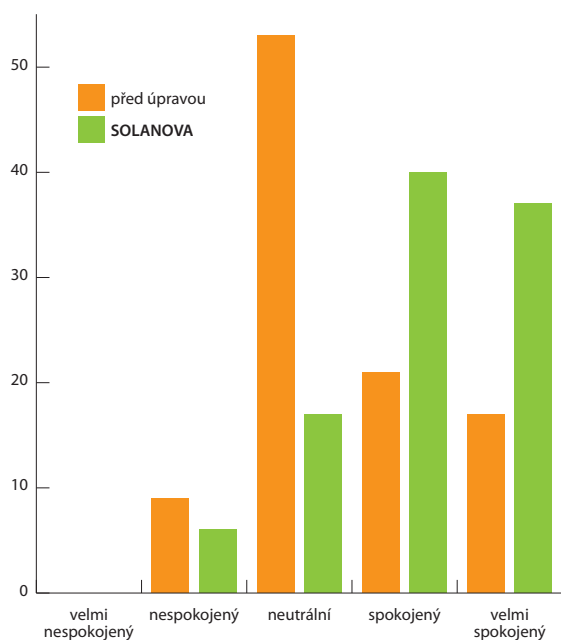
	před renovací	po renovaci
velmi nespokojení	9,1 %	0 %
nespokojení	12,1 %	0 %
neutrální	30,3 %	2,9 %
spokojení	33,3 %	31,4 %
velmi spokojení	15,2 %	65,7 %



Před rekonstrukcí, rok 2002



Po úspěšné rekonstrukci, rok 2006



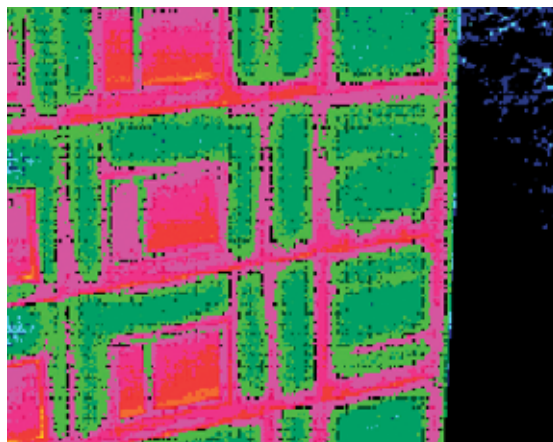
Obecná spokojenost obyvatel s byty v Solanově před (oranžová) a po renovaci (zelená). Zleva od velice nespokojených přes neutrální až po velice spokojené.



Solární kolektory chrání vstupy do vchodů a současně zabezpečují více než 20% podíl na vytápění a ohřevu teplé vody.



Letecký pohled na současnou střechu budovy



Tepelné mosty na hranách panelů před renovací

## ► PŘÍKLAD 2

### NOVÝ LÍSKOVEC V BRNĚ, 1. FÁZE

65–68% úspora energie

Autoři: Ing. arch Tomáš Zlámal,  
Ing. arch. Eva Šimečková  
Rok výstavby: 1980 Typ TO6B  
Rok renovace: 2001

Cílem byly kompletní regenerace panelových domů jako příklady možnosti energetických úspor. Měly být provedeny najednou všechny druhy oprav a technického zařízení budov, které vzájemně stavebně nebo funkčně souvisejí.

Energetický audit ukázal více nevyhovujících prvků, nesplňujících státní normu – zejména na přístup tepla stěnami, okny, značné tepelné mosty balkonů, nevyhovující teploty v jednotlivých pokojích, různé poruchy, zatékání, degradaci konstrukcí a také větrání nevyhovující z více hledisek. V energetickém auditu byly zpracovány tři varianty, z toho jedna nízkoenergetická na přání investora, která pak byla i realizována.

Výsledkem byla celková modernizace panelových domů na nízkoenergetický standard – oproti požadavkům státní normy na energetickou náročnost u novostaveb 50% snížení spotřeby energie na vytápění. Ekonomicky se jednalo jen asi

o 500 Kč navýšení měsíčního nájmu, a výsledkem je mimořádně šetrný dům, který do budoucna poskytuje jistotu uživatelům, že provozní náklady budou i při navyšování cen energií zvládnutelné. Během projektu se ukázalo jako nevýhodné provádět polovičaté řešení, které v průběhu jednoho životního cyklu 25–30 let již zpravidla nesplňuje požadavky zpřísňující se státní normy. Příkladem jsou panelové domy postavené kolem roku 1975, které byly v letech 1990–1995 zateplovány vrstvou 4 až 6 cm izolace bez vyloučení tepelných mostů, byla vyměněna dřevěná okna za plastová. Vzhledem k nekvalitnosti zvolených řešení a provedení se dnes kvůli poruchám, vzniku plísní a podobně potýkají s nutností kompletní modernizace s další výměnou oken a zcela nového systému zateplení.

Použité nucené větrání funguje v pořádku až na pár koncepčních nedostatků, ke kterým došlo vzhledem k minimu zkušeností s použitím systému při odvětrávání větších bytových komplexů.

#### Koncept renovace – klíčové body

- energetický audit a management,
- izolace fasády, sklepa, atiky a střechy,
- obnova střešní krytiny,
- výměna oken za vysoce efektivní izolační dvojskla s kvalitními rámy, umístěná zároveň s lícem panelu kvůli eliminaci tepelného mostu v místě ostění,

Místo stavby	Městská část Brno-Nový Lískovec 2 objekty – Oblá 2, Kamínky 6	
Okolí	město	
Podnebí	mírné kontinentální, zima -15	
Typ stavby / počet podlaží	panelový dům – 8 podlaží	
Počet bytových jednotek	32	
Celková podlahová plocha		
Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	Oblá 2	Kamínky 6
před renovací	135,0	117,2
po renovaci	42,6 = 68% úspora	40,6 = 65% úspora
Potřeba tepla na ohřev teplé vody [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	Oblá 2	Kamínky 6
před renovací	42,3	52,4
po renovaci	32,3 = 23% úspora	33,1 = 37% úspora
Vlastník	obecné vlastnictví	
Cena energeticky úsporných opatření	7 000 – 8 000 Kč/m <sup>2</sup>	
Financování	individuální – vlastníky bytů, úvěr, vlastní zdroje městské části – Fond Regenerace, dotace z Fondu bytové výstavby města Brno	

- použití systému řízeného větrání s rekuperací tepla v každé bytové jednotce,
- zateplení rozvodů a armatur teplé vody a modernizace stávajícího otopného systému,
- obnova lodžii nebo zavěšených balkonů s minimalizací tepelných mostů,
- úprava vstupního prostoru včetně stříšky nad vstupními dveřmi,
- spokojení uživatelé.

### Energetické úspory a monitoring

#### Objekt Oblá 2

Celková spotřeba energie na vytápění před renovací: **135 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 1. zimě): **54,5 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 2. zimě): **52,2 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 3. zimě): **45,1 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 4. zimě): **42,6 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Předpoklad energetického auditu: **41,6 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

#### Objekt Kamínky 6

Celková spotřeba energie na vytápění před renovací: **117,2 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 1. zimě): **48,0 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 2. zimě): **44,8 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 3. zimě): **41,9 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Celková spotřeba energie na vytápění po renovaci (po 4. zimě): **40,6 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Předpoklad energetického auditu: **37,6 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

### Zkušenosti a závěry

Projektu předcházel energetický audit, který zhodnotil stávající objekty a navrhl možnosti – varianty energeticky úsporných opatření.

Plánování se potýkalo s největšími problémy při výběru systému větrání. Bylo sice navrženo více variant větrání, ale vzhledem k nedostatku finančních prostředků byla zvolena kompromisní varianta s centrální větrací jednotkou na střeše objektu a do jednotlivých bytů byl umístěn přívod vzduchu pro všechny místnosti a odtaž vzduchu v koupelně, WC a kuchyni. Lidem vadilo, že v zimě byl přiváděn sice přehřátý vzduch, ale přece výrazně chladnější. Způsobeno to bylo patrně velkou intenzitou větrání 0,5 h<sup>-1</sup> z důvodu chybného návrhu objemu výměny vzduchu. Nepříjemné pocity lidé řešili tím, že otvory vzduchotechniky samovolně zmenšovali a ucpávali. Tím docházelo k porušení rovnováhy celého systému. Následné snížení průtoku na polovinu (0,25 h<sup>-1</sup>) objemu vzduchu za hodinu vedlo k prodloužení životnosti filtrů a k úspoře energie potřebné na pohon jednotky. Největší slabinou systému je, že není možné zajistit zcela rovnoměrné větrání všech bytů na stoupačce a zohlednit individuální potřeby jednotlivých uživatelů bytů. Uvedené nepříjemné zkušenosti vedly při dalších regeneracích panelových domů ke změně systému větrání na individuální odvětrání ventilátory na WC a v koupelně bez zpětného zisku tepla. Přívod vzduchu je zajištěn mikroventilací oken. Tento systém vyšel ve srovnání výhod a nevýhod lépe. Na druhé straně příkladů úspěšných realizací řízeného větrání je v zahraničí hodně a šlo pravděpodobně o problém zvoleného řešení a nedostatku zkušeností s odvětráním větších obytných komplexů.

Obdobně nebyl dán důraz na zajištění neprůvzdušnosti konstrukcí, nebyl proveden test měření

### Porovnání – současný stav technologií

Před renovací	Po renovaci
Obvodové zdi nezateplené: U = 1,7 W/(m <sup>2</sup> K), značné tepelné mosty	Obvodové zdi zateplené 16 cm EPS U = 0,24 W/(m <sup>2</sup> K)
Střecha U = 0,79 W/(m <sup>2</sup> K)	Střecha doplněna o 16 XPS + kačírek U = 0,19 W/(m <sup>2</sup> K)
Okna – dřevěná jednoduchá U <sub>w</sub> = 2,8 W/(m <sup>2</sup> K), značné tep. mosty v místě ostění	Okna – dřevěná eurookna s izolačními dvojskly U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> K)
Větrání přirozené okny	Větrání nucené větrání s rekuperací tepla, centrální rekuperační jednotka na střeše
Vytápění radiátory – vysokoteplotní systém	Vytápění výměna nefunkčních radiátorů – nízkoteplotní systém, termostatické ventily, zateplení rozvodů a armatur teplé vody
Neprůvzdušnost neměřena	Neprůvzdušnost neměřena

neprůvzdušnosti obálky. Tento test může pomoci odhalit další netěsnosti, které během provozu degradují účinnost celého systému řízeného větrání s rekuperací, běžně až o 20–30 %. Uvedené nedokonalé řešení větrání dalo vznik negativnímu příkladu, který se, jak se ukázalo, těžko napravuje. Při následujících regeneracích panelových domů v dané lokalitě byl upřednostněn systém odvětrávání, který ve srovnání s použitým systémem řízeného větrání vycházel jako výhodnější. Ve srovnání se systémovými řešeními použitými ke všeobecné spokojenosti v zahraničí má značné rezervy.

Po uvedení do provozu byly úspory energie o mnoho menší, než předpokládal energetický audit. Lidé si zvykali na nové klimatické poměry v domě a v mnoha bytech byla teplota 21–24 °C, někdy i vyšší. Současné snižování teploty topné vody, zaregulování systému a komunikace s uživateli měly za následek přiblížení se k hodnotám vypočteným v energetickém auditu.

Jako velice důležitá se jeví komunikace s uživateli, jejich kvalitní informovanost a zapojení do návrhu. Tomuto úspěšnému příkladu předcházelo množství schůzek, informačních setkání, prezentací a další diskusí. Výsledkem je značná spokojenost uživatelů bytů. V následných realizacích s využitím těchto zkušeností se předpokládá ještě další zvyšování kvality a míry energeticky úsporných opatření a spokojenosti uživatelů.

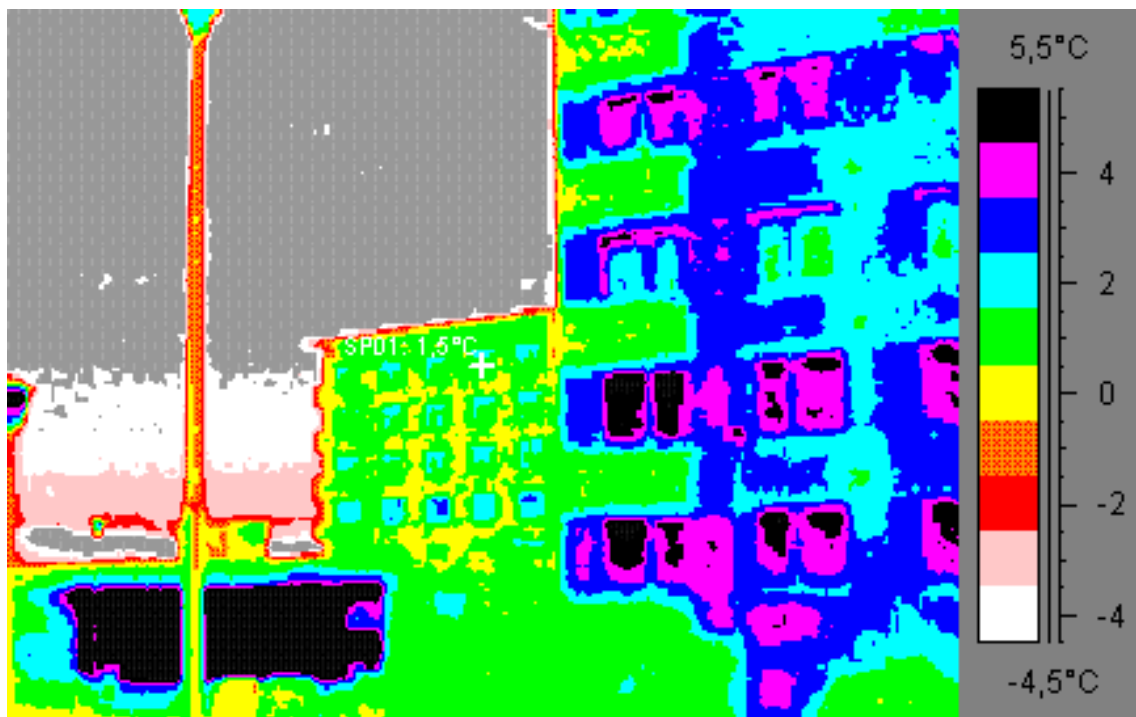


Stavební práce - nadstavba střechy (falešná atika) a izolování fasády polystyrenem - 16cm





Modernizovaný dům na Oblé 2. Vpravo neizolovaný dům



Termovizní snímek domu na Oblé 2 (vzadu vlevo). V popředí vpravo neizolovaný dům

## ► PŘÍKLAD 3

### NOVÝ LÍSKOVEC V BRNĚ, 2. FÁZE

58–70% úspora energie

Autoři: Ing. arch Tomáš Zlámal,  
Ing. arch Eva Šimečková  
Rok výstavby: 1980 a 1990  
Rok renovace: 2001

Cílem byly kompletní regenerace panelových domů na nízkoenergetický standard. Navazují na dvě úspěšně realizované modernizace panelových domů v roce 2001 ve stejné městské části.

Energetický audit ukázal více nevyhovujících prvků nesplňujících státní normu – zejména prostup tepla stěnami, okny, značné tepelné mosty balkonů a lodžii, nevyhovující teploty v jednotlivých pokojích, různé poruchy, zatékání, degradaci konstrukcí a také větrání nevyhovující z více hledisek. V energetickém auditu byly zpracovány dvě varianty, z toho jedna nízkoenergetická na přání investora, která pak byla i realizována.

Výsledkem byla celková modernizace panelových domů na nízkoenergetický standard – oproti

požadavkům státní normy na energetickou náročnost u novostaveb 50 % snížení spotřeby energie na vytápění. Ekonomicky se jednalo jen asi o 500 až 800 Kč navýšení měsíčního nájmu. Modernizací bylo však dosaženo mimořádně šetrného domu, který do budoucna poskytuje jistotu uživatelům, že provozní náklady budou i při navyšování cen energií zvládnutelné. Cena tepla za sledované období 2000–2005 vzrostla o 48 %. V roce 2000 by obyvatelé nezatepleného domu platili o 7729 Kč víc než obyvatelé zatepleného. V roce 2005 by platili více již o 11450 Kč.

Z uvedeného je zřejmé, že právě při růstu cen energií se provedení energeticky úsporných opatření v nejvyšší možné míře vyplatí nejvíce.

#### Koncept renovace – klíčové body

- energetický audit a management,
- izolace fasády, sklepa, atiky a střechy,
- obnova střešní krytiny,
- výměna oken za okna s vysoce efektivními izolačními dvojskly s kvalitními rámy, umístěná zároveň s lícem panelu kvůli eliminaci tepelného mostu v místě ostění,

Místo stavby	Městská část Brno-Nový Lískovec 4 objekty – Oblá 14, Oblá 3*, Kamínky 25–29**, Kamínky 31–35***			
Okolí	město			
Podnebí	mírné kontinentální, zima -15			
Typ stavby / počet pater	panelový dům – 4 a 8 podlaží			
Počet bytových jednotek	32, 16*, 72**, 72***			
Celková podlahová plocha				
Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]				
před renovací	142,5	137,7*	96,9**	92,7***
po renovaci	43,7	45,3*	43,1**	39,4***
úspora	70 %	67 %*	56 %**	58 %***
Potřeba tepla na ohřev TUV [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]				
před renovací	39,1	47,3*	43,7**	50,4***
po renovaci	33,5	34,5*	27,3**	29,8***
úspora	15 %	27 %*	38 %**	41 %***
Vlastník Projektant a stavitel	společenství vlastníků			
Cena energeticky úsporných opatření	7000–8000 Kč/m <sup>2</sup>			
Financování	individuální – vlastníky bytů, úvěr, vlastní zdroje městské části – Fond Regenerace, dotace z Fondu bytové výstavby města Brno			

- použití individuálně řízeného odvětrávání ventilátorem na WC a v koupelně,
- zateplení rozvodů a armatur teplé vody a modernizace stávajícího otopného systému,
- obnova lodžii nebo zavěšených balkonů s minimalizací tepelných mostů,
- úprava vstupního prostoru včetně stříšky nad vstupními dveřmi,
- spokojení uživatelé.

### Zkušenosti a závěry

Projektu předcházela energetický audit, který ze začátku zhodnotil stávající objekty a navrhl možnosti – varianty energeticky úsporných opatření.

Zkušenosti se systémem řízeného větrání při prvních dvou modernizacích v roce 2001 ovlivnily návrh větrání v dalších objektech. Řešení řízeného větrání mělo více koncepčních a realizačních nedostatků. V dnešní době jsou známa řešení a výrobky, které by celou efektivitu systému zvýšily nejméně o 20 % i s možností individuální regulace. U těchto modernizací byl použit systém odvětrávání ventilátorem na WC a v koupelně. Přívod vzduchu zabezpečují okna s mikroventilací, přičemž v každém bytě je jedno okno zabezpečeno proti úplnému uzavření – trvalá mikroventilace. Ve srovnání s vysoce efektivními větracími systémy se zpětným získáním tepla, které mají účinnost více než 80 %, má dané řešení značné rezervy.

Obdobně jako u prvních modernizací byly i zde problémy se zaregulováním otopné soustavy – vysoké teploty, které se postupně snižovaly. Regulace v bytech, i když s použitím termostatických ventilů, stojí a padá na uživatelských zvyklostech. Tyto faktory měly za následek navýšení celkové spotřeby energie na vytápění o 10–15 kWh/(m<sup>2</sup>.a).

Obecně byly zkušenosti podobné jako u prvních realizací v Novém Lískovci.

### Porovnání - současný stav technologií

Před renovací	Po renovaci
Obvodové zdi nezateplené: $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , značné tepelné mosty	Obvodové zdi zateplené 16 cm EPS $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Střecha $U = 0,79 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Střecha doplněna o 16 XPS + kačírek $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okna – dřevěná jednoduchá $U_w = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , značné tep. mosty v místě ostění	Okna – plastová okna s izolačními dvojskly $U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Větrání přirozené okny	Větrání Individuální odvětrání ventilátory na WC a v koupelně + mikroventilace okny
Vytápění radiátory – vysokoteplotní systém	Vytápění Výměna nefunkčních radiátorů – nízkoteplotní systém, termostatické ventily, zateplení rozvodů a armatur teplé vody
Neprůvzdušnost neměřena	Neprůvzdušnost neměřena

## ► PŘÍKLAD 4

### OLEANDERWEG HALLE-NEUSTADT, NĚMECKO

Konverze stávajících panelových domů v Halle-Neustadtu vyplynula z rekonstrukce města pro mezinárodní architektonickou výstavu (IBA) v roce 2010. Původně dva nebo tři byty na patře byly uspořádány okolo 11 schodišť. Při rekonstrukci došlo ke snížení počtu schodišť na šest a odstranění souvisejících chodeb. Tyto zásahy umožnily rozšíření a jiné rozmístění bytů. Venkovní prostory byly vytvořeny odstraněním střídavě částí 3. a 4. podlaží, čímž došlo k vytvoření velkých venkovních terasových prostor. V nižších podlažích poskytují kvalitní prostor mimo byty široké souvislé balkony. Přízemí se skládá z 10 „viladomů“, každý má vlastní vchod a soukromou zahradu, což představuje přibližně 135 m<sup>2</sup> skrz dvě podlaží. Zahrady jsou přiřazeny přímo k domácnostem a odděleny sokly dle úrovně terénu.

#### Konverze 125 panelových bytů na 81

Autoři projektu: Stefan Forster Architekten,

Frankfurt, Německo

Investor: GWG Halle-Neustadt

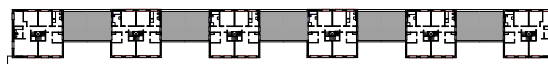
Užitná podlahová plocha: 9000 m<sup>2</sup>

Zahájení výstavby: 2008

Dokončení: 2010



Původní stav panelového domu, na další straně stav po úspěšné konverzi



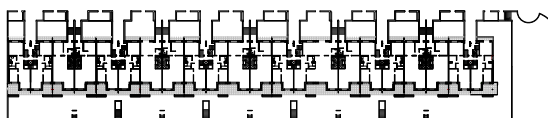
Půdorys 4. patra



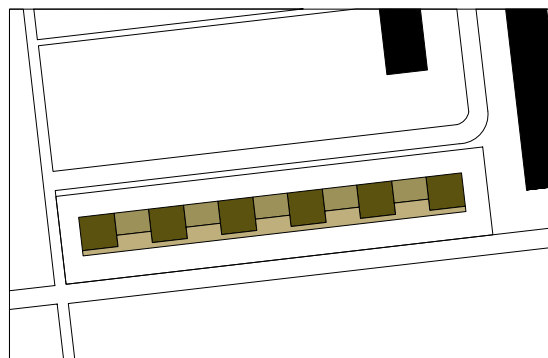
Půdorys 3. patra



Půdorys 1. patra



Půdorys přízemí



Situace



Foto: Jean Luc Valentin, Frankfurt

## ► ZMĚNY STAVEB

ODBORNÝ GARANT: PAVEL KECEK

AUTOŘI TEXTŮ: MARIE BÁČOVÁ, JAN BÁRTA, KAREL DOUBNER, PAVEL FÁRA,  
JURAJ HAZUCHA, ZDENĚK HOŠEK, MILOSLAV JOKL, PAVEL KECEK, TOMÁŠ KONOPKA,  
VÁCLAVA KOUKALOVÁ, JAN KRŇANSKÝ, RADIM LOVĚTÍNSKÝ, JAN MÁCHA,  
MONIKA NAJMANOVÁ, JITKA PITTNEROVÁ, PETRA POCHMANOVÁ, MAREK RICHTERA,  
MILOŠ SOLAŘ, KATEŘINA ULLMANNOVÁ, SLAVOMÍR VÁŇA, PETR VŠETEČKA, JAROSLAV ZIMA

- ZLEPŠENÍ ENERGETICKÝCH STANDARDŮ DOMU JE PŘÍLEŽITOSTÍ K JEHO KOMPLEXNÍ ÚPRAVĚ
- SNÍŽENÍM PRŮVZDUŠNOSTI OKEN TĚSNÝMI VÝROBKY BEZ NÁHRADNÍ VÝMĚNY VZDUCHU SE MĚNÍ VNITŘNÍ KLIMA NA ZDRAVOTNĚ ZÁVADNÉ
- I PROSTÉ ZATEPLENÍ FASÁD ČI ÚPRAVA OKEN JSOU ARCHITEKTONICKÝM ÚKOLEM

# 3



## ZMĚNY STAVEB

### RODINNÝ DŮM

V současnosti je v České republice kolem 1,7 milionu rodinných domů s počtem bytových jednotek přes 2,0 milionu. Téměř 90 % domů bylo postaveno před rokem 1990 a podle hodnocení energetické náročnosti budov spadají do kategorií D až F, tedy „nevyhovující“ až „velmi nevhodná“. Z pohledu dnešní platné normy ČSN 73 0540 – 2 tyto budovy nevyhovují požadavkům na tepelnou ochranu budov. Celkově se sektor domácností podílí značnou částí (26,6 %, viz obr. 1) na celkové spotřebě energie.

Rozložení spotřeby energie v domácnostech jasně ukazuje, že převážná část energie se spotřebovává na vytápění. Pomocí promyšlených energeticky úsporných opatření lze snížit spotřebu energie u komplexně upravených domů až o 90 %.

Problémem u rodinných domů je jejich značná konstrukční a tvarová rozmanitost, která neumožňuje zjednodušení postupu návrhu komplexních renovací a jejich případné opakování, jak tomu může být v případě panelových bytových domů. Zobecnování brání i stav těchto domů, který je velice rozdílný, dle způsobu užívání a použitých stavebních materiálů. S tím souvisí i cena nutných opatření, která se bude v jednotlivých případech velmi lišit.

Následující rozdělení dle období výstavby, doplněné popisem stávající zástavby rodinných domů, je rámcové, v jednotlivých kategoriích se objevuje řada odlišností materiálových, konstrukčních i dispozičních, daných zejména historickými souvislostmi. Přesto lze určit obecné rysy nalézt a v úvodní fázi úvah mohou být následující informace jistým vodítkem. V tabulce jsou uvedeny k porovnání

i standardy nízkoenergetického (NED) a pasivního domu (PD).

Spotřeba tepla na vytápění je označena v tabulce jako  $e_a$  [kWh/(m<sup>2</sup>.a)], hodnoty  $U$  [W/(m<sup>2</sup>K)] představují součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce. V tabulce je uveden také počet bytů, pro představu, jakou část stavebního fondu představují jednotlivá období výstavby.

### Rodinné domy do roku 1960

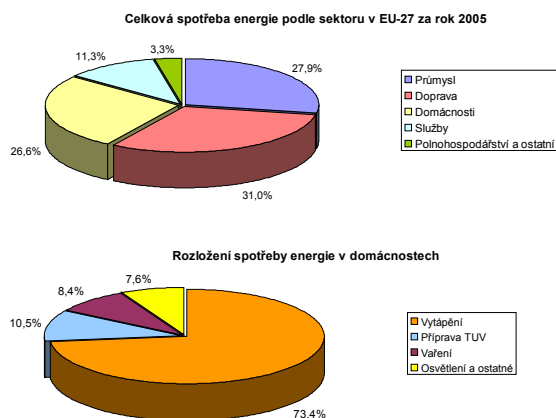
Tato kategorie zahrnuje doposud využívané rozmanité rodinné domy z poměrně dlouhého období „klasického“ stavitelství včetně výstavby v poválečném období. Domy postavené v tomto období tvoří nejvýznamnější a nejpočetnější skupinu objektů vyžadujících obnovu. Podílí se více než 75 % na celkovém počtu rodinných domů v ČR.

Stavební materiály obvodových konstrukcí zde užití jsou různé, převažuje však kámen, nepálené a pálené cihly nebo kombinace těchto materiálů. Tloušťka obvodových stěn se pohybuje mezi 400 a 700 mm. Většinou se jedná o jednoduché domy s obytným přízemím, sedlovou střechou a půdou, původně využívanou ke skladování sena. Stropy nad přízemím jsou vesměs dřevěné trámové s prkenným záklopem, později pak stropy z ocelových nosníků a železobetonových vložek. Uložení, stav a dimenze vodorovných konstrukcí mohou být skrytým rizikem a vyžadují při obnově objektů sondážní průzkum a ověření statickým výpočtem. Zakládání těchto domů je většinou přímo na terénu, bez hydroizolace a mnohdy jen s omezenou hloubkou kamenného základu. Při renovaci právě spodní část domů vyžaduje velkou pozornost z hlediska tepelné ochrany, vlhkostních problémů či ochrany proti radonu.

Období výstavby	< 60. léta		60.–90. léta		> 90. léta		NED	PD
	1899–1979	1979–1985	1985–1992	1992–2002	od 2002			
Bytů v RD	1 649 756	172 601	138 748	112 823	62 649	–	–	
$e_a$ [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>180</b>	<b>150</b>	<b>130</b>	<b>50</b>	<b>15</b>	
U – stěna	1,45–1,37	1,39–1,19	0,89–0,79	0,50	0,38–0,30	0,15	0,10–0,15	
U – střecha	0,89–0,83	0,93–0,79	0,51–0,43	0,41–0,36	0,30–0,24	0,12	0,10–0,12	
U – podlaha	2,10–1,86	1,90–1,34	1,35 – 0,90	0,34	0,30–0,24	0,15–0,20	0,12–0,15	
U – okna	2,90	2,90	2,90	1,80	1,70	1,20–0,80	0,80	

Počet bytů v letech 1960–2006 (ČSÚ), Ekonomie energeticky úsporných opatření (ČEA), ČSN 73 05 40-2, Nízkoenergetický dům (HEL 1994), vlastní výpočet (zdroj Porsenna).





Obr. 1 Spotřeby energie, zdroj Eurostat

Konstrukce podlah je u těchto domů převážně dřevěná na terénu.

Mnohdy se u těchto domů projevují statické či jiné poruchy způsobené většinou vlhkostí, vyžadující i zásahy do nosné konstrukce.

Okna jsou většinou špaletová dřevěná, u funkcionalistických domů ocelodřevěná či ocelová, často technicky unikátní.

Specifickými prvky jsou vystupující architektonické i funkční články fasád (konzolové balkony, terasy, příštíšky, římsy, dekorace), většinou se skrytou nosnou konstrukcí z oceli nebo dřeva, které mohou být v havarijním stavu.

Specifickým konstrukčním typem jsou domy s dřevěnou nosnou konstrukcí (srubovou, hrázděnou apod.), která je z hlediska sanací poměrně náročná, s ohledem na nutné (a většinou neproveditelné) poznání faktického stavu celé konstrukce (stav se může v různých částech velmi lišit) a rovněž z hlediska reakce na vlhkost (ztráta nosné funkce).

### Rodinné domy z období 1960–1990

V tomto období se začaly prosazovat nové zdicí materiály, např. keramické bloky o tloušťce 250–400 mm či tvárnice ze škvárobetonu, později pak pórobetonu o tloušťce 300–400 mm. Z nich byly v tomto období stavěny zejména patrové domy s plochou střechou. Tyto stavby již mají kvalitnější betonové základy s betonovou základovou deskou a hydroizolací proti vztlínající vlhkosti. Značná část domů této doby je podsklepena částečně nebo pod celým objektem, mnohdy s integrovanou garáží. Podlaha nad sklepem obvykle není izolována. Stropy tvoří většinou různé vložkové stropní systémy keramické i betonové či monolitické železobetonové konstrukce. Okna jsou vesměs dřevěná špaletová nebo zdvojená. Nové stavební materiály té doby umožnily u těchto staveb používání plochých střech. Většina prvních systémů jednoplášťových střech navrhovaných v 60. a 70. letech se potýkala s problémem kondenzace vlhkosti, porušením vrstvy hydroizolace či jinými poruchami ovlivňujícími funkčnost střechy. Další vývojový stupeň – dvouplášťové konstrukce střech – je kromě bezpečnější konstrukce izolován plynosilikátovými tvárnici, struskou, pěnosklem nebo později polystyrenem (tl. 50–60 mm) či rohožemi z minerálních vláken (tl. 60–120 mm). Valbová nebo sedlová střecha nad obytným podkrovím byla již izolována izolací z minerálních vláken mezi krokvy o různé tloušťce, nejčastěji však 60–120 mm.

### Rodinné domy z období 1990–2000

Rozmanitost používaných materiálů a konstrukcí rodinných domů od devadesátých let 20. století je značná, ať již v praxi ověřených nebo nikoli. Důležité je, že z hlediska požadavků současné platné normy ČSN 73 0540-2 na tepelnou ochranu budov v podstatě nevyhovuje většina obvodových konstrukcí, zbytek je na hranici normových požadavků. Pro okna a dveře se začínají používat již těsnější dřevěné či plastové rámy a izolační dvojskla, které ovšem také ve většině případů již nesplňují současné normové požadavky na výplně otvorů.

### BYTOVÝ DŮM

V současnosti stojí v České republice dle údajů Českého statistického úřadu přibližně 200 000 bytových domů. Nachází se v nich přes dva miliony bytů, což se více méně shoduje s počtem bytových jednotek v rodinných domech. Jen zlomek z tohoto počtu bytových domů byl postaven po roce 2000. Když se rozhledneme po českých městech, představují první početnou skupinu bytové domy z přelomu 19. a 20. století. S těmito domy se setkáváme běžně v centrech měst. Naopak na okrajích měst najdeme druhou početnou skupinu domů, kterou jsou panelové domy. Panelovým domům je pro jejich specifičnost věnován samostatný oddíl, a proto se jim v tomto textu již nevěnujeme.

Bytové domy můžeme podle konstrukcí a materiálů rozdělit do tří základních skupin:

- bytové domy z období přelomu 19. a 20. století s dekorativními štukovými fasádami,

- bytové domy z období 1920–1950, s převážně hladkými či geometricky členěnými fasádami,
- bytové domy z období 1950–2000 mimo panelovou výstavbu.

### Bytové domy z období přelomu 19. a 20. století s dekorativními štukovými fasádami

Nejčastější způsob výstavby objektů v tomto časovém období byl systémem nosného masivního zdiva, ale už od konce minulého století se projevovala snaha o oddělení funkce nosné a výplňové, i když zpočátku pouze vyzdíváním nosných pilířů z cihel o větší únosnosti a okenních parapetů z cihel s lepší izolační schopností.

Stěny nejstarších domů jsou ze zdiva smíšeného z cihel a lomového kamene. Později se kámen používal jen na podružné – obvykle suterénní – části budovy a stěny v horních patrech byly vyzdívány z plných pálených cihel. Tloušťky nosných cihelných zdí byly proměnné podle počtu pater domu. Nejmenší tloušťka zdi v nejvyšším patře byla z důvodu promrznání 450 mm a směrem dolů se zvyšovala.

Základní rozměry stěn se řídily ustanoveními stavebních řádů, kterých platilo na území dnešní České republiky několik.

