



Nové standardy pro staré domy

Příručka pro regeneraci rodinných domů ve 21. století

E. Haselsteiner, K. Guschlbauer-Hronek, M. Havel
a J. Hollan

AEE NÖ-Wien
a Ekologický institut Veronica

Publikace v rámci a na zakázku



Tiráž

Tato publikace je českou adaptací a rozšířením publikace č. 33/2007 projektu Haus der Zukunft, www.hausderzukunft.at, *Neue Standards für alte Häuser. Ein Leitfaden zur ökologisch nachhaltigen Sanierung*

Českou podobu publikace připravil Jan Hollan.

Dalšími podklady české verze byly publikace [Analýza rekonstrukce rodinných domů na pasivní standard](#) („ARDP“) a [Altbaumodernisierung mit Passivhaus-Komponenten](#) („APK“), detailní odkazy viz závěrečnou kapitolu.

Impressum

Diese Publikation ist eine adaptierte und erweiterte Übersetzung der Publikation *Neue Standards für alte Häuser. Ein Leitfaden zur ökologisch nachhaltigen Sanierung; Aktualisierte Neuauflage 2007*, Haus der Zukunft, Schriftenreihe 33/2007

Tschechischer Untertitel:

„Leitfaden für die Sanierung von Einfamilienhäuser im 21. Jahrhundert“



AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE AEE NÖ-Wien
Schönbrunner Straße 253/10, 1120 Wien, www.aee-now.at

Energetické centrum Bratislava (Energy Centre Bratislava)
Ambrova 35, 831 01 Bratislava 37, www.ecb.sk

ZO ČSOP Veronica, Ekologický institut
Panská 9, 602 00 Brno, www.veronica.cz

Brno 2012

Download této publikace:

www.aee-now.at/nest

<http://www.veronica.cz/pasivni/>

Ein Publikation im Rahmen des Programm / Publikace v rámci programu



im Auftrag des / na zakázku / österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Obsah

1 Předmluva	6
2 Úvod	7
3 Názvosloví, které používáme	9
3.1 Termíny popisující změny budov	9
3.2 Fyzikální pojmy	10
3.2.1 Energie	10
3.2.2 Měrná tepelná kapacita	10
3.2.3 Měrné skupenské teplo	10
3.2.4 Teplo	10
3.2.5 Práce	11
3.3 Technické termíny	11
3.3.1 Plášť budovy	11
3.3.2 Dvojskla	12
3.3.3 Měrná tepelná prostupnost U	12
3.3.4 Měrná tepelná vodivost λ	12
3.3.5 Tepelný most	13
3.3.6 Spotřeba tepla, práce, paliv	13
3.3.7 Výhřevnost, spalné teplo, účinnost, kondenzační kotle	14
3.3.8 Difuze vodní páry, μ, sd	15
3.3.9 Měrné spotřeby a pasivní standard	15
4 Východiska a cíle	17
4.1 Jaké domy máme dnes	17
4.1.1 RD do roku 1960	18
4.1.2 RD z období 1960 - 1990	18
4.1.3 RD z období 1990 – 2000	18
4.2 Jaké domy budou normální za dvacet let	18
4.3 Regenerace starých domů – důvody a přání	19
4.3.1 Velikost obydlí a počet osob	20
4.3.2 Potřeby bydlení a využití místností	20
4.3.3 Začlenění zahrady	21
4.3.4 Bezbariérovost a volnost pohybu	21
4.3.5 Vnitřní klima a zdravotní aspekty	21
5 Postup v praxi – od seznamu požadavků k zadání zakázky	22
5.1 Zvažování výhod a nevýhod regenerace	22
5.2 Kontrolní seznam 1: Rizika a možnosti jejich snížení	23
5.3 Stavební představy a cíle plánování	24
5.4 Kontrolní seznam 2: Cíle a plán regenerace	24
5.5 Kontrolní seznam 3: Obytná plocha	25
5.6 Kontrolní seznam 4: Ekologické a hygienické cíle	26
5.7 Kontrolní seznam 5: Odhad finančních možností	26
5.8 Inventarizace a zjištění výchozích podmínek	26
5.8.1 Analýza škod	26
5.8.2 Kontrolní seznam 6: Škody a nedostatky	27
5.8.3 Stavební předpisy a plány	27
5.8.4 Kontrolní seznam 7: Stavební předpisy a inventarizační plány	28

5.9 Návrh regenerace.....	29
5.9.1 Kontrolní seznam 8: Plánování.....	29
5.10 Hrubý odhad nákladů.....	30
5.11 Žádost o stavební povolení.....	30
5.12 Prováděcí dokumentace a rozpočet výkonů („výkaz výměr“).....	30
5.13 Výpočet nákladů podle stavebních dílů, řemesel, etap prací.....	31
6 Od starého domu směrem k pasivnímu.....	32
6.1 Inventarizace spotřeby energie.....	32
6.1.1 Energetický průkaz.....	32
6.2 K čemu energetická regenerace?.....	33
6.2.1 Zvýšení komfortu.....	33
6.2.2 Ochrana klimatu.....	33
6.2.3 Zachování hodnoty.....	34
6.2.4 Nižší provozní náklady.....	34
7 Příklady regenerací.....	34
8 Detaily stavebních úprav.....	35
8.1 Vzduchotěsnost pláště budovy a mechanické větrání.....	35
8.2 Regenerace oken.....	36
8.2.1 Vnější clonění.....	36
8.2.2 Foliové rolety uvnitř skleněného souvrství.....	38
8.2.3 Lepší skla.....	39
8.2.4 Vakuová dvoj- a trojskla.....	39
8.2.5 Překryté okenní rámy.....	40
8.2.6 Další informace o technologiích.....	40
8.2.7 Nové instalování oken.....	40
8.2.8 Zdvojená okna.....	42
8.2.9 Zimní komfort.....	42
8.3 Opatření proti vlhkým zdem.....	42
8.3.1 Základové zdi.....	43
8.3.2 Ohřívání základových zdí.....	44
8.3.3 Nadzemní části zdí, stropy, střechy.....	44
8.4 Nadzemní tepelná izolace zdí.....	44
8.4.1 Izolování zdí z interiérové strany.....	47
8.5 Regenerace střech.....	48
8.5.1 Ploché střechy.....	48
8.5.1.1 Tepelná izolace až nad hydroizolací.....	48
8.5.1.2 Změna funkce původní funkce hydroizolace jen na vzduchotěsnou vrstvu.....	49
8.5.1.3 Světlíky ve střeše.....	50
8.5.2 Šikmé střechy.....	51
8.5.2.1 Šikmé střechy nastavené do výšky.....	51
8.5.2.2 Šikmé střechy přestavěné na téměř vodorovné.....	52
8.5.3 Obytné střechy.....	53
8.5.4 Solární střechy.....	53
8.5.5 Odvětrávané mezery – jsou potřeba?.....	54
8.6 Izolace horního stropu pod podkrovím.....	55
8.7 Izolace stropu sklepa.....	56
8.8 Izolace dolní podlahy.....	56
8.9 Spára mezi těsně sousedícími domy.....	57
9 Domovní technika.....	58
9.1 Mechanické větrání s rekuperací tepla.....	58

9.1.1 Větrací jednotka a vedení vzduchu.....	58
9.1.2 Gravitační klapky na prostupech tepelným pláštěm budovy.....	59
9.1.3 Zemní tepelné kolektory, kondenzace páry, obtok rekuperátoru.....	59
9.1.4 Filtrování vzduchu.....	60
9.1.5 Komplexní tepelné využití odpadního vzduchu: topička.....	61
9.2 Topit jen vzduchem?.....	61
9.3 Teplá voda hned.....	61
9.4 Zdroje tepla.....	62
9.5 Používání clon proti světlu v interiéru i venku.....	63
9.6 Umělé osvětlení pro 21. století a 12V domácí síť.....	63
9.7 Obrana proti nárůstu řas na fasádě – vegetace na zdech.....	65
9.8 Využití dešťové vody.....	65
9.9 Záchody bez odpadů, „šedá“ voda.....	66
10 Proti pověrám o domech.....	68
10.1 Zdi nemusejí dýchat.....	68
10.2 Je potřeba vyměnit polovinu vzduchu za hodinu?.....	69
10.3 Existuje přirozené větrání?.....	71
11 Odkazy.....	72

Nové standardy pro staré domy

Rady, jak domy zlepšovat, aby se daly udržitelně užívat i ve druhé půli 21. století – zejména domy rodinné.

1 Předmluva

Lidé všech epoch své domy postupně předělávali, aby je vylepšili. Podle toho, jak měli čas, jak rostla jejich rodina, jak bohatli, co odkoukali od sousedů. Takové změny krůček po krůčku jsou ale dnes už nedostatečné. Nejlepší stavební praxe příliš liší od té běžné. A potřeba, aby naše obydlí vystačila s mnohem menšími vstupy zvenčí, je již nesmírně naléhavá. Místo mírných změn dosavadních domů je nutné se odvážit změn zásadních, prozíravých, po nichž budou i naši potomci po padesáti letech s vylepšeným domem spokojeni.

Zlepšovat nynější domy je tím nejmohutnějším nástrojem, jak se vymanit ze závislosti na fosilních palivech. Domy často žijí po staletí, je to tak správné. Bourat staré a stavět místo toho nové je málokdy oprávněné. Mnohé vlastnosti starých domů jsou dobré; využít je pro dosažení mnohem lepší kvality, komfortu a současně i úspornosti bydlení je výhodné.

Tato publikace k tomu má být dobrou pomůckou. Zmiňuje nové technologie, běžné chyby a předsudky, snaží se přimět každého k tomu, aby si funkci domu promyslel opravdu zgruntu. Opírá se přitom o rakouskou praxi, která je v některých ohledech desetiletí napřed oproti české. Doufáme, že pro vás bude inspirací.

2 Úvod

Bývaly doby, kdy lidé vystačili s tím, co získali z blízkého okolí. Jen vzácné zboží se přepravovalo na velké vzdálenosti, často i z dalekých zemí, např. sůl, koření, čaj, hedvábí, drahokamy, kovy. Budovy se stavěly a užívaly tak, že jim k topení a vaření stačilo dříví z ne-daleka (až na případ, kdy se splavovalo po řekách), na umělé svícení pak také dříví, lůj či vzácně vosk. Pokud nebyli zrovna v kuchyni u kamen, zůstávali v nich lidé v zimě podobně tep-le oblečení, jako kdyby byli venku. Dokud v domech nebyla rozvedená voda, nehrozilo, že po-trubí zamrzne.

Pravda, s růstem zalidnění někde přestávaly přírodní toky energie (tedy obnovitelné zdroje, jako je dříví) stačit. S tím souviselo značné odlesnění české krajiny v baroku, dané ale i potřebou větších ploch pro pěstování krmiv a potravin. Odklon od trvale udržitelného způsobu života znamenal v našich zeměpisných šířkách až užívání uhlí, které v Londýně začalo vytvářet v zimě odporné, jedovaté ovzduší už ve 14. století.

Velký rozvoj těžby uhlí a jeho dopravy do měst k vytápění nastal teprve s výstavbou železniční sítě od poloviny 19. století. To umožnilo vytápět rozsáhlejší části budov, instalovat soustavy ústředního topení, udržovat v celých obytných budovách i v zimě teploty vysoko nad bodem mrazu. Rakousko-uherské teploměry tak měly vyznačenu čárku „pokojoyé teploty“ dokonce až na 16 °C. Od konce 19. století se běžně užíval plyn z uhlí k osvětlování – odtud jméno svítiplyn. Už předtím se na svícení místo tuků začal používat petrolej, během 20. století ale převážila elektrina – opět z uhlí. Ve druhé polovině 20. století se svítiplyn začal užívat nejen k vaření a k průtokovému ohřevu vody, ale i k vytápění. V poslední čtvrtině století byl nahrazen zemním plynem, který se stal nejkomfortnějším zdrojem tepla. Začalo být snadné udržovat v celých bu-dovách i za mrazů teploty i nad 20 stupňů.

Většina dnešních budov ale nemá lepší tepelné vlastnosti než budovy stavěné před staletími. Jejich zdi nejsou tvořeny tepelně izolačními materiály, většími okny utíká více tepla. Spotřeba paliv na to, aby v nich byla taková tepelná pohoda, na níž jsme si zvykli, je obrovská. Víme při-tom, že je nezbytné se bez fosilních paliv již do poloviny 21. století obejít, jinak dosáhne již po-čínající rozvrat klimatu nesmírných rozměrů. Musíme co nejdříve přestat přidávat do ovzduší oxid uhličitý z uhlíkatých sedimentů. Musíme opět vystačit jen se zdroji obnovitelnými.

Je to vůbec možné? Rozhodně ano. A základním nástrojem k tomu je radikálně snížit spotřebu „cizího“ tepla a elektřiny v budovách, zejména v obydlich. Máme k tomu šest technologií před sto lety nedostupných:

1. moderní tepelně izolační materiály,
2. okenní souvrství s upraveným povrchem skel a s výplní prostoru mezi skly kryptonem či v nouzi argonem,
3. trvale pružná těsnění do dveří a otevíravých oken, trvale lepící těsnicí pásy pro napo-jení jejich zárubní na zdi,
4. větrací zařízení, která vyměňují vzduch a odstraňují prach, ale zadržují teplo
5. soustavy, v nichž slunce ohřívá vodu a soustavy, v nichž poskytuje elektřinu
6. skvěle směrovatelné a tlumitelné světelné diody pro umělé osvětlení

Samozřejmě, utěsnit budovy se lidé za mrazů snažili vždy. Přestali až tehdy a tam, když v bu-dovách měli výkonné topení nevyžadující obsluhu, za které leckdy ani přímo neplatili. Jen ta stará těsnění, která nebyla z umělých hmot, těsnila jen málo nebo jen dočasně. A někde své příbytky i důkladně tepelně izolovali, to je případ jurt pokrytých až 20 cm vlněných houní. Na severu tepelně izolovali rašelinou a ovšem nad ní sněhem. V bohatých zemích střední Evropy

se ale skutečné tepelné izolace uplatňovaly jen u venkovských stavení přes zimu, kdy na podlaze půdy ležela tlustá vrstva sena či slámy, někdy i napěchovaná, stlačená. To byl příklad trvale udržitelného využití sedlových střech, který bohužel už zanikl; celá staletí ale zajišťoval, že jen velmi malá část tepla unikala z přízemí stropem.

Moderní tepelně-izolační materiály, hlavně pěnový polystyrén, impregnovaná minerální vata nebo chmýří z rozcupovaného papíru jsou dnes na trhu všude a pracuje se s nimi rychle. Na jednotku objemu jsou to daleko nejlevnější stavební materiály a nehodí se s nimi nikde šetřit. Přesto je lze v některých případech nahradit materiály ještě levnějšími, totiž právě slámou či senem, snadné je to hlavně u izolací vodorovných nebo málo šikmých, dokonale chráněných před vodou zvenčí. Jinde je lze nahradit naopak materiály sice dražšími, ale zvláště příjemnými, jako jsou tlusté vrstvy vláken konopí, lnu nebo ovčí vlny.

Zvelebujeme-li starý dům, *všech šest výše uvedených technologií se v něm má použít*. Jen tak se stane komfortním podle dnešních hledisek. A bude komfortní, i když budeme mít jen velmi málo peněz na topení či naopak letní chlazení. Může zase vystačit téměř jen s tím, co poskytuje jeho blízké okolí. Půjde v něm žít za mrazů, i když z Ruska přestane téci zemní plyn.

Vylepšený starý dům se zkrátka může přiblížit nejlepšímu stavebnímu standardu, totiž pasivnímu. A s doplněním aktivních solárních technologií může případně mít i celoroční bilanci spotřeby energetických dodávek velmi malou, „téměř nulovou“, jak k ní vede dnešní verze směrnice EPBD. K tomu je potřeba *využít téměř všechny dobře osluněné plochy střech a fasád*, které nejsou obsazeny okny, a stanovit vhodný podíl ploch kolektorů pro ohřev a pro elektřinu. Plochy solárně nevyužité, sloužící jen pro ozdobu či pro nepřímé osvětlení budov sousedních (světlou, případně i lesklou fasádou odrážející slunce), by měly být jen dobře zdůvodněnými výjimkami.

Regenerace dnes stojících budov je hlavním nástrojem ochrany klimatu. I kdyby se již od této chvíle všechny novostavby realizovaly jako dokonalé, s minimální spotřebou na topení, chlazení a umělé osvětlování, emise bohaté části lidstva tím nezačnou klesat. Pokles může způsobit až zásadní vylepšení budov dosavadních, které budeme, zvláště ve městech, užívat ještě sto a více let. Jejich masivní zdi mohou skvěle stabilizovat teploty interiérů, pokud jejich doplněním novými technologiemi řádově snížíme prostup tepla ven či dovnitř. Zvelebený starý dům může poskytnout to nejpříjemnější možné bydlení. A ještě k tomu být zajímavý, inspirující, krásný. Tato knížka se k takovým proměnám historické zástavby snaží pomoci.

3 Názvosloví, které používáme

Stavebnictví má svůj odborný jazyk, bez nějž se nemůže obejít. Některé pojmy, které se vyskytují i v našem textu a přitom nejsou ničím, co zná každý dobře již ze základní školy, podrobně probíráme v této kapitole, abychom se k nim už nemuseli vracet ve vlastním textu o regeneracích budov. Odborníci mohou tuto kapitolu samozřejmě přeskochit.

3.1 Termíny popisující změny budov

Pojmy užívané u úprav existujících domů jsou různé a leckdy se překrývají. Příklady jejich užití a vysvětlení viz např. [věstník MMR](#), [heslo Rekonstrukce](#) ve Wikipedii, [přednášku](#) ing. Pexové aj. Zde se budeme snažit je užívat v následujících významech

- **Oprava:** náprava takových závad, které vznikly stárnutím nebo vystavením budovy vnějším či vnitřním vlivům; některé nazýváme poruchami. Ale i náprava chyb, vad, které stavba měla od počátku a které by za chyby označili lidé už tehdy. U historicky cenných budov může jít jen o uvedení do někdejšího ideálního stavu, při snaze o maximální zachování původních látek se pak označuje jako **restaurace**. Běžněji jde vytvoření stavu jiného, prostého oněch závad, takového, aby byl dům „jako nový“, tedy o jeho **obnovu** **čili renovaci**. Oprava ale může vést i ke stavu výrazně lepšímu, než byl stav někdejší, tedy k **modernizaci**.

- **Sanace:** zejména náprava takové závady (tj. oprava), kdy je některá část stavby nepatříčně provlhlá – odstranění příčin provlnutí a vysušení dané části stavby. Ale též oprava takové závady, která se považuje za nebezpečnou. Obecně, **naléhavá oprava**.

Ale, zejména v němčině, i jakékoliv opatření k ozdravení budovy, která je nějak „churavá“ či prostě nevyhovující, nebo komplexní náprava nedobrého stavu do stavu považovaného za patřičný. V tomto smyslu může být potřeba sanovat i budovy, které nevyžadují žádné opravy. V češtině se taková zlepšení budov označují spíše jako **regenerace**.

- **Rekonstrukce:** v úzkém slova smyslu změna stavby do podoby, kterou (pravděpodobně) měla před pozdějšími úpravami, tak se chápe v památkové péči. Obecně, zejména při českém označení **přestavba**, změna základních složek stavby, tj. nejen např. přidání nebo ubrání vnitřních stěn, ale i podstatná změna vlastností některých složek stavby. Přidání tlusté tepelně izolační vrstvy nebo výměnu oken za okna jiného typu lze také považovat za rekonstrukci.
- **Modernizace:** stavební opatření, která zvyšují užitnou hodnotu bytů a domů a dlouhodobě zlepšují komfort bydlení. Rozšíření vybavenosti nebo použitelnosti domu. Jde o náhradu starých částí stavby (tedy rekonstrukci) nebo jejího technického vybavení tak, jak to umožňuje moderní technika, nebo o doplnění stavby o další užitečné prvky.
- **Dostavba:** přístavba (rozšíření půdorysu stavby), **nástavba** (zvyšení budovy).
- **Regenerace:** soubor opatření pro zlepšení stavu budovy, aby se stala na další desítky let plně vyhovující, jde tedy o vyšší laťku než o pouhou renovaci. Úplná regenerace musí zahrnovat dostatečné snížení spotřeby tepla na vytápění, jaké je dnes technicky a ekonomicky možné, zajistit ochranu proti letním vedrům a přehřívání sluncem, někde i ochranu proti pronikání hluku a prachu zvenčí, a ovšem i komfortní větrání za mrazů i za veder. Samozřejmě tedy zahrnuje modernizaci příslušných složek stavby a jejího technického vybavení. Někdy se pro totéž užívá i označení **revitalizace**, **tj oživení**, to se ale hodí spíše pro místa, která již sloužila natolik špatně, že se vylidnila, což se

samozřejmě může týkat i opuštěných budov. Tématem naší publikace je právě regenerace domů, tedy jejich **zvelebení**.

3.2 Fyzikální pojmy

V naší knížce jsou hlavní ty, které se týkají toků energie

3.2.1 Energie

Jako vědecký či technický pojem je to výhradně veličina popisující stav nějakého systému. S teplotou těsně souvisejí veličiny *vnitřní energie* (nemění-li se objem systému, pak je změna jeho vnitřní energie rovna teplu do systému dodaného) a *entalpie* (změna entalpie je rovna dodanému teplu, pokud se nemění tlak v systému). Neprobíhají-li v systému chemické reakce nebo změny skupenství (vypařování, kondenzace, sublimace, mrznutí, tání), je změna entalpie rovna součinu změny teploty a *tepelné kapacity systému*, vyjadřované v joulech na kelvin; u plynů je důležité, že je to při stálém tlaku. Budovy jsou sice systémy neuzavřené, když je ohříváme, hmotnost vzduchu v nich klesá, protože rozpínající se vzduch z nich uniká. Hmotnost i objem budovy se ale přitom mění tak zanedbatelně, že je vcelku jedno, užíváme-li pro popis energetického stavu budovy sousloví vnitřní energie nebo jednoslovný pojem entalpie.

3.2.2 Měrná tepelná kapacita

Kolik tepla musíme dodat kilogramu látky, aby se její teplota zvýšila o jeden kelvin (čili stupeň Celsia – ten je stejně velký, užívání jednotky °C je šikovné jen tehdy, když uvádíme ne změnu teploty, ale teplotu samu, a počítáme ji od bodu mrazu, ne od absolutní nuly). Též *měrné teplo* či *specifické teplo*. Anorganické stavební materiály látky mají specifické teplo necelý 1 kJ/(kg.K), vzduch právě tolik, materiály rostlinného původu téměř dvojnásobek, stejně jako mnohé kapaliny, až na vodu, ta je má čtyřikrát vyšší, přesněji 4,2 kJ/(kg.K) aneb 1 kcal/(kg.K) – tak byla kilokalorie kdysi definovaná. Ocel má měrnou tepelnou kapacitu jen 0,4 kJ/(kg.K). Vztaženo ale ne na hmotnost, nýbrž objem, blíží se její tepelná kapacita vodě: krychlový decimetr (čili litr) oceli má 3,7 kJ/K (viz např. [tento odkaz](#)).

3.2.3 Měrné skupenské teplo

Mění-li se skupenství látky v systému, pak z něj lze odebírat či naopak dodávat do něj teplo, aniž se mění jeho teplota. Vztaženo na kilogram látky, je takto získané či dodané teplo označované jako *měrné skupenské*. Hlavní příklady jsou tání ledu či mrznutí vody: 0,33 MJ/kg (po staru 80 cal/g) a ovšem výpar nebo kondenzace vody: 2,3 MJ/kg (539 cal/g). K vypaření gramu vody je tedy potřeba dodat tolik tepla, jako k ohřátí dobrého půl litru vody o kelvin. Využívat skupenské teplo vody je při provozu budov velmi rozumné.

3.2.4 Teplo

Má stejnou jednotku jako energie, tedy joule, ale není to veličina popisující stav něčeho, nýbrž úhrn procesu, třeba toku záření, jímž se mění vnitřní energie nějakého systému. Tempo takového procesu označujeme jako tepelný výkon či tepelný příkon, měří se v joulech za sekundu aneb wattech ($1\text{ W} = 1\text{ J/s}$). Např. tepelný příkon na metr čtvereční plochy obrácené ke Slunci, které je vysoko na nebi, je téměř přesně 1000 W čili 1 kW (polovinu z toho tvoří světlo, polovinu infračervené záření). Sluneční záření tak černé ploše dodá za sekundu 1 kJ a za hodinu 1 kWh tepla, čili 3,6 MJ (protože hodina má 3600 s, 60 min po 60 s). Teplo lze dodávat nejen formou záření, ale též nárazy molekul, tedy kontaktem tělesa s okolím o vyšší teplotě. Může jít o kontakt s plynem či vodou, pak hodně záleží na tom, jak taková tekutina kolem tělesa proudí, nebo o kontakt s jiným pevným tělesem, pak hovoříme o vedení tepla.

Tepelný tok představovaný zářením záleží na tom, jak účinně takové záření daný povrch pohlcuje nebo vyzařuje; jde-li o povrch tělesa pro dané záření neprostupného, jsou obě hodnoty, tzv. **absorptance** a **emitance** stejné, pro tutéž vlnovou délku. Mohou být ale velmi různé pro záření krátkovlnné (sluneční, tj. světlo, ultrafialové záření a infračervené s vlnovou délkou pod tři mikrometry) a dlouhovlnné, které vyzařuje vše na Zemi, a to v intenzitách stovek wattů na metr čtvereční. I povrch na pohled bílý funguje ve dlouhovlnném oboru jako zcela černý, to je případ sněhu, který se sáláním rychle ochlazuje (má emitanci téměř sto procent), ale dopadajícího slunečního záření pohltí jen desetinu. Stejně jsou na tom bílé barvy nebo bílý mramor – díky tomu zůstávají v létě i na slunci mile chladné. Opačnou vlastnost mají absorbéry moderních solárních teplovodních kolektorů – na pohled jsou téměř černé, jen s malým modravě kovovým leskem, pohltí téměř všechno sluneční záření. Ale jejich emitance je jen několik procent, takže se téměř neochlazují sáláním. A konečně v nejlepších dvojsklech a trojsklech se dnes používají povrchy průhledné pro světlo, ale odrážející přitom alespoň 95 % dlouhovlnného záření z opačného skla.

Záření sluneční odráží výborně a dlouhovlnné ještě lépe lesklé hliníkové vrstvy, které známe ze skleněných termosek. Lesklá nerez nebo měď pohlcuje sluneční záření více, ale dlouhovlnnou emitanci má také natolik nízkou, že jejich sálání nepociťujeme, a dotekem z nepozornosti se o ně můžeme popálit – to platí u nádob na vařiči, ale i pro novou měděnou střešní krytinu na slunci. Ale i hliníková krytina je na slunci mnohem teplejší než bíle natřená střecha, protože se zářením ochlazuje příliš málo.

3.2.5 Práce

Opět má stejnou jednotku, čili joule, kilojoule, megajoule atd., a jde o úhrn procesu, nikoliv o charakteristiku stavu. *Mechanickou práci* vyjadřujeme jako *součin síly a posunutí* (jako když zvedneme předmět do výšky), *elektrickou práci* jako *součin napětí, proudu a času*. Samotný součin napětí a proudu označujeme jako elektrický příkon (pokud je práce konána na spotřebiči) nebo výkon (pokud naopak zařízení koná elektrickou práci na svém okolí, např. dodává elektřinu do sítě). Tepelná elektrárna funguje tak, že proud spalín nebo páry koná mechanickou práci na turbíně, turbína pak na generátoru elektřiny, a konečně ten pak koná elektrickou práci na rozvodné elektrické síti. Část oné práce se spotřebuje jen na ohřev sítě, valná většina ale až v elektrických spotřebičích k ní připojených. Elektrickou práci vykonanou na budově měří elektroměr; v účtech se ale píše ne o vykonané práci, ale o dodané či spotřebované elektřině. Označení „elektrická energie“ je nesmyslné, neexistuje žádná taková veličina, která by popisovala stav nějakého systému. Místo korektního sousloví *elektrická práce* lze zato užívat jen stručné *elektřina*. Tu nelze skladovat, jde přece o proces.