V případech výplňového zdiva, které bylo nejčastěji z dutých cihel nebo tvárnic (cihelných i z lehkých betonů), byly tloušťky stěn voleny tak, aby jejich tepelně izolační schopnosti odpovídaly tepelně izolačním vlastnostem stěny z plných pálených cihel tloušťky 450 mm. Sortiment zdících prvků používaných na stavby bytových

**Orientační hodnoty součinitele prostupu tepla U pro konstrukce nosných vnějších stěn typické pro stavby do roku 1920, zdroj pozn. č. 2**

Časové období	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U
		W/(m <sup>2</sup> .K)
Do roku 1920	– zdivo smíšené z cihel a kamene v různém poměru a v různých tloušťkách	1,6 až 1,1
	– zdivo z plných pálených cihel v tl. 450 mm	1,4
	– zdivo z plných pálených cihel v tl. 600 mm	1,1
	– zdivo z plných pálených cihel v tl. 900 mm	0,8

**Orientační hodnoty součinitele prostupu tepla U stropních konstrukcí z období přelomu 19. a 20. století, zdroj pozn. č. 2**

Popis	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
stropy dřevěné trámové pod půdou s násypem škváry	cca 1,0
stropy dřevěné trámové nad suterénem s dřevěnou podlahou	cca 0,9
klenby s násypem	cca 0,7

domů byl velmi široký jak z hlediska tvarů a velikostí, tak i z hlediska materiálů, takže se u těchto domů můžeme setkat s nejrůznějšími tloušťkami stěn.

K vylehčení zdiva a zlepšení jeho tepelně izolačních vlastností se kromě používání různých materiálů využívaly i různé vazby zdiva. Ty byly takové, že dutiny v cihlách a tvárnících vytvářely buď průběžné kanálky, nebo komůrky. Vylehčení obvodového zdiva při zachování jeho tepelně izolačních schopností se řešilo i vytvářením dutých zdí z plných (ale i dutých) pálených cihel. Tloušťky dutin byly obvykle na čtvrt nebo půl cihly a zůstávaly prázdné nebo se vyplňovaly škvárou.

Ve většině případů jsou u tohoto typu domů střechy šikmé s neobývaným půdním prostorem. Ploché střechy se vyskytují jen nad částmi objektů. Vzhledem k tomu, že půdy bývaly neobydlené, střechy se nijak nezateplovaly. Jednalo se pouze o keramickou krytinu položenou na laťování. Až dodatečně jsou v hojné míře prováděny půdní vestavby, kdy dochází k dodatečnému zateplení krovu, obvykle vložením tepelné izolace mezi krokve v kombinaci s podkroevní izolací.

Na střepech pod nevytápěnou půdou bývá vrstva (izolačního) škvárobetonového násypu nebo lehkého betonu, v některých případech tvoří pochůznou vrstvu keramická dlažba z tzv. půdovek.

Stropy v domech z období přelomu 19. a 20. století byly nejčastěji dřevěné, trámové. Nad

suterénem se obvykle jednalo o cihelné klenby, často zděné do ocelových profilů.

Podlahy jsou ve starších budovách převážně dřevěné. Tyto podlahy jsou kladeny na dřevěné polštáře uložené do škvárového násypu, který má mezi podlažími funkci ohnivzdornou a u podlah na rostlé půdě tepelně izolační.

Uložení, stav a dimenze vodorovných konstrukcí mohou být skrytým rizikem a vyžadují při obnově objektů sondážní průzkum a ověření statickým výpočtem.

Objekty byly zcela nebo částečně podsklepené. Vnitřní stěny (příčky) jsou nejčastěji vyzdívané z cihel.

Okna jsou většinou špaletová dřevěná.

Specifickými prvky jsou vystupující architektonické i funkční články fasád (konzolové balkony, terasy, příštíšky, římsy, dekorace), většinou se skrytou nosnou konstrukcí z oceli nebo dřeva, často v havarijním stavu.

(V textu citováno z publikací *Ekonomie energeticky úsporných opatření při uvažování odstranění zanedbané údržby<sup>2</sup>* a ze *Sborníku doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích<sup>1</sup>*.)

### Bytové domy z období 1920–1950, s převážně hladkými či geometricky členěnými fasádami

V tomto období se začíná výrazně uplatňovat použití železobetonu ve výstavbě a ve velké míře se kromě zděných domů staví skelety, kde cihly

**Orientační hodnoty součinitele prostupu tepla U pro konstrukce vnějších stěn typické pro časové období 1921–1945 a po roce 1945, zdroj pozn. č. 2**

Časové období	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U
		W/(m <sup>2</sup> .K)
1921–1945	– zdivo z děrovaných cihel a tvárníc v tloušťkách 200 až 300 mm	1,0 až 1,4
	– zdivo z tvárníc z lehkých betonů v tloušťkách 250 až 300 mm	1,1 až 1,5
Po 1945	– v poválečném období zdivo z děrovaných cihel a tvárníc v tloušťkách 250 až 500 mm	1,6 až 0,8
	– v poválečném období zdivo z tvárníc z lehkých betonů v tloušťkách 250 až 400 mm	1,6 až 0,8

**Orientační tepelně technické parametry vodorovných konstrukcí v období od roku 1920, zdroj pozn. č. 1**

Popis	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Jednoplášťová střecha s vrstvou škvárobetonu	2,0
Jednoplášťová střecha s tepelnou izolací z dutých cihel	1,4
Dvoupplášťová střecha s násypem	1,2
Stropy železobetonové pod půdou s násypem a potěrem	2,2
Stropy železobetonové nad suterénem s dřevěnou podlahou	1,6
Od roku 1946: podlahy na terénu s tepelnou izolací z desek typu Izoplast	2,1



Ocelová konzola nesoucí balkon - stav zjištěný po odkrytí betonové desky balkonu (stáří cca 100 let), foto Transat architekti



Hrázděná stěna - stav zjištěný po odkrytí neprodyšné vrstvy ze strany interiéru v koupelně (stáří cca 100 let), foto Transat architekti

Orientační tepelně technické parametry stavebních materiálů pro obvodové stěny pro časové období po roce 1945, zdroj pozn. č. 2

Časové období	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U W/(m <sup>2</sup> .K)
Po 1945	v poválečném období zdivo z děrovaných cihel a tvárníc v tloušťkách 250 až 500 mm	1,6 až 0,8
	v poválečném období zdivo z tvárníc z lehkých betonů v tloušťkách 250 až 400 mm	1,6 až 0,8
1961–1980	zdivo z porobetonu tl. cca 300 mm	1,3 až 1,5
	keramický panel tl. 250 až 300 mm bez tepelné izolace	1,6 až 1,9
	železobetonový panel sendvičový tl. 190 až 240 mm	1,0 až 1,1
Po roce 1980	zdivo z porobetonových tvárníc tl. 400 mm	0,7
	panel z lehkého betonu tl. cca 350 mm	0,9
	keramický panel tl. 300 mm s tepelnou izolací	0,8
	železobetonový panel sendvičový tl. cca 300 mm	0,6

Orientační tepelně technické parametry vodorovných konstrukcí po roce 1950, zdroj pozn. č. 1

Časové období	Popis	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Do 1960	Jednoplášťová střecha s pěnobetonem a heraklitem	0,9
1961–1980	Jednoplášťová střecha s tepelnou izolací z plynosilikátových desek nebo pěnoskla	0,7
	Jednoplášťová střecha s tepelnou izolací z polystyrenu tl. 50 mm	0,6
	Dvoupplášťová střecha s tepelnou izolací z minerálních vláken tl. 60–80 mm	0,7
Po roce 1980	Jednoplášťová střecha s tepelnou izolací z polystyrenu tl. 100 mm	0,4
	Dvoupplášťová střecha s tepelnou izolací z minerálních vláken tl. 120 mm	0,4
Do 1960	Stropy železobetonové pod půdou s vrstvou lehkého betonu	2,6
	Stropy železobetonové nad suterénem s podlahou z PVC	1,4–1,6
1961–1980	Stropy železobetonové panelové pod půdou s potěrem	3,2
	Stropy keramické z panelů a vložek pod půdou s potěrem	3,2
	Stropy keramické z panelů a vložek nad suterénem s podlahou z PVC	0,9
	Podlahy na terénu s tepelnou izolací z polystyrenu	1,2
Po roce 1980	Podlahy na terénu s tepelnou izolací z polystyrenu tl. 50 mm	1,0

plní už pouze funkci výplňovou. Skelet je nejčastěji monolitický nebo montovaný železobetonový, v některých případech i ocelový. Kromě plných pálených nebo děrovaných cihel z pálené hlíny se používaly jako zdicí materiály tvárnice ze škvárobetonu.

Z hlediska tepelně technického jsou železobetonové skelety problematické.

Vytápěné místnosti v podkrovích byly izolovány deskami z heraklitu nebo křemeliny.

Obvykle ale u budov s nosnou konstrukcí skeletovou převažují střechy ploché. Tepelně izolační vrstva je obvykle tvořena násypy, dutinovými cihlami nebo monolitickými vrstvami ze škvárobetonového, plynového nebo pěnového betonu, které jsou zpevněny cementovým potěrem, tvořícím podklad pod hydroizolaci z nátěrů na bázi asfaltu nebo gumy. Tyto monolitické vrstvy také obvykle zajišťují spád střechy.

Stropy skeletových objektů jsou běžně železobetonové deskové nebo železobetonové trámové. Uplatňují se ale i ostatní materiálové varianty (dřevo, ocel, keramika).

Uložení, stav a dimenze vodorovných konstrukcí mohou být skrytým rizikem a vyžadují při obnově objektů sondážní průzkum a ověření statickým výpočtem. V železobetonových konstrukcích pak mohou být přítomny vysoce rizikové hlinitanové cementy, přičemž jejich použití se nemusí týkat celé konstrukce, ale jen její části (ve své době šlo o dražší materiál, který umožňoval rychlejší výstavbu, později byl příčinou havárií skeletových staveb).

Okna jsou většinou špaletová dřevěná, u funkcionalistických staveb i ocelodřevěná či ocelová, mnohdy technicky pozoruhodná.

Specifickými prvky jsou vystupující architektonické i funkční články fasád (konzolové balkony, terasy, přístřešky, římsy), většinou se skrytou nosnou konstrukcí z oceli, která může být v havarijním stavu.

(V textu citováno z publikace *Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích.*<sup>1)</sup>)

### Bytové domy z období 1950–2000 mimo panelovou výstavbu

Po druhé světové válce se sortiment používaných prvků zúžil, ale jeho těžiště spočívalo i nadále v používání cihel plných, dutinových tvárnice a tvárnice z lehkých betonů (nejčastěji ze škvárobetonu nebo struskové pemzy). V období přibližně 1948–1960 vznikají typizované zděné bytové domy, např. typ známý jako tzv. „Dvouletky“. Jedná se o bytové domy o třech nadzemních podlažích, zpočátku se

střechou šikmou, později stále častěji se střechou plochou. Od sedmdesátých let ovládají výstavbu bytových domů již téměř bez výjimky panelové technologie. Zděné bytové domy vznikají jen okrajově, obvykle svépomocí v rámci bytové družstevní výstavby, a jsou řešeny individuálně za použití tehdy dostupných stavebních materiálů.

V konstrukci stropů se uplatňuje řada materiálových variant na bázi dřeva, keramiky, betonu či oceli.

Jako tepelná izolace se zpočátku u podlah na terénu používaly desky Isoplast a později pěnový polystyren. Vnitřní stěny (příčky) jsou nejčastěji vyzdívané z cihel nebo z lehkých příčkových. Objevují se ale i betonové nebo lehké montované.

Od počátku šedesátých let jsou ploché střechy používány téměř na všech objektech.

Nejčastěji byly střechy jednoplášťové se spádem i beze spádu. Jako spádové nebo vyrovnávací vrstvy se používaly různé druhy násypů (škvára, struska, písek, popílek) nebo lehkých betonů (škvárobeton, keramzitbeton, struskobeton apod.), které plnily částečně i funkci tepelně izolační. Z důvodů zlepšení tepelně technických vlastností při současném vylehčení konstrukce se do skladby střech přidávaly desky z heraklitu nebo rohože z pěnového skla či ze skelné vlny.

Po zavedení hromadné výroby pěnového polystyrenu je jako tepelná izolace nejčastěji používán tento materiál; nejprve v tloušťce 50 mm a po revizi tepelně technických norem koncem sedmdesátých let v tloušťce 100 mm.

Dvouplášťové střechy byly rozšířeny především v klimaticky exponovaných oblastech. Horní plášť střechy byl nejčastěji dřevěný, keramický nebo silikátový, tepelnou izolaci tvořily obvykle rohože z minerálních vláken nebo polystyren.

(V textu citováno z publikace *Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích.*<sup>1)</sup>)

### ARCHITEKTONICKÁ HODNOTA

Možnosti zásahů do existujících staveb jsou omezeny z mnoha různých důvodů. Jedním z podstatných limitů je architektonická hodnota dochovaného stavu. V dané souvislosti půjde často o podobu fasád včetně oken a o charakter okolní zástavby. Mnohdy ale i o hmotovou konfiguraci či celkovou změnu orientace stavby změnou vnitřního uspořádání (ke světovým stranám, zdrojům hluku a znečištění apod.) a související změnou poloh a velikostí okenních výplní, doplněním pavlačí apod. Architektonická hodnota ulice, náměstí či návsí

může být významnější než kvalita fasády jednotlivého domu, jehož řešení by mělo vždy uvažovat širší urbánní souvislosti. Zvláštní skupinu tvoří stavby s kulturně-historickou hodnotou, ať již památkově chráněné či nikoli, a stavby v památkových rezervacích či zónách. Těm je věnován samostatný, závěrečný oddíl manuálu. Uvážlivý přístup a respekt zasluhují i kvalitní architektonická díla z nedávné doby. V případě úprav architektonických děl z dvacátého století je nutné dohledat jména jejich autorů, a pokud žijí či od jejich úmrtí uplynulo méně než 70 let, jsou úpravy podmíněny jejich souhlasem či souhlasem dědiců autorských práv. Pro situace, kdy jsou jména autorů zjištěna, ale získání kontaktních údajů na ně není v silách projektanta úprav objektu, je možné se obrátit na ČKA. V případě, že ani ČKA autora či dědice práv nenalezne, vystaví (pro případ později uplatněných práv) doklad o tom, že bylo toto úsilí vynaloženo.

#### **Členění stávajících staveb z hlediska architektonické hodnoty**

Posouzení architektonické hodnoty původního díla, možností jejího uchování, vhodnosti transformace nebo vnesení zcela nové architektonické kultury je vždy velmi individuálním tématem. Úvaha nad vztahem starého a nového je v době kontextuálního vnímání svědectvím architektovy senzitivity.

#### **Historická architektura**

Stavby středověké, renesanční, barokní a klasicistní budou předmětem úprav spíše výjimečně, a to jako substance staveb mladších. Jejich kulturní hodnota je většinou nesporná a obecně rozpoznána. Možnosti zásahů jsou většinou minimální, a to jak s ohledem na původní stavební technologii, tak většinou i na památkovou ochranu.

#### **Architektura 19. století a počátku 20. století**

Objekty velmi různorodého charakteru, mezi kterými nicméně převažuje řadový typ nájemního domu. Uliční fasády, ať již bohatě zdobené, či jen mělce profilované v klasicistních či raně moderních formách, byly předmětem výtvarného a řemeslného zpracování, reprezentace i sdělení nám již mnohdy nesrozumitelných. Plošné zásahy znamenají většinou jejich devalvací (srovnatelnou s řadou nezdařilých redukcí výzdoby, provedených v minulosti). Významnou součástí těchto průčelí jsou původní okna, dveře, balkony a řada uměleckořemeslných detailů. Jejich odstranění či výměny za novodobé prvky znamenají vždy újmu. Dvorní fasády byly většinou chápány utilitárněji, byť existují výjimky.

#### **Architektura první republiky, funkcionalismu a socialistického realismu**

Fasády jsou obvykle stále architektonicky velmi kvalitní. Dekorativní výzdobu nahrazuje výtvarná kvalita povrchu (ušlechtilé pohledové omítky, keramický obklad). Úvaha nečleněná = nehodnotná fasáda není opodstatněná. Tyto fasády pro svoji výtvarnou kvalitu zasluhují stejně citlivý přístup jako jejich bohatě zdobené předchůdkyně. Zachovat je vhodné nejen dochované ušlechtilé povrchy, ale i detaily architektonického řešení. Pro funkcionalistické stavby je např. velmi důležitý detail osazení okna vůči špaletě. Městské domy mívají náročně řešené obchodní partery s výkladci. Fasády socialistického realismu jsou zdobené sgrafity, domovními znameními, rámováním otvorů a mívají náznak tradičního článkování.

Problematickou skupinu tvoří funkcionalistické obytné domy a vily. Architektonická hodnota bývá vysoká, tepelně izolační vlastnosti mohou mít značné rozdíly, a to i v rámci jednoho objektu. Řešením mohou být vnitřní izolace. V případech nečleněných omítaných fasád lze zvážit i zateplení zvenku za předpokladu, že přidaná vrstva izolačního materiálu nebude příliš masivní a povrchová úprava bude kopií původní (pohledová omítka). Takové řešení ale není správné tam, kde by znamenalo odstranění hodnotné povrchové úpravy. Připomenout zasluhují v této souvislosti zejména dochované keramické obklady a povrchy z umělého kamene.

#### **Architektura od šedesátých let 20. století do současnosti**

Pro tuto skupinu staveb je ve srovnání s předchozími obdobími charakteristický plošný úpadek výtvarné a řemeslné kvality. Platí to nejen pro panelovou výstavbu, ale i pro převládající podobu rodinných domků. Existuje nicméně řada výjimek, mnohdy širší odborné veřejnosti zcela neznámých vynikajících nebo kulturněhistoricky hodnotných staveb. Opatrně je vhodné přistupovat také k úpravám staveb, které sice samy o sobě nejsou nijak významné, ale cenné je jejich okolí. Je-li náves znehodnocena nepovedenou novostavbou, může její úprava stav zlepšit, ale také zhoršit. Například uplatněním agresivní barevnosti.

Pro tuto skupinu stávajících staveb – až na připomenuté výjimky – není hodnota dochovaného stavu omezením. Naopak nové řešení je šancí na změnu k lepšímu.

## LITERATURA, ZDROJE

- 1 Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích, vydala: Česká energetická agentura, vypracoval: Stavebně technický ústav – E, a. s., listopad 1999.
- 2 Ekonomie energeticky úsporných opatření při uvažování odstranění zanedbané údržby, vydala: Česká energetická agentura, vypracoval: Stavebně technický ústav – E, a.s., říjen 2004.
- 3 BARTÁK K., KOHOUT J., TOBEK A.: Zednictví, 8., upravené a doplněné vydání, 2007.
- 4 ČSN 73 0540 (2007) Tepelná ochrana budov.
- 5 Interní podklady firmy A.W.A.L., s. r. o.

## ÚVODNÍ ROZVAHA (EKVIVALENT ARCHITEKTONICKÉ STUDIE) A PRŮZKUMY

Je-li pro novostavby úvodní projektovou fází architektonická studie, měla by pro obnovu či úpravu stávající stavby tomuto stupni odpovídat obdobná (a rovněž obdobně honorovaná) úvodní rozvaha, na základě které se bude klient dále rozhodovat. V případě úprav objektu na vyšší energetický standard může být předmětem rozvahy např. více variant úprav se srovnávacími výpočty úspor, návrh priorit souvisejících stavebních sanací, návrh architektonických změn, variantní komplexní cenová rozvaha apod.

### SMLOUVA

Předmět plnění úvodní rozvahy architekta, obsahující např. počet a charakter zpracovaných variant, očekávaný standard apod., by měl být přiměřeně stanoven smlouvou. Mnohdy totiž klient vyžaduje mnohem více variant, než je obvyklé, např. z důvodu kolektivní formy vlastnictví bytového domu, kde mají být uspokojeny velmi rozporuplné zájmy. V této souvislosti je rovněž nezbytné stanovit již ve smlouvě konkrétního zástupce objednatele, nejlépe jmenovitě, neboť změny volených orgánů družstev mohou znamenat komplikace a změny v přístupu klienta k rozpracovávanému projektu. V řadě případů lze navíc očekávat realizaci jen části projektu či realizaci po etapách. Tyto (klientem a architektem mnohdy nepředpokládané) situace mohou přinést řadu nedorozumění, kterým lze předejít například rozdělením vyšších stupňů projektu na více samostatných částí (dílcích projektů), a zejména přesným ujednáním o autorském dozoru (při etapové realizaci může být časově náročnější až několikanásobně). Rovněž by měly být ve smlouvě vyjádřeny předpokládané celkové investiční náklady, kterým má odpovídat odevzdaný projekt, a časové horizonty realizace, během kterých je architekt smlouvou vázán.

Smlouva by rovněž měla jednoznačně vymezit rozsah průzkumů (resp. v dílci programu Zelená úsporám *stavebně-technického posudku*) požadovaných klientem i architektem a způsob jejich objednání. Pořizuje-li je přímo klient, může být architekt konfrontován s jejich neúplností či nízkou kvalitou a jako zodpovědný projektant pak na sebe bere neúměrná rizika. Optimální je proto stav, kdy je zhotovitel průzkumů smluvním subdodavatelem architekta.

Smluvně je nutné řešit rovněž otázku zaměření objektu nebo kontroly zaměření existujícího. Zde platí totéž co u průzkumů. Vzhledem k tomu, že

pro ekonomické rozvahy a výkaz výměr jsou nutné velmi přesné údaje měření (plochy stěn, střech, tloušťky konstrukcí), mohou vést nepřesné podklady předané klientem ke znehodnocení celé projekční práce a architektka pak vystavit nezaviněným reklamacím vad díla.

### PRŮZKUMY (STAVEBNĚ TECHNICKÝ POSUDEK)

U bytových domů je programem Zelená úsporám vyžadován stavebně technický posudek, obsahující minimálně posouzení stability nosné konstrukce, její soudržnosti a jejích vlhkostních poměrů. Smyslem tohoto posouzení je „garance proveditelnosti a trvanlivosti zateplení nebo výměny oken v požadované kvalitě“. K tomu je nutné dodat, že toto posouzení je nanejvýš vhodné provést i u rodinných domů, kde to program nevyžaduje. Skladba průzkumů by měla být od počátku zaměřena na nejvíce riziková místa stavby, bez ohledu na to, zda jde o konstrukce dotčené předpokládanými úpravami, či nikoli. Eliminace havarijních a jiných trvale rizikových stavů by měla mít přednost před jakýmkoli jiným zdokonalením objektu včetně zateplení. I přes značnou rozdílnost staveb je pro koncepční rozhodnutí nutné mít dostatek informací přinejmenším o následujících rizicích:

- vlhkost,
- statika,
- kontaminace objektu nebo jeho prostředí.

Teprve po vyhodnocení těchto základních rizik má smysl provést standardní průzkumy a zaměření potřebné pro projekt. V případě výrazně nepříznivého výsledku první fáze poznání objektu totiž může být relevantní i krajní konstatování, že do objektu není vhodné investovat.

### Vlhkost

Zasažení objektu běžnou zemní vlhkostí vede většinou k sekundárním poruchám (degradace materiálů, statika, vnitřní klima). Možnosti sanace závisí na situování objektu (problematická může být např. u řadové zástavby), na stavebních konstrukcích, podsklepení apod. Návrh konkrétního způsobu odstranění vlhkosti by měl zpracovávat specialista, zejména v případě méně běžných sanačních metod, (vzduchové systémy, elektroosmóza, injektáže apod.). Návrhu sanace musí předcházet přesná měření vlhkosti v několika výškách i hloubkách zdiva a na více místech objektu. Případnému zateplení



sanovaného objektu musí předcházet vysušení původně vlhkého zdiva a nové měření vlhkosti.

I přes značné náklady patří zemní vlhkost k řešitelným defektům staveb, neleží-li její zdroj mimo řešený objekt (např. cyklické statické defekty v případě podmačení nestabilních svahů, písčitých podloží apod.).

Je-li stavba v záplavovém území, jde o omezení zásadní, kterému je nutné úpravy domu přizpůsobit. Téměř všechny systémy zateplení obsahují dutiny, které po naplnění vodou toto zateplení znehodnotí, resp. vytvoří potenciál následných poruch stavebně-fyzikálních. Zateplení by tedy nikdy nemělo zasahovat pod úroveň předpokládané povodně, v úvahu by přitom mělo být bráno i vzlínání povodňové vody nad tuto úroveň.

### Statika

Úvodní prohlídka za účasti statika by měla být samozřejmostí při jakémkoli zásahu do existujícího domu. Kromě posouzení viditelných poruch je investorovi vhodné doporučit provést preventivní ověření stavu a dimenzí zejména vodorovných nosných konstrukcí, které mohou mít skryté defekty (zejména stav dřeva v uložení zhlaví trámů v místech výskytu vlhkosti nebo míru prerezivění ocelových stropních nosníků ve vlhkém suterénu).

Ověření přítomnosti hlinitanových cementů v železobetonových konstrukcích je možné pouze sondáží a laboratorním rozbořem. Vzhledem k tomu, že jejich přítomnost má vliv na statickou soudržnost konstrukce a může vyvolat její nepředvídatelnou havárii, je nutné v meziválečných a některých poválečných železobetonových nosných konstrukcích alespoň namátkovým odběrem a vyhodnocením vzorků toto riziko snížit. Vyloučit ho sondáží úplně nelze, neboť hlinitanový cement může být v konstrukci použit i lokálně (při celoplošném odkrytí konstrukce by byl odlišitelný díky jinému zabarvení betonu). Sanace těchto konstrukcí patří k nejnáročnějším.

Nejfrekventovanějším (a mnohdy podceňovaným) statickým prvkem zateplováných fasád jsou jejich vystupující architektonické i funkční články (konzolové balkony, terasy, přístřešky, římsy, dekorace), většinou se skrytou nosnou konstrukcí z oceli, železobetonu, případně dřeva, která může být vlivem povětrnosti či stavební fyziky v havarijním stavu. Podle charakteru domu by měly tyto prvky být posouzeny sondážně, což je někdy reálné až během stavby. Projekt by měl v těchto případech obsahovat povinné odkrytí, odborné posouzení a variantní řešení pro zachovalý i dožilý stav. Na rozdíl od hlinitanů jde ale o problém stavebně většinou dobře řešitelný.

Specifickým konstrukčním typem jsou domy s celodřevěnou nosnou konstrukcí (srubovou, hrázděnou apod.), a to zejména v případech, kdy je tato konstrukce uzavřena mezi další vrstvy. Poznání skutečného stavu celé konstrukce je podmíněno jejím odkrytím na více místech. Stav se může v různých částech objektu velmi lišit, defekty lze očekávat v místech přístupu vody, která nemůže jednoduše vysychat (stěny koupelen, podokenní parapety, stropy pod úžlabími apod.). Dřevostavba zde může postupně ztratit svou nosnou funkci.

### Kontaminace objektu nebo jeho prostředí

Z hlediska kontaminace lze u některých stávajících obytných staveb předpokládat zvýšenou radioaktivitu stavebních hmot, způsobenou využíváním průmyslových odpadů při stavbě (a to i u staveb více než sto let starých), případně kamene z nevhodných lokalit.

Druhým možným zdrojem radioaktivity, ale i dalších negativních vlivů je podloží. Povinnost měření a eliminace půdního radonu je upravena tzv. atomovým zákonem a vyžadována při stavebních a kolaudačních řízeních. Zohlednění ostatních vlivů podloží – účinků anomálních záření fyzikálních polí Země (magnetického, elektrického, gravitačního, seismického) je dosud věnován jen Doporučený standard technický (DOS 3.12), vydaný ČKAIT v roce 2000 (autor E. Andres). Tento opomíjený, ale závažný jev (lidově pojmenovaný „geopatogenní zóna“) způsobují tektonické poruchy a nehomogeneity podloží. Kvalitní geofyzikální průzkum objektu a jeho okolí může pomoci zmapovat průběh poruch pod objektem.

Zjištění výše uvedených zdravotních rizik vyvolaných existující stavbou či jejím podloží mohou být pro klienta nepříjemná až nepřijatelná, neboť otvírají otázky relevance jakékoli investice do objektu (podobně jako u staveb v zátopových územích).

Pokud jsou radioaktivní pouze výplňové hmoty (nejčastěji násypy z popílku či strusky, škváry), lze situaci řešit jejich odstraněním (s adekvátní separací a likvidací odpadu).

V případě tektonických poruch může být plnohodnotným řešením dispoziční změna, situující do míst nad tektonickými poruchami obslužné a komunikační místnosti, které nejsou určeny ke stálému pobytu osob. Eliminace zdravotních rizik tak může vést k razantnější proměně domu pro životní styl na počátku 21. století.

U novostaveb by mělo být situování objektu mimo tato riziková místa samozřejmostí a geofyzikální průzkum by měl předcházet ne-li již koupi pozemku, pak alespoň návrhu stavby.

## ROZVAHA

Zjištění průzkumů, záměry investora a finanční zajištění využívající dotaci jsou hlavními vstupy pro celkovou rozvalu vedenou architektem. Výsledná rozvaha by měla být komplexní představou o dalším životě budovy, byť by měla být realizována jen určitá její část. Kromě sanace stavebních poruch a zhodnocení dispozic se bude jednat o kroky ke snížení spotřeby energií. Mezi nimi může opět hrát významnou roli úprava dispozice, např. vzájemným přesunutím nevhodně orientovaných místností (vzhledem k oslunění, možné změně velikosti oken, teplotě, na kterou jsou vytápěny). Teprve jako součást těchto úvah přicházejí na řadu opatření technická a často rovněž úprava nebo výměna dožilých inženýrských sítí objektu. Vzhledem ke „skladebnosti“ opatření bude asi vždy klient očekávat předložení variantních kombinací, doprovázených výpočtem dosažitelné energetické úspory.

Celkový potenciál úspor ovšem není jen pouhým součtem hodnot, protože realizací jednoho opatření se snižuje potenciál úspor dalších opatření. Energetický přínos jednotlivých opatření je udáván vůči výchozímu stavu, tedy např. po zateplení obvodových stěn se sníží spotřeba energie na vytápění a tím se změní i podíl energie, kterou lze ušetřit dalšími opatřeními.

Starší zástavba skýtá obrovský potenciál energetických úspor, který je dosažitelný komplexními obnovami. V zahraničí se mluví o Faktoru 10 neboli o desetinové spotřebě energie na vytápění po rekonstrukci. To znamená, že u domů, které se pohybují spotřebou energie na vytápění na hodnotách kolem 250 kWh/(m<sup>2</sup>.a), lze po komplexní obnově dosáhnout hodnot 25 kWh/(m<sup>2</sup>.a) a méně. V době, kdy není zcela jasná budoucnost cen energií, se tato opatření jeví jako nevýhodnější investice. U obnov existujících budov není nejdůležitější dosažení hranice pasivního standardu, tedy spotřeby energie na vytápění 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a), ale co nejvyšších ekonomicky odůvodnitelných energetických úspor oproti původnímu stavu.

Ovšem nejedná se jen o energetické úspory, které mohou posloužit jako motivace pro investory. Neméně lákavé je také navýšení komfortu či kvality vnitřního prostředí, které teplé povrchy stěn a oken vytvářejí. Nucené větrání prakticky bez tepelných ztrát zabezpečuje neustálý přísun čerstvého vzduchu. U komplexní obnovy objektu má vzduchotechnika i jiné opodstatnění. Utěsněním objektu se sice zmenší tepelné ztráty, ale mohou nastat problémy se zvýšenou vlhkostí, nevětrá-li se dostatečně. Se systémem vzduchotechniky se nemusíme obávat plísní či roztoců, protože vlhkost je odvětrávána kontinuálně.

Je důležité snažit se provádět co nejlepší možné energetické řešení budov vzhledem k informacím dostupným v dané době. Nesprávně provedená renovace může doslova škodit po řadu let, jelikož prvky a změny se navrhují na životnost po dobu celého životního cyklu (25–30 let). Během této doby mnohdy nelze z finančních i morálních důvodů opětovně vylepšovat stejné prvky. Příklad z běžné praxe – zateplením domu 50 mm polystyrenu v době, kdy víme, že i 200mm izolace není zbytečná, se zamezí radikálnímu vylepšení hospodárnosti celého objektu po dobu minimálně 20 let. Taková nevhodná řešení mohou při nárůstu cen energií způsobit velké znevýhodnění objektu.

Novostavby jsou zpravidla finančně o mnoho náročnější než obnova existujících staveb. V případě, že nosné konstrukce jsou vyhovující, je ekonomicky výhodnější objekt renovovat. Stávající objekty bývají obvykle na žádaných místech s funkční infrastrukturou, nové pozemky naopak na okrajích, v satelitních čtvrtích, na předměstích apod. Případná demolice budovy si vyžaduje značné náklady spojené se samotným odstraněním stavby a následným uložením odpadu. Bez započtení nákladů na demolicí činí renovace objektů na pasivní standard běžně mezi 30 a 50 % ceny novostavby (podle stavu objektu). Jedná se současně o velké časové úspory, protože většina prací při obnově může probíhat alespoň za částečného provozu. Výhodou je, že renovaci lze provádět i s omezeným rozpočtem, rozděleným na vhodné etapy (varianty), přičemž objekt je stále v provozu.

Obnovy budov kromě finančních úspor výrazně méně zatěžují životní prostředí. Stavební materiály obsahují velké množství vázané energie spotřebované při jejich výrobě. U renovací se množství použitého materiálu značně redukuje a odpadá mnohdy potřebná demolice a náklady spojené s uložením stavebního odpadu.

## VLIV ZMĚNY STAVBY NA STAVBU A JEJÍ OKOLÍ

Součástí rozvahy o rozsahu a způsobu stavebních úprav je zvážení dopadů předpokládaných změn stavby na její proveditelnost a efektivitu. Některé změny je nutné projednat ještě před zahájením stavebního řízení nebo ohlášení, protože mohou být pro realizaci limitující a je nutné mít je zajištěné smluvně nebo podložené vyjádřením dotčeného orgánu.

### Změna rozměrů stavby – přesah stavby na cizí pozemek

Zateplení je stavební úprava, která má vliv na změnu rozměrů stavby, jež může mít v některých

případech vliv na proveditelnost stavby. Jedná se o případ, kdy stavba stojí na hranici pozemku a zateplení by se mělo realizovat na pozemku souseda. To je možné pouze za podmínky, kdy stavebník má k tomuto pozemku právo založené smlouvou.

#### **Změna rozměrů stavby – změna detailů napojení na sousední stavbu**

Zateplení je stavební úprava, která má vliv na změnu detailu napojení stavby na sousední objekty. Jedná se o případy, kdy změnou rozměrů stavby se mění i detaily napojení na sousední stavbu a ty mohou být zdrojem následných reklamací nebo rozepří, pokud nejsou dojednané předem.

#### **Změna architektury objektu**

Zateplení je stavební úprava, která má vliv na změnu architektury objektu. Změna se projeví nejen úpravou rozměrů a proporcí, ale i strukturou povrchů a barev a případně dalšími výrazovými prostředky, které mohou mít zásadní vliv na kvalitu urbanizovaného prostředí, ve kterém stojí. Návrh takovéto změny stavby je součástí dokumentace, ke které dávají závazné stanovisko dotčené orgány, např. orgán péče o památky v památkově chráněném území nebo orgán ochrany přírody z hlediska krajinného rázu.