3.3 Technické termíny

3.3.1 Plášť budovy

V období s pláštěm jako oděvem jde o bariéru oddělující interiér od exteriéru – bránící průniku vody, větru, tepla. V úhrnu jde o bariéru vícevrstevnou. Má-li dům klasickou taškovou šikmou střechu a pod ní půdu coby skladovací prostor, chrání krytina úplně jen proti dešti, úplnou ochranu proti větru a jakous-takous tepelnou izolaci poskytuje až strop horního podlaží. U pasivních domů se požaduje vrstva vytvářející souvislý *tepelný plášť*, tedy vrstva tepelně izolačního materiálu dobře navazující na co nejlépe tepelně izolující okna a dveře; ta musí být také větrotěsná. Pod ní, z interiérové strany musí být vrstva pláště, která znemožňuje pronikání interiérového vzduchu dále ven do oblastí pláště, které jsou v zimě chladnější, tedy zajišťující vzduchotěsnost budovy – tu zajistí omítky nebo desky nepropustné pro vzduch, jejichž spoje

jsou slepené a přelepené trvale lepidly páskami. Táž vrstva v kombinaci s dalšími vnějšími (jedna z nich může být i zvláštní pokovená fólie) pak musí dobře bránit i pronikání vodní páry difuzí skrze zdi, stropy a podlahy, tedy tvořit parozábranu. Pára pronikající do chladnějších částí pláště by tam totiž mohla kondenzovat. Vně od vzduchotěsné vrstvy pláště a parozábrany by měl vzduch v plášti mít jen takovou koncentraci vodní páry, jako má vzduch v exteriéru.

3.3.2 Dvojskla

V přímořských zemích se až donedávna běžně používala jen jednoduchá okna vyplněná jednou vrstvou skla. Dvojskla, i ta stará, se dvěma obyčejnými skly a vzduchem mezi nimi, tepelně izolovala samozřejmě lépe než zasklení jednoduché – nazývala se proto také izolační skla. Vzduchotěsná dutina mezi nimi měla tloušťku pod 3 cm. Jednoduché okno s dvojsklem izolovalo o polovinu hůře než u nás staletí užívaná okna dvojitá, dokonce i hůře než okna zdvojená, s tloušťkou vzduchové dutiny mezi skly přes 4 cm, užívaná od 20. let 20. století. Přesto byla taková primitivní dvojskla v 80. letech populární, lidový názor byl, že jsou „vakuová“. Ve skutečnosti v nich býval podtlak jen proto, aby se ani v horkých ledních dnech přetlakem nerozlepila. Podtlak sám o sobě žádný vliv na tepelně izolační vlastnosti neměl. Nicméně za mrazů tlak ve dvojsklech i trojsklech dále klesá a středy tabulí se prohýbají ještě více směrem k sobě, čímž se tepelná propustnost zasklení zvyšuje.

Teprve moderní dvojskla a trojskla, která mají jeden z povrchů obrácených dovnitř dutiny po-
vrstvený tak, že takřka nesálá a odráží téměř všechno dlouhovlnné záření z protější strany dutiny, a která jsou navíc vyplněna argonem nebo kryptonem, izolují lépe než stará okna dvojitá. Jde-li o dvojsklo, lze pro něj při takové technologii použít přívlasek „izolační“.

Opravdu *vakuová dvojskla* s vlastnostmi ještě dvakrát lepšími se teprve vyvíjejí. Dutina mezi skly je tlustá necelý milimetr, skla jsou rozepřená sítí kovových sloupečků se sponem dvou tří centimetrů. Jejich běžná dostupnost se dá čekat teprve koncem desetiletí. Budou pak ideální jako náhrada jednoduchých skel v křídlech dvojitých oken.

3.3.3 Měrná tepelná prostupnost U

$[W/(m^2K)]$, dříve označovaná symbolem k : tepelný tok skrze dané *souvrství* dělený plochou daného souvrství a rozdílem teplot na jeho opačných stranách. Nižší hodnota znamená lépe izolující souvrství. V případě oken se veličina uvádí s indexy g , f a w . Míní se tím charakteristika zasklení daleko od jeho okrajů – g jako *glass*, rámu umístěných v hypotetickém tepelně nevodivém okolí – f jako *frame* a konečně celého okna – w jako *window* tak, jak alternuje okolní obyčejnou stěnu. Hodnota U_w pak závisí na tom, jak velké je zasklení – u menšího bude vyšší vinou tepelného mostu na okraji skleněného souvrství i geometrického tepelného mostu kolem rámu okna – a jak navazuje na okolní tepelnou izolaci. Velmi pomůže, když ta přesahuje alespoň přes většinu nepohyblivé části rámu, ideální je, když těsněním přechází až na samotné zasklení. Někdy se místo přesného pojmenování používá sousloví *součinitel prostupu tepla*; to by ale mělo být bezrozměrné číslo, nejspíše hodnota U dělená svou základní jednotkou; lze je označovat malým písmenem $u = U / (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$. Pro nejlépe izolované zdi činí 0,1. Systém užívaný vakuové izolační panely to může zajistit už při šesticentimetrové tloušťce evakuované vrstvy vyplněné nanoporézní kyselinou křemičitou – je ale násobně dražší než systém s běžnými pěnovými nebo vláknitými izolacemi. Vyplatit se může jen tam, kde na tlustší izolaci prostě není místo.

3.3.4 Měrná tepelná vodivost λ

$[W/(m.K)]$: tepelný tok skrze materiál násobený jeho tloušťkou a dělený plochou onoho materiálu a rozdílem teplot na opačných stranách *materiálu*. Čím je nižší, tím jsou tepelné izolační

vlastnosti materiálu lepší. Označení *součinitel tepelné vodivosti* je běžnější, ale mělo by se opět vztahovat jen na číselnou hodnotu této veličiny vyjádřené v jednotkách SI. Ta pak pro nejlepší tepelně izolační materiál činí 0,02 (nanoporézní fenolová pěna), pro pěnový polyuretan a šedý pěnový polystyrén 0,03, pro ostatní běžné izolační materiály 0,04 (pro perlity jen některé, při nejnižší objemové hmotnosti kolem 50 kg/m³, těžší perlity mají až 0,07), pro dřevo kolem 0,16, pro suchou hlínu či písek od 0,25 až téměř po 1, jako mají cihly, pro železobeton i mokrou hlínu až 2, pro ocel 20 až 50, pro hliník dvě stě, pro měď čtyři sta. Hodnoty pro izolační materiály podrobněji viz <http://www.pasivnidomy.cz/tepelna-ochrana/tepelne-izolace.html>.

3.3.5 Tepelný most

Oblast pláště budovy, v níž je hustota tepelného toku („watty na metr čtvereční“) vyšší než v jejím okolí. Jeho příčinou může být lokální užití materiálu vyšší měrné tepelné vodivosti. To je příklad betonového překladu nad okny v cihlové zdi, ocelového šroubu či hřebu procházejícího skrze polystyrénovou izolační vrstvu, betonového balkonu tepelně spojeného s nosnou zdí. Může jít ale o pouhou geometrii spojení sousedících konstrukcí. Takovým geometrickým tepelným mostem je okolí jednoduchého okna vsazeného do cihlové zdi a nenavazujícího na vrstvu dobré tepelné izolace – cihlami kolem okna proudí teplo zkratkou. Geometricky působeným tepelným mostem jsou i hrany (rohy) místnosti, kde se stýkají vnější zdi a zejména vrcholy (kouty) místnosti, kde takové hrany končí na stropě horního podlaží či na podlaze dolního – z těchto míst teče teplo do tří stran, do tří zvenčí ochlazovaných ploch pláště budovy. Zvýšená hustota tepelného toku z místnosti směrem do chladného exteriéru tam způsobuje vyšší teplotní rozdíl mezi vzduchem a povrchem místnosti, jehož teplota tam případně může klesnout až k rosnému bodu – tehdy začne vlhnout kondenzací páry z interiérového vzduchu. Všechny takové tepelné mosty se v zimě v interiéru projeví nižšími teplotami. Hustota tepelného toku u vnějších hran budov je tehdy naopak nižší než dále od hran, teploty hran budov se proto blíží k teplotám chladného exteriéru. Tepelné mosty se vyjadřují jako přídavný tepelný tok připadající na daný prvek pláště jako výjimky z okolní homogenní oblasti – buď lineárně, ve wattech na metr a kelvin (u úseků hran, překladů, balkonů), nebo místně, jen ve wattech na kelvin (u vrcholů místnosti, kotev). Vztáhne-li se ale výpočet měrného tepelného toku na obsah *vnějšího* povrchu pláště budovy, což je snadnější (není potřeba se zabývat vnitřními zdmi), vychází vliv hran budovy jako „záporný tepelný most“ - metrem čtverečním v jejich okolí uniká méně tepla než jinde. U dobré novostavby, jejíž vnější tepelná izolace přechází až na dobře izolující zasklení, může pak být i úhrn všech tepelných mostů nulový. U regenerovaných starších staveb zbývá ale tepelný most původními základovými zdmi do podlaží budovy (dodatečná venkovní tepelná izolace je pod nimi nutně přerušena). Jeho vliv lze potlačit, ale ne eliminovat.

3.3.6 Spotřeba tepla, práce, paliv

Budovy se ohřívají slunečním tepelným tokem skrze okna, ale též horkou vodou či párou přiváděnou z výtopny nebo teplárny, elektřinou odebíranou ze sítě, a ovšem oxidací paliv (v kamnech nebo motorech) či potravin (v lidech či domácích zvířatech). Krátkodobě tak může růst jejich energie (entalpie), což se projeví růstem teploty, ale je-li v budově tepleji než venku, tak z ní teplo uniká ven a její teplota nakonec růst přestane. Vyšší příkon do budovy (v součtu tepla, elektřiny a chemické energie dvojice palivo-kyslík) umožňuje dosáhnout vyššího rozdílu teploty budovy vůči okolí. Této lze samozřejmě docílit i zvýšením tepelného odporu pláště budovy (vyjadřovaného v kelvinech na watt, pasivní rodinné domy dosahují 20 K/kW) a omezením proudění vzduchu skrze něj. Jen jeden druh tepelného toku pláštěm budovy nezávisí na její teplotě, to je případ světla pronikajícího okny; zcela zanedbatelné jsou pak toky od různých vysílaček.

3.3.7 Výhřevnost, spalné teplo, účinnost, kondenzační kotle

Paliva se liší v tom, kolik tepla lze získat jejich spalováním. Dříve se udávaly *výhřevnosti* vztažené na kilogram paliva, tedy MJ/kg nebo kWh/kg. Přitom se předpokládalo, že spaliny se ochladí až na teplotu interiéru, ale neodebere se z nich skupenské teplo páry, která přitom zkondenzovala. Taková situace ale nemůže nastat. Spaliny buď odcházejí tak horké, že pára v nich nekondenzuje, nebo se natolik ochladí, že se z nich přitom skupenské teplo odebere.

Taková moderní zařízení se pak označují jako *kondenzační*. A teplo, které lze oxidací paliva a ochlazením spalin na 25 °C získat, se označuje jako *spalné teplo*, to bývá o desetinu vyšší než výhřevnost. Právě to je uvedeno na účtech za zemní plyn (i když vztaženo na krychlový metr, ne na kilogram; pak je kolem 10,6 kWh/m³, protože ruský zemní plyn je téměř čistý metan). Reálné motory či kotle celé spalné teplo většinou ze spalin do ohřívání vody nedodají, nemají-li k dispozici dostatečně chladnou vratnou vodu, např. přicházející rovnou z vodovodní sítě. Mohou tak docílovat *účinnosti* 97 %, to je *poměr tepla z nich získaného k teplu spalnému*; ta další tři procenta tepla uniknou odvodem spalin rovnou do venkovního ovzduší. Když se místo spalného tepla dá do jmenovatele výhřevnost, jak to bývalo standardní u všech nekondenzačních kotlů, účinnost pak vychází třeba až na 107 %. Proto je potřeba se vždy ujistit, jestli výrobce nenadsazuje účinnost právě tímto zavádějícím způsobem.

Kondenzační kotle jsou dnes na trhu i [pro pelety, v dohledu jsou i pro štěpky a kusové dříví](#). V případě pelet, u nichž takové kotle nabízí řada výrobců, je již rozhodně nesprávné instalovat kotle jiné, palivem příliš plýtvají. Vzhledem k tomu, že se u kotlů na rostlinná paliva udávají účinnosti vztažené téměř vždy na výhřevnost, je potřeba trvat na tom, že ta má být při dostatečně chladné vratné vodě alespoň 105 % - pelety sice obsahují mnohem menší podíl „spalitelného“ vodíku než metan, ale zato je v nich alespoň 8 % vody, která se díky kondenzaci zase vrátí do tekutého stavu. U palivového dříví je vody kolem 20 %, kondenzační technologie je pro ně ještě cennější. Dosud se používala málo, neboť předavač tepla ze spalin do vody musí být vybaven nějakou technologií čištění od usazeného popílku. Kondenzační technologie zajišťuje u rostlinných paliv extrémně malé emise jedovatých látek, jaké se jinak u malých zařízení nedají dosáhnout.

U motorů pohánějících alternátor, tedy u „kogeneračních jednotek“, které nejen hřejí, ale nejprve poskytují spalováním zemního plynu (nebo bioplynu či oleje) elektřinu, se udává ještě jedna *účinnost: poměr získané elektřiny ke spalnému teplu*. Ten může u malých kogeneračních jednotek vhodných do rodinných či bytových domů činit až jednu třetinu. Další téměř dvě třetiny připadají na vytápění či ohřev pitné vody, ztráty představované nedostatečně vychlazenými spalinami a zbytečným ohříváním sklepa jsou u nejlepších kondenzačních kogeneračních jednotek pouhých 5 % (viz komentář v adresáři <http://amper.ped.muni.cz/pasiv/MacKay/>).

Nemalou výhodou kondenzačních kotlů je, že nepotřebují ohnivzdorný komín, pro odvod ochlazených spalin stačí plastové potrubí, které nemusí být vedeno nikam do výšky. Nevývávají žádné požární nebezpečí. Potřebují jen zdroj elektřiny. Pokud elektřina „vypadne“, spalování se zastaví.

(Jako kotle označujeme zařízení, v nichž spaliny procházejí předavačem tepla ohřívajícím vodu. Tím se liší od obyčejných kamen, kde spaliny jen vyhřívají nějakou vyzdívku a pak vzduch.)

Jako účinnost se někdy označuje i podíl tepla dodaného tepelným čerpadlem do domu a elektřiny, kterou na čerpání spotřebuje. Obvyklejší označení je ale topný faktor. Až je-li v ročním průměru vyšší než 4, může čerpadlo poskytnout více tepla, než odpovídá uhlí či zemnímu plynu spálenému pro jeho pohon v elektrárně.

3.3.8 Difuze vodní páry, μ , s_d

Závažné problémy s vodní párou vznikají tehdy, když vzduch z interiéru proniká za mrazů netěsnostmi do chladnějších oblastí pláště budovy a tam pára kondenzuje na vodu, která poté případně i zmrzá. Tomu je potřeba zabránit vytvořením souvislé vzduchotěsné obálky, která je blízko interiéru, v oblasti vždy natolik teplé, že ke kondenzaci nedochází, viz oddíl 5.1.

Opačná situace může nastávat za dusných letních dní, proniká-li vzduch zvenčí do sklepa, či obecně do suterénu budovy. Má-li být sklep suchý a chladný, je potřeba do něj v létě vzduch nepouštět. U obývaných suterénů je řešením letní vyhřívání jejich zdí a podlah, o tom viz oddíl 5.3.

Vodní pára se ale dostává skrze plášť domu také difuzí, což je obdoba vedení tepla. Skrze skleněné tabule, plechy a kovové fólie je difuze nulová, tomu odpovídá, že s jejich pomocí lze vytvářet evakuované nádoby a vakuové tepelné izolace. Přes ostatní materiály ale nějaká difuze probíhá. Vhodnou charakteristikou materiálů ve stavebnictví je, jaký difuzní odpor mají ve srovnání se stejně tlustou vrstvou neproudícího vzduchem. To se vyjadřuje *faktorem difúzního odporu*, což je bezrozměrná veličina označovaná symbolem μ . Vlákenné, velmi prodyšné materiály jej mají v rozmezí od 1 do 2, měkké dřevovláknité desky až 5. Cihly a maltý mezi 10 a 20, cementové omítky až dvakrát vyšší, pěnový polystyrén nad 50, suché dřevo a hutný beton nad 100, viz např. [zde](#); u vlhkých materiálů klesá faktor difúzního odporu zpravidla na polovinu.

Gumové a různé plastové fólie mají hodnotu μ v řádu desítek tisíc, polyetylenové až sto tisíc. Bývají ale tenké, takže je mnohem užitečnější uvádět tloušťku vzduchové vrstvy, která by měla týž difuzní odpor jako fólie. Je to součin hodnoty μ a tloušťky fólie. Nazývá se *ekvivalentní difúzní tloušťka* a označuje se nejčastěji jako s_d . Vrstvy s hodnotou s_d pod půl metru označuje německá norma jako difúzi nebránící, s hodnotou s_d mezi 0,5 m a 1500 m jako difuzi brzdící a vrstvy s s_d nad 1500 m jako paronepropustné. Vrstvy brzdící difuzi jen mírně se označují jako parobrzdy ($s_d < 100$ m), parozábrany mají s_d nad 100 m. V českém úzu se tyto pojmy valně nerozlišují, je proto potřeba vždy hledět na skutečnou hodnotu s_d .

Difuze vodní páry skrze zdi a střechy je vždy nežádoucí. Komfort v interiéru nemůže nijak zvýšit, ten se zajišťuje vhodným větráním a vytápěním, viz o tom pasáž 10.1 „Zdi nemusejí dýchat“ v závěrečné kapitole. Něco jiného je ale difuze do povrchové, teplé vrstvičky interiérových zdí – ta může pohltit páru vznikající např. sprchováním a pak ji zase zvolna vydávat, pokud vzduch z koupelny necháme v zimě pronikat do celého interiéru. Ideálně to dokáže hliněná omítka. Je-li místo omítky použito obložení, pod nímž je instalační vrstva, pak je možné obložení provést tak, aby skrze ně mohl dobře proudit vzduch, a instalační vrstvu vyplnit ovčí vlnou, která dokáže jímat a vydávat páru ještě lépe; parozábrana či parobrzda, kterou u dřevostaveb tvořívá OSB deska, pokud možno natřená latexem pro pojištění její vzduchotěsnosti, je až vně od instalační vrstvy.

Je-li parozábrana přitlačena na tuhou vzduchotěsnou vrstvu, pak sama vzduchotěsná být nemusí – ojedinělé dírký v ní mají tak mizivou relativní plochu, že difuze skrze ně je zanedbatelná.

3.3.9 Měrné spotřeby a pasivní standard

Nejjednodušším parametrem, kterým se porovnávají budovy, pokud jde o jejich hlavní spotřebu, totiž uměle dodávaného tepla na vytápění, je počet kilowatthodin na metr čtvereční a rok aneb *měrná spotřeba vytápění*. Ta je dána především vlastnostmi pláště budovy, ale závisí i na tom, jak chladné či teplé je místní klima a jak je dům osluněný, a ovšem i na tom, jak si počínají jeho uživatelé. Pokud vytápějí celý dům na 24 °C, měrná spotřeba na vytápění je i dvojnásobná oproti situaci, kdy se vytápějí jen obytné místnosti řekněme na 16 °C. Porovnávají-li se ale dvě

budovy, která je lepší, pak se mohou brát tak, že vnější podmínky jsou pro ně tytéž a udržuje se v nich v zimě teplota 20 °C.

Základní myšlenkou pasivního domu je, že v něm má být možné udržovat i za mrazů komfortní teplotu pouhým přehříváním vzduchu, který je tak jako tak potřeba pro větrání pro daný počet osob, které v něm pobývají. Z toho plyne první požadavek, totiž aby stačilo přitápět měrným příkonem 10 W/m². Z něj pak lze pro naše středoevropské klima odvodit, že měrná roční spotřeba na vytápění nepřekročí 15 kWh/m²a (a jako annus, čili rok). Dům je ale ohříván nejen zá-měrným topením, ale také provozem všech elektrických spotřebičů, sporáku či trouby v kuchyni, teplou vodou při umývání a praní. Ani tyto spotřeby mají být co možná nízké. A konečně, nemá se kvůli nim spalovat někde jinde příliš mnoho uhlí na výrobu elektřiny. Z toho plynou čtyři horní meze (podrobně viz [zde](#)), které se u nejlepších domů skutečně daří dodržovat:

Nejvyšší přípustné měrné hodnoty pro pasivní dům	
topný příkon (-12 °C venku)	10 W/m ²
roční spotřeba na topení	15 kWh/m ² a
roční dodávka do domu	42 kWh/m ² a
energie kvůli tomu uvolněná	120 kWh/m ² a

Pro dodržení těchto parametrů je potřeba:

Opatřit dům výbornou tepelnou izolací nepřerušovanou tepelnými mosty	$U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Používat nejlepší trojitě zasklení a rámy (začleněné do okolní izolační vrstvy)	$U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Docílit výborné vzduchotěsnosti domu, opakovaně testované	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Užívat mechanické větrání, které vrací valnou většinu tepla,	$\geq 0,8$
přičemž získané teplo je mnohonásobkem vložené elektřiny	≥ 10
Užívat nejšetrnější technologie pro všechny ostatní spotřebiče	

Formulací „na metr čtvereční“ se rozumí obytná plocha místností, které se v zimě udržují teplé. Nepočítají se do toho příliš nízké prostory pod schody atp. Podrobně viz [Treated Floor Area](#) v publikaci Pasivní dům II; tam najdete i objasnění dalších pojmů a mnoho jiných informací.

Další pak na <http://www.passipedia.de/> nebo

http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/passivhaus.html či

http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/passivehouse.html. a ovšem též česky na

<http://www.pasivnidomy.cz/> a slovensky např. na <http://www.iepd.sk/>.

U samostatně rodinných domů je obtížné dodržet první limit, totiž měrný topný příkon 10 W/m² i za mrazů, ale obvyklý limit pro roční spotřebu už dodržet často lze, díky „topení zadarmo“, která poskytují osluněná okna. V českém kontextu se nicméně stalo zvykem za pasivní považovat i takové domky, u nichž měrná spotřeba umělého topení nepřesahuje 20 kWh/m²a, obvyklý limit 15 kWh/m²a se bere jako samozřejmost až u větších domů, bytových. V obou případech jde spíše o spotřebu vypočítanou, ta skutečná může být jak menší, tak trochu vyšší, hlavně dle chování obyvatel. U starých, regenerovaných rodinných domů není špatným výsledkem, když se v praxi dostanou pod limit 30 kWh/m²a.

4 Východiska a cíle

4.1 Jaké domy máme dnes

V současné době je v České republice kolem 1,7 miliónu rodinných domů s počtem bytových jednotek přes 2,0 miliónu. Téměř 90 % domů bylo postaveno před rokem 1990 a podle dnešního hodnocení energetické náročnosti budov spadají do kategorií D až F, tedy „nevyhovující“ až „velmi nevhodná“.

Převážná část energetických dodávek do domácností se spotřebovává na vytápění. Komplexní regeneraci existujících domů lze tuto spotřebu snížit až desetkrát.

Problémem u rodinných domů je jejich obrovská konstrukční a tvarová rozmanitost, která neumožňuje dát jednoduchý návod, jak toho docílit, na rozdíl např. od panelových bytových domů. Zobecnování brání i stav těchto domů, který je velice rozdílný, dle způsobu užívání a použitých stavebních materiálů. S tím i cena regenerace, která se může u podobně velkých domů velmi lišit.

Domy vystavěné od devatenáctého století až do konce sedmdesátých let mají mnohé vlastnosti společné. Tepelně izolační materiály se v jejich konstrukcích nepoužívaly. Vnější zdi bývaly z plných cihel, půlmetrové tloušťky, jen strop pod střechou izoloval trochu lépe díky vrstvám dřeva a event. škváry pod podlahou půdy. Nášlapná vrstva nejnižšího podlaží nebyla nijak tepelně izolovaná od hlíny pod sebou, což vedlo k tomu, že se tam udržovaly teploty spíše sklepní než pokojové. Dobrodiním z doby císařství byla povinnost mít ve vytápěných místnostech dvojitá okna – ta se tehdy v Nizozemí, Británii nebo Severní Americe nepoužívala... Zdi izolující tepelně o trochu lépe začaly být u nás požadovány na sklonku 70. let, to vedlo k nástupu pálených cihelných bloků (čili keramických tvárnic) s rostoucím podílem vzduchových dutin. Požadavky na izolační schopnosti zdí se pak ještě třikrát zvýšily, v tomto tisíciletí až na limit, který ještě lze keramickými bloky zvládnout – nebo také plným zdivem a jedním decimetrem pěnového polystyrénu. Tyto změny stavebních norem také začaly fakticky vyžadovat nějakou formu tepelné izolace pod nejnižším vytápěným podlažím a nad horním vytápěným podlažím, což vedlo k rozvoji používání pěnového polystyrénu a minerálních vat. S jejich tloušťkami se ale velmi šetřilo. V devadesátých letech začalo navíc být povinné užívat novou technologii zasklení oken, kdy je zářivý tepelný tok mezi skly potlačen speciálním povrstvením jednoho z nich, až ta totiž umožnila snížit měrné tepelné ztráty okny o požadovanou třetinu oproti praxi 19. století.

Skutečně žádoucí tepelně izolační vlastnosti „pláště budovy“, s dnešními technologiemi dobře dosažitelné, jsou ale ještě dvakrát lepší, než vyžaduje dnešní norma.

Období výstavby	< 80. léta	dnes	pasivní standard
typický <i>horní limit</i> měrné spotřeby na vytápění / kWh.m ⁻² .a ⁻¹	300	130	15
typické <i>horní limity</i> pro měrnou tepelnou prostupnost / W.m ⁻² .K ⁻¹			
stěna	1,4	0,35	0,12
střecha	0,8	0,3	0,12
podlaha	2	0,3	0,12
okna	2,9	1,7	0,85

4.1.1 RD do roku 1960

Tato kategorie zahrnuje doposud využívané rozmanité stavby z celé naší historie z období kolem před první světovou válkou až po výstavbu v poválečném období. Domy postavené v tomto období tvoří nejvýznamnější a nejpočetnější skupinu objektů vyžadujících rekonstrukce. Celkově se podílí více než 75 % na celkovém počtu RD v ČR. Stavební materiály obvodových konstrukcí zde užívané jsou různé, nejvíce však kámen, nepálené cihly, pálené cihly nebo jejich vzájemná kombinace. Tloušťka obvodových stěn se pohybuje mezi 40 až 70 cm. 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 prknovým záklopem, později pak stropy z ocelových nosníků a železobetonových vložek. Zakládání těchto domů je povětšinou přímo na terénu, bez hydroizolace a mnohdy jen s omezenou hloubkou kamenného základu. Při rekonstrukcích si právě spodní část domů vyžaduje velkou pozornost z hlediska tepelné ochrany a vlhkostních problémů. Konstrukce podlah je u těchto domů převážně dřevěná na terénu. Okna jsou většinou dvojí či špaletová, se dřevěnými rámy. Mnohdy se u těchto domů projevují statické či jiné poruchy způsobené převážně vlhkostí, takže jsou nutné i zásahy do nosné konstrukce.

4.1.2 RD z období 1960 - 1990

V tomto období se začaly prosazovat zdící materiály jako keramické bloky o tloušťce 250 až 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 mívají 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 / terénem obvykle není izolována. Stropy tvoří většinou různé vložkové stropní systémy keramické i betonové, či monolitické železobetonové konstrukce. Okna jsou jak dvojí, tak i jen tenčí zdvojená. Nové stavební materiály té doby umožnily u těchto staveb využití plochých střech. Většina prvních systémů jednoplášťových střech navrhovaných v 60. až 70. letech se potýkala s problémem kondenzace vlhkosti, porušením vrstvy hydroizolace či jinými škodami ovlivňujícími funkčnost střechy. Další vývojový stupeň, dvouplášťové konstrukce střech jsou kromě bezpečnější konstrukce izolovány plynosilikátovými tvárnicemi, 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 krokvemi o různé tloušťce, nejčastěji však 60 – 120 mm.

4.1.3 RD z období 1990 – 2000

Rozmanitost používaných materiálů a konstrukcí RD od devadesátých let 20. století je obrovská, některé jsou v praxi ověřené, jiné ne. Pro okna a dveře se začínají používat již těsnější plastové rámy a „izolační“ dvojskla, zpravidla ovšem ta nejhorší, dnes již naprosto nepřipadná.