#### **Změna vnitřního prostředí**

Zateplení je stavební úprava, která má vliv na změnu kvality vnitřního prostředí. Výměnou oken a utěsněním všech spár v kombinaci se zateplením obálky budovy dochází k zásadní změně při způsobu větrání. Rozsah provedených úprav může vést až

k neprodyšně uzavřené obálce budovy, která pro zajištění normových hodnot bude vyžadovat již řízené větrání. Nerespektování těchto změn může vést ke vzniku plísní, nefunkčnosti některých zařízení a v krajním případě k ohrožení života a zdraví osob. Proto je rozhodnutí o rozsahu změn spojeno se stanovením standardu stavby.

#### **Dispoziční a konstrukční úpravy**

Změna standardu budovy vyvolaná zateplením obálky souvisí rovněž s nároky, které si vyžádají i dispoziční změny v souvislosti s instalací případné potřebné technologie. Je nutné zvážit i případné konstrukční úpravy v souvislosti s aplikací zateplení, které se projeví zejména ve stropních konstrukcích a střechách. U některých konstrukcí, které jsou poddimenzované, je nutná kompletní výměna nebo nákladné vyztužení.

#### **Požární ochrana**

Zateplení je stavební úprava, která má dopad i do požárně bezpečnostního řešení, které se týká bytových domů. Jedná se zejména o způsob provedení kontaktního pláště ve vztahu k požárními pásům, provedení požárních ucpávek mezi požárními úseky a zajištění odpovídajícího požárního větrání na únikových cestách.

#### **Možná opatření a jejich přínos pro uživatele**

Opatření	Přínos pro uživatele	Energetický přínos / úspory
Obnova a zateplení fasády	Zvýšení povrchové teploty vnitřních stěn, eliminace tepelných mostů a jimi vyvolaných poruch, možnost využití prostoru u obvodových stěn pro umístění nábytku bez rizika kondenzace vlhkosti a plísní	30–45 %
Tepelná izolace střechy, případně zobytnění půdního prostoru	Zvýšení povrchové teploty v místnostech pod půdou, ochrana proti letnímu přehřívání, cenově výhodné rozšíření obytných prostor	10–15 %
Úprava, výměna, případně změna formátů oken, změna kvality zasklení	Optimalizace přirozeného osvětlení místností	15–20 %
Tepelná izolace podlah, soklu	Zvýšení teploty podlahy	5–15 %
Nucené větrání s rekuperací tepla	Stálý přísun čerstvého vzduchu o pokojové teplotě – kvalita vnitřního prostředí, eliminace průvanu, účinné odvětrávání vlhkosti – zabránění tvorbě plísní, v hlukově exponovaných lokalitách snížení hlučnosti, prašnosti	10 %
Obnova systému vytápění, izolace rozvodů, regulace	Uživatelský komfort obsluhy systému, lepší regulovatelnost	15–30 %
Solární kolektory		až 70 % na přípravě TUV

## PROJEKT A REALIZACE

### DOKUMENTACE

*Následující text se převážně věnuje obecné problematice zateplování existujících staveb z pohledu stavebního práva. Na rozdíl od ostatních kapitol je v něm ale více akcentován program Zelená úsporám, neboť má některé specifické nároky na projekt a realizaci.*

Vedle splnění podmínek programu Zelená úsporám je třeba řešit požadavky stavebních a dalších předpisů. Prvním krokem, který by měl potenciální žadatel o dotaci z programu Zelená úsporám učinit, je dotaz na místně příslušném stavebním úřadu, v jakém režimu bude stavební úřad jím zamýšlenou úpravu posuzovat: zda stavební úprava bude vyžadovat stavební povolení nebo ohlášení, anebo ji bude možné realizovat bez stavebního povolení i bez ohlášení. Stavební zákon stanovuje, že zateplení budovy je vždy stavební úpravou. Pro stavební úpravy není třeba územní řízení. V programu Zelená úsporám nepřipadá v úvahu nástavba nebo přístavba stávající budovy (tj. na provedení nástavby či přístavby nelze získat dotaci), kde je územní řízení nutné.

#### Dokumentace minimálního rozsahu

V praxi to vypadá tak, že ve většině případů sdělí stavební úřad (jde hlavně o rodinné domy), že zamýšlené úpravy lze provádět bez ohlášení a bez stavebního povolení. Pak připadá v úvahu tzv. dokumentace minimálního rozsahu dle podmínek programu Zelená úsporám.

Zpracování takové dokumentace není vybranou činností ve výstavbě. Zpracovat ji může každá osoba při splnění podle podmínek programu Zelená úsporám osoby uvedené v tabulce „Oprávnění zpracovatelé“ na webu SFŽP.

Stavebníci se vesměs domnívají, že stavební úpravy a udržovací práce prováděné bez ohlášení a bez povolení jsou zcela mimo režim stavebního zákona, což je hluboký omyl. Tak např. o zahájení prací na stavbách osvobozených od povolení je stavebník povinen v dostatečném předstihu informovat osoby těmito pracemi přímo dotčené, dbát ochrany majetku a prováděním prací být šetrný k sousedství.

Poznámka: Udržovací práce na stavbě, která je kulturní památkou, vyžadují ohlášení stavebnímu úřadu. Závazné stanovisko orgánu péče o památky si musí vyžádat vlastník národní kulturní památky a kulturní památky, jestliže zamýšlí provést údržbu

nebo stavební úpravy kulturní památky nebo jejího prostředí. Podobně je tomu v případě stavby, která se nachází v památkové rezervaci, památkové zóně nebo v ochranném pásmu památkově chráněných nemovitostí. Při stavebních úpravách, které mění vzhled budovy, musí být dbáno na krajinný ráz, je-li hož dodržení posuzuje orgán ochrany přírody.

#### Dokumentace ke stavebnímu povolení nebo ohlášení

V případě, že stavební úřad stanoví, že stavební úprava je podmíněna vydáním stavebního povolení nebo postačí ohlášení, pak je nutné doložit projektovou dokumentaci, která musí být zpracována osobou autorizovanou v příslušném oboru dle zákona č. 360/1992 Sb. v rozsahu požadovaném stavebním zákonem a jeho prováděcími vyhláškami. Pro získání dotace z programu Zelená úsporám je nutné tuto dokumentaci rozšířit o odborný posudek, nejlépe od kvalifikovaného specialisty v oboru tepelné techniky, a v případě bytových domů o stavebně technický posudek, který může zpracovat autorizovaný inženýr v oboru pozemní stavby, statika a dynamika staveb, technika prostředí staveb nebo autorizovaný technik v oboru pozemní stavby, technika prostředí staveb. Jde především o statické posouzení stavební konstrukce budovy a o posouzení vlhkostních poměrů (viz tabulka „Oprávnění zpracovatelé“ na webu SFŽP programu Zelená úsporám). V souvislosti se získáním souhlasu s ohlášením stavební úpravy je nutné závazné stanovisko, popř. vyjádření dotčených orgánů. Kdo je v konkrétním případě dotčeným orgánem, vyplývá ze zvláštních předpisů.

#### Dokumentace pro provedení stavby

Pro účely provedení zateplení obálky budovy se dokumentace zpracovává jako jednostupňová a slouží pro zajištění povolení k realizaci stavby a současně pro poskytnutí dotace z programu Zelená úsporám, kde je navíc podmínkou užití schválených materiálů uvedených v seznamu uvedeném na webu. U zásahů, které přesahují objem stavebních úprav pouze pro poskytnutí podpory Zelená úsporám, a v případě složitějších zásahů je nutné zpracování prováděcí dokumentace včetně detailů aktualizovaných v rámci vývoje stavby, kdy je nutné reagovat na stav rozkrytých konstrukcí. Dokumentace pro provedení stavby je účinným nástrojem pro kontrolu provádění stavby a jejího finančního plnění.

Zateplení pláště dokončené stavby je podle § 2 odst. 2 písm. c) stavebního zákona stavební úpravou. Hovoříme-li o dokončené stavbě, je nutno tím rozumět stavbu nejen stavebně dokončenou, ale i uvedenou do užívání kolaudačním rozhodnutím nebo podle okolností postupem podle § 120 stavebního zákona (ohlášení užívání stavby) anebo vydáním kolaudačního souhlasu podle § 122 téhož zákona.

Zmíněnou stavební úpravou dojde sice k rozšíření půdorysu stavby; toto rozšíření však není z hlediska stavebního zákona považováno za přístavbu. Může také dojít ke zvýšení stavby v případě zateplení střechy; i v tomto případě se jedná o stavební úpravu, nikoli o nástavbu.

**Zateplení budovy musí být provedeno na pozemku vlastníka stavby.** Dojde-li k přesahu na cizí pozemek, nejedná se o řešení, které by bylo v rozporu s § 23 odst. 2 vyhl. č. 501/2006 Sb. V tomto ustanovení se hovoří o povinnosti umísťovat stavby tak, aby stavba ani její část nepřesahovala na cizí pozemek. Zmíněné ustanovení je zařazeno v části vyhlášky upravující požadavky na umísťování stavby. Zateplení pláště dokončené stavby je stavební úpravou, pro kterou se nevydává rozhodnutí o umístění stavby. Nicméně obecná ochrana vlastnictví nedovoluje, aby stavebník mohl, byť stavební úpravou, rozšířit svoji stavbu na cizí pozemek. **K provedení takové stavební úpravy s trvalým použitím cizího pozemku musí mít vlastník stavby k tomuto cizímu pozemku právo založené smlouvou.** Buď prodejem potřebné části pozemku, anebo zřízením práva odpovídajícího věcnému břemeni. K nemovitostem evidovaným v katastru nemovitostí se podle § 1 odst. 1 zákona č. 265/1992 Sb. zapisuje vlastnické právo, zástavní právo, právo odpovídající věcnému břemeni a předkupní právo s účinky věcného práva.

Zateplením stavby dojde rozšířením jejího půdorysu ke změně vzdálenosti stavby od sousedního pozemku a od sousední stavby. Vzdálenosti rodinných domů od sebe navzájem a od společné hranice jsou stanoveny § 25 odst. 2 vyhl. č. 501/2006 Sb. a na území hl. m. Prahy čl. 8 odst. 3 vyhl. č. 26/1999 Sb. HMP. Dojde-li stavební úpravou ke zmenšení vzdálenosti pod přípustnou hranici, je nutné posoudit možnost takového řešení v řízení o povolení výjimky. Z obou uvedených ustanovení je udělení výjimky možné.

Zateplení již dokončené stavby je, jak již bylo řečeno, stavební úpravou. Stavební úpravu lze při splnění podmínek § 103 odst. 1 písm. h) stavebního zákona realizovat bez povolení a bez ohlášení. Jinak taková stavební úprava vyžaduje stavební povolení.

Zateplení stavby, která ani zateplením nepřekročí parametry § 104 odst. 1 stavebního zákona (viz též § 3 vyhl. č. 526/2006 Sb.), je možno provést na zá-

kladě ohlášení podle § 105 téhož zákona. Projektová dokumentace pro ohlášení musí být zpracována autorizovanou osobou.

Zateplení budovy, jakožto stavební úprava, je změnou stavby ve smyslu § 2 odst. 2 stavebního zákona. Způsob provádění této stavební úpravy (dodavatelsky, svépomocí) závisí na tom, zda k realizaci zateplení postačí ohlášení podle § 104 odst. 2 písm. a) a § 105 stavebního zákona, anebo je realizováno bez stavebního povolení nebo ohlášení (§ 103 odst. 1 písm. h) stavebního zákona). Podle § 160 odst. 3 stavby (a jejich změny) uvedené v § 103 a 104 mohou být prováděny svépomocí. Není vyžadována realizace této změny stavby stavebním podnikatelem. Musí však být provedena osobami, které k realizaci takové změny mají potřebné živnostenské oprávnění, zpravidla v živnosti řemeslné, s tím, že u staveb pro bydlení a u staveb, které jsou kulturní památkou, musí stavebník (vlastník stavby) zajistit dohled nad prováděním prací osobou s autorizací (stavbyvedoucím).

V ostatních případech musí být podle § 160 odst. 1 stavebního zákona stavební úprava prováděna pouze dodavatelsky stavebním podnikatelem [viz § 2 odst. 2 písm. b) stavebního zákona].

Ten musí zajistit stavbyvedoucího a stavebník technický dozor, a v případech, kdy byla zpracována projektová dokumentace, i autorský dozor (§ 152 odst. 4 stavebního zákona).

#### Využití obnovitelných zdrojů pro vytápění a přípravu teplé vody

Výměna zdrojů na tuhá a kapalná fosilní paliva nebo elektrického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla – tedy změna vytápění – bude vyžadovat stavební povolení. Vyplývá to z ustanovení § 103 odst. 1 písm. b) bod 5. stavebního zákona a z ustanovení § 77 odst. 5 zák. č. 458/2000 Sb., podle kterého změna způsobu dodávky nebo změna způsobu vytápění může být provedena pouze na základě stavebního řízení se souhlasem orgánů ochrany životního prostředí a v souladu s územní energetickou koncepcí.

Instalace nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel do novostaveb musí být řešena již v povolovacích dokumentech (stavební povolení, veřejnoprávní smlouva, certifikát autorizovaného inspektora, ohlášení podle § 104). Byla-li stavba již povolena, ale nedokončena (rozestavěná stavba) a v projektové dokumentaci nebyla řešena instalace nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel, lze k žádosti stavebníka povolit rozhodnutím změnu stavby před dokončením podle § 118 stavebního zákona.

Instalace solárně termických kolektorů podle § 103 odst. 1 písm. b) bod 6. stavebního zákona nevyžadují ani stavební povolení, ani ohlášení.

## PODMÍNKY KVALITNÍ REALIZACE

### KONTROLA A ZAJIŠTĚNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

#### Stavebně technický posudek

Před provedením stavebně technického posudku by měl být k prohlídce objektu přizván statik, hlavně v případě viditelných poruch na konstrukcích domu, při výskytu vlhkostních poruch jak v suterénních nebo přízemních prostorech, tak i v konstrukci střech nebo krovů. Statik by měl posoudit, zda se jedná o poruchy nosných prvků, či pouze poruchy výplňových konstrukcí bez rizika pro statickou funkci nosných konstrukcí.

#### Konstrukce, statika

U objektů stavených tradičními technologiemi se nejčastěji vyskytují vlhkostní poruchy v místech styku objektu se zeminou a u střešních konstrukcí. Protože při provedení zateplení objektů a výměně oken dochází většinou k výrazné změně mikroklimatu a větrání objektu, dojde také ke zvýraznění těchto poruch. Je proto třeba provést detekci zdrojů vlhkosti a návrh odstranění těchto poruch. Je také nutné posoudit vliv těchto poruch na nosné konstrukce staveb. Zejména u staveb s nosnými dřevěnými konstrukcemi lze předpokládat jejich narušení plísněmi a dřevokaznými houbami. Proto je vhodné u objektů s těmito poruchami provést u dřevěných konstrukcí mykologický průzkum. Jedná se zejména o zhlaví dřevěných trámů a také konstrukce krovů, kde docházelo například k zatékání.

U objektů s plochými střechami se mnohdy projevují poruchy způsobené nedostatečnou dilatací střešního pláště od konstrukce atik spojenou s nedostatečnou tepelnou izolací střešní konstrukce.

#### Přetížení stávajících konstrukcí a kotvení zateplovacích systémů

Základním krokem je stanovení namáhání stávajících konstrukcí tíhou konstrukce zateplení s konečnou úpravou fasády a tíhou nových skladeb střešních konstrukcí. To má zásadní vliv na návrh systému zateplení hlavně u střešních konstrukcí. Např. u konstrukcí krovů, kde se kromě tepelné izolace ještě nově přidává konstrukce podhledu na interiérové straně, překračuje mnohdy zatížení dovolené namáhání jednotlivých prvků krovu. U konstrukcí plochých střech je problém se zajištěním nového souvrství střechy proti sání větru. Zajištění pomocí dodatečného přetížení střešního

pláště kačírkiem nebo často používanými betonovými dlaždicemi může také ohrozit stabilitu nosné konstrukce střechy.

Pro správné provedení zateplení je třeba stanovit správné kotvení jak fasádních, tak střešních systémů zateplení. Proto je třeba určit namáhání obvodového pláště tlakem a sáním větru v jednotlivých částech objektu a provést následující zkoušky:

Odrhové zkoušky pro stanovení pevnosti povrchové vrstvy v tahu dle ČSN EN 1542 Zkušební metody – Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou.

Stanovení odolnosti hmoždinky proti vytržení in situ dle postupu ETAG 014.

#### Kotvení dalších konstrukcí

Na domech se nacházejí také další konstrukce, které jsou kotvené k obvodovému plášti, jako jsou zábradlí, markýzy, držáky pro antény a satelity, sušáky prádla atd. Před provedením zateplení je nutné tyto konstrukce odstranit a buď je nahradit novými, nebo navrhnout nový systém jejich kotvení. Je třeba počítat s tím, že většina kotevních prvků bude procházet zateplovacím systémem a tím se dostanou do kondenzační zóny. Je proto nutné při jejich návrhu uvažovat se zvýšeným namáháním vlhkostí.

#### SANACE VLHKÉHO ZDIVA

Jak již bylo na jiných místech manuálu zmíněno, budova může být zateplena jen tehdy, pokud má funkční hydroizolační systém a pokud je vlhkost vyvíjená v důsledku jejího provozu spolehlivě odvětrána. Před zahájením prací je proto nutné posoudit vlhkostní stav budovy včetně kvality izolací, případně určit příčiny zavlhčení a možné způsoby jejich odstranění.

Hlavní zdroje nadměrné vlhkosti zdiva jsou obvykle: kapilární vztlínání vody, prosakování vody, kondenzace vodní páry a hygroskopický příjem vlhkosti. Spolu s vodou se ve zdivu pohybují rozpuštěné soli, které na povrchu zdiva vytvářejí výkvěty a hygroskopické mapy. Příčiny zavlhčení nemusí být vždy jednoznačné, jejich projevy se často překrývají a bez podrobnějšího průzkumu je lze jen odhadovat.

Průzkumu v terénu předchází shromáždění dostupných podkladů ke stavbě i okolí. Důležité



Osazení oburátorů do vrtů při tlakové injektáži

informace podají původní plány a související průzkumy (např. statický, kominický nebo radonový). Velmi důležitá je znalost stavu inženýrských sítí (kanalizace, vodovodních řadů, ústřední topení), neboť jejich poruchy představují obvykle velmi významnou část celkových poruch. Orientačně je nutné znát i inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry, hlavně propustnost vrstev podloží a úroveň spodní vody včetně kolísání dle množství srážek.

Součástí průzkumu by vždy mělo být ověření vlhkosti v typických místech stavby na povrchu a v hloubce zdiva. Hodnoty se porovnávají mezi sebou a s rovnovážnou vlhkostí a maximální nasákavostí materiálu. Za univerzální je považována metoda, kdy se v měřeném místě pomocí sekáče nebo vrtačky odebere vzorek, jenž je v laboratoři zvážen, vysušen a posléze opět zvážen. Rozdíl představuje hmotnost vody, která byla ve vzorku obsažena. V případě cihelného zdiva nebo vápenné malty s max. nasákavostí přibližně 20 % se za hygienické kritérium považují hodnoty kolem vlhkosti 3 % (za normální vlhkosti vzduchu).

Při sanaci zdiva je vždy nutné nejprve odstranit zjevné příčiny zvlhčení a teprve posléze řešit jejich důsledky. V praxi nevystačíme jen s jediným opatřením, ale musíme je vhodným způsobem kombinovat. Důležité je, že vlhkost je třeba z konstrukce nějakým způsobem odvést a zdivo od zdroje vlhkosti izolovat. Na izolaci stěn musí souvisle navazovat izolace sousedních konstrukcí. Nezbytné je i dobře odhadnout změny vlhkostního režimu v důsledku zateplení budovy.

### Zdivo nad terénem

V případě zateplování starších budov se pro vodorovné izolace stěn nejčastěji používají mechanické způsoby, kdy se izolace vkládá do spáry, a injektážní metody, při kterých se zdivo napouští účinnou látkou. Tzv. vzduchové metody, které využívají pro odvedení vlhkosti ze zdiva proudícího vzduchu, jsou méně účinné, a tudíž méně vhodné. Využíváme je spíše jako pojistné opatření nebo pro snížení radonu. Pro potlačování kapilárního vztlínání zdivem někteří projektanti navrhuji elektroosmotické metody. Na jejich účinnost má však odborná veřejnost velmi odlišné názory, neboť praktické výsledky nejsou jednoznačné.

**Mechanické způsoby** jsou dlouhodobě nejspolehlivější. Vodorovnou izolaci vkládáme do otvorů vybourávaných ve zdivu nebo do proříznuté spáry. Jako izolační materiál se používají pásy s vyšší tuhostí – ze skelného laminátu, z PVC nebo polyetyleny. Postupné vybourávání zdiva bývá velmi pracné, v cihelném zdivu lze spáru snadněji vytvořit

řetězovými pilami. Podřezávání stěn řetězovými pilami je určeno pro cihelné zdivo s průběžnou spárou do tloušťky zhruba 0,6 až 0,9 m. Smíšené nebo kamenné zdivo se podřezává diamantovým lanem. Cihelné nebo smíšené zdivo s průběžnou ložnou spárou lze také izolovat vtačováním zahrocených nerezových plechů pomocí beranidel. Proti klasickému podřezání je ušetřeno hned několik pracovních kroků: čištění spáry, manipulace s izolací, klínování zdiva proti sedání a injektování spáry po vložení izolace.

Výhoda mechanických metod – totální přerušení pohybu vlhkosti – je u starších staveb mnohdy nevýhodou. Dojde k uzavření vlhkosti pod izolací a hrozí, že vlhké partie budou v zimě odmrzat. Tuto oblast musíme vždy zateplit. Nejlépe tak, aby se vlhkost mohla ze zdiva odpařovat. Komplikace nastávají u stěn větší tloušťky, nehomogenního zdiva a složitějších půdorysných profilů. Provádění také může ovlivnit statiku budov, zejména u klenutých staveb. Metoda vyžaduje větší manipulační prostor, obvykle není možné vytvářet pracovní spáru přímo v úrovni izolace podlahy, ale v malé výšce nad ní. Zde je pak třeba dořešit napojení izolací, aby byl systém vodotěsný.

Další vhodné řešení představuje **injektáž zdiva** vhodnou látkou, která pronikne do pórů stavebních hmot. Vrtvy ve zdivu je zapotřebí uspořádat tak, aby látka pronikla do celé izolované oblasti. Obvykle se vytvářejí ve vzdálenostech přibližně 120–150 mm od sebe, kolmo nebo šikmo k povrchu (asi 0–30°) a v délce k protějšímu líci zdiva zkrácené max. o 100 mm. Do tloušťky zdiva přibližně 0,9 m lze injektovat jen z jedné strany, při větších tloušťkách se doporučuje navrtat stěnu z obou stran. Průměr vrtů (asi 12–40 mm) a jejich vzdálenost odpovídá konkrétnímu typu izolační látky a způsobu injektáže. Látku lze do konstrukce napouštět pod tlakem pomocí speciálních pump nebo volně, jen za atmosférického tlaku (např. ze zavěšených nádobek nebo nálevkami).

Účinnost injektážní látky závisí na penetrační schopnosti. Látky založené převážně na těsnicím principu (např. cementové suspenze nebo polyuretanové a akrylátové pryskyřice) mají proti vztlínání vody nižší účinnost, neboť zaplňují hlavně velké póry, kde se kapilární transport tolik neuplatňuje. Jejich těsnicí schopnosti se využívají proti prosakující vodě. Vhodné jsou v případě kompaktního lomového zdiva, kdy těsníme hlavně ložné spáry. Nejlepší penetrační schopnost mají hydrofobizační prostředky (např. silikonové mikroemulze), jejichž částice jsou daleko menší. Umožňují difuzi vodní

páry zdívem, obecně tedy i plynů. Lze je aplikovat i ve formě krémů. Nehodí se však, máme-li stavbu zároveň izolovat proti radonu. Kompromisem je injektáž „kombinovanými“ prostředky, u nichž je těsnicí složka z vodního skla s nízkým obsahem alkálií doplněna hydrofobní látkou.

Oproti podřezání je účinnost injektážních metod nižší, nikdy nedojde k úplnému přerušení kapilárního systému. U materiálů citlivých na obsah vlhkosti (např. opukové zdivo nebo vepřovice), kdy by výrazné snížení vlhkosti mohlo vést ke statickým poruchám, představuje tato skutečnost dokonce určitou výhodu. Injektáže jsou i značně variabilní: vhodným nastavením směru a sklonu vrtů lze vykrýt složitější půdorysné profily nebo propojit různé výškové úrovně izolací.

### Obnova svislých izolací

Pokud je hlavní příčinou poruch voda pronikající z přilehlé zeminy, je nutné zdivo odkopat a provést kvalitní rubovou izolaci. Jen zřídka lze izolaci dimenzovat na zemní vlhkost. Většinou jsou v okolí starších staveb různé ulehle navážky, které zadržují prosakující vodu (srážkovou nebo z poškozených podzemních sítí). Z tohoto důvodu se svislé izolace zesilují a výkopy musí být odvodněny drenáží. Izolace by měly být dobře chráněny proti poškození, nejlépe drenážní vrstvou. Při zateplování spodní stavby lze obě funkce spojit např. osazením drenážních desek z extrudovaného polystyrenu. Drenáž by měla být navržena tak, aby byla funkční po celou dobu životnosti stavby. Často se zapomíná na budoucí údržbu a osazení revizních šachet. Kromě klasických asfaltových pásů se pro vodotěsné izolace starších staveb dobře uplatňují stěrkové systémy, které kopírují nerovný povrch zdiva nebo tvarově velmi složité detaily. Pro vnější izolace se používají bitumenové stěrky, pro vnitřní izolace pod omítku nebo na sokly minerální povlaky na cementové bázi.

Za izolační opatření nelze považovat osazení samotných profilovaných plastových fólií. Výsledkem má být separace budovy od vlhké zeminy a postupné odpaření vlhkosti ze zdiva perforovanou lištou u terénu, případně otvory na fasádu. Řešení je systémově vadné – profilované fólie nelze vodotěsně spojit (nejedná se tedy o izolaci) a výška profilu bývá tak malá, že zde vzduch neproudí. Problémem je i ukončení fólie u terénu, kudy zatéká ke zdivu voda, a postupné zaplňování profilu rozpadajícím se zdívem.

### Povrchové úpravy

Vlhkost zdiva také zvyšují nevhodné úpravy povrchů – parotěsné nátěry na vnějším povrchu



stěn, tvrdé cementové omítky, kabřincové obklady. Ty mohou dobře sloužit, jen pokud je hydroizolační systém plně funkční a hlavním zdrojem zvlhčení je jen srážková voda. Jinak platí, že směrem k vnějšímu líci zdiva by měl difuzní odpor klesat, aby se mohla vlhkost dobře odpařovat. Při zateplování se na zdivo se zbytkovou vlhkostí upřednostňují difuzně otevřené systémy s ventilační vrstvou pod tepelnou izolací.

Součástí sanace interiéru by měly být i úpravy ke snížení zasolení, např. formou sanačních omítek. Jinak se na povrchu zdiva vyskytnou defekty v důsledku krystalizace solí. Také povrch zasoleného zdiva by měl být na vnějším líci před zateplováním stabilizován, např. sanační omítkou. Krystalizující soli totiž mohou ve vyšších koncentracích zhoršit přídržnost tepelné izolace nebo vyřadit z provozu ventilační mezivrstvu.

### Údržba staveb po sanaci

Nesmíme zapomenout, že po realizaci stavebních prací bývá uvnitř budovy po určitou dobu vysoká vlhkost. Souvisí to i s vnesenou technologickou vlhkostí. Součástí sanace by mělo tedy být i vysoušení zdiva vytápěním a větráním nebo pomocí speciálních přístrojů. Správná péče o stavby je důležitá i po provedené sanaci.

- V rámci možností je třeba eliminovat zdroje vodní páry a budovu pravidelně a opakovaně větrat. Větrací průduchy by měly být řešeny tak, aby byla možná plynulá regulace přívodu a odvodu vzduchu v obdobích s vysokou vlhkostí vzduchu (na jaře a na začátku léta) a při velkých mrazech. Pro snížení vlhkosti zdiva má smysl takové větrání, kdy je teplota v místnosti vyšší než venkovní. Bezprostředně po dokončení stavby není vhodné přisazovat vnitřní vybavení těsně ke zdem, ale tak, aby zde mohl proudit vzduch.

- Častou příčinou poruch vnitřních stěn je zatékání do komínových těles. Průduchy velkých rozměrů by měly být upraveny tak, aby do interiéru nezatékalo a zároveň bylo umožněno odvětrání vlhkosti z místností. Komínová tělesa musí být čištěna od popela a sazí.

- K opravám omítek, např. po elektroinstalacích, nelze ve vlhčích objektech používat sádku, která je hygroskopická, ale jen klasické nebo sanační malty. Také elektroinstalace nelze přichytávat sádkovými terčí, ale např. rychlovačným cementem nebo stavebními lepidly.

- Výmalbu místností je zapotřebí obnovovat nátěry s vysokou paropropustností. Nevhodné jsou běžné malířské barvy, jejichž organické složky tvoří živnou půdu pro růst plísní. Dlouhodobě se osvědčují



Podřezávání diamantovým lanem, zdroj TRANSAT architekti



Srovnání líce podřezaného zdiva před aplikací svislé bitumenové stěrkové izolace, zdroj TRANSAT architekti

minerální nátěry – vápenné nebo silikátové barvy, které mají díky vysoké alkalitě i biocidní účinky.

Majitel se musí rovněž postarat o pravidelnou údržbu obvodového pláště a okolí stavby.

- Nezbytné je průběžně kontrolovat stav střechy včetně klempířských prvků. Krytina může být působením větru uvolněná a do střechy zatékat voda. Problematické bývá oplechování na styku střechy a sousedních stěn nebo kolem komínů. Pozor na zaatikové žlaby! Nejlépe je obejít budovu během přívalových srážek a vysledovat závady a netěsnosti.
- Samozřejmostí by mělo být pravidelné čištění dešťových žlabů a svodů včetně lapačů střešních splavenin a dvorních vpustí. Čištění je třeba provádět minimálně dvakrát ročně, před začátkem a po konci zimního období. V klimaticky náročných oblastech se doporučuje zajišťovat průchodnost dešťových instalací pomocí topných kabelů, které rozpouštějí sníh a led.
- Drenážní potrubí se čistí proplachováním pomocí revizních šachet. Je-li stavba situována v území s vysokou hladinou spodní vody, sledujeme průběžně vodu ve studnách a jímkách a ověřujeme funkčnost čerpacích zařízení.
- Pravidelně musí být opravovány povrchové úpravy pláště. Plochy více namáhané srážkovou vodou by měly být vodoodpudivé. U vrstvených konstrukcí platí, že směrem k vnějšímu líci by měl klesat difuzní odpor jednotlivých vrstev.
- Při opravách je nezbytné důsledně zachovávat příčné spádování architektonických prvků od svislých ploch, např. u říms nebo soklů. Předsazené prvky by měly být upraveny tak, aby z nich srážková voda okapávala.
- Plochy přiléhající k budovám by měly být spádovány tak, aby dobře odváděly dešťovou vodu nebo tající sníh. Je nutné pravidelně odstraňovat náletovou zeleň a další nečistoty. Bezprostředně podél stěn by neměly být ukládány předměty nebo materiály umožňující transport vlhkosti a solí do zdiva. Běžným nešvarem jsou např. haldy písku nebo stavební suti.

Zanedbání základní údržby může vést k těžko vyčíslitelným škodám. Důraz by zde měl být kladen hlavně na preventivní ochranu, která je šetrnější a výrazně levnější než pozdější sanace.

## DRUHY STAVEBNÍCH ÚPRAV

### IZOLACE OBVODOVÝCH STĚN

Stavební materiál obvodových zdí je u rodinných domů natolik rozmanitý, že je složité jej vůbec vhodně seřadit.

Následující tabulka dokumentuje současné požadavky státní normy na součinitel prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] stěnou s převažující vnitřní návrhovou teplotou 20 °C. Je jasné vidět, že žádný ze zde uvedených materiálů sám o sobě nespĺňuje normové požadavky na prostup tepla obálkou budovy. Obecně tyto požadavky splňuje zdivo s 80–100 mm izolace, v případě plynosilikátových tvárníc s minimálně 60 mm izolace. Z hlediska neustále se zvyšujících nároků na tepelnou ochranu budov je však vhodné navrhovat minimálně doporučené hodnoty na součinitel prostupu tepla.

Z hlediska ekonomické návratnosti je určitá tloušťka izolace, která je optimální, tedy že během životnosti zateplovacího systému uspoří co nejvíce financí po odčítání vstupních nákladů. Ekonomicky vhodná tloušťka se pohybuje mezi 150 a 300 mm izolantu.

### ROZDĚLENÍ ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ

Zateplení budov lze rozdělit podle umístění v konstrukci na:

- vnější zateplení,
- vnitřní zateplení.

Vnější zateplovací systémy lze rozdělit podle aplikace:

- kontaktní zateplovací systémy (tzv. ETICS),
- provětrávané zateplovací systémy.

Součinitel prostupu tepla  $U$  je se započtením normových odporů při přestupu tepla na vnitřní a venkovní straně stěny  $R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  a  $R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Konstrukce obvodového zdiva	Tloušťka zdiva v mm	Lambda $\lambda$ W/m.K	Tepelný odpor $R$ $\text{m}^2\text{K/W}$	U zdiva $\text{W/m}^2\text{K}$	Výsledný součinitel prostupu tepla $U$ po zateplení polystyrenem EPS 100 F ( $\lambda$ 0.036 W/m.K)							
					40 mm	50 mm	60 mm	80 mm	100 mm	120 mm	200 mm	240 mm
EPS 100 F		0,036			0,90	0,72	0,60	0,45	0,36	0,30	0,18	0,15
obyčejný beton	250	1,09	0,23	2,50	0,66	0,56	0,48	0,38	0,31	0,27	0,17	0,14
cihly plné	300	0,77	0,39	1,79	0,60	0,51	0,45	0,36	0,30	0,26	0,16	0,14
	450	0,78	0,58	1,33	0,54	0,47	0,41	0,34	0,28	0,24	0,16	0,13
	600	0,77	0,78	1,05	0,49	0,43	0,38	0,32	0,27	0,23	0,15	0,13
cihly CDm	240	0,51	0,47	1,56	0,57	0,49	0,43	0,35	0,29	0,25	0,16	0,14
	375	0,52	0,72	1,12	0,50	0,44	0,39	0,32	0,27	0,24	0,16	0,13
plynosilikát	300	0,19	1,58	0,57	0,35	0,32	0,29	0,25	0,22	0,20	0,14	0,12
	400	0,19	2,1	0,44	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,13	0,11
škvárové tvárnice	300	0,47	0,64	1,23	0,52	0,45	0,40	0,33	0,28	0,24	0,16	0,13
	400	0,48	0,84	0,99	0,47	0,42	0,37	0,31	0,26	0,23	0,15	0,13
CD INA A	365	0,34	1,08	0,80	0,42	0,38	0,34	0,29	0,25	0,22	0,15	0,13
tvárnice Calofrig	290	0,33	0,88	0,95	0,46	0,41	0,37	0,31	0,26	0,23	0,15	0,13
	440	0,33	1,34	0,66	0,38	0,34	0,31	0,27	0,23	0,21	0,14	0,12
Porotherm	300	0,19	1,6	0,56	0,35	0,32	0,29	0,25	0,22	0,20	0,14	0,12
	440	0,18	2,5	0,37	0,26	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,12	0,11
YTONG	300	0,12	2,5	0,37	0,26	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,12	0,11
	365	0,12	3	0,32	0,23	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,11	0,10

#### Legenda:

- Hodnoty  $U$  nevyhovující požadavkům státní normy ČSN 73 0540-2
- Hodnoty  $U$  vyhovující požadovaným hodnotám státní normy ČSN 73 0540-2
- Hodnoty  $U$  vyhovující doporučeným hodnotám státní normy ČSN 73 0540-2
- Hodnoty  $U$  vyhovující doporučeným hodnotám pro pasivní domy

## VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ

Vnější zateplovací systémy jsou nečastějším způsobem tepelné izolace objektů. Jejich největší výhodou je celistvost tepelně izolační vrstvy. Zateplení z vnější strany se provádí buď formou provětrávaných zateplovacích systémů, nebo se používají takzvané kontaktní zateplovací systémy.

Kontaktní zateplovací systémy tvoří jednotlivý celek jednotlivých vrstev systému. Tyto systémy vyžadují pečlivé srovnání podkladu, nejlépe nově nahodit hrubou omítkou. Zabrání se tím vzniku spár mezi izolačními deskami a nežádoucímu proudění vzduchu s přenosem tepla konvekcí. Tepelná izolace slouží v tomto případě jako nosný prvek povrchových vrstev. Povrch fasády tvoří většinou omítka, v ojedinělých případech lepený obklad. Tento systém je v současnosti masivně využíván zejména při obnově bytového fondu. Pro kontaktní zateplení je nejčastěji používán expandovaný polystyren s tenkovrstvou vnější omítkou. U kontaktních zateplovacích systémů někdy hrozí riziko kondenzace vlhkosti v konstrukci. Je to dáno poměrně vysokým difuzním odporem lepidel a vnějších omítek. Navrženou skladbu je vždy nutné prověřit ve výpočtovém programu. Při rekonstrukci budov u lehce zavlhlého zdiva je nutné použít provětrávanou fasádu nebo difuzně otevřený systém zateplení.

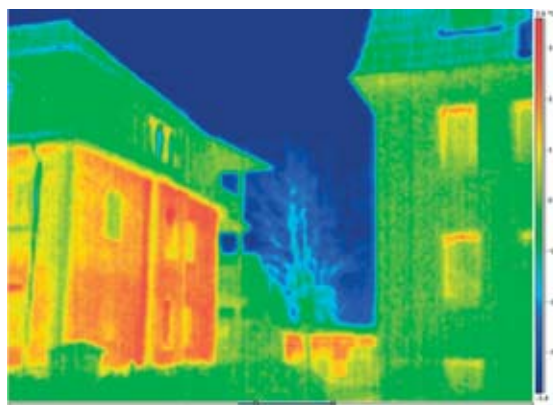
U provětrávaných zateplovacích systémů se vkládá tepelná izolace mezi nosné prvky roštu (nejčastěji dřevěného), který je připevněn k nosné části zdiva. Rošt je vhodné udělat několikanásobný – dvojitě až trojitě překřížený – pro eliminaci lineových tepelných mostů. Dále je vytvořena provětrávaná mezera o tloušťce min. 25 mm a připevněn fasádní obklad (dřevo, cementotřískové desky, keramika a podobně). Souvrství je často doplněno pod vzduchovou mezerou o difuzně otevřenou fólii, která slouží jako pojistná hydroizolace. V tomto systému se v našich podmínkách nejčastěji jako tepelná izolace používá minerální vlna. Je dobře propustná pro vodní páry, které jsou pak odvětrány vzduchovou mezerou, a v konstrukci je vyloučeno riziko kondenzace.

### Materiály

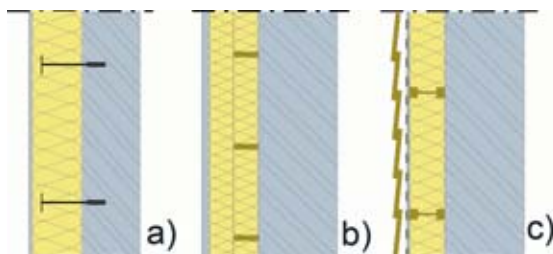
Podrobný popis materiálů pro vnější zateplení je uveden v oddílu Novostavby/Pasivní domy.

## VNITŘNÍ ZATEPLENÍ

Vnitřní zateplení je doplňkový systém a dostává příležitost tam, kde není možno zateplit fasádu vně (památkově chráněné objekty, individuální zateplení části stavby). Jak praxe i výpočty ukázaly, z energetické



Dva rekonstruované objekty vedle sebe. Vypadají podobně, ovšem jak ukazuje termovizní snímek, jsou kvalitativně značně rozdílné. Na obrázcích levý objekt je rekonstruovaný běžně a pravý v pasivním standardu.



Možností zateplení je víc. Pro různé druhy materiálů jsou vhodné určité způsoby izolování.

- kontaktní systém zateplení – lepený celoplošně, příp. pojištěný hmoždinkami,
- rošt z fošinek do kříže,
- rošt z I-nosníků a odvětrávaná fasáda.



Ukázka zateplení polystyrenem s příměsí grafitu o tloušťce 200 mm. Okno je přesazeno do vrstvy izolace, která eliminuje tepelný most vznikající v místě napojení rámu na konstrukci. Tloušťka izolace není ani u jednoho systému nijak omezena, u větších vrstev je zpravidla nutné ji i mechanicky kotvit.



Do přesazeného roštu z latí kotvených do kříže nebo I-nosníků se pak vkládá měkká izolace. Další vrstvy, např. odvětrávanou fasádu, je možné do těchto prvků kotvit bez vzniku tepelných mostů.

kého hlediska nemá smysl zateplovat silnější vrstvou než 80 mm. Efekty tepelných mostů stěn a stropů pronikajících izolací jsou totiž velmi výrazné. Při rozumném návrhu vnitřní izolace se lze u historické budovy dostat na  $U_{stěna} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Pro omezení kritických teplot při okrajích tepelné izolace (u podlahy a stropu) je možné použít náběhové klíny, které však nepůsobí v interiéru příliš esteticky.

#### Výhody vnitřního zateplení:

- často jediná možnost zateplení historických budov,
- možnost provádění celý rok,
- snadná realizace bez lešení – nízká cena.

#### Nevýhody vnitřního zateplení:

- obtížně řešitelné tepelné mosty,
- rozumné pouze v malé tloušťce izolace,
- zmenšení podlahové plochy místnosti,
- nelze počítat s akumulací vlastností zdiva,
- promrzání a vlhnutí vnějšího zdiva,
- riziko kondenzace v konstrukci – nutná velká důslednost při návrhu podložená výpočty.

#### Příklady materiálů

Vnitřní zateplení je téměř vždy spojováno s pravdivou nevýhodou vnitřního zateplení – s problémem kondenzace vodních par, které zůstávají v konstrukci stavby ve formě kondenzátu a konstrukci negativně ovlivňují. Aby se zabránilo této nevýhodě vnitřních kontaktních zateplovacích systémů, používá se parozábrana. Ta má zabránit vzniku kondenzátu. Kvalitní provedení parozábrany a zajištění její jednoznačně správné funkce je u vnitřního zateplení problematické. Výhrady proti vnitřnímu zateplení jsou i nadále oprávněné, nicméně je k dispozici několik materiálů a systémů, které při odborném návrhu a vhodné aplikaci mohou spolehlivě fungovat.

**Minerální tepelné izolační desky** z křemičitanu vápenatého jsou zcela přírodním materiálem (obr. na str. 182). Neobsahují žádný podíl vláken nebo syntetických látek, namísto toho disponují podílem jílu pro zlepšení stavebně fyzikálních vlastností. S čistě přírodními složkami dosahují tepelné vodivosti  $\lambda = 0,042 \text{ W}/\text{mK}$  – a tím i hodnoty „U“ (součinitele prostupu tepla) předepsané tepelně technickými normami – to vše při pouhých několika centimetrech tloušťky. Materiál, v jehož složení převládá vápno a písek, je bezproblémový z ekologického hlediska a lehce zpracovatelný. Řeší problémy s kondenzací vlhkosti, akumulací vlhkosti a zvýšeným kapilárním transportem v obou směrech. Deska má na základě své mikroporézní struktury velmi vysokou kapilaritu. Je schopna přenést až

5 l kondenzátu na 1 m<sup>2</sup>. V periodách odpařování dochází k odevzdávání pohlcované vlhkosti na velkých plochách zpět do vzduchu v místnosti. Deska má navíc vysokou difuzní schopnost, tepelně izoluje, je ekologická, odolná vůči tlaku, tlumí hluk, je nehořlavá a zamezuje tvorbě plísní. Lepí se na podklad (stěnu) celoplošně pomocí kvalitního difuzního lepicího tmelu.

**iQ-THERM**, inteligentní systém vnitřního zateplení, který jedinečně spojuje kapilaritu a nasákavost s tepelně izolačními vlastnostmi desek z polyuretanové organické pěny. Celý systém je doplněn speciální lehčenou vnitřní omítkou, schopnou regulovat vlhkost vzduchu uvnitř místnosti. Omítka pohlcuje vysokou vlhkost, stejně tak odpařuje vlhkost v případě výrazně suššího vzduchu. Tím je zabráněno, aby na líci rostly plísně. Standardní tloušťka desek je 50 mm (alternativně i 80 mm), jsou pravidelně v síti po 40 mm kolmo k povrchu perforovány. V otvorech je speciální vysoce nasáková minerální hmota. Desky se lepí celoplošně na zdivo (omítku – zbavenou starých nátěrů) pomocí vysoce kapilárně aktivního lepicího tmelu. Vnitřní líc desek se po nalepení na zeď opatří silnou vrstvou nasákové omítky s vlhkostně regulační schopností, do které se vkládá sklotextilní síťovina, tzv. perlínka. Do ní je určena speciální deska bez perforace o tloušťce 15 mm.

Vzduch, který pronikne přes lícovou omítku, přes perforovanou desku a lepidlo, se na líci či uvnitř zdiva ochladí a vlhkost částečně zcondenzuje. Kondenzát se díky nasákovosti lepidla, hmoty uvnitř otvorů v desce a lícní omítce roznese jednak do zdiva, jednak až k líci zateplení. Na líci se v příhodném okamžiku může odpařit. Do suché zóny na povrchu omítky se posune vlhkost z vlhčích míst a transport vlhkosti z místa vzniku kondenzátu je relativně rychlý.

Zateplovací efekt systému je poměrně značný díky tepelné vodivosti perforovaných polyuretanových desek, která je  $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ .

**Dřevovláknité desky.** Multifunkčním materiálem, který je schopen potřebné požadavky kladené na funkční vlastnosti zateplení podkroví pokrýt, je nelisovaná dřevovláknitá deska Hofatex. Její součinitel tepelné vodivosti je pouze o 10–20 % větší, než je obvyklé u běžně užívaných vláknitých či pěnových izolací (podle objemové hmotnosti). Dřevovláknitá deska však propůjčuje konstrukci (zejména podkroví) řadu vlastností, které pomocí zmíněných běžných typů izolací nejsou vůbec dosažitelné. Dřevovláknitou desku lze použít jako konstrukční desku. Materiál má vysokou požární odolnost, sorpci vlhkosti, je difuzně otevřený, ekologický, vyrábí se z obnovitelných surovino-

vnitřní zateplení tepelně izolační deskou redstone PURA  
kapilárně aktivní systém redstone – tepelně izolační deska z křemičitanu vápenatého

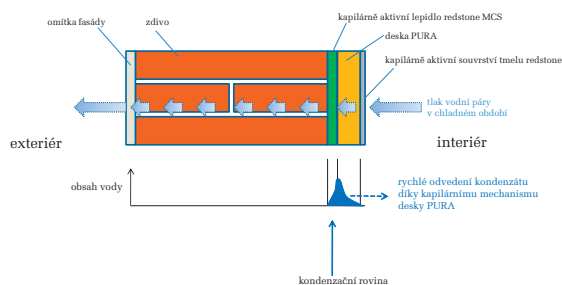


Schéma aplikace desek z křemičitanu vápenatého, zdroj Redstone

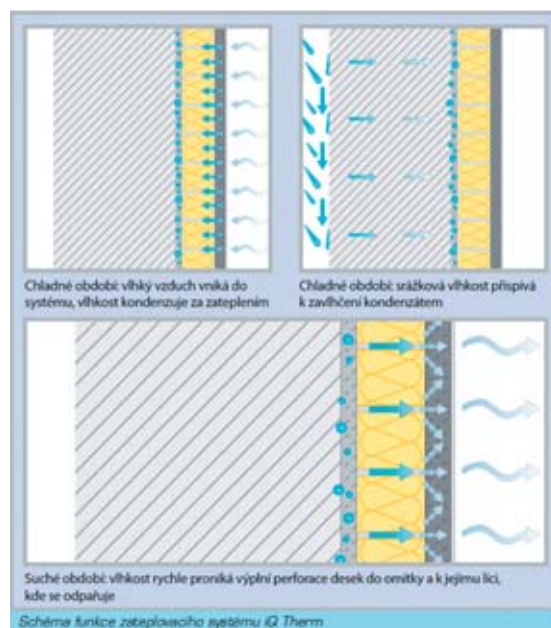


Schéma funkce perforovaných PUR desek, zdroj Remmers



Spoj dřevovláknitých difuzně otevřených desek, zdroj Hofatex



Instalace izolace Lupotherm

vých zdrojů. U konstrukcí zateplení podkroví je ovšem zásadní jeho tepelná kapacita. Při stejných tloušťkách má v porovnání s běžnými tepelnými izolacemi akumulaci schopnost 20 až 30krát vyšší. Použijeme-li do konstrukce podkroví dřevovláknitou desku v tloušťce 60–100 mm, bude doba prohřátí podkroví (fázový posun teplotního kmitu) 3- až 4krát delší než bez použití této desky. Obvyklá konstrukce podkroví se prohřeje asi za 3 až 4 hodiny (tloušťky lehkých izolací běžně 200–300 mm). Znamená to, že v letním období, kdy v městských aglomeracích dosahuje teplota špičkových hodnot (s ohledem na sálání okolních ploch) okolo 17–18 hodiny, dorazí tepelná vlna do interiéru asi ve 21–22 hodin, kdy je již venku chladný vzduch a problém můžeme snadno řešit přímým větráním (otevřením oken).

**Lupotherm** je hybridní vícevrstvá tepelná izolace složená z osmi polyetylenových bublinových fólií a z pěti tenkých, tepelně odrazivých polypropylenových fólií pokovených hliníkem. Při celkové tloušťce 3 cm je součinitel tepelné vodivosti této izolace  $\lambda = 0,006 \text{ W/(mK)}$ , což odpovídá minerální vlně o tloušťce 21 cm. Tohoto výsledku bylo docíleno hlavně díky výborné odrazivosti hliníkové fólie až na úrovni 98 %, která tak podstatně omezuje transport sálavé složky tepla vícevrstvou fólií.

## IZOLACE STŘECH

Střechy se obvykle značnou měrou podílejí na tepelných ztrátách objektů. Jedná-li se o menší nebo přízemní objekty, je podíl tepelných ztrát střechou ještě vyšší. Na splnění normových požadavků (dle ČSN 73 0540-2/2007)  $U_N = 0,24 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  nám v závislosti na použitém materiálu a typu střechy postačuje obvykle asi 18–24 cm izolace ( $\lambda = 0,040\text{--}0,045 \text{ W/mK}$ ). Doporučenou hodnotu  $U_N = 0,16 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  zabezpečí tloušťka asi 32 cm izolace. Pro pasivní domy jsou potřebné ještě lepší parametry nežli doporučené. Tloušťkou izolace 35–40 cm se dosahuje součinitele prostupu tepla  $U = 0,10$  až  $0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Precizně provedená parozábrana je zde podmínkou. Tak jsou zabezpečeny kvalitní tepelně izolační vlastnosti i ochrana konstrukcí s vyloučením kondenzace vodních par.

## IZOLACE PLOCHÝCH STŘECH

Ploché střechy bývají často místem vzniku poškození, protože vnější krytina (většinou asfaltové pásy nebo fóliové izolace) je vystavena velkým teplotním výkyvům, povětrnosti a UV záření.

### Ploché střechy jednovrstvé

Způsob dodatečného zateplení ploché střechy je závislý na množství vlhkosti ve stávající skladbě střechy, na únosnosti stropní konstrukce a na stavu hydroizolace. V případě, že je střecha z hlediska vlhkosti vyhovující a nosná část má rezervu, je rozhodující stav krytiny. Je-li hydroizolace ve velmi dobrém stavu a je potřeba zlepšit jen tepelně izolační vlastnosti střechy, je možné přidat na stávající hydroizolaci jen izolaci tepelnou z extrudovaného nenasákavého polystyrenu a vytvořit tím tzv. „obrácenou střechu“.

Při zateplování plochých střech je nutné používat ze sortimentu jednotlivých tepelně izolačních výrobků vždy pouze ty prvky, které jsou pro izolace plochých střech určeny. Kromě zajištění nutných vlastností (dostatečná tuhost, rozměrová stabilita apod.) jsou často tyto prvky už kompletizovány s hydroizolační vrstvou, což urychluje ochranu před povětrnostními vlivy.

Při provádění střechy s klasickým pořadím vrstev je jako tepelnou izolaci možné použít nesnadno hořlavý stabilizovaný pěnový polystyren či tuhé hydrofobizované desky z minerálních vláken.

Je možné použít i lehké izolace, jako foukaná celulóza nebo minerální vlna, v dřevěném roštu z I-nosníků nebo jiných nosných prvků na bázi dřeva.

Je-li krytina ve špatném stavu, je nutné ji sejmut a provést hydroizolaci novou. Pokud byla původní střecha provedena jako bezespádová, je v tomto případě vhodné použít tepelnou izolaci ve tvaru klínů, které umožní spád dodatečně vytvořit. Má-li být střecha využívána jako terasa, provede se na ní pochůzná vrstva, která musí být oddílována od vrstvy hydroizolační nebo je možné použít dlažbu na podložkách. Pokud nebude pochůzná vrstva prováděna, je vhodné opatřit novou hydroizolaci alespoň stabilizačním násypem. Tato vrstva sice příliš nesníží tepelné ztráty střechou, ale ochrání krytinu před atmosférickými vlivy a namáháním teplotními výkyvy a tím prodlouží její životnost.

U střechy s opačným pořadím vrstev plní vrstva hydroizolace jak funkci hydroizolační, tak i parotěsnou a zároveň je chráněna před přímými účinky povětrnosti.

Na vrstvě tepelné izolace následuje separační vrstva a vrchní provozní vrstva propustná pro vodu – dlažba kladená na sucho, vrstva kamínek nebo v případě únosnější vrstvy i vegetační vrstva, tzv. zelená střecha. Hydroizolace je umístěna až na záklopu z konstrukčních desek a další provozní vrstva, případně substrát s následným ozeleněním, přichází až na ni.

### Ploché střechy dvouvrstvé

Pro zateplení dvouvrstevných střech platí s ohledem na stávající vlhkostní stav střechy a únosnost stropní konstrukce stejné podmínky jako pro střechy jednovrstvé. Možnost zvýšení tepelné izolační vrstvy dvouvrstevných střech je závislá na výšce provětrávané vzduchové mezery a na materiálu horního pláště střechy. Je-li větraná vzduchová mezera dostatečně vysoká, je možné např. nafoukat na stávající tepelnou izolaci v potřebné tloušťce přídatnou vrstvu z celulózových izolací. Mezi touto vrstvou a horním pláštěm střechy musí zůstat vzduchová mezera vysoká minimálně 100 mm (v případě výskytu zabudované vlhkosti více) a musí být dodržena dostatečná plocha větracích otvorů střechy (min. 1/100 plochy střechy), aby nedocházelo ke kondenzaci.

Při nutnosti odstranění horního pláště a zachování typu střechy je možné použít prakticky kterýkoli z dostupných izolačních materiálů.

Izolovat dvouvrstevnou střechu z vrchní strany při ponechání větrané vzduchové mezery je z hlediska tepelně technického zcela nesmyslné. Vrstva tepelné izolace na horním plášti žádným způsobem nepřispěje ke zlepšení celkového tepelného odporu konstrukce. Nevyskytují-li se ve skladbě střechy dřevěné prvky, je možné přidat tepelnou izolaci na horní plášť a vzduchovou mezeru uzavřít. Tyto úpravy jsou ale závislé na konkrétní skladbě střechy a vyžadují velice pečlivý návrh a posouzení.

Atiku je kvůli značným tepelným vazbám nutné zaizolovat po celém obvodu podobně jako střechu nebo obvodovou stěnu. V některých případech, kdy je konstrukce výrazně poškozena a musí být obnovena, je možné přehodnotit relevanci použitého řešení a případně aplikovat nové stavební materiály, prvky a řešení.

### IZOLACE ŠIKMÝCH STŘECH

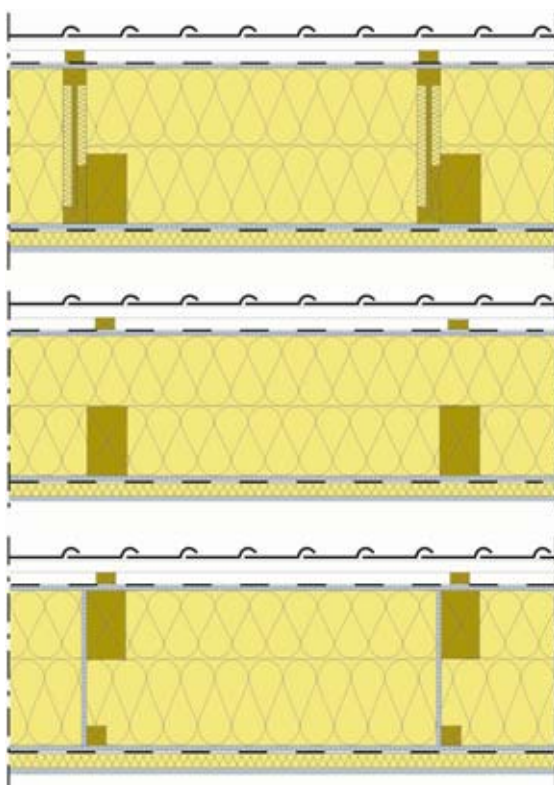
Stále častěji se při rekonstrukcích dosud nevyužívaná půda rekonstruuje na podkroví. Špatným návrhem skladby izolace, a hlavně nekvalitním provedením je bohužel možné hodně zkažit. Tepelná izolace, pojistná hydroizolace a parotěsná zábrana musí být provedeny tak, aby původní konstrukce krovu trvale nevlhla. Je důležité, aby dřevo mohlo „dýchat“, tedy aby se voda, která případně pronikne do souvrství, mohla odpařit. V opačném případě může být krov napaden hnilobou a houbami. V případě nespojitě parozábrany nebo neutěsněných prostupů se do konstrukce může dostat množství vlhkosti, kterou není v možnostech dané konstrukce odpařit.

(V textu citováno z publikace *Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích*<sup>1</sup>.)





Do prostředí měst jsou vegetační střechy ideálním řešením. Kromě ochrany vrstvy hydroizolace před vlivem počasí zpomalují odtok vody z krajiny.



Různé možnosti izolování šikmých střech. Nastavením krokví z vrchní nebo spodní strany se vytváří rošt, do kterého se vkládá izolace. Výhodou je variabilita celkové tloušťky izolace až po 50 cm.

**Umístění tepelné izolace ve skladbě šikmé střechy je možné ve třech základních polohách vzhledem k nosné konstrukci krovu:**

- pod krokve: je konstrukčně nejjednodušší, ale zmenšuje užitečný prostor,
- nad krokve: lze umístit tepelnou izolaci jen v případě provádění nové střechy nebo při její celkové rekonstrukci. Je to varianta finančně i konstrukčně velmi náročná, ale z hlediska tepelné izolačního nejhodnější,
- mezi krokve,
- jejich variabilitou kombinací.

Umístění tepelné izolace pouze mezi krokve způsobuje značné tepelné mosty vlivem krokví a obvykle není možné tímto řešením splnit požadavky tepelně technické normy na hodnotu součinitele prostupu tepla šikmé střechy ( $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ). Proto se zateplení mezi krokve obvykle kombinuje s dalším z výše uvedených řešení, obvykle se zateplením pod krokve.

Šikmou střechu je nutné řešit jako provětrávanou. Provětrávaná vzduchová mezera se navrhuje v tloušťce min. 50 mm, nachází se nad pojistnou hydroizolací mezi kontralatěmi.

**Samostatným problémem jsou střechy v horských oblastech s extrémním klimatickým namáháním po dlouhou část roku. Zde lze doporučit dodržování několika zásadních principů konstrukce:**

#### Tvar střechy

- jednoduché tvary střech s přednostním vynecháním či alespoň minimalizací úžlabí, nároží, prostupů či vikýřů a střešních oken,
- počítat se sesuvem sněhu a místem jeho hromadění.

#### Tepelná izolace

- realizovat přednostně zásadně doporučené tepelně izolační parametry konstrukcí,
- důsledně zateplovat všechny prostupy a odvětrávky kanalizace, větrání apod.

#### Odvětrání pláště

- realizovat dvě provětrávané dutiny v plášti pro odvod vlhkosti a pronikajícího tepla,
- předimenzovat provětrávané dutiny na větší profil,
- nasávací a výdechové otvory zajišťovat průběžně pod římsami a v hřebeni,
- pojistnou izolaci provést ve standardu vodotěsného podstřeší.

#### Oplechování

- oplechování prvků vytahovat na přilehlé konstrukce do jejich vyšších partií,
- žlabový systém řešit jako demontovatelný či temperovaný,
- umístění prostupujících konstrukcí,

- komíny a ostatní prostupy minimalizovat a přednostně vyústit v hřebeni střechy,
- provedením konstrukcí eliminovat pronikající vodu – pláště řešit s kvalitní pojistnou hydroizolací.

### IZOLACE ZÁKLADŮ A PODLAH

Chceme-li se vyvarovat značných tepelných mostů a vazeb, je nutné stejně jako stěny zateplit i základy. Vlivem tepelných mostů může docházet k nadměrnému ochlazování částí konstrukcí a případné kondenzaci vodních par. Tato místa posléze podléhají vzniku plísní a škodám. Kvalitně provedená hydroizolace je nutností pro zabránění vztlínání vlhkosti. Vnitřní příčky, jejichž základ je v přímém styku se zeminou, je potřeba izolovat stejně jako základy. Nejen základy, ale i podlaha u nepodsklepených objektů musí být izolována minimálně 15–20 cm izolace extrudovaného nenasákavého polystyrenu. Jsou-li stropy dostatečně vysoké, je možné izolovat i nad podlahou. Nevytápěný sklep je nutno oddělit od vytápěného prostoru, nejlépe izolací 10–15 cm na spodní straně stropu, částečně protaženou dolů po stěnách, asi 50 cm.

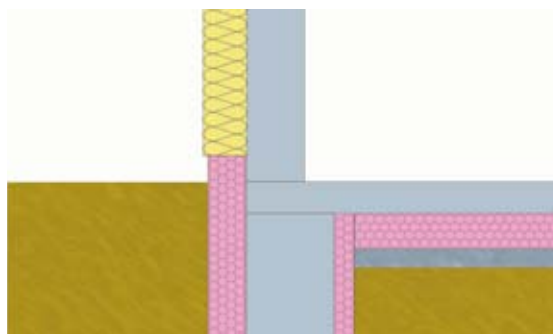
Další možností, jak izolovat základy i podlahy, je použití granulátu z drčeného pěnového skla. Tento materiál je nenasákavý a umožňuje difuzi vodních par. Na dosažení hodnoty  $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  je potřebné izolovat podlahu vrstvou asi 50 cm štěrku z pěnového skla.

### ÚPRAVA OKEN

Nejslabším článkem obvodových pláštů starších budov bývají okna. Tepelná ztráta prostupem okny bývá 5–7krát větší, než je tomu u neprůsvitné části obvodového pláště. Teplo uniká nejen přes nekvalitní zasklení, ale zejména přes netěsnosti oken a jejich osazení.

Současným standardem jsou okna s izolačními dvojskly a začínají se uplatňovat i okna s izolačními trojskly nebo fólií, která zabezpečí dostatečnou tepelnou ochranu. Použití trojskel je však vhodné zvážit s ohledem na konkrétní použití z hlediska expozice, velikosti, vývoje cen energií, z hlediska solárních zisků či akustických parametrů.

V případě výměny oken je třeba výrazným způsobem uvážit dopad tohoto kroku na relativní vlhkost vnitřního vzduchu. Aplikací těsných oken dojde sice ke zlepšení tepelně technických vlastností výplní otvorů, vlivem osazení těsnějšího prvku však dojde ke snížení přirozené infiltrace na minimum, a tím pádem i ke zvýšení relativní



Ukázka izolování základů u nepodsklepeného objektu



Izolace základů a podlahy pomocí štěrku ze skelné pěny

vlhkosti vnitřního vzduchu a k jeho celkovému hygienickému znehodnocení (není-li současně řešena výměna vzduchu jiným způsobem).

Neopomenutelným detailem při osazování otvorových výplní je řešení připojovací spáry. Je třeba dbát na kvalitní utěsnění, provést precizní vzduchotěsné napojení rámu pomocí speciálních pásek nebo lišt. Z vnitřní strany musí být připojovací spára překryta parotěsnou fólií, z vnější strany naopak paropropustnou fólií nebo komprimační páskou. Tepelným mostům v místě napojení rámu na nosnou konstrukci se lze v některých případech vyhnout předsazením nového okna do vrstvy izolace s následným přeizolováním části rámu. Okna lze upevnit speciálními kovovými kotevními prvky nebo lze předsazení řešit pomocí „kastlíku“ z OSB desek. Při osazení okna do vrstvy zdiva je nutné při dodatečném zateplení dodržet přeizolování části rámu, min. v tloušťce 30 mm, optimálně 50 mm.

U půdních vestaveb do starších objektů se často osazují střešní okna. Při výběru střešního okna je nutno dbát na vynikající tepelně technické vlastnosti skel včetně požadavku lepeného bezpečnostního skla na spodním líci zasklívací jednotky. Při montáži střešních oken je nutné zamezit tvorbě tepelných mostů.

Při výběru střešních oken myslíte na to, že hodnoty součinitele prostupu tepla okna jsou stanoveny pro svislou polohu. Střešní okno je ale ve skutečnosti nakloněné, čímž se zvyšuje proudění v dutině mezi interiérovým a exteriérovým sklem a to zhoršuje výsledný součinitel prostupu tepla střešního okna.

## ŠPALETOVÁ OKNA

U starších obytných budov (asi do 1. poloviny 20. stol. včetně) se běžně setkáme s tzv. okny dvojitými – špaletovými. Běžnou hodnotou součinitele prostupu tepla těchto oken je hodnota  $U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Stará špaletová okna jsou často netěsná, což vede ke značné infiltraci. To způsobuje na jedné straně vyšší tepelné ztráty a tím vyšší nároky na vytápění, na druhé straně to ale znamená, že v bytech s takto netěsnými okny často ani nemusíme otevírat okna, abychom do místnosti přivedli čerstvý vzduch. Infiltrace starými špaletovými okny může mít velmi různé hodnoty podle kvality a stavu původního výrobku. V horších případech může být až 10–20krát vyšší než infiltrace novými těsnými okny s izolačním dvojsklem. Hodnota spárové průvzdušnosti špaletových oken leží okolo  $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67})$ , čímž dvojnásobně převyšuje normový požadavek dle ČSN 73 0540-2 (2007). Netěsnost oken způsobuje

nejen chybějící těsnění, nedoléhající okenní křídla, ale i (ne)řešení připojovací spáry. Špaletová okna včetně připojovací spáry je nicméně většinou možné úplně nebo částečně dotěsnit (zcela těsná okna jsou vhodná pouze tam, kde je zajištěn jiný způsob výměny vzduchu). Tato okna mají navíc značný potenciál v úpravě na nízkoenergetický standard (podrobněji na str. 216–219) a jejich výměna za jiný typ oken je v řadě případů krokem k výrobkům, které tohoto standardu nedosahují.

Odstranění dvojitého okna a jeho nahrazení jednoduchým oknem s izolačním dvojsklem není vhodné ani z hlediska stavební fyziky. Je třeba vzít v úvahu i akustický efekt této výměny. Je známým faktem, že utěsněná špaletová okna jsou z akustického hlediska vhodnější než běžná okna s izolačním dvojsklem.

Obnova špaletového okna je možná dvěma způsoby, vycházejícími ze stavu původních výplní: formou repase nebo repliky, případně kombinací obou variant (např. tam, kde vnější křídla nejsou dostatečně dimenzována pro osazení dvojskla, lze tato křídla vyměnit za křídla s profily rozšířenými do hloubky).

Tepelně technické parametry dvojitého (špaletového) okna lze doložit výpočtem dle EN ISO 10077. Součinitel prostupu tepla špaletového okna se stanoví jako:

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} \cdot R_{s1} + R + R_{s2} + \frac{1}{U_{w2}}}$$

Příklad výpočtu je na str. 216-219. Tento výpočet rovněž prokazuje, že z hlediska stavební fyziky je vhodnější osadit izolační dvojsklo do vnějšího křídla špaletového okna. V některých případech je to z architektonických důvodů nemožné, např. existuje-li zájem na uchování historického vnějšího zasklení nebo subtilního členění původních venkovních křídel. Pak má smysl osazení dvojskel do křídel vnitřních, je ale nutné meziokenní prostor odvětrat do exteriéru a vnitřní okno přiměřeně utěsnit. Tepelně technické parametry takto upraveného okna jsou sice méně příznivé než u oken s dvojsklem ve vnějším křídle, nicméně stále srovnatelné s okny novými zdvojenými (viz srovnání vypočtených hodnot na str. 216–219).

Vzhledem k tomu, že stávající špaletová okna jsou někdy v nevyhovujícím stavu, přistupuje se k replikám (pokud nejsou původní okna předmětem památkové ochrany). Na trhu je dokonce již k dispozici certifikované špaletové okno (dřevěné okno deštěné), které splňuje doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla okna dle současné legislativy (ČSN 73 0540-2/2007). Hodnota součinitele prostupu tepla nových oken se pohybuje v rozmezí

$U = 1,2-0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  v závislosti na použité profilaci rámu a typu skel.

Proces osazení repliky okna do stávajícího otvoru probíhá dle následujícího postupu:

- na rám okna se před instalací nalepí na straně interiéru pásy parotěsné fólie,
- ustavení okna,
- před zaplněním spáry pěnou se do vnějšího líce spáry vloží komprimační páska, bránící pronikání atmosférické vlhkosti, ale umožňující odvětrání vodních par do exteriéru,
- po vytvrzení PU pěny je provedeno dolepení parotěsných fólií na ostění okenního otvoru a pak následné zednické zapravení nebo zalištování.