4.2 *Jaké domy budou normální za dvacet let*

Evropská unie si je dobře vědoma, že nejvyšší potenciál úspor dodávek tepla, paliv i elektřiny je k dispozici ve stavebnictví. Vzorem pro to musejí být nejprve nové budovy, v nichž lze tento potenciál využít na maximum. Stavební praxe, ba i výuka na školách středních i vysokých, je ale nesmírně setrvačná. Ekonomické stimuly ji nemohou změnit celoplošně, dávají jen možnost vzniku ojedinělých ukázkových staveb či regenerací. Jedině změna legislativy může docílit, že se z nich stane samozřejmost. Takovou změnu vyžaduje EPBD, Energy Performance Building Directive, čili [Směrnice o energetické náročnosti budov](#). Podle ní se už od konce roku 2018 bu-

dou muset všechny novostavby užívané nebo vlastněné orgány veřejné moci realizovat tak, aby jejich roční úhrn dodávek zvenčí byl blízký nule. Pro všechny nové budovy to bude povinné od konce roku 2020.

Docílit takové dokonalosti vyžaduje v první řadě dodržení pasivního standardu. Ve druhé řadě je pak nezbytné využít dobře osluněné plochy budov, nejde-li o okna, pro solární ohřev vody nebo produkci elektřiny. Spotřebu elektřiny v budově je kromě toho nutné snižovat tak mnoho, jak to jen dostupné technologie dovolí. Samozřejmě, aby se takové technologie plně uplatnily a aby spotřeba elektřiny, paliv a tepla byla skutečně co nejnižší, musejí se o to snažit i uživatelé budovy. Musí jím na tom záležet, musejí tomu rozumět, měli by o tom spolu mluvit a vyhodnocovat, jak se jim to daří. Velmi nízká spotřeba vůbec neznamená diskomfort, často to může být právě naopak. Příkladem je důmyslné užívání denního světla namísto umělého osvětlování a pak užívání jen slabého žlutého světla poté, co slunce zapadne.

Jak bude takových dobře fungujících, velmi úsporných budov přibývat, budou budovy starší, mnohem méně kvalitní, ztrácet na ceně. Kdo by dal přednost nekomfortnímu, nákladnému bydlení? Jedinou možností, jak mohou staré budovy držet krok s novými, je užívat při jejich změnách tytéž nové technologie, jaké se uplatňují u nejlepších budov pasivních. Tedy snažit se při jakýchkoliv investicích o to, aby se i staré budovy svými vlastnostmi standardu budoucích novostaveb co nejvíce přibližovaly. Polovičatá řešení by se neměla volit nikdy: špatné vlastnosti budovy se jimi zakonzervují na desítky let.

4.3 Regenerace starých domů – důvody a přání

Když nás čekají úpravy starého domu, je někdy otázkou, zda se to ještě vyplatí. Domy jsou dokladem živé historie, neboť vznikly v určité době s určitým duchem. Pro ty, které jsou staré více než půl století, jsou charakteristické hospodárné půdorysy a jednoduchá a nepříliš nákladná konstrukce. Regenerace bude na místě tehdy, když je jádro v pořádku a nevzniknou vysoké dodatečné náklady výměnou zdiva nebo podchycováním základů.

Jaké nedostatky nacházíme na starých domech? Jsou často přístupné pouze po schodech. Chybí jim zádveří a moderní sociální zařízení, místnosti jsou spíše malé, mezi obytnými prostory a zahradou není dobré spojení, místnosti jsou často uspořádány nezávisle na světových stranách a na poloze vůči ulici a zahradě. Mnoho stavebních dílů a instalací potřebuje obnovit nebo neodpovídá současnému stavu techniky.

Před úpravami domu by si tedy jeho obyvatelé měli vyhradit dostatek času na vyjasnění otázek, jaké potřeby bydlení mají, co od domu očekávají a jaký komfort si chtějí dovolit.

Přestavby se většinou provádějí při přechodu z jednoho životního období do jiného, když se například domácnost zvětší, protože se narodily děti, nebo děti vyrostly, když se přistěhuje partner nebo když mladá generace chce mít v domě vlastní byt. Nebo jsou když majitelé na počátku důchodu, kdy začínají doma trávit mnohem více času, a chtějí mít větší pohodlí. I při předávání domu mezi starší a mladší generací nebo při koupi domu se často přestavuje.

Když se mění životní poměry, změní se většinou také potřeby bydlení:

- Klasické rodiny (otec, matka, jedno až dvě děti) představují už jen jednu třetinu všech domácností. Co se počtu osob týče, je tato podoba rodiny samozřejmě nadále velmi významná, ale často je složená už jinak, méně pokrevně, rodinné vazby se tak stávají spleťtější.
- Ve všech životních etapách silně přibývá počet osob, které bydlí samy. Starší lidé zůstávají po delší dobu samostatní.

- Celkově lidé vyžadují více prostoru pro individuální úpravu bydlení – chtějí otevřenost, přizpůsobivé dispozice a prostor pro změny.
- Nové výzvy pracovního života dávají vznik novým koncepcím, kdy bydlení a práce jsou pod jednou střechou.
- Harmonické soužití ve vlastních čtyřech zdech bude možné jen tehdy, když zohledníme potřeby jednotlivých členů rodiny.

Následující otázky vám mohou pomoci při plánování regenerace.

4.3.1 Velikost obydlí a počet osob

- Kolika lidem má dům/byt poskytnout místo?
- Jaké nároky na byt a jaké potřeby mají tyto osoby (ženy, muži, děti, mladiství)?
- V jakém životním období se obyvatelé nacházejí – mladí dospělí, mladé rodiny s dětmi, domácnosti s vícero dětmi, vícegenerační domácnosti, starší páry, lidé bydlící samostatně, pracující, důchodci?
- Jakým způsobem se změní nároky na byt, když se změní životní etapa?
- Je současná obytná plocha dostačující pro potřeby všech členů domácnosti, nebo by potřebovali další obytné prostory? Jaké prostory chybí?
- Je nutné zvětšení obytné plochy dostavbou?
- Mohli bychom naplánovat rozdělení obytné plochy do dvou oddělených bytových jednotek?

4.3.2 Potřeby bydlení a využití místností:

- Které osoby využívají které sektory – obývací pokoj, kuchyni, ložnici, dětský pokoj, zahradu, dílnu – a v jaké intenzitě?
- Potřebujete spíše více menších místností, nebo upřednostňujete otevřený půdorys – málo mezistěn a dveří?
- Má každý obyvatel svůj vlastní pokoj? Jsou místnosti přístupné přímo nebo musíte procházet jinou místností?
- Je možné flexibilní využití a zařízení místností?
- Chcete kuchyň využívat i pro jiné činnosti než pouze pro vaření?
- Jaký druh kuchyně – obytnou kuchyň nebo malou kuchyň – upřednostňujete? Kdo se věnuje přípravě jídel a kde se zdržuje rodina, když se vaří?
- Jakým způsobem se především využívá obývací pokoj – na hraní a na práci, při sledování televize, pro návštěvy?
- Kde je místo na ubytování hostů?
- Máte místnost, kterou lze případně využít i pro práci?
- Je možná orientace obytných prostor a kuchyně směrem k zahradě?
- Je možno nasměrovat obytné prostory a dětský pokoj směrem ke slunci?
- Jaké místnosti se mají nacházet v podkroví?

- Je možná instalace koupelny i v podkroví?
- Kde máme dostatečný prostor a možnosti odkládání zahradního, volnočasového a sportovního náčiní?

4.3.3 Začlenění zahrady:

- Jakým způsobem můžeme v teplých měsících využít zahradu jako rozšířený obytný prostor? Jak můžeme tento prostor využít i k jídlu, práci nebo hraní, aniž bychom se dostali do sporu se sousedy?
- Můžeme vytvořit přímé spojení mezi obytnými prostory – obývacím pokojem a kuchyní – a zahradou?
- Jakým způsobem jsou vnitřní i vnější obytné sektory chráněny před pohledy zvenčí?

4.3.4 Bezbariérovost a volnost pohybu:

- Je přístup k domovním dveřím možný beze schodů (bezbariérově)?
- Je možná bezbariérová úprava přízemí (jednoho obytného podlaží) beze schodů a prahů?
- Mohou sociální zařízení (koupelnu a WC) využívat i pohybově omezené osoby s nohou v sádře nebo na vozíku?
- Jsou vstupní prostory a předsíň dostatečně prostorné pro využití vícero osobami současně (vyzouvání bot a odkládání teplého oblečení)?

4.3.5 Vnitřní klima a zdravotní aspekty:

- Odpovídá vnitřní klima (tedy teplota, kvalita vzduchu a světlo) našim přáním, nebo musíme provést opatření k jeho zlepšení (zateplení zdí, utěsnění oken, zvětšení oken, systém větrání, osvětlování atd.)?
- Bývá ve všech místnostech dostatek denního světla?
- Máte dostatečnou ochranu před přehříváním interiéru (izolace, stínění proti slunci atd.)?
- Jsou použity materiály zdravotně nezávadné, nebo takové, které zapáchají nebo vylučují škodliviny (nátěry, lepidla, obklady stěn a podlah, nábytek atd.)?

TIP

Pokud některé z těchto otázek neumíte zodpovědět sami, měli byste se poradit se zkušenými odborníky, např. s architekty nebo řemeslníky.

5 Postup v praxi – od seznamu požadavků k zadání zakázky

V následující kapitole naleznete tipy, které byste měli zohlednit a vzít v úvahu již při návrhu úprav budovy a projektování její regenerace. Ke každému tématu naleznete kontrolní seznamy, které vám mají pomoci při promýšlení vašich cílů a představ o regeneraci a k tomu, abyste k ní přistoupili s rozmyslem.

5.1 Zvažování výhod a nevýhod regenerace

Rubem četných výhod regenerace jako prostředku pro dosažení komfortního bydlení je, že může jít o věc dosti obtížnou. Je řada okolností, které je nutno zvážit. Např. že okolí, které se kolem domu utvářelo po mnoho let, je určující nejen pro obytné prostředí, ale projeví se také v atmosféře uvnitř samotného domu. Proč upřednostnit zvelebení staršího domu před novostavbou?

- Domy v přirozeně vzniklých osídleních jsou napojeny na již existující infrastrukturu a jsou zapojeny do neporušeného obytného prostředí. Příjezdová cesta a všechny přípojky jsou již na místě. S největší pravděpodobností budete moci nákupy, cesty do školy, do mateřské školy nebo k volnočasovým zařízením apod. absolvovat pěšky.
- Zahrady s velkými stromy a keři, které rostly po dobu mnoha let a které slouží jako místo odpočinku, ale také samotné zahradní plochy jsou u starších domů často velkorysejší než u novostaveb.
- Historie domu, která jej v průběhu let ovlivnila, vytváří atmosféru a emoční vazby.
- Zvelebování může probíhat v dílčích etapách. Při dobré organizaci je často možné obývat dům v průběhu celé regenerace. Člověk si ušetří dlouhé cestování a nemusí tolik vadit, když se některé práce protáhnou. Navíc se většina stavebního materiálu nachází již na místě a nemusí se nově vyrábět nebo přivážet. To prospívá ochraně životního prostředí.
- Lepší komfort bydlení a více prostoru: Po úspěšné regeneraci vás na dlouhou dobu čeká útulný domov podle vašich představ, komfortnější a možná také o něco prostornější.
- Zachování a zvýšení hodnoty budovy pomocí tak dobré regenerace, že mnoho desítek let nebude potřeba dům vylepšovat: výsledky takové regenerace přidají vaší nemovitosti na hodnotě víc, než činí investovaný kapitál. Směrnice EU o energetické náročnosti budov, jak platí od léta 2010, stanovuje, že všechny novostavby budou muset mít od roku 2020 „téměř nulovou spotřebu energie“ (pro budovy užívané orgány veřejné správy to bude již od r. 2018). To znamená, že budou muset být nejen pasivní, ale budou muset také maximálně využívat svého oslunění a dalších obnovitelných zdrojů ze svého nejbližšího okolí. Již od začátku roku 2009 musejí mít všechny novostavby i rekonstrukce velkých budov tzv. Průkaz energetické náročnosti. Ten je pro ně i povinnou dokumentací při prodeji či pronájmu; u veřejných budov musí být též viditelně vystaven. Průkaz dokládá nejen úspornost provozu budovy, ale naznačuje i komfort, který budova poskytuje – budovy s velkou spotřebou jsou v mrazech i vedrech jistě špatné. Cena zvelebené budovy se bude blížit cenám kvalitních novostaveb jen tehdy, když budova nebude o moc horší. Je proto velmi žádoucí dosáhnout nebo se alespoň velmi přiblížit pasivnímu standardu. Tím může hodnota staré budovy i překonat hodnotu novostavby.

S čím musíte při regeneraci každopádně počítat:

- Pokud financujete její náklady pomocí bankovních úvěrů, znamená to dlouhodobou finanční zátěž.
- Pokud chcete snížit náklady velkým podílem vlastní práce, musíte kromě mnohem delšího trvání regenerace počítat také se značnou fyzickou i psychickou zátěží, neboť vám při práci zbude jen velmi málo času na jiné záliby a odpočinek.
- Pokud obýváte dům i v průběhu probíhající rekonstrukce, musíte počítat s velkým množstvím špíny a prachu, ale také se značným omezením a narušením jinak běžných všedních situací.
- Při plánování jste omezeni již existující starou zástavbou.

Nejen regenerace, ale každá stavební činnost je vždy spojena s určitým rizikem. Abyste riziko udrželi co nejmenší, měli byste preventivně zvážit dodržení následujících bodů:

5.2 Kontrolní seznam 1: Rizika a možnosti jejich snížení

Vyšší náklady, než bylo odhadnuto: skutečnost, že faktické náklady regenerace někdy oproti původní kalkulaci narostou, může nastat z několika důvodů: nepředvídatelná poškození stavby, která vyjdou najevo až v pokročilém stadiu; změna požadavků v průběhu regenerace nebo dodatečná opatření, která nebyla v původní kalkulaci nákladů zohledněna; náklady, na které se v původním plánu nemyslelo; nebo také menší skutečný podíl vlastní práce, než se původně předpokládalo.

- Důležitý je co nejpřesnější a co nejdetailnější postup při plánování nákladů! Vlastní výkony byste měli vždy zohledňovat jen v minimálním rozsahu. Můžete-li pak stavbě věnovat přece jen více času, docílíte další úspory. Každopádně byste si měli vyhradit dostatečnou rezervu pro nepředvídatelné dodatečné výdaje. Běžně se počítá s rezervou ve výši 10-15 % celkové částky stavebních nákladů. Vedle čistých nákladů na stavbu musíte navíc počítat s asi 20 % vedlejších stavebních výdajů (plánování a vedení stavby, stavební dozor, posudky, poplatky,...) .