Zateplení v místě pod parapetním plechem se u špaletových oken obvykle neprovádí. Vzhledem k tomu, že se z 99% jedná o repliky, které musí mít stejnou velikost jako původní okna včetně profilace ostění, do kterého se osazují.

Připojovací spára se u špaletového okna řeší standardním způsobem jako u jednoduchých oken s izolačním dvojsklem.

#### LITERATURA, ZDROJE

- 1 Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích, vydala: Česká energetická agentura, vypracoval: Stavebně technický ústav – E, a. s., listopad 1999.
- 2 Ekonomie energeticky úsporných opatření při uvažování odstranění zanedbané údržby, vydala: Česká energetická agentura, vypracoval: Stavebně technický ústav – E, a. s., říjen 2004.
- 3 BARTÁK K., KOHOUT J., TOBEK A.: Zednictví, 8., upravené a doplněné vydání.
- 4 ČSN 73 0540 (2007) Tepelná ochrana budov.
- 5 Interní podklady firmy A.W.A.L., s. r. o.
- 6 Centrum pasivního domu (CPD).

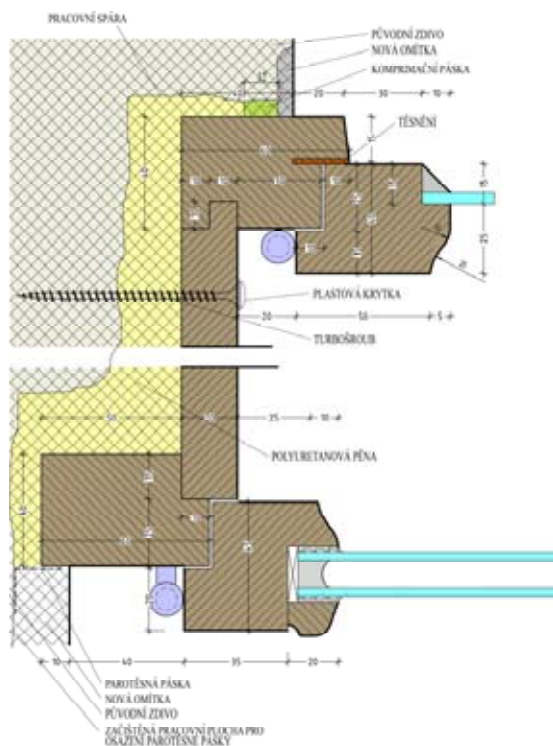


Schéma repliky špaletového okna, zdroj Domestik



Replika špaletového okna, zdroj Domestik

### Zvláštní požadavky na požární bezpečnost změn dokončených staveb

Ve vztahu ke stavebnímu zákonu je zvláštním právním předpisem pro oblast požární ochrany zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, a předpisy vydané k jeho provedení, zejména pak:

- vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci),
- vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb,
- vyhláška č. 202/1999 Sb., kterou se stanoví technické podmínky požárních dveří, kouřotěsných dveří a kouřotěsných požárních dveří.

Výše uvedené právní předpisy stanoví podrobnosti o zvláštních požadavcích na požární ochranu a požární bezpečnost staveb. Projektant, případně jiná oprávněná osoba jsou jimi vázáni při zpracování projektové či jiné dokumentace stavby v rozsahu požárně bezpečnostního řešení.

### Změny dokončených staveb z hlediska požární bezpečnosti

Změny ve způsobu užívání dokončené stavby, které mohou negativně ovlivnit požární bezpečnost, podléhají minimálně ohlášení stavebnímu úřadu. Předpisy o požární ochraně, jakož i předpisy o obecných technických požadavcích na výstavbu se v případě změn staveb nebo změn užívání objektu, prostoru nebo provozu odvolávají na splnění tzv. normativních požadavků či normových hodnot, tj. na konkrétní technické požadavky obsažené v českých technických normách nebo v jiných veřejně dostupných normativních dokumentech.

Základní českou technickou normou upravující technické požadavky na změny staveb z hlediska požární bezpečnosti je ČSN 73 0834 Požární bezpečnost staveb. Změny staveb (červenec 2000) s uplatněním technických požadavků uvedených v ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení (duben 2009). Změny staveb se podle jejich rozsahu a závažnosti z hlediska požární bezpečnosti třídí ve smyslu ČSN 73 0834 do tří skupin:

I. Změny staveb s uplatněním omezených požadavků požární bezpečnosti. Změny staveb skupiny I lze obecně aplikovat opakovaně (za definovaných podmínek), a to i v objektech, ve kterých je požární

bezpečnost řešena podle platného kodexu norem požární bezpečnosti staveb. U změn staveb spočívajících ve změně užívání objektu, prostoru nebo provozu lze opětovně použití ČSN 73 0834 uplatnit pouze v případech, kdy je zpracováno nebo lze provést průkazné zhodnocení podmínek před první takto provedenou změnou. V opačném případě nelze takovou změnu zatřídit do změny staveb skupiny I.

II. Změny staveb s uplatněním specifických požadavků požární bezpečnosti. Změny staveb lze podle přílohy A této normy uplatnit i pro domy pro bydlení projektované podle typových podkladů (celostátních i krajských variant). Změny staveb skupiny II lze pro shromažďovací prostory (podle ČSN 73 0831), sklady (podle ČSN 73 0845), objekty spojů (podle ČSN 73 0843), sklady a provozovny s hořlavými kapalinami, plyny apod. (např. podle ČSN 65 0201, ČSN 65 0202, ČSN 73 5530) aplikovat pouze v rozsahu, v jakém se na ni příslušné technické předpisy nebo normy odvolávají.

III. Změny staveb s plným uplatněním požadavků požární bezpečnosti daných zejména ČSN 73 0802, ČSN 73 0804 a přidruženými normami. Nutno však zdůraznit, že zajištění požární bezpečnosti staveb projektovým řešením je sice nezbytným, ale pouze výchozím předpokladem pro celkové zajištění požární ochrany. Především pak řádná údržba staveb a jejich užívání k účelu, pro který byly navrženy, provedeny a bylo zahájeno jejich užívání, je základním předpokladem pro komplexní zajištění jejich bezpečného provozu.

### Dodatečná vnější tepelná izolace obvodových stěn stávajících objektů

Z pohledu stavebního zákona se jedná o stavební úpravu, jejíž provedení může negativně ovlivnit požární bezpečnost, a proto ji lze realizovat pouze na základě ohlášení stavebnímu úřadu, respektive na základě stavebního povolení. Z hlediska požární bezpečnosti je situace komplikována vývojem nových fasádních obkladových sendvičových dílců obsahujících hořlavé materiály, které do jisté míry umožňují šíření plamene po jejich povrchu.

Ukazuje se, že podstatný vliv na povrchové šíření plamene má nejen konstrukční provedení stavebních dílců, ale zejména řešení jejich detailů ve spárách. Požadavky na konstrukce dodatečných vnějších tepelných izolací obvodových stěn stávajících

objektů (viz čl. 8.4.11 ČSN 73 0802/květen 2009) se nově zpřesňují podle čl. 3.1.3 ČSN 73 0810 (duben 2009) takto:

**Konstrukce dodatečných vnějších tepelných izolací u stávajících objektů s požární výškou objektů  $h > 12,0$  m se navrhuje podle následujících zásad:**

- a) konstrukce se hodnotí jako ucelený výrobek (povrchová vrstva, tepelná izolace, nosné rošty, upevňovací prvky, popř. další specifikované součásti) a za vyhovující se považuje;
- b) konstrukce mající třídu reakce na oheň B, jde-li o konstrukce s výškovou polohou do  $h_p \leq 22,5$  m (aniž by výška upravované obvodové stěny přesáhla úroveň stropní konstrukce podlaží odpovídající této výšce), přičemž výrobek tepelně izolační části musí odpovídat alespoň třídě reakce na oheň E a musí být kontaktně spojený se zateplovanou stěnou;
- c) konstrukce mající třídu reakce na oheň A1 nebo A2 v případech nekontaktního spojení s dutinami, které umožňují svislé proudění plynů, nebo jsou-li tyto konstrukce ve výškové poloze  $h_p > 22,5$  m;
- d) povrchová vrstva musí vykazovat index šíření plamene  $i_s = 0$  mm.min<sup>-1</sup>;
- e) konstrukce dodatečných tepelných izolací musí být v úrovni založení zateplovacího systému, okeních a jiných otvorů (dále jen oken) zajištěny tak, aby při zkoušce podle ISO 13785-1 nedošlo k šíření plamene po vnějším povrchu nebo po tepelné izolaci obvodové stěny, a to do 15 minut přes úroveň 0,5 m od spodní hrany zkušební vzorku; šíření požáru se považuje za vyhovující, pokud:
  - f) v úrovni založení zateplovacího systému bude ze spodního povrchu užito výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2 (např. kovové lišty tloušťky alespoň 0,8 mm) a při zkoušce podle ISO 13785-1 ale s výkonem 50 kW nedojde k výše uvedenému šíření plamene; pokud zateplovací systém je založen pod terénem, nemusí být ověřováno šíření požáru zkouškou podle ISO 13785-1, ale jen podle bodu a3);
  - g) nejvýše ve vzdálenosti 0,15 m nad stávající plochou nadpraží oken bude tepelná izolace provedena z výrobků třídy reakce na oheň A1 či A2 v pásu výšky 0,5 m a tento horizontální pás bude probíhat nad všemi okny obvodové stěny; pokud jsou okna vzájemně vzdálená, může být tato úprava provedena nad jednotlivými okny s přesahem od hrany ostění nejméně 1,5 m; výška pásu může být snížena oproti 0,5 m jen v případě, že se zkouškou podle ISO 13785-1 prokáže, že nedojde k výše uvedenému šíření plamene; pásy s třídou reakce na oheň A1 či A2 výšky 0,5 m mohou být užity i v místech založení zateplovacího systému; nebo
  - h) jen kolem ostění a nadpraží oken jsou provedeny

takové úpravy, aby nedošlo při zkoušce podle ISO 13785-1 k výše uvedenému šíření požáru, přičemž tato úprava musí být provedena u všech oken v dodatečně zateplených obvodových stěnách.

i) Za vyhovující se považují i tepelné izolace obvodových stěn uvedené v 3.2.3.1 a) až d) ČSN 73 0810.

Za kontaktní spojení se považují případy, kde mezi tepelnou izolací a povrchem obvodové stěny jsou i vertikální otvory (např. vlivem profilovaného povrchu obvodové stěny), jejichž průřezová plocha v horizontální úrovni není větší než 0,01 m<sup>2</sup> na běžný metr. Úpravami podle 3.1.3 ČSN 73 0810 se nemění původní zatřídění druhu konstrukce obvodové stěny, a tím ani původní konstrukční systém objektu.

Dodatečné tepelné izolace při výšce  $h_p \leq 22,5$  m mohou být provedeny nejvýše do úrovně stropní konstrukce podlaží odpovídající této výšce (např. 22,5 + 3,0 = 25,5 m, na výšku stropní konstrukce, atiku, římsu apod. se nebere zřetel). Polystyreny použité na tepelné izolace třídy reakce na oheň E jsou podle ČSN 72 7221-2 povrchově označeny středním černým pruhem (uprostřed šířky desky); třída F má tento pruh červený.

U dodatečných vnějších tepelných izolací stávajících objektů se musí podle bodu a4) prokázat, že nedojde k šíření požáru nejméně u oken nad úrovní  $h_p \geq 12,0$  m. Jsou-li provedeny úpravy proti šíření požáru u jednotlivých oken, nemusí být tyto úpravy u oken chráněných únikových cest, neboť u těchto oken není riziko výtoku plynů z požáru.

Na dodatečné zateplení objektů s požární výškou  $h \leq 12,0$  m nejsou kladeny žádné požadavky, doporučuje se však postupovat obdobně jako podle bodu a1) a a3). Obvodové konstrukce stávajících objektů splňující požadavky na požární pásy nebo stěny v požárně nebezpečném prostoru, které jsou dodatečně opatřeny tepelnou izolací podle čl. 8.4.11 ČSN 73 0802/2009, se považují za vyhovující i s touto dodatečnou úpravou. Požadavky na požární pásy stanoví podle čl. 8.4.10 ČSN 73 0802/2009 a čl. 3.1.3.1 d) ČSN 73 0810/2009.

**Dodatečné vnější tepelné izolace jsou změnou (stávajících) staveb, zejména dříve realizovaných panelových bytových objektů, nejedná se tedy o právě dokončené objekty či objekty kolaudované po roce 2000.**

**U nových objektů s výškou  $h \leq 12,0$  m se tepelné izolace mohou navrhovat podle čl. 3.1.3.1 ČSN 73 0810/2009. Tyto konstrukce u stávajících objektů lze užít i v požárně nebezpečném prostoru.**

Současně je však třeba upozornit na skutečnost, že například objekty navrhované podle ČSN 73 0835 Požární bezpečnost staveb – Budovy zdravotnických

zařízení a sociální péče/duben 2006 se řeší odchylně od ustanovení ČSN 73 0802 i ČSN 73 0810. Obdobné řešení platí také pro navrhování objektů podle ČSN 73 0831 Požární bezpečnost staveb – Shromažďovací prostory/prosinec 2001 apod.

### Balkony, lodžie

Balkony, lodžie a pavlače umístěné před nebo v rovině obvodových stěn objektů s požární výškou větší než 12,0 m musí mít výplně parapetů z výrobků třídy reakce na oheň A1, A2 nebo B. Pokud výška objektu  $h > 30,0$  m, aniž by v přilehlých požárních úsecích bylo instalováno SHZ, musí být tyto výplně z výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2.

Jsou-li u objektů s požární výškou  $h > 12,0$  m lodžie, pavlače popř. balkony zcela uzavírány (např. zasklením), musí být tyto úpravy, včetně výplní parapetů, provedeny z výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2.

Ve všech výše uvedených případech musí být index šíření plamene  $is = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Těmito úpravami se nezvětšuje velikost požárně otevřených ploch a úpravy jsou vyhovující i z hlediska požárních pásů.

Pro všechny výše uvedené případy mohou být u objektů výšky  $h \leq 30$  m použity pouze výrobky, u kterých se zkouškou podle ISO 13785-1 prokáže, že v době 30 minut nedojde od spodní hrany zkušební vzorku k šíření požáru přes 0,5 m. Tato ustanovení se vztahují na změny stávajících staveb (včetně panelových objektů) i na novostavby.

### Meziokenní vložky

Při celkové výměně obvodového pláště je nutné v případech, kde na rozhraní požárních úseků u objektů vyšších než 9,0 m jsou meziokenní vložky třídy reakce na oheň B až F, tyto části obvodových stěn nahradit alespoň konstrukcemi druhu DP2. V případě, že se upravuje obvodová stěna pouze vnější dodatečnou tepelnou izolací, lze meziokenní vložky zachovat za předpokladu, že na tepelně izolační vrstvu celého objektu budou použity pouze stavební výrobky třídy reakce na oheň A1 až B, aniž by tímto výrobkem byl plast.

### Střešní pláště

Pokud stávající strop nad chráněnou únikovou cestou tvoří přímo střešní konstrukci druhu DP1 nebo DP2, nemusí vykazovat požární odolnost a jako konstrukce druhu DP2 může být posuzován pouze z vnitřní strany, tj. z prostoru chráněné únikové cesty. Pokud tento strop je v požárně nebezpečném prostoru jiného požárního úseku nebo objektu, musí mít střešní plášť nehořlavou vnější vrstvu (třídy

reakce na oheň A1 nebo A2) nebo musí jeho složení splňovat požadavky na šíření požáru střešním pláštěm  $B_{\text{ROOF}}(t_3)$ .

### LITERATURA

- 1 Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- 2 Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.
- 3 ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty/květen 2009.
- 4 ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení/duben 2009.
- 5 ČSN 73 0831 + Z1 Požární bezpečnost staveb – Shromažďovací prostory/leden 2010.
- 6 ČSN 73 0834 + Z1 Požární bezpečnost staveb – Změny staveb/leden 2010.
- 7 ČSN 73 0835 Požární bezpečnost staveb – Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče/duben 2006.

## RIZIKA ZATEPLOVÁNÍ BUDOV

### TECHNICKÉ POZNATKY K ZATEPLOVÁNÍ BUDOV

Budovy ztrácejí tepelnou energii v principu třemi mechanismy:

- prouděním tepla (resp. teplého vzduchu),
- vedením tepla (stěnami a otvory v nich, stropy, střešními pláštěmi a plochami, které jsou v kontaktu s terénem),
- sáláním tepla (okenní otvory, výkladce a podobně).

### PROUDĚNÍ TEPLA

Tento mechanismus přichází v úvahu zejména u starých budov. Jde o úniky tepla netěsnostmi okolo oken, komínovými průduchy a dalšími spárami, škvírami a podobnými těžko definovatelnými cestami. Protože vanoucí vítr na návětrné straně vytváří tlak a na straně závětrné tah, vzniká tendence k „protažení“ vzduchu z návětrné na závětrnou stranu – tzv. infiltrace budov. Proto se u moderních budov, a zejména pak u pasivních domů často provádí tzv. blower door test. V principu jde o to, že se uvnitř budovy vytvoří přetlak (a případně i podtlak) a zjišťuje se, jak dlouho si její budova dokáže podržet, resp. za jak dlouhou dobu se budova vrátí k normálnímu tlaku. Čím déle drží tlakový rozdíl, tím je budova těsnější a tím menší ztráty z důvodu proudění tepla bude mít. Úniky tepla infiltrací mohou být značné, a proto je skutečně třeba budovy utěšňovat. To se zhusta primárně v budovách děje tak, že se vymění okna a dveře a osadí se komínové klapky. Při provedení těchto opatření je však třeba mít na zřeteli i jejich dopad.

### Větrání

Netěsná okna jsou paradoxně často dostatečným zdrojem čerstvého vzduchu v interiéru. Pokud dům zatěsníme, musíme buďto intenzivněji větrat, nebo zavést umělou ventilaci. V opačném případě v interiérech obvykle rostou koncentrace látek, které sice nevnímáme (nemáme na ně receptory), ale vedou buďto ke zvýšenému pocitu únavy, nebo dokonce k syndromu nemocných budov. Typickými reprezentanty těchto látek jsou oxid uhličitý (produkt dýchání) či formaldehyd (koberce, čisticí prostředky, kosmetika apod.). Častý je také zvýšený výskyt plísní u „spoilivých“ domácností, kde se jen minimálně větrá.

### VEDENÍ TEPLA

Vedení tepla je nevyhnutelným důsledkem snahy přírody vyrovnat teploty všech předmětů v co nejširším okolí (ve své době vedly tyto úvahy až k vizím tzv. tepelné smrti vesmíru). Prakticky vzato, příroda se snaží vyrovnat teplotu interiéru s teplotou v exteriéru. Tato snaha se projevuje v obalových konstrukcích vznikem tepelných toků (v zimě směřujících zevnitř ven). Abychom tyto tepelné toky omezili, vkládáme jim do cesty překážky, tepelné izolace. Z fyzikálního hlediska je zcela jedno, jestli tepelnou izolaci přiložíme zevnitř, zvenčí, nebo zda ji vložíme dovnitř do stěny. Z konstruktérského hlediska je to ovšem zásadní rozdíl. Bez podrobnějšího vysvětlování uvedme důvody, proč je koncepčně správné izolovat dodatečně budovy pouze ze strany exteriéru:

- zabráníme hromadění vlhkosti (kondenzaci vody) v zateplované stěně,
- uvedeme stěnu do tepelně stabilního režimu (tepelná izolace zvenčí stěnu „tepelně stíní“ a brání tak a priori potenciálně rizikovým dilatometrickým pohybům),
- spolehlivě přerušíme všechny tepelné mosty na obalové konstrukci, zejména pak v oblasti stropů a překladů nad otvory.

Opět však musíme zvážit další konsekvence, které (obecně nepochybně správné) zateplení zvenčí přináší. Především je třeba jasně říci, že s výjimkou vysoce speciálních tepelných izolací je ve skutečnosti jediným tepelným izolantem vzduch. Materiál tepelné izolace (například skelné vlákno nebo pěnový polystyren) mají jediný úkol: zabránit proudění vzduchu. Proudící vzduch totiž sám o sobě téměř neizoluje. Z toho plyne, že samotný materiál tepelné izolace je jen mrtvou hmotou, která se sama jako taková na izolování nijak nepodílí. Kvalitní tepelné izolace dnešní doby dosahují asi 75 % izolační schopnosti samotného *nehybného vzduchu*. Z hlediska tepelné izolační schopnosti je tedy lhostejné, je-li použita minerální vata, pěnový polystyren nebo třeba dřevní vlákno. Ale opět. Z konstrukčního hlediska je volba izolantu otázkou zásadního charakteru. Další otázkou je tloušťka dodatečně přidávané tepelné izolace. Je třeba uvážit především širší ekonomické souvislosti. Do rozpočtu na zateplení budou nemalou měrou vstupovat také své položky, jako jsou dopravní náklady, pronájem



lešení, cena za práci dělníků atd. V tomto smyslu je zřejmé, že se vždy vyplatí navrhovat tepelné izolace dostatečných tloušťek, minimálně takových, které vedou na *doporučené* (tedy nikoliv pouze předepsané) hodnoty tepelně izolačních schopností pláštů podle příslušných norem. Zvětšení tloušťky tepelné izolace o několik centimetrů totiž nepředstavuje vzhledem k ostatním položkám rozpočtu zateplení žádnou zásadní sumu.

### Vodní páry

Naprostá většina starších i novodobých staveb určených k zateplení je vybudována na silikátové bázi. Jde tedy o cihelné materiály, malty, omítkoviny, nověji o různé pěnové silikáty. Tyto materiály mají jednu charakteristickou vlastnost: jsou snadno propustné pro vodní páru. Jak již bylo řečeno, příroda se trvale snaží vyrovnat vnitřní a venkovní teploty. Existuje ale ještě jedna snaha přírody, která má rovněž povahu fyzikálního zákona a jejíž poznání je zásadně důležité právě pro návrhy zateplení budovy. Hovoříme-li ve stavební fyzice o vzduchu, máme na mysli suchý vzduch. K němu potom přiřazujeme druhou složku, a to je vodní pára. Té může být ve vzduchu různé množství. Maximální možné množství páry ve vzduchu roste s teplotou a nazývá se sytá vodní pára. Tak např. při pokojové teplotě 20 °C je to asi 17 g vody na 1 m<sup>3</sup>. Pokud tedy mluvíme o 50% relativní vlhkosti, potom je za dané teploty ve vzduchu 8,5 g vody na 1 m<sup>3</sup>. Vodní pára se ovšem vyskytuje ve vzduchu i při záporných teplotách, je jí tam však podstatně menší množství. Tak při teplotě pod -10 °C je vodní páry ve vzduchu vždy méně než 1 g na 1 m<sup>3</sup>. Obecně platí, že v našich klimatických podmínkách je v interiéru 8–9 měsíců v roce větší koncentrace vodní páry než v exteriéru.

### Difuze vodních par

A zde přichází ke slovu již dříve předeslaný druhý přírodní zákon, totiž trvalá snaha přírody o vyrovnání koncentrací vodních par v exteriéru a v interiéru. Projevem této snahy je vznik toku vodní páry v jednom směru a „kompenzačního“ toku suchého vzduchu ve směru právě opačném. Proces vyrovnávání koncentrací plynů se nazývá difuze. Pro úlohy zateplení nás zajímá především difuze vodní páry. Podle dříve uvedeného je patrné, že 8–9 měsíců v roce se pára pohybuje z interiéru do exteriéru. Jak již bylo řečeno, charakteristickým rysem drtivé většiny stávajících staveb je právě velmi dobrá propustnost pro vodní páru. Je tedy jasné, že pokud se pokoušíme co nejméně vychýlit novým konstrukčním opatřením stávající stavbu z její rovnováhy, měli bychom atribut paropropustnosti

zachovat i pro tepelné izolace (zejména pak izolace prováděné zvenčí). Tento požadavek ovšem vesměs splňují pouze izolace vláknité: může jít o skelná či minerální vlákna, dřevovláknité desky či izolace z konopí atd. Naopak jako principiálně nevhodné se jeví izolace na bázi pěnových plastů, tedy primárně pěnový polystyren a pěnový polyuretan. Tyto izolace, pokud jsou vytvořené strukturálně jako uzavřené „bublínky“ vzduchu v plastové matici, propouštějí vodní páru jen krajně neochotně. Důsledek použití těchto materiálů pro zateplení paropropustných stěn je potom zřejmý: vodní pára postupuje až k nepropustné izolaci, kde se ochlazuje, kondenzuje a vrací se zpět ve formě kapaliny (mechanismem kapilárního sání) do zateplované zdi. Tento mechanismus probíhá trvale. Pokud je množství procházející páry malé, mohou se problémy s vlhkostí vyskytnout až po dlouhé době (např. 10 let). Nic to však nemění na podstatě problému. „Konečným řešením“ tohoto problému potom je, uzavřeme-li pěnovou izolační vrstvu lacinou tenkovrstvou omítkou na bázi akrylátů. Ta je pro vodní páru prakticky zcela nepropustná. Z dlouhodobého hlediska tak dostáváme objekt do situace, kdy se nemůže do nového rovnovážného stavu nikdy dostat. Prvním projevem tohoto problému je vznik plísní na površích interiéru. Ani v dobře větraných místnostech totiž nelze zajistit proudění vzduchu např. v koutech nebo v prostorech za nábytkem. Proto jde o místa, která neomylně a jako první signalizují narůstání problému s kondenzací par v konstrukci. Obrazně lze shrnout, že dům zateplený neprodyšnou vrstvou se cítí stejně jako člověk, který si na své běžné oblečení nakonec navlékne (a zapne) pláštěnku – paří se.

### Vlhké zdivo

Zateplování stěn je třeba věnovat speciální pozornost u terénu. Je chyba zateplovat zdivo, které není suché (má porušenou hydroizolaci, je patrná čára zvlhnutí). Po přiložení dodatečného zateplení se totiž nutně sníží výparná schopnost zatepleného povrchu, což nevyhnutelně vede ke zvýšení úrovně zvlhnutí zdiva. Základní pravidlo proto zní: nejprve přerušit tok vztlínající vlhkosti (opravit hydroizolaci), nechat zdivo rozumně vyschnout a teprve potom aplikovat zateplení. A samozřejmě zvolit takový typ zateplení, které umožní v maximální možné míře odvod odpařující se vodní páry z vysychajícího zdiva.

### Konsekvence provedení zateplení

I správně provedené dodatečné zateplení stěn zvenku může mít některé nepříjemné konsekvence, kterým nelze zabránit. Zaizolováním zvenčí

posuneme materiál stěny trvale do teplejší oblasti, chlad z valné části zachytí tepelná izolace. Obrazně řečeno, pokud jsou materiály studené, vážou na sebe větší množství vlhkosti ze vzduchu, než pokud jsou teplé (tzv. rovnovážná sorpční vlhkost). Pokud tedy posuneme zdivo do teplejší oblasti, nevyhnutelně se bude zbavovat nadbytečné vlhkosti (tzv. desorpce materiálu). To může mít podle stupně zvlhnutí zdiva dva důsledky:

- U zdiva, které pouze přechází ze „studené“ do „teplé“ rovnováhy, bude po určitou dobu (řádově měsíce) vyšší vlhkost v interiérech a obyvatelé budou v blízkosti stěn pociťovat chlad. Vyšší vlhkost v interiérech je důsledkem výparu ze zdiva. Pocit chladu je důsledkem toho, že vypařování spotřebovává tepelnou energii, z povrchu zdiva „čiší chlad“.
- U zdiva, které obsahovalo vodu v kapalně fázi, může dojít ke vzniku povrchových (viditelných) i vnitřních (neviditelných) výkvětů solí. Voda je totiž polární kapalina, a tudíž i vynikající rozpouštědlo pro řadu látek obsažených v maltách, omítkách, cihlách atd. Při vypařování vody dochází ke zpětné rekrystalizaci solí z přesycených roztoků. Tato rekrystalizace probíhá cestou nejmenšího odporu, což v blízkosti povrchů znamená směrem ven do otevřeného prostoru. Makroskopicky se to může projevit vznikem charakteristických výkvětů solí, vznikem puchýřů na omítkách, odlupováním malby atd. Řešení je jediné. V rámci urychlení procesu vysychání odstranit poškozené omítky, a pokud to lze, nechat místa co nejdéle obnažená (nejsnazší vypařování). Potom je vhodné aplikovat sanační omítky. Jejich principem je, že jsou jednak velmi dobře propustné pro vodní páru, jednak mají měkkou strukturu. To znamená, že výkvět na povrchu zdiva rozruší spodní strukturu omítky, aniž to má dopad na její vnější povrch.

## ZATEPLOVÁNÍ STĚN BUDOV Z INTERIÉRU

Kapitola uvádí pouze některé obecné skutečnosti. Podrobný rozbor problematiky vnitřního zateplení přesahuje rámec tohoto textu.

### Tepelné namáhání stěny

Základním problémem zateplování ze strany interiéru je, že tepelným stíněním budovy z interiéru vystavujeme obvodovou stěnu více kolísání vnějšího klimatu. Stěna může v zimě skutečně prakticky v celé tloušťce prochladnout na teplotu venkovního vzduchu, v letním období se naopak může prohřát (samozřejmě v závislosti na své tloušťce) na teplotu venkovního vzduchu, na svém povrchu i na teplotu výrazně převyšující teplotu okolního vzduchu.

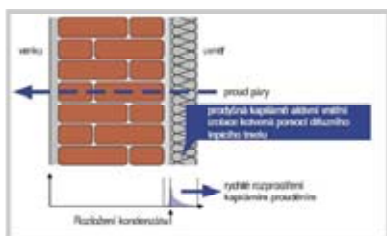
Tyto tepelné změny, které mají díky cyklickému charakteru klimatu své denní i roční periody, mohou dostat některé materiály, zejména pak na „hlídaném“ exteriéru budov, do nové situace. Zejména v letním období může docházet k celkově vyššímu prosychání povrchů, což může být například u některých typů štuků provázeno vznikem jemných povrchových trhlin. To je samozřejmě nežádoucí stav, poněvadž tyto trhliny již nemají schopnost zacelit se a jsou vstupní branou pro škodliviny (např. zředěné kyseliny z kyselých dešťů ve městech) do nitra materiálů.

### Difuze vodní páry

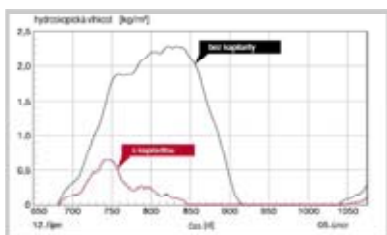
Druhým potenciálním problémem zateplování ze strany interiéru je difuze vodní páry. Při prostém přiložení tepelné izolace skutečně nemůžeme čekat nic jiného, než že pára izolaci projde a zkondenzuje ve stěně zdiva. Pokud navíc má takto zateplená stěna pasivní vlhkostní bilanci, dochází v čase ke kumulaci vody ve stěně, což může mít nakonec pro stěnu jako takovou destruktivní dopad. Problém difuze je však zvládnutelný. Máme k dispozici materiály, jimiž dokážeme účinně řídit množství páry, kterou do stěny ze strany interiéru pustíme. Návrh musí být však proveden tak, aby byla stěna schopna „vpuštěné“ množství vodní páry ze strany interiéru „vydýchat“, odpařit do exteriéru. Při návrhu zateplení ze strany interiéru můžeme rovněž využít sorpční vlastnosti materiálů, případně i vhodně pórovitě kapilarity odvést zpět k povrchu interiéru a tam ji odpařit. Jedná se o extrémně difuzně otevřené kapilárně aktivní materiály, které mají schopnost kondenzát v okamžiku jeho vzniku do sebe nasát, rozvést jej do celého svého objemu, dočasně v sobě uložit a následně odvést zpět k povrchu interiéru. Jako izolant pro vnitřní zateplení se nejčastěji používají minerální tepelné izolační desky z křemičitanu vápenatého. Tyto nehořlavé desky mají navíc tu schopnost, že přítomnost kondenzátu v materiálu neovlivňuje podstatným způsobem tepelné izolační vlastnosti.

### Tepelné mosty

Třetím, a to dosti závažným problémem zateplení ze strany interiéru je problém tepelných mostů po obvodu budovy v úrovních stropní tabule. Na rozdíl od zateplení zvenčí při zateplení zevnitř nejsme schopni tyto tepelné mosty účinně překrýt. To samo osobě nemusí být zásadní potíží; při zateplení historicky cenné budovy musíme být připraveni k určitým ústupkům. Jedním z nich může být například skutečnost, že účinek zateplení



Princip účinnosti kapilárně aktivních vnitřních izolací.



Vliv kapilární aktivity na vznik kondenzátu u vápeno-silikátových izolačních desek (simulace Drážďanské technické univerzity).

Konkrétní volba způsobu zateplení úzce souvisí s charakterem provozu uvnitř budov, tj. zejména s jeho teplotou a relativní vlhkostí. Problém difundující vlhkosti však je řešitelný, zdroj Remmers.



Teplotní most v místě železobetonové konstrukce, zdroj A.W.A.L., s.r.o.

nebude v porovnání se zateplením zvenčí tak výrazný, neboť pásy v oblasti stropních tabulí prostě bude unikat více tepla. Skutečný problém však spočívá v tom, že tepelné stínění z interiéru, které posouvá zdivo v zimě do chladné zóny, do této zóny automaticky přesouvá i často dřevěné konstrukce stropů. Jde tedy především o problém zhlaví trámů, kde dochází v chladných obdobích roku ke kondenzaci a kde se musíme právem obávat napadení trámů hnilobou, houbami či jinými formami biodegradace. Řešení tohoto problému se různí. Například v SRN se doporučuje hermeticky olepit spoj trámu a stěny tak, aby interiér a prostor kapsy trámu byly zcela odděleny. Toto řešení vychází z názoru, že zhlaví trámu je sice v zimě vlhké, ale pokud je odděleno od teplého interiéru, je také studené. To by nemělo umožnit biologickým kulturám jejich rozvoj, neboť ke svému růstu potřebují kromě vlhka také teplo. Tato filozofie nepostrádá jistou logiku, avšak patrně nebude univerzální. Čím tlustší bude zateplované zdivo, tím rizikovější tato filozofie bude. Exponovanější stavby v SRN, které byly tímto způsobem ze strany interiéru zatepleny, mají proto zhlaví trámů opatřena vlhkostními čidly a do konstrukce jsou zabudovány trubičky, jimiž je možné vizuálně pomocí kamerového čidla zhlaví trámů prohlédnout. I to svědčí o tom, že řešení tohoto problému je otevřené a postoje odborníků jsou nejednoznačné. Obecně lze konstatovat, že rovněž tento problém je technicky řešitelný, zákonitě však má individuální povahu, a proto je nutné jej řešit případ od případu.

Vesměs platí úměra (u jakéhokoliv zateplení zevnitř), že čím vlhčí provoz v interiéru plánujeme, tím menší je tloušťka tepelné izolace zevnitř.

Součinitel prostupu tepla, kterého chceme dosáhnout, nutně generuje dramatické změny ve vlhkostním režimu stavby. Proto je tím nejdůležitějším bodem při návrhu zateplení zvládnutí vlhkostního režimu.

Pro zajištění správné budoucí funkce vnitřního zateplení je nezbytné určit optimální tloušťku izolantu v závislosti na požadovaném součiniteli prostupu tepla konstrukcí, provést tepelně vlhkostní bilanci na počítačových programech, zajistit správnou povrchovou teplotu stěny v interiéru.

Zateplená stavební konstrukce nesmí být dodatečně dotována vlhkostí (např. zemní vlhkost vlivem špatné izolace). V interiéru musí být zajištěna dostatečná výměna vzduchu. Doporučuje se namodelovat nově vzniklé tepelné mosty a jejich způsob eliminace na počítačovém programu. Každý systém má své meze. Ani systémy vnitřního zateplení není možno aplikovat všude.

Správné technické vyřešení detailů konstrukce po zateplení a kvalitní řemeslné provedení je předpokladem správné funkce systému.

Při správném a dlouhodobě funkčním návrhu vnitřního zateplení se tloušťka izolace šije na míru konkrétní konstrukci. Do výpočtu se zavádí: konkrétní klimatické podmínky dané lokality, konkrétní teplotně-vlhkostní režim v interiéru, konkrétní skladba (materiálové vlastnosti) stávající konstrukce.

## DIFUZNĚ OTEVŘENÉ KONSTRUKCE

Difuzně otevřené konstrukce představují alternativní řešení k běžné skladbě šikmých střech a obvodových konstrukcí dřevostaveb. Běžnou součástí skladeb konstrukcí s dřevěnými prvky jsou v současné době parozábrany, jejichž primární funkcí je zabránit pronikání vodní páry z interiéru do konstrukce.

Parozábrana v souvrství zateplení střechy ovšem není projevem pokroku a moderního stavitelství. Je především výrazem obav konstruktéra, že mu ve střešní konstrukci zkondenzuje příliš mnoho vodní páry, konstrukce si s ní neporadí a nastane biologická degradace (plísně, hniloba, dřevokazný hmyz). Avšak takto koncipované konstrukce zateplení nedýchají, neprobíhá v nich přirozený přenos suchého vzduchu a vodní páry mechanismem molekulárního přenosu (tedy difuze).

Naopak difuzně otevřené konstrukce fungují tak, že difuze – tedy průchod vodní páry vedením – je umožněna, ale znemožňují průchod plynů prouděním („nedají se profouknout“). Umožnění difuze konstrukcí s sebou sice zároveň přináší riziko kondenzace, ale na druhé straně je také zajištěna možnost vysychání (regenerační schopnost).

Proudění (konvekce) plynů v konstrukci je podmíněno rozdílem tlaků, zatímco difuze probíhá i za konstantního tlaku. Difuze probíhá pouze u směsi plynů a účastní se jí oba plyny. Podmínkou je difuzně otevřený pórový systém (tuto vlastnost charakterizuje faktor difuzního odporu).

Difuzně otevřené konstrukce mohou najít své využití u zateplení fasád a podkroví obytných budov. Naopak difuzní uzavřenost je nutná u plochých střech a „plechových“ fasád průmyslových staveb.

Historické konstrukce obytných budov lze z 99 % označit za difuzně otevřené (domy zděné z cihel, pórobetonu, sruby, hrázděné stavby). Z toho vyplývá, že difuzně otevřené konstrukce jsou zcela běžným, normálním typem konstrukce pro bydlení.

Konstrukce většiny dnešních dřevostaveb je naopak tvořena rámovou konstrukcí s parozábranou.

## Rizika, se kterými je nutno počítat při provádění parozábrany:

1. nemožnost dokonalého provedení (stropy, prostupy),

2. problémy s kvalitou při realizaci na stavbě.

Doporučujeme proto při navrhování degradovat faktor difuzního odporu parozábrany.

Mezi lidmi se často objevuje mylná úvaha, že difuzně otevřená konstrukce vznikne vynecháním parozábrany. To je sice jedna z pravdivých zásad, ale zároveň je nutné v konstrukci použít deskové materiály s funkcí parobrzd: některé sádrovláknité desky nebo některé desky OSB.

Podstata řešení difuzně otevřených konstrukcí spočívá ve stavební fyzice („měkké tkáň“), nikoliv ve statice.

Deska z interiéru plní funkci primární parobrzd (zásadně záleží na typu desky!) Výplňová tepelná izolace slouží jako sekundární parobrzd a zároveň zajišťuje teplotní podmínky pro omezení kondenzace ve dřevě. Dřevovláknitá deska z vnější strany funguje jako sekundární parobrzd, zajišťuje sorpci vlhkosti.

## Difuzně otevřené konstrukce pomáhají ke zlepšení následujících vlastností konstrukce:

- letní tepelná stabilita interiérů (tepelné akumulační schopnost pláště),
- stabilita vlhkostního klima interiéru (absorpce vlhkostních šoků apod.),
- redukce výskytu plísní na površích interiérů (protisměrný pohyb plynů),
- odolnost a bezpečnost konstrukcí vzhledem k vlhkosti (regenerační schopnost).

## PŘÍKLAD 1

### RODINNÝ DŮM, PETTENBACH, RAKOUSKO

Autor projektu: Günter a Mathias Lang,

LANG consulting

Užitná plocha: 205 m<sup>2</sup>

Rok výstavby: 2005

Přestavba rodinného domu Schwarzových v Pettenbachu představuje rakouskou premiéru, jak příkladně ozdravovat staré rodinné domy na standard a komfort pasivního domu. Vedle výsledného zmenšení spotřeby energie a emisí CO<sub>2</sub> o 95 % byla v popředí tohoto demonstračního projektu – jenž byl realizován v rámci vědeckého programu „Haus der Zukunft“ (Dům pro budoucnost) rakouského spolkového ministerstva pro dopravu, inovace a technologie (BMVIT) – novátorská sanace s vysokým podílem předem zhotovených kompletních dílů, závěsných dřevěných stěn. Nový plášť domu byl díky tomu smontován za tři dny.

Pilotní projekt nechtěl vyhovět pouze nejmodernějším energetickým kritériím, nýbrž také zachovat ráz původního bungalovu v architektonické podobě z roku 1960.

#### Dvojnásobná plocha při méně než osminové spotřebě energie

V přízemí byl nad podsklepenou částí docílen vysoký tepelný standard i při nutně omezené tloušťce možné izolace vložení 2cm vrstvy vakuových panelů. Tepelné mosty představované průběžným zdívkem přízemí sahajícím až do základů byly zmírněny tím, že 24 cm silná izolační vrstva z extrudovaného polystyrenu nepokračuje pod terénem podél zdi do hloubky, ale místo toho se jen mírně šikmo svažuje směrem ven až do vzdálenosti 1,2 m (tzv. protimrazový štít). Tak byla spotřeba tepla i při zdvojnásobení nadzemní podlahové plochy z 97 na 217 m<sup>2</sup> redukována z 27 100 kWh/a (z propanbutanu) na konečných 3170 kWh/a (elektřiny).

Optimalizovaný větrací systém s vysoce účinnou centrální jednotkou zajišťuje stálý přísun čerstvého vzduchu do celého domu a zajišťuje dle potřeby dohřev vzduchu i přípravu teplé vody pomocí integrovaného malého tepelného čerpadla a zásobníku ohřáté vody; teplo se přitom získává z odpadního vzduchu. Fotovoltaické panely s maximálním výkonem 2,4 kW integrované do fasády vrátí za rok dvě třetiny elektřiny spotřebované k vytápění.

Maximální využití obnovitelných surovin a ozdravení starého domu namísto demolice a nové

výstavby snížilo mimo jiné o 80 % spotřebu neobnovitelných surovin a energie vložené do stavby (tzv. šedé energie).

#### Ozdravení domu na pasivní standard se vyplatí

Důsledná přestavba na pasivní dům dala vzniknout oproti konvenční sanaci 15 % a použití ekologických opatření 9 % vícenákladů. Díky dramatickému snížení energetické náročnosti, splnění podmínek pro nejvyšší stupeň státní podpory a očekávanému růstu cen tepla se důsledná sanace majiteli domu vyplatila již prvním rokem. „Tepelně udržitelné“ ozdravení starých domů představuje s odstupem nejdůležitější přínos pro účinnou redukci emisí CO<sub>2</sub>. Zároveň se nabízí šance přivést ostatní budovy vyžadující sanaci na stejně vysoký standard uživatelského komfortu. Jde o podstatné zlepšení oproti konvenčně sanovaným budovám jak v ohledu ochrany proti zimním mrazům a letním vedrům, tak i díky komfortnímu větrání s vysoce účinnou rekuperací tepla.

#### Energetická náročnost:

potřeba tepla na vytápění před sanací: 280 kWh/(m<sup>2</sup>.a)  
potřeba tepla na vytápění po sanaci: 14,70 kWh/(m<sup>2</sup>.a)  
normová tepelná ztráta: 10,70 W/m<sup>2</sup>

#### Konstrukce:

kombinovaná; obvodová stěna: hotové dřevěné díly zavěšené před dosavadními zdmi s 36 cm celulózy  
střecha: hotové dřevěné díly se 44 cm celulózou  
podlaha: nad sklepem 5 cm staré izolace, 2 cm vakuové izolace a 6 cm EPS, nad zemí 24 cm XPS

#### Součinitele prostupu tepla U:

obvodová stěna: 0,10 W/(m<sup>2</sup>.K);  
střecha: 0,09 W/(m<sup>2</sup>.K);  
podlaha/strop nad sklepem: 0,13 W/(m<sup>2</sup>.K)

#### Okna:

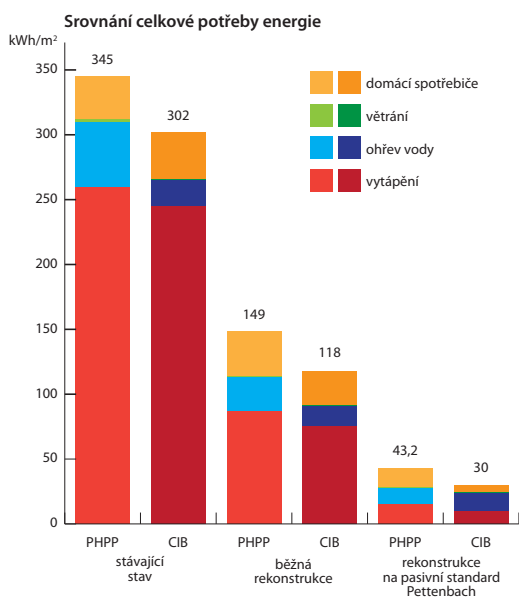
dřevěné rámy kryté hliníkem; U<sub>w</sub>: 0,77 W/(m<sup>2</sup>.K);  
zasklení izolačními trojskly U<sub>g</sub>: 0,60 W/(m<sup>2</sup>.K)

#### Větrání:

kompaktní větrací zařízení (tepelná centrála) se zemním kolektorem tepla

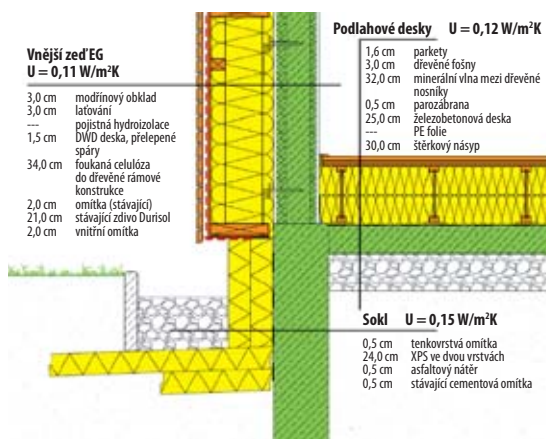
#### Vytápění a ohřev teplé vody:

malé tepelné čerpadlo s příkonem max. 0,5 kW a elektrické topné panely; 2/3 jejich spotřeby poskytl za rok fotovoltaická fasáda



Stav před rekonstrukcí

**Porovnání energetické náročnosti běžného domu a rekonstrukce v Pettenbachu**



**Zateplení soklu a koncepce přesazené fasády**



Púdorys přízemí



Dům po rekonstrukci. Fasáda s instalovanými fotovoltaickými články

## ŘADOVÝ RODINNÝ DŮM, BRNO

Autor: Ing. Josef Bárta  
 Investor: soukromá osoba  
 Rok původní výstavby: 1939  
 Realizace úprav: 2010

Koncový řadový rodinný dům s jednou bytovou jednotkou má dvě nadzemní podlaží a nepoužívá-nou půdu. Střecha domu je sedlová.

V domě byla provedena částečná rekonstrukce interiéru, kdy byly kromě úprav interiéru nově provedeny rozvody vody, kanalizace a ústřední vytápění.

Tabulky 1 Přehled obalových konstrukcí (stávající stav)

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>pož</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>dop</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zdivo CP 325	12,0	1,64	0,38	0,25
Zdivo Porotherm 36,5	22,3	0,37	0,38	0,25
Zdivo CP 460	20,0	1,28	0,38	0,25
Zdivo CP 500	56,0	1,20	0,38	0,25
Zdivo CP 545	14,3	1,13	0,38	0,25
Zdivo CP 350 pod terénem	5,8	1,55	0,45	0,30
Zdivo CP 500 pod terénem	23,3	1,20	0,45	0,30
Podlaha na zemině	107,6	3,24	0,45	0,30
Plochá střecha – terasa přístavby	29,6	0,43	0,24	0,16
Střecha – šikmá část	90,0	0,34	0,24	0,16
Okna špaletová	20,6	2,35	1,70	1,20
Okna novější	10,9	1,40	1,70	1,20
Dveře vstupní	1,80	2,30	3,50	2,30

### Varianta I

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>pož</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>dop</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zdivo CP 325 + KZS 50 mm	12,0	0,54	0,38	0,25
Zdivo Porotherm 36,5 + KZS 50 mm	22,3	0,26	0,38	0,25
Zdivo CP 460 + KZS 50 mm	20,0	0,49	0,38	0,25
Zdivo CP 500 + KZS 50 mm	56,0	0,48	0,38	0,25
Zdivo CP 545 + KZS 50 mm	14,3	0,47	0,38	0,25
Zdivo CP 350 pod terénem + 50 mm XPS	5,8	0,54	0,45	0,30
Zdivo CP 500 pod terénem + 50 mm XPS	23,3	0,48	0,45	0,30
Podlaha na zemině + PPS 50 mm	107,6	0,63	0,45	0,30
Plochá střecha – terasa + XPS 50 mm	29,6	0,25	0,24	0,16
Střecha – šikmá část + 150 mm MW	54,9	0,36	0,24	0,16
Střecha – vodorovná část + 150 mm MW	28,0	0,36	0,24	0,16
Okna dřevěná s izolačním dvojsklem	20,6	1,70	1,70	1,20
Střešní okna	4,20	2,00	1,50	1,10
Dveře vstupní	1,80	3,00	3,50	2,30
Balkonové dveře	3,60	1,70	1,70	1,20

V rámci plánované rekonstrukce bude provedeno zateplení objektu, výměna stávajících oken za dřevěná okna, rekonstrukce stávajících podlah ve vstupním podlaží. Dále bude z dosud nevyužívané půdy vytvořena nová obytná místnost, čímž se zvětší obytná plocha objektu.

V rámci studie bude porovnáno pět variant zlepšení energetické náročnosti budovy s původním stavem před rekonstrukcí. Ve všech variantách je uvažováno s řízeným větráním s rekuperací tepla pro zajištění

kvalitního vnitřního prostředí a omezení nebezpečí vzniku plísní vlivem nadměrné vlhkosti a nedostatečné výměny vzduchu. Pro vybranou variantu bude dále proveden návrh nového systému vytápění a přípravy teplé vody. V jednotlivých variantách se nezabýváme technickými opatřeními, která se musí provést ve všech variantách. Jedná se hlavně o statické zajištění objektu a řešení problémů s vlhkostí.

Průměrná návrhová vnitřní teplota během topného období je 20 °C. Ve výpočtu součinitele prostupu

#### Varianta II

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>poz</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>dop</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zdivo CP 325 + KZS 100 mm	12,0	0,32	0,38	0,25
Zdivo Porotherm 36,5 + KZS 100 mm	22,3	0,19	0,38	0,25
Zdivo CP 460 + KZS 100 mm	20,0	0,31	0,38	0,25
Zdivo CP 500 + KZS 100 mm	56,0	0,30	0,38	0,25
Zdivo CP 545 + KZS 100 mm	14,3	0,30	0,38	0,25
Zdivo CP 350 pod terénem + 100 mm XPS	5,8	0,30	0,45	0,30
Zdivo CP 500 pod terénem + 100 mm XPS	23,3	0,32	0,45	0,30
Podlaha na zemině + PPS 100 mm	107,6	0,35	0,45	0,30
Plochá střecha – terasa + XPS 100 mm	29,6	0,19	0,24	0,16
Střecha – šikmá část + 150 mm MW	54,9	0,36	0,24	0,16
Střecha – vodorovná část + 150 mm MW	28,0	0,36	0,24	0,16
Okna dřevěná s izolačním dvojsklem	20,6	1,70	1,70	1,20
Střešní okna	4,20	2,00	1,50	1,10
Dveře vstupní	1,80	2,00	3,50	2,30
Balkonové dveře	3,60	1,70	1,70	1,20

#### Varianta III

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>poz</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>dop</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zdivo CP 325 + KZS 150 mm	12,0	0,23	0,38	0,25
Zdivo Porotherm 36,5 + KZS 150 mm	22,3	0,16	0,38	0,25
Zdivo CP 460 + KZS 150 mm	20,0	0,22	0,38	0,25
Zdivo CP 500 + KZS 150 mm	56,0	0,22	0,38	0,25
Zdivo CP 545 + KZS 150 mm	14,3	0,22	0,38	0,25
Zdivo CP 350 pod terénem + 150 mm XPS	5,8	0,22	0,45	0,30
Zdivo CP 500 pod terénem + 150 mm XPS	23,3	0,23	0,45	0,30
Podlaha na zemině + PPS 150 mm	107,6	0,24	0,45	0,30
Plochá střecha – terasa + XPS 150 mm	29,6	0,15	0,24	0,16
Střecha – šikmá část + 150 mm MW	54,9	0,36	0,24	0,16
Střecha – vodorovná část + 150 mm MW	28,0	0,36	0,24	0,16
Okna dřevěná s izolačním dvojsklem	20,6	1,70	1,70	1,20
Střešní okna	4,20	2,00	1,50	1,10
Dveře vstupní	1,80	2,00	3,50	2,30
Balkonové dveře	3,60	1,70	1,70	1,20



tepla  $U$  je započítán vliv systematických tepelných mostů (např. krokve či nerezové kotvy) formou korekce (přirážky)  $\Delta(W/(m^2))$ .

### CHARAKTERISTIKA KONSTRUKCÍ

Všechny použité konstrukce jsou porovnány s požadavky a doporučeními normy ČSN 730540–2:2007 na hodnotu součinitele prostupu tepla.

### Varianta I

Tato varianta řeší základní tepelně technické zlepšení objektu a rekonstrukci půdy na obytnou místnost. Součástí této rekonstrukce je vyspravení střechy a tepelná izolace mezi krokve stávajícího krovu.

V této variantě je navrženo:

- kontaktní zateplovací systém s izolantem z pěnového polystyrenu v tl. 50 mm,
- výměna oken za standardní dřevěná s izolačním dvojsklem,

### Varianta IV

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>poz</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>dop</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zdivo CP 325 + KZS 150 mm	12,0	0,18	0,38	0,25
Zdivo Porotherm 36,5 + KZS 150 mm	22,3	0,13	0,38	0,25
Zdivo CP 460 + KZS 150 mm	20,0	0,17	0,38	0,25
Zdivo CP 500 + KZS 150 mm	56,0	0,17	0,38	0,25
Zdivo CP 545 + KZS 150 mm	14,3	0,17	0,38	0,25
Zdivo CP 350 pod terénem + 150 mm XPS	5,8	0,22	0,45	0,30
Zdivo CP 500 pod terénem + 150 mm XPS	23,3	0,23	0,45	0,30
Podlaha na zemině + PPS 150 mm	107,6	0,19	0,45	0,30
Plochá střecha – terasa + XPS 150 mm	29,6	0,13	0,24	0,16
Střecha – šikmá část + 150 mm MW	54,9	0,27	0,24	0,16
Střecha – vodorovná část + 150 mm MW	28,0	0,27	0,24	0,16
Okna dřevěná s izolačním dvojsklem	20,6	0,85	1,70	1,20
Střešní okna	4,20	1,10	1,50	1,10
Dveře vstupní	1,80	1,00	3,50	2,30
Balkonové dveře	3,60	0,85	1,70	1,20

### Varianta V

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>poz</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>dop</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zdivo CP 325 + KZS 150 mm	12,0	0,18	0,38	0,25
Zdivo Porotherm 36,5 + KZS 150 mm	22,3	0,13	0,38	0,25
Zdivo CP 460 + KZS 150 mm	20,0	0,17	0,38	0,25
Zdivo CP 500 + KZS 150 mm	56,0	0,17	0,38	0,25
Zdivo CP 545 + KZS 150 mm	14,3	0,17	0,38	0,25
Zdivo CP 350 pod terénem + 150 mm XPS	5,8	0,22	0,45	0,30
Zdivo CP 500 pod terénem + 150 mm XPS	23,3	0,23	0,45	0,30
Podlaha na zemině + PPS 150 mm	107,6	0,19	0,45	0,30
Plochá střecha – terasa + XPS 150 mm	29,6	0,13	0,24	0,16
Střecha – šikmá část + 150 mm MW	54,9	0,27	0,24	0,16
Střecha – vodorovná část + 150 mm MW	28,0	0,27	0,24	0,16
Okna dřevěná s izolačním dvojsklem	20,6	0,85	1,70	1,20
Střešní okna	4,20	1,10	1,50	1,10
Dveře vstupní	1,80	1,00	3,50	2,30
Balkonové dveře	3,60	0,85	1,70	1,20

- rekonstrukce půdy na obytnou místnost s tepelnou izolací z minerální vlny mezi krokve v tloušťce 150 mm,
- zateplení terasy nad přístavbou extrudovaným polystyrenem v tl. 50 mm a rekonstrukce nášlapné vrstvy,
- kompletní rekonstrukce podlah ve vstupním nadzemním podlaží, tepelná izolace extrudovaný polystyren v tl. 50 mm.

#### Varianta II

Varianta se od Varianty I liší pouze větší tloušťkou použité tepelné izolace. Změny oproti Variantě I jsou vyznačeny tučně.

V této variantě je navrženo:

- kontaktní zateplovací systém s izolantem z pěnového polystyrenu v tl. **100 mm**,
- výměna oken za standardní dřevěná s izolačním dvojsklem,
- rekonstrukce půdy na obytnou místnost s tepelnou izolací z minerální vlny mezi krokve v tloušťce 150 mm,
- zateplení terasy nad přístavbou extrudovaným polystyrenem v tl. **100 mm** a rekonstrukce nášlapné vrstvy,
- kompletní rekonstrukce podlah ve vstupním nadzemním podlaží, tepelná izolace extrudovaný polystyren v tl. **100 mm**.

#### Varianta III

Varianta se od Varianty II liší pouze větší tloušťkou použité tepelné izolace. Změny oproti Variantě II jsou vyznačeny tučně.

V této variantě je navrženo:

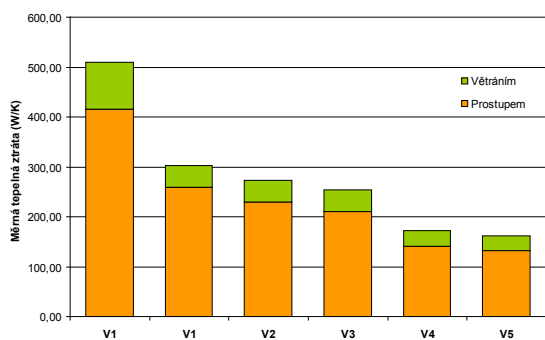
- kontaktní zateplovací systém s izolantem z pěnového polystyrenu v tl. **150 mm**,
- výměna oken za standardní dřevěná s izolačním dvojsklem,
- rekonstrukce půdy na obytnou místnost s tepelnou izolací z minerální vlny mezi krokve v tloušťce 150 mm,
- zateplení terasy nad přístavbou extrudovaným polystyrenem v tl. **150 mm** a rekonstrukce nášlapné vrstvy,
- kompletní rekonstrukce podlah ve vstupním nadzemním podlaží, tepelná izolace extrudovaný polystyren v tl. **150 mm**.

#### Varianta IV

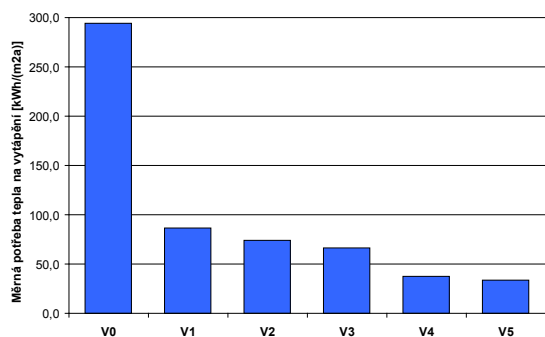
Varianta se od Varianty III liší větší tloušťkou použité tepelné izolace a použitím kvalitních dřevěných oken zasklených izolačním trojsklem. Změny oproti Variantě III jsou vyznačeny tučně.

V této variantě je navrženo:

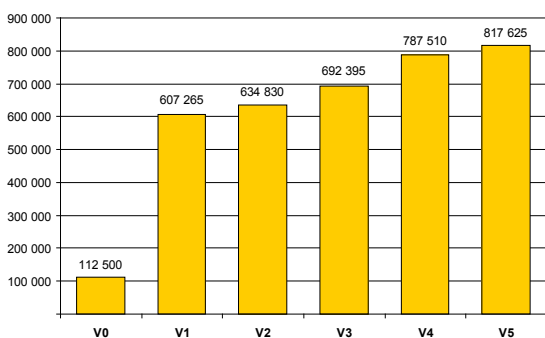




Měrná tepelná ztráta objektu



Měrná potřeba tepla na vytápění



Investiční náklady v Kč, podrobný rozpis na str. 204

Potřeba tepla na vytápění

	V0	V1	V2	V3	V4	V5
Potřeba tepla na vytápění	38,5	17,5	14,9	13,3	7,5	6,8
Zlepšení oproti variantě 0 (stávající stav)	0,0 %	54,6 %	61,2 %	65,5 %	80,4 %	82,5 %
Podlahová plocha	130,9	201,9	201,9	201,9	201,9	201,9
Měrná potřeba tepla na vytápění	294,2	86,7	74,0	65,9	37,3	33,5
Zlepšení oproti variantě 0 (stávající stav)	0,0 %	70,5 %	74,8 %	77,6 %	87,3 %	88,6 %
Pozn.: Díky rekonstrukci podkroví byla zvětšena podlahová plocha objektu o 71 m².						
Roční náklady na vytápění (stav k 2008)	48 459 Kč	23 050 Kč	19 957 Kč	17 975 Kč	10 983 Kč	10 042 Kč
Zlepšení oproti variantě 0 (stávající stav)	0,0 %	52,4 %	58,8 %	62,9 %	77,3 %	79,3 %

- kontaktní zateplovací systém s izolantem z pěnového polystyrenu v tl. **200 mm**,
- výměna oken za kvalitní **dřevěná okna s izolačním trojsklem**,
- rekonstrukce půdy na obytnou místnost s tepelnou izolací z minerální vlny mezi krokve v tloušťce **200 mm**,
- zateplení terasy nad přístavbou extrudovaným polystyrenem v tl. **200 mm** (maximální tloušťka kvůli konstrukčním omezením) a rekonstrukce nášlapné vrstvy,
- kompletní rekonstrukce podlah ve vstupním nadzemním podlaží, tepelná izolace extrudovaný polystyren v tl. **200 mm**.

#### Varianta V

Varianta se od Varianty IV liší větší tloušťkou použité tepelné izolace. Změny oproti Variantě IV jsou vyznačeny tučně.

V této variantě je navrženo:

- kontaktní zateplovací systém s izolantem z pěnového polystyrenu v tl. **250 mm**,
- výměna oken za kvalitní dřevěná okna s izolačním trojsklem,
- rekonstrukce půdy na obytnou místnost s tepelnou izolací z minerální vlny mezi krokve v tloušťce **250 mm**,
- zateplení terasy nad přístavbou extrudovaným polystyrenem v tl. 200 mm a rekonstrukce nášlapné vrstvy,
- kompletní rekonstrukce podlah ve vstupním nadzemním podlaží, tepelná izolace extrudovaný polystyren v tl. **250 mm**.

#### INVESTIČNÍ NÁKLADY JEDNOTLIVÝCH VARIANT

Pro posouzení jednotlivých variant je nutné zohlednit pouze náklady, které mají vztah ke zlepšení energetické náročnosti objektu. V nákladech tak nejsou vyčísleny kompletní náklady na rekon-

## Investiční náklady jednotlivých variant

Var.	Konstrukce	Inv. náklady [Kč]
<b>0</b>	Oprava fasády	62 500
	Renovace oken	50 000
	<b>CELKEM</b>	<b>112 500</b>
<b>I</b>	Kontaktní zateplovací systém z pěnového polystyrenu tl. 50 mm	93 125
	Zateplení střešního pláště MW tl. 150 mm	97 650
	Zateplení podlahy na terénu XPS tl. 50 mm	101 490
	Zateplení ploché střechy XPS tl. 50 mm	15 000
	Výměna oken a vchodových dveří	200 000
	Nucené větrání s rekuperací tepla	100 000
	<b>CELKEM</b>	<b>607 265</b>
<b>II</b>	Kontaktní zateplovací systém z pěnového polystyrenu tl. 100 mm	105 000
	Zateplení střešního pláště MW tl. 150 mm	97 650
	Zateplení podlahy na terénu XPS tl. 100 mm	111 180
	Zateplení ploché střechy XPS tl. 100 mm	21 000
	Výměna oken a vchodových dveří	200 000
	Nucené větrání s rekuperací tepla	100 000
	<b>CELKEM</b>	<b>634 830</b>
<b>III</b>	Kontaktní zateplovací systém z pěnového polystyrenu tl. 150 mm	116 875
	Zateplení střešního pláště MW tl. 150 mm	97 650
	Zateplení podlahy na terénu XPS tl. 150 mm	120 870
	Zateplení ploché střechy XPS tl. 150 mm	27 000
	Výměna oken a vchodových dveří	230 000
	Nucené větrání s rekuperací tepla	100 000
	<b>CELKEM</b>	<b>692 395</b>
<b>IV</b>	Kontaktní zateplovací systém z pěnového polystyrenu tl. 200 mm	128 750
	Zateplení střešního pláště MW tl. 200 mm	115 200
	Zateplení podlahy na terénu XPS tl. 200 mm	130 560
	Zateplení ploché střechy XPS tl. 200 mm	33 000
	Výměna oken a vchodových dveří – trojskla	280 000
	Nucené větrání s rekuperací tepla	100 000
	<b>CELKEM</b>	<b>787 510</b>
<b>V</b>	Kontaktní zateplovací systém z pěnového polystyrenu tl. 250 mm	140 625
	Zateplení střešního pláště MW tl. 250 mm	123 750
	Zateplení podlahy na terénu XPS tl. 250 mm	140 250
	Zateplení ploché střechy XPS tl. 200 mm	33 000
	Výměna oken a vchodových dveří – trojskla	280 000
	Nucené větrání s rekuperací tepla	100 000
	<b>CELKEM</b>	<b>817 625</b>

strukci. Investiční náklady jsou vyčísleny v cenách bez DPH.

Z tabulky na str. 204 je zřejmé, že se na nákladech velmi výrazně podílí cena práce a ostatních materiálů, zvětšení tloušťky tepelné izolace o 5 cm představuje navýšení celkové ceny zhruba o 5 %.

### POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

Výpočet potřeby tepla na vytápění byl proveden dle normy ČSN 832. Ve stávajícím stavu bylo uvažováno s přirozeným větráním, v ostatních variantách s nuceným větráním s rekuperací vzduchu s účinností 75 % (varianty 1 až 3) a 80 % (varianty 4 a 5 – díky kvalitním vzduchotěsně osazeným oknům).

Pro srovnatelnost bylo pro vytápění ve všech variantách uvažováno s plynovým nízkoteplotním kotlem. Teplo pro ohřev teplé vody je ve všech variantách stejné, nebudeme ho proto v dalším srovnání uvažovat.

### EKONOMICKÁ ANALÝZA

Pro ekonomickou analýzu byly zvoleny dvě varianty růstu ceny energie, 5 % a 8 % ročně. Provozní náklady jsou dle tohoto předpokladu upraveny. Investiční náklady jsou započteny na začátku časové řady. U všech konstrukčních řešení předpokládáme životnost jednotlivých opatření delší než 30 let, proto v hodnocení nejsou zahrnuty reinvestice. Roční náklady jsou diskontovány diskontní sazbou 3 % (odpovídá alternativnímu výnosu z investice se stejnou mírou rizika, např. dluhopisy).

#### Investiční náklady

Porovnání počátečních investičních nákladů jednotlivých variant je znázorněno v grafech na str. 206.

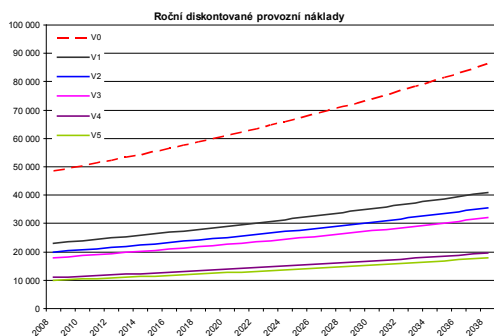
### ZÁVĚR

Všechny varianty rekonstrukce daného rodinného domu výrazně zlepšují kvalitu bydlení a všechny zvětšují obytný prostor o 70 m<sup>2</sup> díky rekonstrukci půdy na obytné podkroví. Ve všech variantách je uvažováno s nuceným větráním s rekuperací vzduchu, které výrazně přispívá ke kvalitě vnitřního prostředí a omezuje rizika vzniku plísní v interiéru.

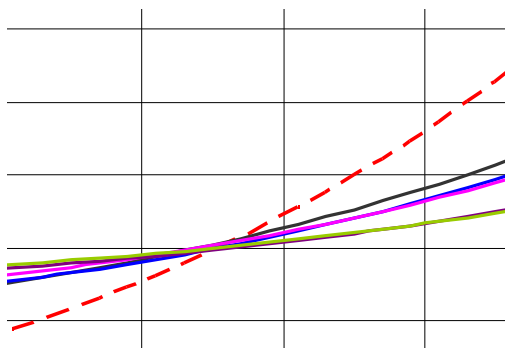
Ve studii jsou předpokládány dvě různé varianty vývoje cen energie. V obou variantách je návratnost opatření do 15 let, což je výrazně kratší doba než technická životnost všech opatření.