Zdržení: prodlevy během stavby, způsobené řemeslníky a firmami nebo delším trváním prací, než se předpokládalo, bohužel ve stavební branži nejsou ojedinělé. Důsledkem jsou problémy s termíny navazujících prací a další opoždění.

- I při časovém plánu výstavby je důležité vždy započítat časovou rezervu. Nikdy nevíte, zda vám vždy bude vycházet počasí, zda pro práce, které chcete provádět sami, budete mít i dostatek času, nebo zda řemeslníci opravdu naplánovali pracovní dobu na den přesně. U firem je možnost dohodnout se na pokutě v případě zpoždění stavby. Tyto pokuty je nutno dohodnout již ve smlouvě a mohou obnášet asi 2-3 % zadávací částky za jeden pracovní týden.

Neodborné provedení stavby: spory s řemeslníky na základě nesprávně provedených prací mohou přinést vysoké soudní náklady.

- Nasazení odborně způsobilé osoby, která vykonává stavební dozor a tedy i po celou dobu kontroluje provedení prací, je předepsané zákonem a může být velmi užitečné. Při výběru řemeslníků bychom neměli zvažovat pouze cenu, ale také bychom se měli informovat, jak spolehlivě a po odborné stránce správně byly práce provedeny u jiných zákazníků. Také je na zvážení uzavření pojištění právní ochrany. Přitom bychom však neměli opomenout skutečnost, že u pojišťoven existují čekací lhůty. Také bychom měli předem přesně ověřit případy ručení, ve kterých pojišťovna zajistí krytí. Spory v souvislosti s výstavbou nebo rekonstrukcí budovy (např. chybně provedené práce) podle smluvních

podmínek většinou nejsou pokryty. Pokud chcete mít pojistnou ochranu právě pro tyto případy, dohodněte si to výslovně a písemně se svým pojišťovatelem.

Poškození nábytku nebo jiných předmětů vlivem nedbalosti a nedostatečné pečlivosti řemeslníků provádějících stavbu.

- I zde je, kromě co největší možné pečlivosti, jedinou možností uzavřít pojištění, které nám pokryje alespoň náklady vzniklé škody. Pokud škoda vznikla vlivem nedbalosti vámi najaté firmy, je tato firma resp. její pojišťovna povinná vám tuto škodu nahradit.

Výsledek vlastně neodpovídá naší původní představě.

- Jen velmi málo lidí si pod plány umí něco představit. U větších regenerací nebo přestaveb byste si určitě měli prohlédnout přímo na místě příklady již provedených realizací. Pokud jste plánováním pověřili architekta nebo architektku, měli byste si jeho nebo její projekty prohlédnout na místě i v případě, že tyto projekty nemají nic společného s vaší rekonstrukcí. To vám může pomoci, abyste si ujasnili, jaká řešení odpovídají vašim představám. Při větších přestavbách se doporučuje nechat vyhotovit model budovy. Nebo si sami vyrobte pracovní model vašeho domu, podle kterého si můžete plánovaná opatření libovolně znázornit. Prakticky všichni projektanti a projektantky již mají možnost zobrazit plánovaná opatření pomocí vizualizačního software na počítači a tuto vizualizaci můžete dostat jako obrázek. I to byste měli využít. Materiály, které se do domu mají instalovat, byste měli vybírat na základě předložených originálních vzorků, ne jen podle jejich fotografií.

5.3 Stavební představy a cíle plánování

Prvním krokem je ujasnit si cíle regenerace. Energetická vylepšení s sebou přinášejí vyšší komfort a nemusejí nutně zvyšovat náklady. Pokud plánujete rekonstrukci stavebních částí, které jsou energeticky směrodatné, jako např. střechy, fasády nebo oken, nesmí chybět odpovídající energetická opatření jako např. izolace fasády nebo využití slunečního záření. Detaily k tomuto tématu najdete v dalších kapitolách.

Pokud chcete zatím provádět pouze částečnou regeneraci, je důležité, abyste nejprve vytvořili celkový koncept regenerace. Její první kroky nemají bránit krokům budoucím ani je zdražovat.

Přitom byste měli zohlednit i předpoklady k získání podpory na regeneraci starých domů.

5.4 Kontrolní seznam 2: Cíle a plán regenerace

Jaký hlavní cíl sledujete při celé regeneraci?

.....

Jsou v popředí energetická opatření nebo je chcete zohlednit jen u částí stavby, které beztak vyžadují opravu?

.....

Jaký technický standard chcete u svého zvelebeného domu docílit? (stejný jako doposud – tak, jak se to dnes dělá – nejlepší možný)

.....

Jaká regenerační opatření jsou naléhavě nutná pro nynější nebo budoucí využití?

.....

Jaké změny ve využití očekáváte v příštích letech nebo dlouhodobě? Jak byste tyto změny již teď chtěli stavebně zohlednit?

.....

Jaké jiné stavební změny by měly být při regeneraci nutně provedeny?

.....

Chcete při regeneraci postupovat po částech nebo ji provést celou najednou?

.....

Jaký limit nákladů máte pro regeneraci? Kolik peněz chcete maximálně utratit?

.....

Jaké funkce a úkoly chcete převzít sami? (provádět co nejvíce možno sami; provádět sami stavební dozor, ale neprovádět sami žádné práce; pouze převzít hotovou práci a jinak nemít nic společného se stavbou; ...)

.....

Kolik času jste ochotni investovat, resp. kolik času máte vedle své pracovní doby k dispozici?

.....

Kdy by se mohlo s úpravami začít? Do kdy nejpozději musejí být všechny práce dokončeny?

.....

Kolik obytné plochy potřebujete a na kolik souhlasí stávající obytná plocha s vašimi potřebami? Zvažte, že potřeby se mohou během několika let opět změnit, a zvažte, jak se věci budou mít za deset nebo dvacet let.

5.5 Kontrolní seznam 3: Obytná plocha

Obytný pokoj / obytné pokoje	 m ²
Kuchyň a jídelna	 m ²
Pokoj 1	 m ²
Pokoj 2	 m ²
Pokoj 3	 m ²
Pokoj 4	 m ²
Skladové a odstavné prostory	 m ²
Provozní prostory (prádelna, spíž,...)	 m ²
Kancelářské a pracovní pokoje	 m ²
Obytná plocha celkově	 m ²
Faktická obytná plocha	 m ²
Další plochy a stavby mimo vlastní obytný dům (garáž / přístřešek; zahradní šopa na nářadí nebo stroje; ...)	 m ²

Jaké ekologické a hygienické cíle chcete svým regeneračním plánem dosáhnout? Jak můžete dosáhnout těchto cílů, aniž byste se kvůli tomu museli smířit s extrémně zvýšenými náklady?

5.6 Kontrolní seznam 4: Ekologické a hygienické cíle (Stavba a bydlení šetřící energii, suroviny, plochu a náklady; použití materiálů bez škodlivin resp. s malým obsahem škodlivin, co nejpřirozenější zásobování a likvidace odpadů)	Velmi důležitě	Důležitě	Méně důležité
Jaký význam má pro vás využití obnovitelných zdrojů energie? (např.: dříví, pelety, slunce,...)			
Jak významné je pro vás téma úspor energie?			
Jak významné je pro vás použití obnovitelných surovin? (např. len, dřevo...)			
Jak významné je pro vás využití přírodních stavebních materiálů bez škodlivin?			
V jakém rozsahu byste byli ochotni smířit se i s vyššími náklady pro dosažení svých ekologických a hygienických cílů?			

Již v průběhu prvních kroků plánování byste měli zkusit odhadnout, jaké finanční možnosti máte k dispozici. Přitom musíte zohlednit následující položky:

5.7 Kontrolní seznam 5: Odhad finančních možností

Vlastní prostředky, které máte k dispozici	 Kč
Započitatelné vlastní výkony (počítat s minimem!)	 Kč
Možné podpory a příspěvky z dotací a podpor státu a obce	 Kč
Možná výše úvěru, která se dá vypočítat z přípustné výše měsíčních splátek	Kč

5.8 Inventarizace a zjištění výchozích podmínek

5.8.1 Analýza škod:

Pro stavební inventuru a analýzu škod je nutno určit co nejpřesněji současný stav stavby a všech poškození a nedostatků. U mnoha stavebních částí bude nutno rozhodnout, zda je chcete vytvořit znovu nebo pouze sanovat. Těžké je rozhodování u stavebních částí, které ještě fungují. Zvažte všechny možnosti. Rozhodněte se až ve chvíli, kdy jste schopni odhadnout finanční rozsah regenerace.

Pro pozdější hrubý odhad nákladů je nutno rozlišit jednotlivá stavební opatření podle následujících kritérií:

- U čistě sanačních nebo opravných prací se stavební fond pouze vrací do původního stavu
- U obnovovacích nebo modernizačních prací se dotyčné stavební díly vyměňují a obnovují.
- Při přestavbě a změnách se stavební díly nově vyrábějí a přidávají k těm stávajícím.

Podle naléhavosti opatření nebo podle svých finančních prostředků byste měli regenerační opatření rozdělit do jednotlivých etap.

5.8.2 Kontrolní seznam 6: Škody a nedostatky

Vyazuje budova poškození a nedostatky? Vyskytují se významné škody na nosné stavební konstrukci? (např. škody v oblasti základů, mokré základní zdivo, ztrouchnivělé trámy,...)

Škody na složkách budovy		Sanace a opravy	Obnova a modernizace	Přestavba, jiná dispozice	Nutnost hned/později
Střecha, půdní vestavba, tepelná izolace střechy, střešní kryt, konstrukce střechy,...					
Obvodové stěny, jejich tepelná izolace, izolace stěn proti vlhkosti (horizontální a vertikální)					
Vnější obklady stěn a omítka, zdivo,...					
Vnitřní stěny, vnitřní omítka, zdivo, vnitřní dveře,...					
Okna a venkovní dveře, kování, žaluzie, parapety,...					
Oplechování, odvod dešťové vody, komín,...					
Stropy, akustická izolace, podlahy, izolace sklepního stropu, izolace nejvrchnějšího stropu,...					
Schody spojující patra, zábradlí, povrch schodiště,...					
Zdravotechnické instalace, koupelna, WC, vodní instalace, ...					
Elektroinstalace,...					
Topení,...					
Další: garáž, stříška, stávající přístavby, terasa,...					
Venkovní zařízení, plot, dlažba,...					
Dostavby, rozšíření, přídatné místnosti, ...					
Další					

5.8.3 Stavební předpisy a plány:

Stavební plochy jsou upraveny nařízeními a předpisy. Ve stavebních předpisech je napsáno, co, kde a jak se smí stavět. Pro daný pozemek je dán rozsah stavebního využití, tzn. přípustná

velikost stavebního objektu. Stavební hranice nebo regulační čáry upravují polohu budovy na pozemku. Obzvlášť u plánovaných přístaveb je nutno předem vyjasnit, zda toto zvětšení je podle stavebního práva přípustné.

Všechny potřebné informace k tomuto tématu si můžete vyžádat na svém příslušném obecním úřadě. Existuje-li pro dané území regulační plán typu zastavovacího plánu, můžete v něm shlédnout mimo jiné vnější obrysové čáry budov, maximální možnou výšku budovy a povolenou velikost stavebního objektu. Protože výklad stavebních předpisů je často věc názoru nebo otázkou interpretace, měli byste před přesnějším plánováním zjistit na obecním úřadě, zda stavební opatření, která plánujete, odpovídají platným stavebním předpisům. V případě zamítavého rozhodnutí u stavebního povolení byste se ještě jednou měli přesněji informovat, zda by nebylo možné udělení výjimečného schválení.

Ne všechna stavební opatření vyžadují povolení nebo hlášení u obce. Například nepotřebujete povolení pro čistě sanační práce nebo opravy, pro obnovu topení, potrubí či elektrických vodičů a pro menší přestavby v rámci stávajícího obytného domu. Povolení vyžadují však všechny změny, které se týkají vnějšího vzhledu domu nebo změny v interiéru domu postihující nosné části konstrukce.

Pro další plánování potřebujete grafické podklady budovy. Zpravidla by měly plány vašeho domu být uloženy na obecním úřadě. Tyto plány odpovídají aktuálnímu stavu pouze v případě, že byly v minulosti nahlášeny opravdu všechny přístavby a přestavby a že aktualizované plány byly obci dodány.

U starších domů jsou často k dispozici pouze podací plány z doby výstavby. Tyto plány můžeme použít jako základ pro inventarizaci. V žádném případě byste se však neměli spoléhat na to, že uvedené míry odpovídají reálným rozměrům budovy. Inventarizace a grafické zobrazení v podobě inventarizačního plánu patří do kompetence architektky nebo architekta, mohou jej však provádět i oprávnění projektanti a stavební mistři.

5.8.4 Kontrolní seznam 7: Stavební předpisy a inventarizační plány

Vyžaduje váš stavební záměr povolení? (Stavební opatření na nosných součástech domu nebo opatření, která se týkají vnějšího vzhledu budovy.)

.....

Existuje platný územní plán nebo i regulační plán? Jaké požadavky jsou v něm obsaženy?

.....

Existuje ze strany obce záměr, změnit v dohledné době regulační plán, nebo v jakém rámci jsou při nevelkých odchylkách možná výjimečná povolení?

.....

Jaké další stavebně právní předpisy musíme zohlednit? (např.: sklon střechy, tvar střechy, poloha budovy, stavební čáry, které je nutno dodržet,...)

.....

Odpovídal by naplánovaný dům těmito stávajícím stavebně právními požadavky? Jaké změny bychom případně museli provést, nebo jaké alternativy máme k dispozici?

.....

Jaké projektová dokumentace k budově se na obci nachází?

.....

Nakolik ona dokumentace odpovídá současnému stavu domu? Jaké změny je nutno ještě zaplatit?

.....

Kdo zdokumentuje současný stav budovy a vytvoří plány, které jej zachycují?

.....

5.9 Návrh regenerace

Při modernizaci starých budov existuje řada možností, jak ušetřit. Neměli bychom ale šetřit při projektování. Menší stavební opatření můžeme naplánovat společně s příslušnými řemeslníky nebo sami. Při větších rekonstrukcích se vyplatí přizvat architektku nebo architekta. Náklady na jejich práci se mohou velmi rychle zase amortizovat. Dobré plánování vám ušetří zbytečné náklady. Pokud jsou architekt nebo architektka v branži činní již delší dobu, mají zkušenosti s mnohými řemeslními podniky a mohou vám případně doporučit nejspolehlivější podniky s nejvýhodnějšími cenami pro zadání vašich prací. Jejich zkušenosti z průběhů staveb a dobře promyšlený časový plán výstavby vám ušetří nákladný stavební čas. Navíc by vám průběžný dohled architekta nebo architektky nad stavbou měl zajistit její řádné provedení, abyste se vyvarovali následných škod a nákladů.

K úlohám architekta nebo architektky patří v zásadě návrh a plánování, sestavení seznamů služeb (tzv. výkaz výměr, viz dále), obstarání nabídek a stavební dozor. Pokud se chcete na některé úloze sami podílet, jsou vstřícní architekti / architektky zpravidla ochotni se s vámi domluvit na dělbě práce. Přitom byste měli jasně dohodnout a vyhranit otázky ručení a zodpovědnosti při závadách. Výše honoráře architektů je přesně upravena v honorářovém řádu architektů (viz dále) a je závislá na nákladech stavby. Honorář při přestavbách a sanačních pracích se pohybuje mezi 12 až 20 %, při novostavbách nebo nových přístavbách je to cca 10-15 % celkových nákladů stavby.

Jaké činnosti může investor stavby podle právních předpisů provádět sám a pro jaké činnosti je bezpodmínečně nutné přizvat odborníka, se často liší regionálně. Přesnější informace získáte na stavebním oddělení vaší obce.

Vedení stavby však každopádně musí převzít odborník.

5.9.1 Kontrolní seznam 8: Plánování

Chcete projektováním a celým provedením stavby pověřit architektku nebo architekta?

.....

Co očekáváte od dobrých projektantů/projektantek nebo architektů/architektek? (praktické zkušenosti s energetickou regenerací, dobrý koncept místností a tomu odpovídající půdorys, kreativní a individuální řešení, pečlivý odhad nákladů, vedení stavby a kontrolu provedení stavby, zohlednění svých přání,...)

.....

Jaká představa architektury se vám více zamlouvá – spíše konvenční, nebo jste otevření i moderní architektuře? Jaký ráz má mít váš regenerovaný dům?

.....

Kdo ještě by vám mohl být nápomocen při plánování? (přátelé s odbornými znalostmi, řemeslníci, stavební mistři provádějící plánování, poradny,...)

U kterých úloh si myslíte, že je zvládnete sami?

5.10 Hrubý odhad nákladů

První hrubý odhad nákladů se může stanovit podle standardů stavebních nákladů na m² obytné plochy. Slouží pro přibližný odhad nákladů a zkušenosti architekti jej mnohdy vypočítají na +/- 15 % přesně. Podle druhu stavebních opatření bychom měli odlišovat čistě sanační a opravné práce, obnovovací a modernizační opatření a větší plány přestavby a rozšíření.

Další možností, která je však v Rakousku spíše neobvyklá, je výpočet podle hrubého objemu prostoru (obestavěný prostor): hrubý objem prostoru lze vypočítat podle vnějších rozměrů příslušné stavby nebo jejích částí, kterých se stavební opatření týkají. I zde dělíme podle stupně stavebních opatření na opravy, modernizace, přístavby, přestavby nebo rozšiřování.

5.11 Žádost o stavební povolení

Pokud jsou stanovena opatření potřebná pro regeneraci, ale plánovaná stavební opatření vyžadují stavební povolení, musíte o ně požádat u příslušného stavebního úřadu. Sídlo stavebního úřadu se většinou nachází na obecním úřadě. Při stavebních opatřeních, která se provádějí pouze uvnitř domu, stačí jejich jednoduché ohlášení. Pokud se stavební opatření vztahují také na přístavby, rozšíření nebo změny vnějšího vzhledu domu, musíte si požádat o stavební povolení.

K žádosti o stavební povolení musíte přiložit dokumentaci. „Dokumentace pro stavební povolení (DSP) je dokumentace obsahující projekt dokládající podrobné tvarové/hmotové, materiálové, technologické a technické, dispoziční a provozní řešení, ...“, jak uvádí [honorářový řád](#), na nějž se odkazuje Česká komora architektů. Případně též další dokumenty nebo potvrzení, viz samo [znění stavebního zákona](#), § 110 a dále. Přihlášení stavby je zpravidla zpracováno během několika týdnů. Při žádosti o stavební povolení mají rezidenti a přímí sousedé možnost podat námitku proti vašemu plánovanému stavebnímu úmyslu. Žádost proto může být v příznivém případě, pokud nejsou vzneseny žádné námitky, vyřízena za jeden až dva měsíce.

5.12 Prováděcí dokumentace a rozpočet výkonů („výkaz výměr“)

Dokumentace pro stavební povolení nebývá natolik podrobná, aby přesně stanovovala, jak se má vše realizovat. Nemá-li být realizace závislá na značné improvizaci ve svém průběhu, vytvářejí se pro ni podrobnější dokumenty, viz http://cs.wikipedia.org/wiki/Projektová_dokumentace. Nejde o dokumentaci povinnou, ale je-li realizace zadána celá cizímu subjektu, je vhodné ji před realizací pořídit a nechat oponentovat odborníky na stavění v pasivním standardu.

Prováděcí plány se kreslí v měřítku 1:50. Plány detailů provedení, jako například připojení stavebních dílů, nástavby zdí, stropů nebo střechy, okna aj. se zobrazují v měřítku 1:20 až 1:1. Až takové plány jsou základem všech prací, prováděných na stavbě.

Takto podrobná dokumentace může pak být základem pro vytvoření technicky pojatého rozpočtu stavby, popisujícího jednotlivé její komponenty a úkony. Příslušný dokument se označuje

jako „výkaz výměr“ (tj, kvantit čili množství, vč. cen) a udává druh, jakost a množství požadovaných prací, dodávek a služeb, potřebných ke zhotovení stavby. Všechny položky jsou v něm rozklíčovány podle jednotlivých řemesel a jsou tam také přesně popsány. Výkaz slouží k rozpisu všech prací a ke zjednání firemních nabídek. Protože v tomto výkazu je způsob provedení přesně stanoven, hodí se pro srovnání cen, které jsme opatřili od různých firem. Firmy mají udávat ceny zvlášť podle ceny práce a ceny materiálů. Z toho vyplývá jednotková cena, na základě které jsou nabízené služby pro vás srovnatelné. Položky seznamu služeb mohou být volně vyjádřeny, zpravidla se však využívají již existující seznamy služeb. Sestavení „výkazu výměr“ je časově velmi náročné. Vyplatí se pouze při větších rekonstrukcích. Jeho sestavení a následný výpis a opatření nabídek patří k úkolům architektky/architekta nebo projektantky/ projektanta. U menších regeneračních plánů si můžeme rozpočet nákladů opatřit přímo od firem.

5.13 Výpočet nákladů podle stavebních dílů, řemesel, etap prací,...

Máte-li k dispozici nabídky firem, můžete náklady srovnat a provést přesnou kalkulaci nákladů. Kalkulaci nákladů můžete provádět buď podle stavebních dílů, podle řemesel, nebo pokud plánujete regeneraci v etapách, tak podle nich. Při kalkulaci podle stavebních dílů máte navíc možnost srovnat různé stavební materiály nebo konstrukce.

6 Od starého domu směrem k pasivnímu

6.1 Inventarizace spotřeby energie

Spotřebu tepla na vytápění ve starém domě lze vypočítat na základě roční spotřeby paliva a příp. i elektřiny.

Výpočet spotřeby energie na m² obytné plochy:

topný olej	 litrů ročně × 10	=	kWh
zemní plyn	 metrů krychlových ročně × 10	=	kWh
uhlí	 kilogramů ročně × 8	=	kWh
smrkové dříví	 „prostorových metrů“ ročně × 1500	=	kWh
bukové dřevo	 „prostorových metrů“ ročně × 2000	=	kWh
spotřeba elektřiny na topení ročně		=	kWh
Celková spotřeba topného systému		=	kWh
minus příprava teplé vody (pokud se provádí pomocí topení), počet osob × 1300 až 1800		=	kWh
roční spotřeba tepla na vytápění		=	kWh
obytná plocha (vytápěná během celé topné sezóny)		=	m ²
Roční měrná spotřeba na vytápění		=	kWh/m ²

Tepelnou spotřebu na přípravu teplé vody můžeme přesněji odhadnout tak, že ji zjistíme za kratší dobu, kdy od jara do podzimu v domě netopíme. Pokud ji v té době neohříváme i solárními kolektory, pak lze předpokládat, že za zimních měsíců je spotřeba podobná, jako za letních. Totéž platí pro vaření, pokud i pro ně používáme stejný zdroj tepla, jako pro vytápění, např. zemní plyn. Je tedy vhodné zaznamenávat si stav plynoměru atd. vícekrát do roka, rozhodně alespoň vždy na začátku vytápění a při jeho skončení.

Cenné je také porovnání spotřeby na vytápění v různých letech – závisí samozřejmě na tom, jak bylo v topném období venku chladno, jak svítilo slunce, ale i na tom, jak velkou část domu a na jaké teploty jste vytápěli.

6.1.1 Energetický průkaz

Pro úřední účely nicméně výše uvedený výpočet není dostatečný. A to i přesto, že vlastnosti domu může, je-li doplněn spolehlivou znalostí toho, jaké teploty se v něm v zimě udržují, vystihovat velmi dobře.

Uznávané dokumenty, popisující energetické charakteristiky domu, jsou ale jiné. Nejjednodušší je tzv. Energetický štítek obálky budovy. Při jeho výpočtu se započítávají všechny neprodyšné

části budovy, které propouštějí teplo zevnitř směrem ven (tepelné ztráty prostupem). Tepelné ztráty větráním, i ty zcela nepatřičné, vznikající v mrazech zbytečně silným větráním skrze netěsnosti budovy, se v něm ale ignorují.

Podrobněji lze budovu charakterizovat tzv. Průkazem energetické náročnosti budovy. Ten částečně zohledňuje i tepelné zisky ze slunečního záření dopadajícího na okna, z elektřiny spotřebované primárně na jiné účely než na topení, i z pobytu osob (sto wattů na člověka). Jeho text uvádí i spotřeby na umělé osvětlování a chlazení budovy. Odhadem uvádí i spotřeby dané větráním. Jaké je větrání doopravdy, to pomíjí. Ignoruje také skutečné teploty, které se v budově udržují. Průkaz má obsahovat i doporučení, jak budovu zlepšit.

Skutečné užívání budovy může postihnout až její energetický audit, během něhož může výše uvedený Průkaz být také na vaší žádost pořízen. Vlastnosti, jako je netěsnost budovy, ale běžnou součástí auditu nejsou. Měření těsnosti nicméně lze objednat též, a u budov, které jste se již snažili utěsnit, to má dobrý smysl. Je-li těsnost dostatečná, lze uvažovat o instalaci mechanického větrání s rekuperací tepla (a s filtrováním prachu i hluku).

Pomocí všech takových výsledků můžeme nakonec různá možná opatření pro energetickou regeneraci porovnat a vybrat si nejlepší řešení. Průkaz energetické náročnosti budovy nebo jiný odborný posudek, porovnávající vlastnosti budovy v původním a novém stavu je u některých dotačních programů základem žádosti o dotaci na zlepšení. Vystavují jej energetičtí auditoři nebo jiné autorizované osoby, jako mnozí architekti, inženýři a další technici. Měl by jej být schopen vystavit ten, kdo regeneraci projektuje – tím spíše, že projekt by měl být dělán s cílem, aby se vlastnosti domu zlepšily co nejvíce.

6.2 K čemu energetická regenerace?

6.2.1 Zvýšení komfortu

Vinou nízkých povrchových teplot obvodových zdí a oken staré domy často působí chladně, leckde i protahuje netěsnými okny a dveřmi. Izolační opatření na vnějším plášti domu zvednou teplotu stěn a mikroklima interiéru se tím stává útulnějším. Nová či opravená okna zabraňují průvanu škvírami a jejich skla nejsou v mrazech tak studená, takže kolem nich neproudí ochlazený vzduch, který jinak též vnímáme jako průvan. Mechanické větrání s rekuperací, které v dostatečně utěsněném interiéru má všude smysl, zajistí příjemný vzduch bez zápachu i za mrazů či veder. Může jej také zbavit pylu, oddělit interiér od hluku zvenčí, a v každém případě velmi sníží prašnost v interiéru.

6.2.2 Ochrana klimatu

Tepelná regenerace starých domů má ze všech sektorů největší možný přínos ochraně klimatu. Na 40 % koncové spotřeby energie v Česku se totiž spotřebuje na vytápění či příp. i chlazení budov.

V Rakousku se během posledních 15 let sanovalo průměrně 1 % celkového domovního fondu ročně. Pouze v polovině případů se ale v rámci modernizace prováděla i opatření pro zlepšení tepelné izolace. Přitom se právě u starých domů tepelná izolace během několika mála let zaplatí, pokud ji provádíme v kombinaci s opravou fasády, která byla tak jak tak naplánovaná. Není-li nouze o místo, má být samozřejmě tepelná izolace pod novou fasádou velkoryse tlustá, od 20 cm výše.

6.2.3 Zachování hodnoty

Hodnotu budovy lze zachovat pouze tehdy, pokud budovu průběžně přizpůsobujeme aktuálním technickým standardům. V budoucnu bude Průkaz energetické náročnosti budovy, který je povinný pro novostavby, spoluurčovat tržní cenu budovy i u domů starých. Ostatně už od roku 2009 musejí všechny staré budovy, které se prodávají nebo pronajímají, podle směrnice EU ohledně budov povinně vlastnit tento energetický průkaz.

6.2.4 Nižší provozní náklady

U starých domů se často setkáváme s vysokými náklady na topení. Tyto náklady lze značně omezit pomocí izolačních opatření. Pokud zaizolujeme fasádu a nejvrchnější strop, lze u typického starého domu, postaveného před rokem 1981, ušetřit asi polovinu předtím spotřebované energie na topení. Průměrné roční náklady na topení se přitom sníží z asi 1.900 eur na méně než 400 eur. Při průměrných investičních nákladech ve výši 11.000 až 15.000 eur na termickou regeneraci vnějších stěn a nejvrchnějšího stropu se tato investice amortizuje po pouhých 10 letech při ročním výnosu 7-12%. U regenerací s veřejnou podporou se tato modernizace vyplatí ještě rychleji.