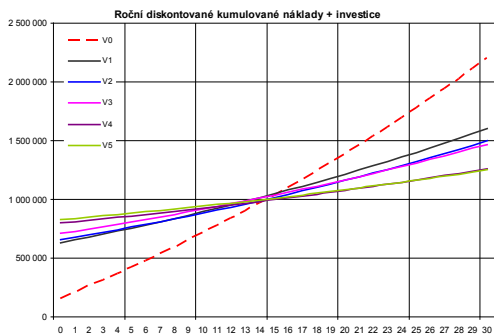
Rozvod větracího systému umístěný do rozšířeného komínového tělesa



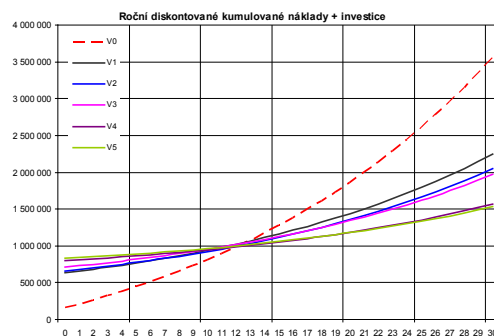
Vývoj provozních nákladů (vyjádřeno v dnešní ceně peněz). Je zřejmé, že roční provozní náklady variant 1 až 5 budou v porovnání s provozními náklady ve stávajícím objektu méně závislé na zvyšování ceny energie. Porovnání pro meziroční zvyšování cen 5%.



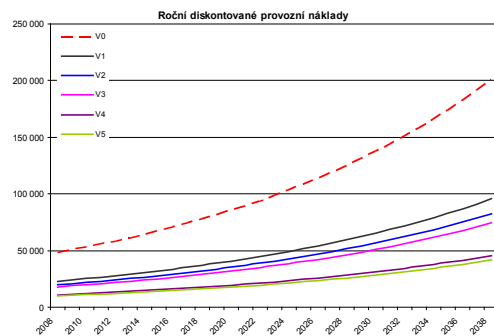
Detail oblasti, kde dochází k protnutí jednotlivých variant. Je patrné, že návratnost všech opatření se pohybuje mezi 14,5 a 15,5 roku.



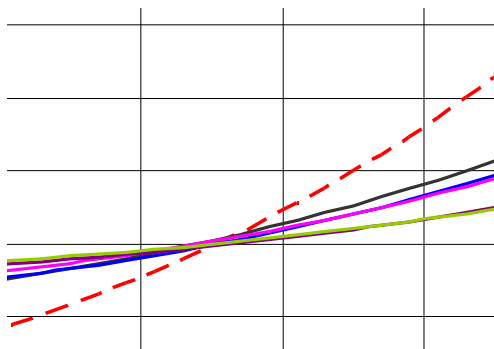
Srovnání ročních provozních nákladů, navýšené o počáteční investici jednotlivých variant. Červenou čárkovanou čarou je znázorněn současný stav (kde byla provedena pouze nejnutnější opatření) s jednotlivými variantami rekonstrukce. Porovnání pro meziroční zvyšování cen 5%.



Srovnání ročních provozních nákladů, navýšené o počáteční investici jednotlivých variant. Z tohoto grafu lze zjistit dobu návratnosti jednotlivých variant. Červenou čárkovanou čarou je znázorněn současný stav (kde byla provedena pouze nejnutnější opatření) s jednotlivými variantami rekonstrukce. Porovnání pro meziroční zvyšování cen 8%.



Vývoj provozních nákladů (vyjádřeno v dnešní ceně peněz). Je zřejmé, že roční provozní náklady variant 1 až 5 budou v porovnání s provozními náklady ve stávajícím objektu méně závislé na zvyšování ceny energie. Porovnání pro meziroční zvyšování cen 8%.



Detail oblasti, kde dochází k protnutí jednotlivých variant. Je patrné, že návratnost všech opatření se pohybuje okolo 12 let.

Pro zjednodušení bylo uvažováno ústřední vytápění, zdrojem tepla je zemní plyn, které bylo v analyzovaném objektu před pěti lety nově provedeno.

#### LITERATURA, ZDROJE

- 1 FEIST, W. *Einsatz von Passivhaustechnologien bei Altbaumodernisierung*, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2000.
- 2 GABRIEL, I., LADENER, H. *Vom Altbau zum Niedrigenergie- und Passivhaus: Gebäudesanierung, neue Energiestandards, Planung und Baupraxis*, ökobuch Verlag GmbH, Staufen bei Freiburg/Breisgau, 2008.
- 3 LANG, G., LANG, M. *Erstes Einfamilien-Passivhaus im Altbau*, web.
- 4 HAZUCHA, J., *Informační listy Pasivní domy*, Centrum pasivního domu, 2008.

## ► PŘÍKLAD 3

### BYTOVÝ DŮM, PRAHA

#### Základní popis objektu a charakteristika obvodových konstrukcí objektu

Jedná se o šestipodlažní objekt z meziválečného období s nosnou konstrukcí ze železobetonu. Železobetonové průvlaky procházejí skrz výplňové zdivo až k líci fasády. Uliční fasáda je obložena po celé výšce obkladem, dvorní fasáda je omítnuta, nezateplena. Stropy jsou železobetonové, střecha šikmá s dřevěným krovem. Okna objektu jsou dřevěná, zdvojená, v nevyhovujícím technickém stavu.

Objekt se nachází v Pražské památkové rezervaci. Možnosti stavebních zásahů do objektu byly tedy z důvodu zájmů chráněných odborem památkové péče MHMP značně omezené. S ohledem na památkovou péči byly z provedení energetického hodnocení vyjmuty úpravy, které by pozměňovaly uliční fasádu. Její zateplení se tedy nepředpokládá.

Prostory v přízemí domu jsou v současnosti využity ke komerčním účelům. Ostatní podlaží jsou obytná. Objekt je řadovou stavbou, která má z obou bočních stran sousední bytové domy. Objekt půdorysně vytváří tvar písmene C obklopující prostorný vnitřní světlík.

#### Popis stavebních úprav

Pro bytový dům byly zpracovány varianty řešení, kterými je možné splnit požadavky dotačního programu Zelená úsporám pro oblast A.2 Dílčí zateplení platné od 17. 8. 2009. Navrhované varianty jsou řešeny s ohledem na památkovou péči.

Tento příklad v obecné rovině upozorňuje na možnosti, kterými lze vyhovět požadavkům dotačního programu Zelená úsporám, a zároveň poukazuje na možné obtíže, se kterými se může setkat vlastník objektu v památkové rezervaci či památkové zóně, který není jednotlivou kulturní památkou.

#### Návrh úprav skladby konstrukcí

Pro stávající skladby konstrukcí, u kterých to bylo možné a akceptovatelné investorem, byly navrženy úpravy tak, aby skladba splnila doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla U a vyhověla tak požadavkům programu Zelená úsporám pro oblast A.2 Dílčí zateplení platným ke dni 10. 5. 2010.

#### Návrh energeticky úsporných opatření

Navržené varianty energeticky úsporných opatření lze rozdělit na dvě základní skupiny: a) nedostatečná opatření – tj. která nevyhoví požadavkům Zelené úsporám, b) dostatečná opatření – tj. která splní požadavky Zelené úsporám pro Dílčí zateplení (A.2).

#### Nedostatečná opatření

Vybraná opatření, jejichž realizací nebude dosaženo úspory měrné potřeby tepla na vytápění potřebné pro získání dotace z programu Zelená úsporám, oblast A.2 Dílčí zateplení, jsou uvedena v tabulce č. 2. Tabulka uvádí pro každou variantu soupis navrhovaných opatření, dále hodnotu měrné roční potřeby tepla na vytápění a její úsporu v procentech vzhledem k výchozímu stavu.

#### Dostatečná opatření

Tabulka č. 3 uvádí možné kombinace opatření, kterými lze dosáhnout dostatečné úspory měrné roční potřeby tepla na vytápění požadované programem Zelená úsporám pro oblast A.2 Dílčí zateplení.



Uliční fasáda objektu, zdroj A.W.A.L. s.r.o.



Tabulka 1 Tepelně technické parametry původních a navrhovaných skladeb vybraných ochlazovaných konstrukcí, zdroj A.W.A.L. s.r.o.

Skladba	Konstrukce	Součinitel prostupu tepla – původní (W/m <sup>2</sup> K)	Navrhované opatření	Součinitel prostupu tepla – navrhovaný (W/m <sup>2</sup> K)
a	Fasáda uliční	<b>1,18</b>		
b	Fasáda dvorní	<b>1,90</b>	Zateplení 160 mm pěnového polystyrenu	0,25
c	Podlaha půdy	<b>0,69</b>	Zateplení 240 mm minerálních vláken	0,16
d	Stěna do světlíku č. 1	<b>2,78</b>	Zateplení 180 mm pěnového polystyrenu	0,24
e	Stěna do světlíku č. 2	<b>2,04</b>	Zateplení 160 mm pěnového polystyrenu	0,25
f	Okna dřevěná, zdvojená	<b>2,40</b>	Výměna otvorových výplní	≤ 1,20

Tabulka 2 Varianty opatření nedostatečné pro získání dotace, zdroj A.W.A.L. s.r.o.

Varianta	Popis opatření	Měrná roční potřeba tepla na vytápění (kWh/m <sup>2</sup> a)	Úspora v %
0.	Výchozí stav	271	0 %
1.	b – Zateplení dvorní fasády 160 mm pěnového polystyrenu (U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K)	252	7 %
2.	b – Zateplení dvorní fasády 160 mm pěnového polystyrenu (U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K) f – Výměna oken do dvora a do světlíků (U ≤ 1,20 W/m <sup>2</sup> K)	235	13 %
3.	f – Výměna oken v celém objektu (U ≤ 1,20 W/m <sup>2</sup> K)	222	18 %

Tabulka 3 Varianty tepelně technických opatření vhodných pro získání dotace, zdroj A.W.A.L. s.r.o.

Varianta	Popis opatření	Roční měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m <sup>2</sup> a)	Úspora v %
0.	Výchozí stav	271	0 %
4.	e – Zateplení č. 2 160 mm pěnového polystyrenu (U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K) d – Zateplení světlíku č. 1 180 mm pěnového polystyrenu (U = 0,24 W/m <sup>2</sup> K)	203	25 %
5.	b – Zateplení dvorní fasády 160 mm pěnového polystyrenu (U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K) e – Zateplení světlíku č. 2 160 mm pěnového polystyrenu (U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K) d – Zateplení světlíku č. 1 180 mm pěnového polystyrenu (U = 0,24 W/m <sup>2</sup> K)	184	32 %
6.	e – Zateplení č. 2 160 mm pěnového polystyrenu (U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K) d – Zateplení světlíku č. 1 180 mm pěnového polystyrenu (U = 0,24 W/m <sup>2</sup> K) f – Výměna oken do dvora a do světlíků (U ≤ 1,20 W/m <sup>2</sup> K)	186	31 %

## ► STAVBY S KULTURNĚ-HISTORICKOU HODNOTOU

ODBORNÝ GARANT: MILOŠ SOLAŘ

AUTOŘI TEXTŮ: MILOŠ SOLAŘ, MIROSLAV CIKÁN, PETR VŠETEČKA

- PRO ZÁSAHY DO HODNOTNÝCH STAVEB VŽDY PLATÍ „MÉNĚ JE VÍCE“
- HISTORICKÉ OBJEKTY JSOU SVĚBYTNÉ I Z HLEDISKA STAVEBNÍ FYZIKY
- I ŠPALETOVÁ OKNA LZE UPRAVIT NA NÍZKOENERGETICKÝ STANDARD

# 4



## STAVBY S KULTURNĚ-HISTORICKOU HODNOTOU

### ÚVOD

Architektonické dědictví má smysl chránit kvůli hodnotě, kterou pro nás má. Staveb a souborů, které mají kulturně-historickou hodnotu, je mnohem více než těch, které jsou prohlášeny kulturními památkami nebo se nalézají na území památkových rezervací a zón. Právní ochrana je nástrojem, jak garantovat zachování vybraného vzorku památkového fondu, nikoliv hranicí, za níž bychom se měli chovat nekulturně. U autorizovaných architektů se předpokládá, že si jsou vědomi své spoluodpovědnosti za svět, přírodu a kulturu, jak to uvádí profesní a etický řád ČKA. Tedy že omezení a náročnost hledání možných řešení chápou v případě památkově hodnotných staveb jako přirozenou součást svého povolání. A že jsou ochotni stavebníkům vysvětlit i to, proč některé jinak běžně užívané úpravy nejsou pro tento okruh staveb vhodné. Komentář k zákonu o státní památkové péči je proto omezen na základní informaci. Ambicí této části manuálu není řešit právní ochranu, ale formulovat věcný názor.

### PROHLÁŠENÍ K PROBLEMATICE PODPORY OPATŘENÍ SMĚŘUJÍCÍCH K ENERGETICKÝM ÚSPORÁM HISTORICKÝCH STAVEB Z 18. KVĚTNA 2009

**Česká komora architektů, Národní památkový ústav a Státní fond životního prostředí se dohodly na tomto společném prohlášení k problematice podpory opatření směřujících k energetickým úsporám historických staveb:**

Architektura je pro společnost důležitá. Platí to pro soudobou tvorbu i pro architektonické dědictví. Památky uchovávají svědectví o našich dějinách, o znalostech a dovednostech stavitelů i stavebníků, o životním způsobu společnosti, jejímiž jsme dědici. Historické stavby jsou součástí zažitého obrazu našich měst a vesnic, naší kulturní krajiny. Jsou postaveny z jiných materiálů než současné stavby. Mají jiné formy. Právě to je na nich cenné. Jejich kulturní hodnota spočívá nejen v bohatosti dochovaných forem, ale také v tom, co se z nich můžeme dovědět o minulosti. Všechny tyto hodnoty Česká republika uznala přistoupením k Úmluvě o ochraně architektonického dědictví Evropy a zároveň se tím zavázala, že i ona bude na svém území památky, architektonické soubory a místa chránit.

Pokud bychom rezignovali na ochranu specifické podoby kulturních památek a staveb v památkových rezervacích a zónách, hrozí nám, že zničíme právě tu kvalitu, která je pro společnost významná.

Architektonické dědictví je ohroženo chátráním a necitlivými přestavbami. Ohrožuje je ale také mechanické uplatňování požadavku přizpůsobovat historickou architekturu technickým standardům soudobé stavební produkce. Toto nebezpečí je aktuální i v případě snižování energetické náročnosti staveb. Zájem společnosti na úsporách energie je nesporný. Opatření, která k takovým úsporám směřují, jsou potřebná. V této souvislosti ale upozorňujeme, že nepřiměřené prostředky mohou vést v případě architektonického dědictví k jeho poškození.

Shodujeme se v názoru, že snižování energetické náročnosti staveb a zájem na ochraně architektonického dědictví lze alespoň v některých případech skloubit. To však vyžaduje, aby pro specifickou oblast architektonického dědictví byly podmínky „ušity na míru“. Neměly by být podporovány úpravy, které jsou ze své podstaty konfliktní, a podpořena by naopak měla být ta opatření, kterými lze dosáhnout energetických úspor bez ohrožení kulturních hodnot. V oblasti architektonického dědictví je potřeba počítat i s malými kroky, individuálními návrhy, a hlavně s opravami dochovaných historických konstrukcí a prvků, mezi jinými i okenních rámu.

Architektonickým dědictvím jsou míněny nejen kulturní památky a stavby v památkových rezervacích a zónách, ale všechny stavby, které vyhoví kritériu kvality. Památková ochrana je v České republice výběrová. Z architektonicky hodnotných historických budov, dochovaných sídel a krajiny je památkově chráněn pouze zlomek. Připomínáme proto také odpovědnost za citlivý přístup k nechráněným součástem architektonického dědictví.

Za velmi důležitou považujeme informovanost. Není žádoucí, aby vlastníci byli motivováni k přípravě opatření, která by architektonické dědictví poškozovala a která by u památkově chráněných staveb následně nemohla být povolena. Včasnost a úplnost upozornění na to, co není v oblasti péče o architektonické dědictví přijatelné, může předejít zbytečným konfliktům. Včasná informace o tom, jak postupovat v případě památkově chráněných staveb, může napomoci dobrým řešením.

Česká komora architektů, Národní památkový ústav a Státní fond životního prostředí prohlašují, že

chtějí v zájmu ochrany životního prostředí, zachování architektonického dědictví a podpory kvalitní energeticky úsporné nové architektury spolupracovat. Výsledkem této spolupráce by mělo být upřesnění podmínek dotačních programů a metodická pomoc vlastníkům a projektantům.

Ing. arch. Dalibor Borák,

Ing. arch. Naďa Goryczková,

Ing. arch. Petr Štěpánek, Ph.D.

Poznámka: Po tomto prohlášení byly podmínky programu Zelená úsporám upraveny tak, aby bylo možné provést pouze částečné zateplení objektů, a zejména aby bylo možné repasovat původní okna na požadovaný technický standard (viz kapitolu na str. 216–219 věnovanou okenním výplním).

## ZÁKON Č. 20/1987 SB., O STÁTNÍ PAMÁTKOVÉ PÉČI, V PLATNÉM ZNĚNÍ

Zákon o státní památkové péči rozeznává ochranu objektů (kulturní památka, národní kulturní památka) a ochranu území (památková rezervace, památková zóna). Kulturní památky a všechny stavby na území památkové rezervace nebo památkové zóny jsou památkově chráněny. Rozdíl mezi různými formami památkové ochrany se projeví až při konkrétním posouzení. Posuzování stavebních úprav je upraveno § 14 cit. zákona. Vnější vzhled je důležitý pro zachování kulturně-historických hodnot jak jednotlivých staveb, tak prostředí, které vytvářejí. Kritéria posouzení úprav exteriéru proto budou v případě kulturních památek a staveb chráněných z titulu památkové rezervace nebo památkové zóny srovnatelná. Památkový zákon dále obsahuje ochranná pásma. Ochranné pásmo není památkově chráněné území a stavby v něm nejsou památkově chráněny. Ochrana je vztažena k památce nebo území, kterým bylo ochranné pásmo vyhlášeno. Ve všech třech situacích (památka, stavba v památkově chráněném území, stavba v ochranném pásmu) má vlastník povinnost vyžádat si k zamýšlené úpravě závazné stanovisko. Závazné stanovisko vydá příslušný výkonný orgán státní památkové péče, což je standardně obecní úřad obce s rozšířenou působností. Úlohou Národního památkového ústavu je navrhované úpravy konzultovat a zpracovávat pro rozhodnutí výkonného orgánu písemná vyjádření.

Protože památková ochrana představuje jednoznačné právní omezení, je vhodné, aby si stavebník (nebo projektant) ověřil konzultací přijatelnost zvažovaných úprav co nejdříve, pokud možno dříve, než zadá (přijme) zakázku. Zákon předpokládá, že vlastník požádá o závazné stanovisko již k záměru (předem si vyžádá vstupní podmínky). Vyžádání si závazného stanoviska až k hotovému návrhu není

sice nijak sankcionováno, ale nese s sebou riziko zamítnutí a ztráty nákladů vložených do přípravy. Včasnou konzultaci lze proto doporučit ve všech případech. Pokud se jedná o úpravy, které mohou být z hlediska památkové péče sporné, vyplatí se ošetření záměru závazným stanoviskem.

Na webových stránkách Národního památkového ústavu ([www.npu.cz](http://www.npu.cz)) je publikován položkový seznam národních kulturních památek, kulturních památek, památkových rezervací a památkových zón (kolonka MonumNet), kontakty na jednotlivá územní pracoviště i aktuálně platné znění zákona o státní památkové péči.

### Co chráníme

Kulturní hodnoty historických staveb a jimi tvořeného prostředí jsou spojeny s historickou věrohodností, schopností vydávat svědectví o minulosti, s architektonickou kvalitou, s estetickou a emocionální působivostí, se stářím (s dobou ubývání relevantních příkladů, a tím se zbylé stávají vzácnějšími), s hodnotou autorského díla a dalšími. Není to pouze vzhled. Vymezení hodnot je argumentem zdůvodňujícím, co a proč chránit. Uvědomím-li si, v čem spočívá kulturně-historická hodnota dotčené stavby nebo území, stanovuji zároveň limity možných úprav a změn.

Ne každá stavba je symbolem české státnosti jako hrad Karlštejn. Kulturní hodnota, a tedy i výčet toho, co chráníme, se bude pro různé stavby lišit. Pro orientaci připomeňme alespoň základní hlediska:

**Historický originál.** Základem evropské kulturní tradice je úcta k historickému originálu. Historickým originálem nejsou myšleny pouze konstrukce související se vznikem stavby, ale i mladší, pokud již získaly památkovou hodnotu (např. Plečnickovy úpravy Pražského hradu). Konstrukce a povrchy související se vznikem stavby mají zvláštní význam. Jejich zachování je žádoucí i u kvalitních staveb poválečné architektury. V souvislosti s opatřeními směřujícími k úsporám energie je vhodné zdůraznit obecný požadavek na fyzické zachování památkově hodnotných oken a dveří, historických omítek, originálních keramických obkladů fasád, na ochranu historických krovů a podlah.

**Vzhled.** Vzhled patří k základním kvalitám historických staveb a neměl by být navrhovanými úpravami dotčen. Vzhled historických staveb je možno poškodit odstraněním (např. otlučením tvarosloví fasád) i přidáním (např. umístěním fotovoltaických článků). Negativní dopad na vzhled staveb má nahrazení dvojitých oken jednoduchými nebo změna proporcí detailů přidáním izolační vrstvy. Velmi významně se na vzhledu podílí užitý

materiál. Vzhled a způsob stárnutí polystyrenového zateplení opatřeného akrylátovým nátěrem jsou jiné než vzhled a způsob stárnutí klasické vápenné nebo vápenocementové omítky.

**Věřohodnost** (autenticita, opravdovost) je pro uchování a vnímání architektonického dědictví velmi důležitá. Týká se jak architektonického ztvárnění, tak i užitých materiálů. Polystyrenová římsa napodobující tvarosloví historické fasády patří do Disneylandu, nikoliv do seriózně chápané památkové péče.

**Hledisko celku.** Evropská charta architektonického dědictví z roku 1975 říká: „Po dlouhou dobu se chránily a restaurovaly nejvýznamnější památky, aniž by se dbalo na jejich prostředí. Ony však mohou ztratit velkou část svého charakteru, jestliže se toto prostředí změnilo. Kromě toho celky, i když jim chybí význačné stavby, mohou poskytovat kvalitu prostředí, která z nich činí rozmanitá a členitá umělecká díla. Jsou to také tyto celky, které je třeba chránit jako takové.“ Ochrana urbanistického celku předpokládá nejen zachování jeho hodnotných součástí, ale také eliminaci prvků, které by byly na úkor jeho nerušeného vnímání.

#### KOMENTÁŘ K JEDNOTLIVÝM ENERGETICKÝM ÚSPORNÝM OPATŘENÍM

**Okna.** U staveb s kulturní hodnotou je prioritou zachování existujících historických oken. Jejich tepelně izolační vlastnosti lze významně zlepšit opravou a dotěsněním. U jednoduchých oken je možné přidat druhý rám. V některých případech je dřevěný rám natolik masivní, že snese zvětšení drážky a osazení dvojskla. U dvojitých oken může být řešením výměna vnějších či vnitřních křidel ve prospěch nových křidel s dvojsklem. Rozhodnutí, zda vyměnit vnější, či vnitřní křídla, by se v těchto případech mělo odvíjet od jejich kulturní hodnoty. Z hlediska tepelně izolačních vlastností jsou obě možnosti efektivní. Pokud je například na vnitřní straně dochováno původní okno z 18. století a vnější rám s křídly je novodobý, protože byl v minulosti opakovaně měněn, je správné zachovat hodnotnější vnitřní okno. U oken historizující architektury jsou vnější okna obvykle bohatě zdobena profilací a řezbami, kdežto vnitřní bývají prostší. V takovém případě je vhodné zachovat okna vnější.

Pro architektonické dědictví je užívání tradičních materiálů charakteristické. Je součástí jeho kulturní hodnoty. Nevhodnost plastových rámců nespočívá pouze v materiálu, ale také v odlišné konstrukci a charakteristických detailech. Chceme-li zachovat památkovou hodnotu historických staveb, neměli

bychom užívat plastová okna, ale ani jiná okna, která svým provedením nejsou s architektonickým dědictvím slučitelná.

Velký význam má zachování špaletových (dvojitých) oken, protože působí na rozdíl od jednoduchých rámců prostorově. Jednoduché okno s dvojsklem není z hlediska vzhledu fasády plnohodnotnou náhradou dvojitého, ani pokud má shodné členění. Vedle architektonických předností dvojitých oken je vhodné upozornit také na skutečnost, že u historických staveb od nich můžeme očekávat lepší izolační výsledek. Mimo jiné proto, že lépe brání úniku tepla nezateplenou špaletou.

Pro nová okna je důležitý nejen materiál a členění, ale také způsob otvírání, profilace, průřezy, způsob konstrukce členění (příčle, která nese zasklení – lišta vložená do dvojskla), povrchová úprava a barevnost (včetně závěsů). Čím více oken se vyrábí nebo čím více na jejich správném provedení záleží, tím více lze doporučit vyžádat si ke schválení fyzický vzorek.

**Zateplení střechy.** Zateplení v rovině stropu posledního podlaží je obvykle bezproblémové. Zateplení v rovině střechy se může dostat do konfliktu s ochranou dochovaného historického krovu.

**Zateplení podlahy.** Historické stavby mají někdy v přízemí, případně v suterénech zachovány památkově hodnotné podlahy (terazzo, kamenné a cihelné dlažby, dusanou hlínu aj.). Zateplení se v těchto případech dostává do konfliktu s požadavkem jejich zachování. Potíže mohou nastat i u dveřních otvorů. Technicky nejzávažnější problém se týká vlhkosti. Utěsnění do té doby prodyšného povrchu může způsobit zvlhnutí spodní stavby či zhoršení již tak nepříznivé situace. Izolaci vlhké, nebo dokonce mokré podlahy či fasády rozhodně nelze doporučit.

**Zateplení vnějších stěn.** Bývá realizováno z vnější nebo vnitřní strany. U zateplení z vnitřní strany existuje riziko technických problémů, a proto je okruh staveb, pro které je toto řešení vhodné, omezen. Problémem je, že tepelná izolace vede k promrzání zdiva do větší hloubky a k posunu kondenzační zóny směrem do interiéru, což může ohrozit např. zhlaví dřevěných stropních trámů. Limitem může být také architektonická kvalita interiéru. Vnitřní izolace však může pomoci tam, kde zateplení ze strany exteriéru nepřipadá v úvahu. Její výhodou je, že nemusí být (na rozdíl od exteriéru) aplikována v rozsahu celého průčelí, což umožňuje např. izolaci pouze jednoho bytu.

Vnější zateplování fasád se podstatným způsobem dotýká vzhledu objektů. Při jeho zvažování je nezbytné brát v úvahu nejen dopady na vlastní objekt, ale také na okolní prostředí. U památkově



Většina architektonicky kvalitních staveb určujících charakter sídel není památkově chráněna.



Keramické obklady funkcionalistických fasád jsou hodnotným a většinou nenahraditelným architektonickým prvkem s charakteristickým detailem.



Smyslem právní ochrany památkových rezervací a zón je udržet tradiční podobu střešní krajiny bez novodobých technických intervencí.

chráněných staveb není přijatelné. Výjimky připadají v úvahu u volných štítů, utilitárních dvorních fasád a v dalších srovnatelných situacích, kdy fasády nemají žádné plastické tvarosloví, hodnotné detaily ani památkově hodnotné povrchy, jako jsou např. keramické obklady funkcionalistických staveb nebo ušlechtilé omítky. Otloukání plastického tvarosloví fasád, originálních keramických obkladů a jiných hodnotných povrchů fasád není správné ani u nechráněných staveb.

U fasád bez plastického tvarosloví může přidání izolační vrstvy nepříjemně zvětšit hloubku špalety nebo porušit uliční čáru. Architektonicky citlivý je také detail soklu.

Podstatná je kvalita povrchu a způsob jeho stárnutí. Zachování optických vlastností povrchových úprav je pro prostředí památkově chráněných sídel velmi důležité, a to i u méně hodnotných objektů a dvorních fasád. Materiál a barevnost fasády by neměly být přidáním izolační vrstvy změněny. To znamená, že např. při zateplení nečleněné dvorní fasády činžovního domu z konce 19. století by izolační vrstva měla být opatřena opět masivní vápennou nebo vápenocementovou omítkou.

**Solárně-termické kolektory.** Solární kolektory představují pro historické stavby a stavby v historickém prostředí nežádoucí rušivý prvek. Smyslem právní ochrany památkových rezervací a zón je udržet tradiční podobu střešní krajiny bez novodobých technických intervencí. Tento požadavek je plošný, protože z hlediska pohledu na celek historických střech je lhostejné, zda se rušivý prvek objevuje na hodnotném domě, či utilitární stavbě. Výjimky přicházejí v úvahu v situacích, kdy k naznačenému konfliktu nedochází. Např. u střech garáží ve dvoře nebo u plochých střech poválečných staveb. I zde je ale případnou instalaci kolektorů vhodné zvažovat individuálně a brát v úvahu mimo jiné pohledové uplatnění z významných pohledů z výšky.

**Tepelná čerpadla a vytápění pomocí obnovitelných zdrojů** nejsou z hlediska památkové péče konfliktní.

## HISTORICKÁ OKNA Z POHLEDU STAVEBNÍ FYZIKY

Dnešní pohled na stavební konstrukce včetně okenních a dveřních výplní je značně ovlivněn obecně sdílenou snahou o tvorbu energeticky úsporných budov. Při úpravách existujících staveb jsou přitom některé prvky nahrazovány paušálně, bez výpočtového ověření schopností původní konstrukce vyhovět náročným kritériím.

### DVOJITÁ (ŠPALETOVÁ) DŘEVĚNÁ OKNA

Následující text má prokázat, že výměna dvojitých (špaletových) dřevěných oken za okna jednoduchá s dvojskly není pro existující stavby technickým přínosem. Jde přitom o nejfrekventovanější typ okenní výplně v historických budovách, který určuje charakter celých městských čtvrtí i jednotlivých objektů. Na konkrétním objektu byly výpočtově porovnány celkem čtyři varianty možného přístupu k těmto výplním:

- A – prostá repase dvojitého okna s ponecháním původního zasklení,
- B – náhrada vnějších křídel novými křídly s dvojskly,
- C – náhrada vnitřních křídel novými křídly s dvojskly,
- D – náhrada celého okna jednoduchým oknem s dvojskly.

Pro výpočet byl zvolen objekt ze třicátých let dvacátého století, nicméně daná konstrukce oken se s minimálními obměnami opakuje u objektů starších (od devatenáctého století) i mladších, a výsledky výpočtu lze tedy zobecnit. Typ špaletového (tzv. „kastlového“) okna lze nepochybně považovat za vrchol několikasetleté západní stavitelské zkušenosti s výplněmi otvorů, který nebyl v mnoha ohledech běžnými mladšími výrobky překonán. S moderními modifikacemi daného typu okna pracují mimo jiné i autoři koncepcí staveb s nulovou spotřebou energií či architektonicky výjimečných staveb, proto by renesance špaletových oken v příštích letech nebyla žádným překvapením.

Dvojskla byla uvažována ve všech posuzovaných případech shodná, se součinitelem prostupu tepla  $1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$ , s plastovými distančními rámečky mezi skly. Průvzdušnost spárami nebyla ve výpočtu zohledněna, neboť všechny varianty lze provést s těsněním i bez něj. Určitý vliv by nicméně měla u varianty C, kde je odvětrání prostoru mezi okny technicky nutné (viz níže).

V následujících tabulkách a výpočtech je pro každou variantu zjišťován výsledný **součinitel prostupu tepla (U)**, tedy schopnost konstrukce propouštět teplo. Čím nižší je výsledná hodnota, tím lepších tepelně izolačních vlastností bude okno dosahovat. Jde zároveň o veličinu, kterou dodavatelé nových oken nejčastěji argumentují pro výměnu celých oken.

Z provedených výpočtů vyplývá jednoznačný závěr, že **nejpříznivější tepelně izolační parametry vykazuje varianta B, tedy stávající dvojitě okno po výměně vnějších křídel za nová s dvojsklem** (dvojsklo se součinitelem prostupu tepla  $1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$ ). Takto upravené okno dosahuje součinitele  **$U = 1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$ , což je hodnota na úrovni požadované normou dokonce pro nízkoenergetické domy**. Tohoto kritéria žádna z dalších variant nedosáhla, byť normě vyhoví ještě varianty C a D (normový požadavek je  $U = 1,7 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$  pro nová okna, resp.  $2,0 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$  pro okna upravovaná).

Varianta C vyžaduje stálé provětrání meziprostoru mezi vnějšími a vnitřními okenními křídly, kvůli odstranění rizika kondenzace vodní páry (odcházející v zimě z interiéru) na vnějším skle. Tato varianta je nicméně rozumným způsobem, jak zachovat mnohdy pozoruhodná původní venkovní křídla včetně profilací a zasklení.

Nevýhodou varianty D je pak zvýšené riziko kondenzace vodní páry na nezateplených ostěních, nadpražích a parapetech. Jednoduché okno je totiž podstatně užší, a tudíž daleko méně chrání vnitřní povrch stěny kolem okna vůči úniku tepla do exteriéru. Je proto nezbytné provést při osazení jednoduchých oken do méně kvalitní stěny její zateplení z vnější strany. Dodatečné tepelné izolace ostění ze strany vnitřní nejsou z hlediska ochrany proti povrchovým kondenzacím obvykle příliš efektivní (především proto, že je často nelze provést ve všech místech v potřebné tloušťce) – a navíc jsou citlivé z hlediska vzniku kondenzace vodní páry uvnitř skladby (na rozhraní mezi přidávanou tepelnou izolací a stávající stěnou).

### POLOHA OKNA V KONSTRUKCI

Pokud jsou některé památkově hodnotné objekty z vnější strany zateplovány (což by rozhodně nemělo být obecným přístupem k těmto objektům), bývá památkovou péčí kladen požadavek na zachování





## TĚSNOST OKEN

Utěsnění historických okenních a dveřních výplní není až na výjimky technicky složité. Běžná historická okna bez sofistikovaných těsnících profilací navíc umožňují relativně snadnou náhradu dožilých těsnění za nová. Tendence ke zcela těsným výplním je ale poměrně novým jevem, který pochází z oblasti navrhování domů s minimální spotřebou energie, v nichž je větrání řešeno vzduchotechnickými systémy s rekuperací. Pro objekty bez nuceného větrání těsná okna obecně vhodná nejsou, neboť výrazně zhoršují vnitřní klima pod hodnoty dané hygienickou normou.

Poznámky:

Autorem výpočtů je doc. dr. Ing. Zbyněk Svoboda, autorem projektu úpravy okna TRANSAT architekti, autorem fotografií studio TOAST images.

Výpočet součinitele prostupu tepla okna byl proveden podle ČSN EN ISO 10077-1 a 10077-2 s pomocí programu Area 2005, který splňuje požadavky těchto norem na přesné výpočtové programy.

Tepelné odpory při přestupu tepla byly uvažovány podle ČSN 730540-2, ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN EN ISO 10077-2, tj. na vnější straně 0,04 m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup> a na vnitřní straně 13 m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup> (v typických místech) a 0,20 m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup> (v koutech se sníženým prouděním vzduchu). Ostatní okrajové podmínky byly uvažovány podle ČSN 730540.

Pro výpočty byly použity následující plochy:

**Původní vnitřní okno:** plocha zasklení 4,44465 m<sup>2</sup>, plocha spodní části rámu 0,38781 m<sup>2</sup>, plocha horní části rámu 0,417 m<sup>2</sup>, plocha bočních částí rámu 0,2241 m<sup>2</sup>, plocha spojů křídel 0,23904 m<sup>2</sup>, plocha sloupků mezi okny 0,28386 m<sup>2</sup>

**Původní vnější okno:** plocha zasklení 4,23493 m<sup>2</sup>, plocha spodní části rámu 0,510825 m<sup>2</sup>, plocha horní části rámu 0,489975 m<sup>2</sup>, plocha bočních částí rámu 0,22163 m<sup>2</sup>, plocha spojů křídel 0,230016 m<sup>2</sup>, plocha sloupků mezi okny 0,309084 m<sup>2</sup>.

**Nové jednoduché okno:** plocha zasklení 3,6833135 m<sup>2</sup>, plocha spodní části rámu 0,61716 m<sup>2</sup>, plocha horní části rámu 0,523335 m<sup>2</sup>, plocha bočních částí rámu 0,2922895 m<sup>2</sup>, plocha spojů křídel 0,295783 m<sup>2</sup>, plocha sloupků mezi okny 0,584579 m<sup>2</sup> (v tomto místě uvažován styk dvou rámu oken).

Ve výpočtech jsou zohledněny i délky uložení zasklení do rámu.

### Dílejší parametry stávajícího okna

Dílejší okno	Část okna	Výpočet U <sub>i</sub>		Výpočet ψ	
		Propustnost L	Souč. prostupu tepla rámu U <sub>r</sub>	Propustnost L	Lineární čísel prostupu tepla ψ
		[W/(m.K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m.K)]	[W/(m.K)]
vnitřní	Boční část	1,046	2,46	1,391	-0,010
	Horní část	1,046	2,46	1,391	-0,010
	Spodní část	0,971	2,51	1,314	-0,013
	Styk křídel	1,715	2,39	2,400	-0,026
	Styk oken	1,776	2,55	2,463	-0,024
vnější	Boční část	1,051	2,45	1,395	-0,011
	Horní část	1,089	2,46	1,433	-0,011
	Spodní část	1,073	2,74	1,415	-0,013
	Styk křídel	1,715	2,39	2,400	-0,026
	Styk oken	1,809	2,51	2,497	-0,023
Lineární čísel prostupu tepla ve styku vnitřního a vnějšího okna (okraj)					-0,016

Součinitel prostupu tepla dílčího vnitřního okna činí:

$$U_{wi} = \left( \frac{4,44465 \cdot 5,78 + 0,38781 \cdot 2,51 + 0,417 \cdot 2,46}{+ 0,2241 \cdot 2,46 + 0,23904 \cdot 2,39 + 0,28386 \cdot 2,55} \right) / 5,99646 = 4,93 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Součinitel prostupu tepla dílčího vnějšího okna činí:

$$U_{we} = \left( \frac{4,23493 \cdot 5,78 + 0,510825 \cdot 2,74 + 0,489975 \cdot 2,46 +}{+ 0,22163 \cdot 2,45 + 0,230016 \cdot 2,39 + 0,309084 \cdot 2,51} \right) / 5,99646 = 4,83 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelný odpor vzduchové vrstvy mezi dílčími okny tl. 147 mm je 0,17 m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>. Výsledný součinitel prostupu tepla dvojitěho okna je tedy

$$U_w = \frac{1}{0,13 + \left( \frac{1}{4,93} - 0,17 \right) + \left( \frac{1}{4,83} - 0,17 \right) + 0,17 + 0,04} = 2,44 = 2,45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Součinitel prostupu tepla stávajícího okna nespĺňuje požadavek ČSN 730540-2 na součinitel prostupu tepla výplně otvoru (pro upravená okna činí požadavek 2,0 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>; pro nová okna pak 1,7 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>).

**Tabulka a výpočet součinitele prostupu tepla původním oknem (odpovídá variantě A)**

### Dílejší parametry upraveného stávajícího okna s dvojsklem na vnější straně

Dílejší okno	Část okna	Výpočet U <sub>i</sub>		Výpočet ψ	
		Propustnost L	Souč. prostupu tepla rámu U <sub>r</sub>	Propustnost L	Lineární čísel prostupu tepla ψ
		[W/(m.K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m.K)]	[W/(m.K)]
vnitřní	Boční část	2,46	1,391	2,46	-0,010
	Horní část	2,46	1,391	2,46	-0,010
	Spodní část	2,51	1,314	2,51	-0,013
	Styk křídel	2,39	2,400	2,39	-0,026
	Styk oken	2,55	2,463	2,55	-0,024
vnější	Boční část	2,45	0,533	2,45	0,011
	Horní část	2,46	0,590	2,46	0,030
	Spodní část	2,74	0,573	2,74	0,028
	Styk křídel	2,39	0,747	2,39	0,100
	Styk oken	2,51	0,770	2,51	0,028
Lineární čísel prostupu tepla ve styku vnitřního a vnějšího okna (okraj)					-0,016

Součinitel prostupu tepla dílčího vnitřního okna činí:

$$U_{wi} = \left( \frac{4,44465 \cdot 5,78 + 0,38781 \cdot 2,51 + 0,417 \cdot 2,46}{+ 0,2241 \cdot 2,46 + 0,23904 \cdot 2,39 + 0,28386 \cdot 2,55} \right) / 5,99646 = 4,93 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Součinitel prostupu tepla dílčího vnějšího okna činí:

$$U_{we} = \left( \frac{4,23493 \cdot 1,1 + 0,510825 \cdot 2,74 + 0,489975 \cdot 2,46 +}{+ 0,22163 \cdot 2,45 + 0,230016 \cdot 2,39 + 0,309084 \cdot 2,51 +}{+ 3,535 \cdot 0,028 + 3,535 \cdot 0,03 + 2,396 \cdot 0,011 +}{+ 2,396 \cdot 0,100 + 2,396 \cdot 0,028} \right) / 5,99646 = 1,61 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelný odpor vzduchové vrstvy mezi dílčími okny tl. 126 mm je 0,17 m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>. Výsledný součinitel prostupu tepla dvojitěho okna je tedy

$$U_w = \frac{1}{0,13 + \left( \frac{1}{4,93} - 0,17 \right) + \left( \frac{1}{1,61} - 0,17 \right) + 0,17 + 0,04} = 1,21 = 1,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Součinitel prostupu tepla stávajícího okna s upraveným vnějším křídlem s dvojsklem (souč. prostupu

tepla 1,1 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>, plastové rámečky) splňuje požadavek ČSN 730540-2 na součinitel prostupu tepla výplně otvoru (pro upravená okna činí požadavek 2,0 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>; pro nová okna pak 1,7 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>).

**Tabulka a výpočet součinitele prostupu tepla upraveným oknem (varianta B)**

### Dílejší parametry upraveného stávajícího okna s dvojsklem na vnitřní straně

Dílejší okno	Část okna	Výpočet U <sub>i</sub>		Výpočet ψ	
		Propustnost L	Souč. prostupu tepla rámu U <sub>r</sub>	Propustnost L	Lineární čísel prostupu tepla ψ
		[W/(m.K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m.K)]	[W/(m.K)]
Vnitřní	Boční část	1,046	2,46	0,552	0,029
	Horní část	1,046	2,46	0,593	0,028
	Spodní část	0,971	2,51	0,483	0,031
	Styk křídel	1,715	2,39	0,747	0,100
	Styk oken	1,776	2,55	0,770	0,028

Součinitel prostupu tepla dílčího vnitřního okna činí:

$$U_{wi} = \left( \frac{4,44465 \cdot 1,1 + 0,38781 \cdot 2,51 + 0,417 \cdot 2,46}{+ 0,2241 \cdot 2,46 + 0,23904 \cdot 2,39 + 0,28386 \cdot 2,55 +}{+ 3,535 \cdot 0,031 + 3,535 \cdot 0,028 + 2,396 \cdot 0,029 +}{+ 2,396 \cdot 0,100 + 2,396 \cdot 0,028} \right) / 5,99646 = 1,55 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Mezi vnitřním a vnějším oknem musí být větraná vzduchová vrstva, vnější okno se v celkovém součinitel prostupu tepla okna projeví pouze zvýšeným odporem při přestupu:

$$U_w = \left( \frac{1}{1,55} - 0,17 + 0,26 \right)^{-1} = 1,36 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Výsledný součinitel prostupu tepla dvojitěho okna s dvojsklem (U<sub>g</sub> = 1,1 W/(m<sup>2</sup>.K)) uvnitř a větranou dutinou je 1,36 W/(m<sup>2</sup>.K).

**Tabulka a výpočet součinitele prostupu tepla upraveným oknem (varianta C)**

### Dílejší parametry nového jednoduchého okna

Část okna	Výpočet U <sub>i</sub>		Výpočet ψ	
	Propustnost L	Souč. prostupu tepla rámu U <sub>r</sub>	Propustnost L	Lineární čísel prostupu tepla ψ
	[W/(m.K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m.K)]	[W/(m.K)]
Boční část	0,402	1,45	0,421	0,030
Horní část	0,402	1,45	0,421	0,030
Spodní část	0,477	1,70	0,497	0,036
Styk křídel	0,641	1,55	0,714	0,099

$$U_w = \left( \frac{3,6833135 \cdot 1,1 + 0,61716 \cdot 1,70 + 0,523335 \cdot 1,45 +}{+ 0,2922895 \cdot 1,45 + 0,295783 \cdot 1,55 + 0,584579 \cdot 1,45 +}{+ 3,163 \cdot 0,036 + 3,163 \cdot 0,030 + 2,329 \cdot 0,030 +}{+ 2,329 \cdot 0,099 + 2,329 \cdot 0,030 \cdot 2} \right) / 5,99646 = 1,37 = 1,35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Součinitel prostupu tepla nového jednoduchého okna s dvojsklem (souč. prostupu tepla 1,1 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>, plastové rámečky) splňuje požadavek ČSN 730540-2 na součinitel prostupu tepla výplně otvoru (pro nová okna činí požadavek 1,7 W.m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup>).

**Tabulka a výpočet součinitele prostupu tepla novým oknem (varianta D)**



Okna s jednoduchým zasklením, s profilací ráků, která neumožňuje vložení dvojskel, jsou neodmyslitelnou součástí industriálních souborů. Repase může být doprovázena zlepšením parametrů jednoduchých skel, v tomto případě tvrdým pokovením (Společenské a obchodní centrum Díly, architekt Vladimír Karfík 1936–1937, severní průčelí obnovené architektky Jindřichem Škrabalem a Ludvíkem Grymem).



Fotografie realizovaného stavu kompletní repase okna s výměnou venkovních křidel dle varianty B (s mírnými odchylkami v provedeném zasklení oproti výpočtu). Obnova TRANSAT architekti.

Vložení dvojskla do venkovních okenních křidel (Moravské uměleckoprůmyslové muzeum v Brně, architekt Johann Georg von Schoen 1880–1883, obnova architekti Ivan Koleček, Zdena Vydrová, Viktor Rudiš, repasi oken provedla firma Lachman).

## PŘÍKLAD 1

### HUSŮV SBOR NA VINOHRADĚCH

Autor stavby: architekt Pavel Janák, 1930–1933  
Autoři projektu obnovy: Ing. arch. Miroslav Cikán,  
Ing. arch. Pavla Melková  
MCA atelier s.r.o.

Investor: Československá církev husitská, s  
příspěním MČ Prahy 10 a MČ Prahy 2, Ministerstva  
kultury, MHMP

Realizace po etapách: 1999–2010  
Celkové náklady: 12 mil. Kč

Areál Husova sboru v Praze na Vinohradech se skládá z obřadní síně, obytného domu a zvonice. Jedná se o jednu z posledních realizací Pavla Janáka z let 1930–1933. Soubor objektů je kulturní památkou a vynikajícím příkladem architektury tzv. „emocionálního funkcionalismu“. Nikdy nepřestal sloužit svému účelu. Modlitebna, kolumbárium i obytný dům slouží od svého vzniku do dnešních dnů.

Vlastník objektu, Československá církev husitská, se snažil po celé období zajišťovat alespoň nejzákladnější havarijní opravy. Chyběla však koncepce, odborné vedení a projektová příprava. Důsledkem byly neefektivně provedené práce a finanční ztráty.

Omítky se opravovaly bez odstranění kondenzace vlhkosti. Úpravy střechy s povrchovým celoplošným zapěněním PU pěnou byly provedeny neodborně. Izolační vrstvy zcela zničily detaily světlíků. Po dvou letech byly nefunkční, což se projevovalo zatékáním a následným rozpadem pěnové vrstvy mrazem. Opravy provedené bez řešení stavebně-fyzikálních příčin v krátkém čase podléhaly destrukci. Hrozilo poškození kulturní hodnoty objektu.

V roce 1998 jsme jako architekti dostali možnost podílet se na vývoji budoucí obnovy objektu. Vědomi si skutečné potřeby rozsahu oprav, která se finančně řádově lišila od objemu prací dosud na objektu prováděných, jsme vypracovali celkovou koncepci a sestavili pořadí naléhavosti jednotlivých etap. Vypracovali jsme rámcový projekt a spolu s Radou starších Československé církve husitské jsme se pokusili získat na realizaci dotace. I přes částečný úspěch byla nosným tématem všech dosavadních fází obnovy skromnost respektující finanční realitu.

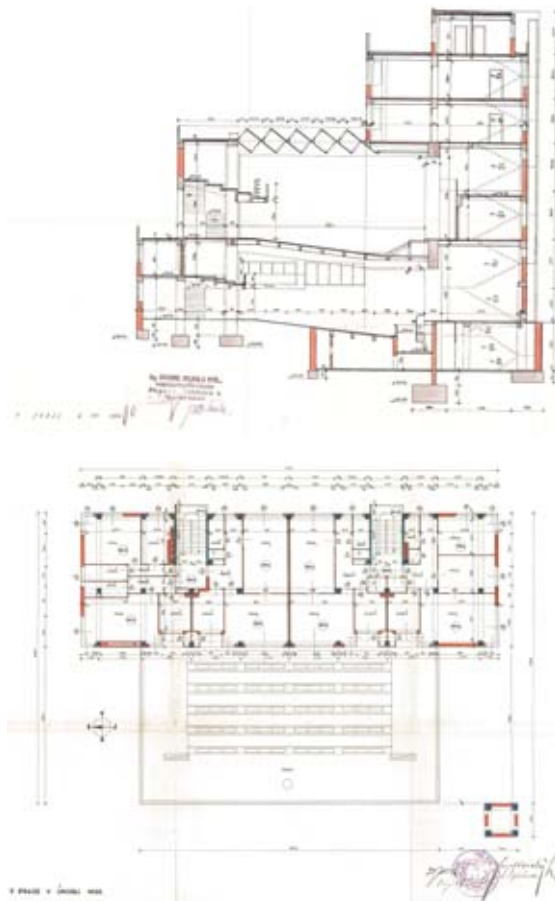
Do první etapy byla zařazena oprava střech, po nich následovaly fasády a úpravy exteriérových prvků. V dalších etapách byly opraveny interiéry kostela, kolumbária a exteriér věže, ocelového spirálového schodiště a nakonec repasován kalich na věži.

V současnosti probíhá sbírka na zvony a očekává se rekonstrukce instalací obytné části.

Problém fasád byla nejen dožilá povrchová úprava, ale také tenké neizolované zdivo, které v zimním období vedlo k vlhnutí vnitřního povrchu vnějších stěn a řadě nepříjemností s tím spojených. Skladbu nového souvrství jsme navrhovali na základě průzkumů a opakovaných měření vlhkosti a po konzultacích s odborníky. Cílem bylo obnovení původního vzhledu a charakteru omítky spojené s odstraněním příčin dosavadních poruch. Jako nejvhodnější byla zvolena technologie použití upraveného systému zateplení tvořeného kombinací tlustovrstvé škrábané omítky se slídovými a menšími kamennými zrny ve skladbě původní. Podmínkou stability byl systém hustě kotvených termoizolačních fasádních desek na pevný vyspravený podklad původní ponechané omítky. Tepelná izolace byla lepena a kotvena v zesílením systému v rastru asi 50 x 50 cm. Výpočtově byl hledán ideální kompromis s cílem splnit požadavek zachování plasticity a geometrie fasády. Alternovaly tloušťky zateplení od 5 do 8 cm. Prioritou byla eliminace kondenzace par v konstrukci s posouzením celkového množství par v celoročním měřítku. Důraz byl kladen na překlenovací schopnost konstrukce přestat extrémní situace, při kterých sice krátkodobě dojde k porušení ideálního stavu, ale v zanedbatelném měřítku. Cílem byla vyváženost konstrukčních, ekonomických a památkových a estetických hledisek s důrazem na autenticitu celku. Nestárnoucí povrchové materiály bez možnosti časového zápisu byly předem vyloučeny. Vzhledem k významu objektu bylo nakonec zvoleno minimální zateplení dobře opracovatelným systémem 5 cm PPS za předpokladu reflexivní světlé škrábané fasádní omítky. Kondenzace v bytech byla úpravou eliminována úplně.

Pro oblast ostění oken jsme si stanovili striktní požadavky na původní šířku vykryvání zachovaného rámu okna. Ostění tak nebylo z pohledových důvodů izolováno z boků po celém obvodu okna. Tyto úzké pruhy původní konstrukce jsou ochlazovány v mírně složitější geometrii průběhu teplot a na celkové ploše fasády se podílejí velmi malým procentem. Nejsou tak z celkového hlediska zásadní. Rozměry původních okenních otvorů zůstaly zachovány, a bylo tak dodrženo základní kritérium zachování plasticity fasády bez zásadní změny zesílení hloubky ostění a proporční změny geometrie oken.

Veškerá vedení na fasádě byla skryta do flexibilních trubek, stejně jako hromosvod byl sveden



do netříštivých trubek pod povrch fasády. V oblasti fasád kolumbária, kde jsou prostory pouze temperovány na teplotu do 10 °C, nebyla izolace provedena vůbec z důvodu nemožnosti provázat roviny vrstev omítek s navazujícím objektem nezatepované věže bez nepříznivých spár a zlomů.

Okna byla ponechána původní a v další etapě kompletně repasována včetně nových laků, s důrazem na znovuzpevnění a hloubkovou penetraci dřeva. Lokálně poškozené části byly nahrazeny identickým truhlářským profilem. Zásadní důraz byl kladen na zvýšení těsnosti oken prostřednictvím vkládaných dutinových celoobvodových těsnění. Kování bylo vyčištěno a zprovozněno. Výhodou původních oken je jejich cyklická opravitelnost bez nutnosti jejich destruktivní výměny a ztráty autenticity významného objektu. Výměna často vede k anomáliím na straně interiéru a ztrátě původního detailu v oblasti nasazení ostění v exteriéru a interiéru.

### Sřechy a terasy

Na základě dochované projektové dokumentace Pavla Janáka, která byla velmi přesná a při realizaci dodržovaná, bylo možné navrhnout cílové mocnosti skladeb horizontálních souvrství bez nutnosti provádět rizikové destruktivní sondy. Návrh byl ověřen až v době těsně před realizací po provizorním zajištění stavby před zatékáním. Původní souvrství s četnými opravami a navýšením o 15 cm nepůvodní dlažbou bylo odstraněno zcela. Cílem bylo izolovat objekt v maximální možné míře, protože to původní architektonické řešení skladeb konstrukcí umožňovalo. Ploché sřechy objektu byly provedeny obrácenou skladbou vrstev, v oblasti sřešních teras a v oblasti sřechy nad kostelem navíc s vrchní paropropustnou izolací pro odvod srážkové vody přímo z povrchu izolace.

### Souvrství bylo složeno:

- 1/ ochranná pracovní izolace na původní konstrukci
  - 2/ spádová vrstva s vložkou tepelné izolace ve vyšší mocnosti spádu
  - 3/ izolace proti vodě
  - 4/ tepelná izolace Styrodur 15–20 cm
  - 5/ vrchní izolace s odvodem dešťové vody
  - 6/ textilní vložka
  - 7/ hrubé důkladně vyčištěné říční kamenivo framce 40–80 mm
- alternativně:
- 5/ distančníky
  - 6/ dlažba dle původní geometrie 30. let

Na sřechu obytné části a na terasy byla použita dlažba podobná původní terrazzové dlažbě Pavla Janáka, jejíž zbytky byly nalezeny. Položena byla

na rektifikační terče. Rozebíratelnost střechy a přístupnost izolačních vrstev se následně mnohokrát vyplatily při opravách měděných svodů poškozených vandalismem, ale také při montáži vedení SAT a jiných rozvodů.

Nad kostelem byl původní šedový světlík zničený polyuretanovou pěnou, který byl při minulých opravách marně stabilizován stříbřitým nátěrem proti účinkům UV. Po pracném očištění všech povrchů byly světlíky obnoveny, kryty provětrávanou a tepelně izolovanou konstrukcí s konečným plechováním TiZn. Ve světlících byla obnovena stmívaná světla dle původního návrhu Pavla Janáka, tak aby se v interiéru kostela dosáhlo stálé hladiny druženého osvětlení.

Detaily: V archivu se zachovala řada dobových černobílých fotografií z doby výstavby sboru, slavnostního otevření, pozdější dostavby kolumbária. Pokusili jsme se: 1) obnovit barevnost a povrchovou strukturu zachovaných prvků, 2) odstranit dodatečné rušící úpravy a prvky, 3) vyhledat a znovuosadit demontované původní prvky, 4) nové prvky provést v duchu původního tvarosloví jednoduchou geometrickou formou s minimem výrazových prostředků a s použitím tradičních materiálů.

Exteriérové dveře do kostela, kolumbária a věže byly během dodatečných úprav natřeny krycím tmavohnědým lakem a mosazné zárubně natřeny černou barvou. Obnovili jsme původní vzhled, zárubně byly očištěny do lesku původní mosazi, dveřní křídla byla předýhována anebo očištěna v přírodním odstínu. Sejmuté původní kování z bílé mosazi bylo po objevení repasováno, chybějící kusy doplněny nebo jen redislokovány.

S odstupem lze konstatovat, že úprava fyzikálních procesů v konstrukci pomohla objekt tepelně, materiálově a konstrukčně stabilizovat. V ekonomické rovině je efektem dlouhodobá rovnováha bez tepelných stresů, a tedy bez nutnosti častých oprav. Úpravou se dosáhlo energetických úspor, které se projeví 30% snížením nákladů za vytápění. Je jisté, že při mechanické aplikaci současných norem a využití možností nových technologií by mohl být tento efekt větší. Bylo by to však provázeno kvalitativní ztrátou autenticity v místech, která jsou dle našeho názoru kompoziční a materiálovou podstatou vnímání významného příkladu funkcionalistické architektury. Zachování původních měřítek, kompozičních principů, celkové oživení duchovní funkce celého souboru objektů a otevření tichých prostor veřejnosti v původním světle – veřejnosti, která znovu vnímá kultivovaný detail a proporce objektu tvořícího hodnotu *genia loci* „místa na Vinohradech“. To vše považujeme za hlavní přínos provedené obnovy.





Foto: archiv autorů a Miroslav Čihák

## ► PŘÍKLAD 2

### BAŤŮV MRAKODRAP VE ZLÍNĚ

Autor stavby: architekt Vladimír Karfík, 1936–1939  
 Investor obnovy objektu: Zlínský kraj,  
 tř. T. Bati 21, Zlín  
 Supervize projektu obnovy: Prof. Ing. arch. Miroslav Masák, Bc. Karel Ksandr  
 Generální projektant: CENTROPROJEKT, a. s.  
 Autoři projektu obnovy: Ing. arch. Ivan Bergmann,  
 Ing. arch. Ladislav Pastrnek, a kol.  
 Architekt restaurování objektu: Ing. Petr Všečka  
 Spolupráce na návrhu nových okenních výplní:  
 Ing. Pavel Kotas  
 Realizace: 2003–2004  
 Celkové náklady obnovy (vč. sousedního objektu  
 parkoviště, bez interiéru): 616,8 mil Kč

„Baťův mrakodrap“ – Správní budova č. 21 firmy Baťa, a. s., byla postavena podle projektu architekta Vladimíra Karfíka v letech 1936–1939 jako převážně administrativní budova a tuto funkci plnila až do devadesátých let. Po rozpadu obuvnické velkovýroby byl objekt již ve značně dožilém stavu po částech pronajímán. V letech 2003–2004 byl obnoven jako sídlo Zlínského kraje a Finančního úřadu ve Zlíně.

Na výsledek obnovy byla kladena řada přísných požadavků z mnoha stran a oborů. Vzhledem k velikosti domu a jeho funkci byly kombinovány různé metody a technologie, které umožňovaly na jedné straně udržet materiálovou a architektonickou autenticitu, na druhé straně vnést prvky inteligentní budovy. Při obnově fasád to znamenalo skloubit hlediska stavebně-fyzikální, energetická, uživatelská, architektonická a památková.

Pro objekt je charakteristické sériové industriální tvarosloví tzv. „baťovské“ architektury, byť s některými zvláštnostmi. Všechna průčelí jsou tvořena výhradně konstruktivními prvky budovy – okny, omítaným železobetonovým skeletem a cihlami (obkladem). Kompozice jižního průčelí (orientovaného do náměstí Práce) je monumentální, symetrická, kompozice severního průčelí (orientovaného do továrny) je naopak dynamická, asymetrická.

#### Okna

Prosklení tvoří 52% z celkové plochy obvodového pláště (8630 m<sup>2</sup>), původní ocelová okna se od ostatních objektů Baťovy továrny liší členěním pomocí železobetonových oplechovaných sloupků

a převážně dvojitým provedením (jednoduché zasklení je pouze v západní věži a na hlavním schodišti).

Zájem investora na snížení značné energetické zátěže při vytápění i chlazení objektu a zároveň obecně sdílený zájem o uchování architektonické formy (mimořádná subtilnost okenních profilů s jednoduchým zasklením), dobového řemesla i materiálů vedly při projektu obnovy budovy k široké odborné diskusi. Zvažována byla technická zdokonalení původních oken (např. výměnou skel za skla pokovená), náhrada vnitřní okenní roviny za novou, silná argumentace zaznívala i pro výměnu všech oken za nová, atypická, splňující normové požadavky. U původních oken byl výpočtem zjištěn součinitel prostupu tepla  $U = 3,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Výsledkem několikaletých debat a sporů bylo rozhodnutí ponechat původní okna ve všech severních komunikačních věžích s nižšími nároky na tepelnou pohodu prostředí, dále v ředitelské 8. etáži a v severní části 2. etáže, tedy ve všech prostorech, kde jsou historická okna nepostradatelná pro výraz interiéru. Těchto 142 oken pak bylo spolu se západní ocelovou věží repasováno, zbylých 307 oken kanceláří bylo nahrazeno novým typem navrženým speciálně pro 21. budovu na základě otisků řezů původní profilace. Nová okna jsou vyrobena z hliníku opět jako dvojitá, venkovní okenní rovina s jednoduchým zasklením je přitom identická s okny historickými, vnitřní křídla s dvojsklem jsou nová, s aktuálními normovými parametry. Profilace vnitřních křidel byla zvolena tak, aby v čelních pohledech z exteriéru nepřinášela odlišný optický vjem než okna repasovaná.

Zde je nutné říci, že tento postup byl v době svého schválení doprovázen řadou závazků pro další postup. Prvním byla povinnost generálního projektanta vytvořit projekt nového atypického okna ve vazbě na plášť budovy a podrobné stavebně-fyzikální posouzení všech detailů. Pro tyto profese byli najati specializovaní projektanti. Následovala povinnost dodavatele stavby vyrobit zkušební maketu nového okna a tuto osadit do fasády ještě před demontáží oken. Teprve po zapracování všech architektonických, technických i uživatelských připomínek k maketě do výrobní dokumentace mohla být zahájena sériová výroba oken. Součástí tohoto scénáře bylo rovněž ujednání, že v případě, kdy by maketa prokázala újmu na výrazu objektu, nebude výměna oken vůbec provedena a všechna okna budou repasována.





Původní a nové omítky

Vytvoření makety se nakonec ukázalo výhodným i ze zcela praktických důvodů – řada detailů k domyšlení nebyla na papíře vůbec zjištělná, navíc velikostní tolerance pro osazování oken mohou vytvořit nepříjemně velké zaspárování kolem oken – jinými slovy: finální okna bylo oproti maketě nutné vyrobit o několik cm větší. Nová okna jsou vyrobena z atypických profilů firmy Schüco, nicméně projektové řešení nepředurčovalo konkrétního výrobce, nýbrž závazné tvary viditelných částí profilací a technické parametry výrobku. Barevnost oken byla zjištěna mikroskopickým rozbohem původní vrstvy nátěru.

Původní okna mají otvíratelná horní a dolní ventilační křídla, nová okna umožňují otevření pouze vnitřního křídla kvůli údržbě. Meziokenní prostor je trvale odvětrán řadou otvorů v nadpraží a parapetu okenního rámu. Výměnu vzduchu v interiéru zajišťuje klimatizace.

Stínění ručně ovládanými plátěnými bubnovými roletami bylo nahrazeno screenovými meziokenními elektricky ovládanými roletami, které jsou na osluněných fasádách centrálně řízeny podle intenzity slunečního záření.

### Zateplení

Zateplení bylo provedeno ve dvou vybraných oblastech, neměnicích architektonický výraz objektu – ve střešním plášti a parapetním zdivu. Hlavní část jednoplášťové střechy – plochu střešní terasy – bylo možné zateplit standardně shora (pod dlažbou), bez estetické újmy. Při zateplení vyšších, bezatikových částí střech bylo nutné vytvořit novou profilaci klempířských prvků se stojatou drážkou odsunutou za líc fasády.

Podokenní zdivo v místnostech s novými okny (v kancelářích) bylo zatepleno z vnitřní strany polystyrenem s parotěsnou stěrkovou izolací ze strany interiéru. Teprve před ni byla směrem do interiéru vložena instalační parapetní dutina obsahující horizontální rozvody médií a rovněž jednotky fan-coilů. Tam, kde zůstala zachována původní okna, byl rehabilitován původní stav parapetů bez zateplení a tepelná clona řešena litinovými radiátory dle původního stavu.

Při výměnách i repasích oken byly restaurovány mramorové okenní parapety v celkové délce 2 km. Většina z nich přitom musela být sejmuta a dočasně přemístěna do sousední budovy.

### Reliéfní zasklení

Všechna schodiště a šachta nákladního výtahu byly původně zaskleny reliéfním sklem několika dnes již nedostupných typů. Jejich obnova znamená výrobu repliky původní technologií válcovaného

skla. Jako předloha byl zvolen převládající „katedrální“ reliéf. Jednorázovou sérii vyrobila firma Glaverbel Barevka Dubí u Teplic, válec s otiskem reliéfu byl vytvořen ve Fatře Napajedla. V úrovni 8. etáže byly do jednotlivých komunikačních věží navráceny ukázky skel původních.

### Omítka

Původní škrábaná břizolitová omítka železobetonového skeletu byla před obnovou budovy v celé ploše zachována, vizuálně s minimem poruch. Charakter tektonické fasády nedovoloval úvahy o vnějším zateplení, neboť i malá změna proporcí sloupů k ostatním částem pláště budovy by znamenala architektonickou deformaci. Z podobných důvodů bylo upuštěno od zateplení sloupů z vnitřní strany. Logickou snahou architektů pak bylo zachování původních omítek.

Po podrobném celoplošném průzkumu exteriéru bylo zjištěno, že na třech osluněných fasádách dosahuje odseparování omítky od podkladu takového rozsahu, že tuto omítku není možné běžnými prostředky bezpečně zachovat. Na tomto stavu se podepsaly především vlivy teplotní roztažnosti – omítané plochy nemají žádné dilatační spáry. Na severní, neosluněné straně dovozoval výsledek průzkumu uvažovat o ponechání původních omítek v plném rozsahu, pokud budou odseparovaná místa zainjektována. Injektáž doprovázelo čištění (chemickou bezkyselinovou metodou, zcela bez abraziv),

jehož cílem nebylo dosažení dojmu nové fasády – severní průčelí má naopak působit v prostředí bývalé továrny jako památka na jeho industriální minulost. Na zbývajících třech osluněných průčelích byla na základě rozboru původní směsi provedena nová škrábaná omítka, odstínem co nejbližší původní omítce severní.

### Obklad

Keramický obklad zakrývá vodorovné nosné prvky, které jsou u jiných baťovských budov příznačné. Tím je zvýrazněna vertikálnost domu. Původní kvalitní cihelné pásky firmy Slavík byly šetrně očištěny a na chybějících či poškozených místech doplněny replikami. Pro výrobu replik v podobě jednorázové série byla zprovozněna a upravena již vyřazená výrobní linka, neboť ani u zahraničních výrobců nebyl nalezen totožný sortiment (uvažovaná ruční kusová výroba nenabízela technicky ani vizuálně uspokojivý výrobek „sériového“ charakteru). Jelikož poruchy původních obkladů byly způsobeny chybějící dilatací v místech železobetonových pasů, byly v obkladu při obnově prořezány dodatečné dilatační spáry (s trvale pružnou spárovací hmotou). Čištění obkladu bylo provedeno horkou tlakovou vodou a bezkyselinovými chemickými prostředky. Vyloučeno bylo užití abraziv. Cílem bylo přiměřené zachování patiny, podobně jako u omítek.





Původní a nová okna v jedné fasádě



Sejmuté mramorové parapetní desky během restaurování



Detail nového okna s opraveným obkladem včetně repliky rohových tvarovek



Výměny zkorodovaných částí původních oken



Zpětné osazení mramorové parapetní desky na vnitřní zateplení parapetu nového okna



Detail repasovaného původního okna

Foto: TOAST images a TRANSAT architekti

**MANUÁL ENERGETICKY ÚSPORNÉ ARCHITEKTURY**

Vydavatel: Státní fond životního prostředí ve spolupráci  
s Českou komorou architektů

Koncepce publikace: Tomáš Jiránek, Petr Všečetka

Odborní garanti kapitol: Jan Bárta, Aleš Brotánek, Josef Horný,

Pavel Kecek, Miloš Solař, Petr Všečetka

Autoři: Marie Báčová, Jan Bárta, Aleš Brotánek, Jiří Cihlář,

Miroslav Cikán, Jiří Čech, Karel Doubner, Pavel Fára,

Juraj Hazucha, Zdeněk Hošek, Josef Horný, Miloslav Jokl,

Pavel Kecek, Petr Klápště, Tomáš Konopka, Václava Koukalová,

Jan Krňanský, Radim Lovětínský, František Macholda,

Jan Mácha, Monika Najmanová, Jitka Pittnerová,

Petra Pochmanová, Marek Richtera, Josef Smola, Miloš Solař,

Pavel Svoboda, Jiří Šála, Kateřina Ullmannová, Slavomír Váňa,

Petr Vogel, Petr Všečetka, Jaroslav Zima

Redakce: Markéta Pražanová, Petr Všečetka

Grafická úprava: Side2 – Marius Corradini, Marek Prokop

Tisk: Tiskárna Libertas, a. s.

Pokud není uvedeno jinak, pocházejí snímky z archivu  
autorů textů.

Praha 2010

ISBN 978-80-904577-1-3