7 Příklady regenerací

Na rozdíl od novostaveb, mnohé dobře dokumentované regenerace na pasivní standard nebo užívající tytéž technologie teprve čekají na publikování. Aktualizovaný přehled realizací viz např. <http://www.passivhausprojekte.de> a tam Objekttyp a Bautyp. Viz též: http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Modernisierung_Passivhaus_Effizienz.html. Dostí podrobný popis první rakouské regenerace nevelkého domu na větší pasivní viz např. publikaci [Analýza rekonstrukce rodinných domů na pasivní standard](#) z roku 2008. Starší příklady viz závěrečnou zprávu projektu [Neue Standards für Alte Hauser – konkret](#).

8 Detaily stavebních úprav

8.1 Vzduchotěsnost pláště budovy a mechanické větrání

Prvním krokem pro zlepšení stavu staré budovy, má-li být užívána i přes zimu, může být její, byť i provizorní, utěsnění. Vzduchotěsná vrstva má být co nejbližší vytápěnému interiéru, tj. např. v oknech hned na první ploše, již křídla dosedají na zárubně. Rychlou nápravu poskytnou samolepicí pásy z pěnového polyetylénu. Podobně lze utěsnit i dveře do exteriéru. Utěsnění spáry pod nimi bývá obtížnější, pokud nedosedají na svislou hranu prahu. Lze si pomoci pružnou manžetou, prodlužující dveře směrem dolů.

Vzduchotěsnost mohou narušovat různé, často i dávno neužívané komíny. Ty by měly být těsně uzavřené, např. klapkami vloženými do plechových rour připojených ke kamnům. Je-li potřeba, aby jimi nahoru v zimě táhl teplý vzduch, klapky lze otevřít, podobně jako pro větrání otevřít či pootevřít okna. Větrání by nemělo za mrazů probíhat samovolně, pokud v budově přes den nebo i více dní nejsme – je tehdy zbytečné, ztrácí se jím teplo a interiér příliš vysychá. Venkovní vzduch tehdy totiž obsahuje jen velmi málo vodní páry, jen několik gramů v metru krychlovém. Když takový vzduch ohřejeme na dvacet stupňů, jeho relativní vlhkost klesne pod dvacet procent. V interiéru si ji ale přejeme mít i tehdy alespoň 40 %. Taková vlhkost nevadí ani u budovy, která nemá pořádnou tepelně izolační vrstvu, a na okenních tabulích, ostěních oken nebo v hranách místností má chladné povrchy. Menší hodnoty relativní vlhkosti nejsou příjemné a vedou k vyšší prašnosti. U domů s výbornou tepelnou izolací nevadí za mrazů ani relativní vlhkosti interiérů kolem 60 %, dokonce umožňují udržovat nižší teploty, protože se tolik neochlazuje odparem vody z pokožky. Interiér má vesměs jen teplé povrchy a nehrozí, že by na nich voda kondenzovala. Je to podobné, jako v dusném létě, kdy v příbytcích bývá běžně vlhkost i nad 80 %, a kromě event. chladných pat zdí suterénu, nejsou-li tepelně izolovány vůči zemině, se to žádným vlhnutím stavebních konstrukcí neprojevuje.

Samozřejmě, zejména u budov bez dokonalé tepelné izolace je velmi žádoucí relativní vlhkost v zimě měřit a sledovat. Je-li vlivem vaření, sprchování a praní za mrazů zvýšená nad 50 %, je na čase ji odvětrat. Ať již postaru dveřmi a okny, nebo vhodněji přes soustavu mechanického větrání s rekuperací tepla. Takové soustavy dnes již někteří řemeslníci umějí instalovat a na trhu je dostatek výrobců, kteří větrací jednotky s výbornou účinností přes 90 % nabízejí. Má smysl je instalovat do každého dobře utěsněného interiéru, i když jde o budovu zatím bez nové tepelné izolace – vlastně právě do neizolovaných budov je to zvláště žádoucí, kvůli automatickému odvětrávání příliš zvlhčeného vzduchu během zimy. Je ale potřeba dbát na to, aby prostupy větracích kanálů byly na výstupu z budovy opatřeny automatickými, těsnými klapkami, které zabrání proudění vzduchu, je-li větrání vypnuto.

Při rozsáhlejších regeneracích je potřeba vždy pečlivě naplánovat, jak bude výborné vzduchotěsnosti docíleno i kde budou prostupy čerstvého a odpadního vzduchu pláštěm budovy, kudy povedou rozvody čerstvého vzduchu v interiéru a kudy sběrné kanály vzduchu „vydýchaného“. Výslednou vzduchotěsnost je velmi vhodné ověřit testem průvzdušnosti pláště budovy, nazývaným často dle jednoho z výrobců testovacích zařízení blower-door. Provádí-li někdo utěsnění budovy a instalaci větracího zařízení na zakázku, měl by v podmínkách zakázky být stanoven požadavek, že standardní parametr netěsnosti interiéru nepřekročí hodnotu 0,3. Podrobněji řečeno, je-li v interiéru udržován ventilátorem zkušebního zařízení podtlak 50 Pa (to odpovídá pěti milimetrům vodního sloupce), přiteče do něj zvenčí nejvýše 0,3 jeho objemu za hodinu. Má-li interiér podlahovou plochu 100 m² a výšku 3 m, jeho objem je 300 m³ a při daném podtlaku by se do něj mělo netěsnostmi za hodinu dostat nejvýše 0,3×300 m³ = 90 m³ vzduchu. To je

hodnota technicky zvládnutelná, v nejlepší praxi již dosahovaná, dávající záruku, že práce jsou provedeny velmi kvalitně. Tolerovat lze v zásadě ale i hodnotu dvojnásobnou, ta byla původním limitem uváděným pro pasivní domy. Pokud je dodržena alespoň ta, má již použití rekuperace s elektricky poháněnými ventilátory dobrý smysl, naprostá většina větracího vzduchu jde pak za mrazů nebo naopak za letních veder přes ni a ne neřízeně škvírami v plášti budovy.

Samozřejmě, mechanické větrání lze dobře nahradit okny, pokud má venkovní vzduch příjemnou teplotu – když nepotřebujete ani topit ani uměle chladit, když v něm není prach a venku nepanuje nemilý hluk. V čistých tichých oblastech lze větrat prostě okny i více než polovinu roku.

8.2 Regenerace oken

Stavební praxe dnes bere jako samozřejmé, že se stávající okna ze starých budov vybourají a nahradí se novými. Samozřejmě by to ale být nemělo. Lze-li stará okna opravit natolik, že je lze pohodlně otevírat i zavírat, přičemž jejich rámy doléhají dobře do zárubní i vzájemně na sebe, a že je lze doplnit dokonalým těsněním proti pronikání vzduchu z interiéru dále do oblastí, které jsou v zimě chladnější, mělo by to mít vždy přednost. Místní řemeslník to může zvládnout za velmi příznivou cenu.

Samotná renovace starých oken ovšem nestačí, protože ani dobrá stará dvojitá okna izolují tepelně jen málo. Napravit to lze tím, že se v nich jedna skleněná jednoduchá vrstva vymění za dvojitou. Je vhodné to provést u vnějších křídel, protože tam může zasklení pak navázat na vnější tepelnou izolaci budovy. Jen v případě jejich památkové ochrany může být na místě zvolit pro instalaci dvojskel vnitřní křídla místo vnějších. Tepelně nejdokonalejší je samozřejmě instalovat dvojskla do křídel vnějších i vnitřních. Cenově to vyjde stále ještě mnohem levněji než vybourání starých oken a instalace nových, s trojitým zasklením. A tepelně je to lepší nejen díky užití čtyř skel místo tří, ale mnohde i proto, že stará dvojitá okna potlačují tepelný most kolem sebe, kde jsou napojena na zeď – teplo se kolem nich nemůže „prosmýknout“ krátkou cestou skrze cihly.

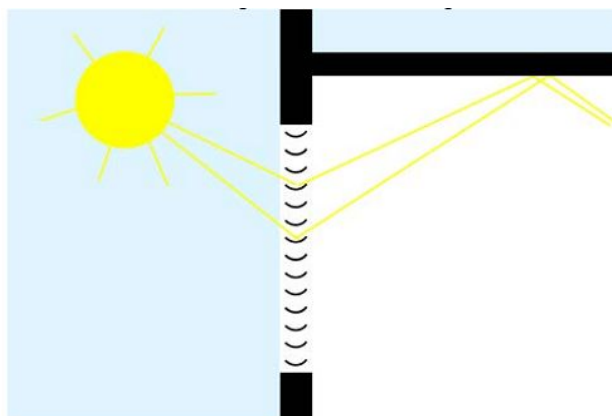
Dvojitá okna opatřená jedním nebo dvěma dvojskly poskytují také lepší izolaci zvukovou. Je to díky tomu, že vnější a vnitřní křídla jsou od sebe řádově decimetry a ne centimetry, takže nekmitají v téže fázi. To je výhodné, jde-li o okna do rušné ulice. Zvukové izolaci pomůže, jsou-li ve dvojskle použity tabule různých tloušťek, pak totiž neumí rezonovat spolu na stejné frekvenci, kterou by jinak tlumily jen málo.

Další výhodou dvojitých oken je, že do jejich dutiny lze vložit dobrá clonící zařízení – foliové reflexní rolety a žaluzie účinně přesměrovávají světlo. To nemusí nastat hned, lze počkat, až takové technologie budou na trhu. Dvojití foliových rolet, jsou-li po stranách a dole utěsněné, lze zlepšit i vlastnosti obyčejného starého dvojitého okna na úroveň pasivního standardu.

8.2.1 Vnější clonění

Průhledné části pláště („otvorové výplně“) budov mohou velmi zvyšovat komfort.

Mohou jej ale i zhoršovat. A také zvyšovat spotřebu na umělé topení nebo chlazení. **Triviální opatření:** užívat jen nevelké prosklené plochy. **Lepší opatření:** užívat zasklení, které výborně tepelně izoluje. A proti přehřívání mít **zvenčí před okny pohyblivou clonu**, která nežádoucí solární zisky potlačí. Má-li to dělat spolehlivě, musí být ovládaná i počítačem – až tehdy může výrazně zlepšovat i vlastnosti okna v noci, tepelně i světelně (světlo se díky cloně z místnosti tolik neztrácí). Vnější stínění pomáhá, aby okna neměla přehnaný jas. Solární zisky lze do značné míry zachovat a osvětlení zlepšit: **žaluziemi s otočnými lamelami, jejichž konkávní strana míří nahoru a je zrcadlově lesklá.**



Přitom by měla jít **ovládat samostatně horní část žaluzie**, která může odraženým světlem osvětlit strop místnosti i daleko od oken. Zavřená dolní část žaluzie, pokud jsou její lamely **jemně perforované**, poskytuje výhled ven a propouští až desetinu světla. Příkladem užití perforovaných žaluzií je www.energybase.at ve Vídni, zajímavá navíc tím, že jižní **okna jsou výrazně skloněna šikmo dolů**.



Obr.: Budova EnergyBase má jižní okna skloněná dolů, nad nimi jsou naopak dobře osluněné PV panely

Nemají-li lamely vnější plochu trvale zrcadlově lesklou díky speciální ochranné vrstvě aplikované na hliník (jako u solárních zrcadel), měly by ji mít z **hliníku co možná hladkého, neupraveného** umělou oxidací (eloxováním) nebo nátěrem. Hliník sám má dostatečně nízkou emisivitu pod 10 %. Stejně hladký nevydrží navždy, ale přesto bude řádově potlačovat zářivé ochlazování za jasných nocí, kdy je nebe asi o 20 K chladnější než vzduch.

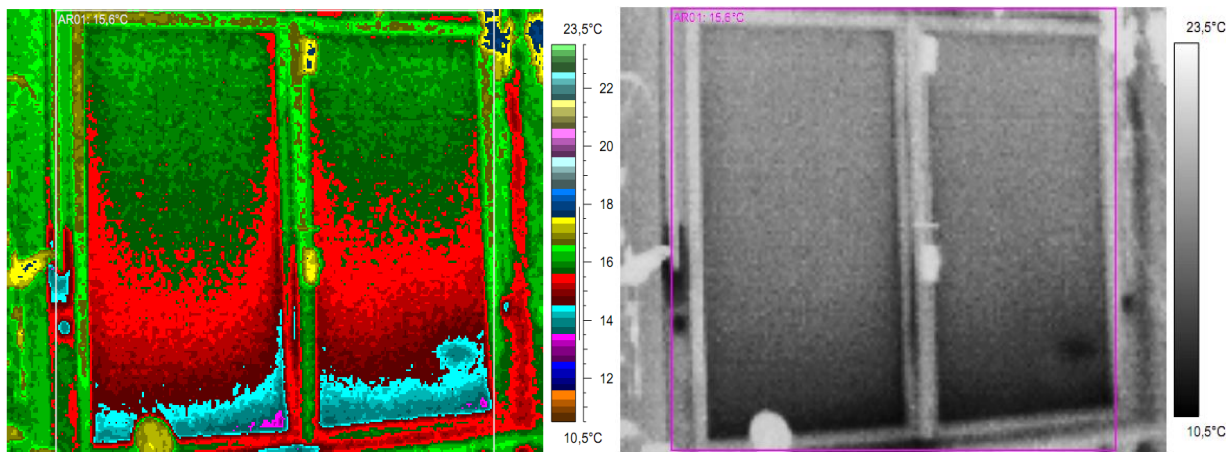
Nejde-li o žaluzii, jejíž spodní a horní část lze naklápět zvlášť, je lepší, **aby se clona nespouštěla**, ale naopak **zvedala**, tedy zakrývala nejprve spodek okna.

8.2.2 Foliové rolety uvnitř skleněného souvrství

mohou být mnohem subtilnější. Lze jimi velmi zlepšit vlastností oken v noci. Podmínkou je, aby clona měla nízkou emitanci a v uzavřeném stavu byla těsná. Pak funguje obdobně, jako další tabule skla s nanesenou vrstvou nízké emitance, či spíše jako fólie HeatMirror 88tc, která má nízkou emitanci oboustranně – řádově potlačí zářivý přenos tepla mezi tabulemi skla. Praktická realizace je popsána [v disertační práci](#).

Použita byla jednostranně slabě pokovená fólie tloušťky asi 15 μm , s emitancemi (v oboru 8 μm až 14 μm) asi 0,03 a 0,17. Staré zdvojené okno s jednou fóliovou roletou dosáhlo měrné tepelné prostupnosti $U = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. V okně je dost místa i na další rolety; dvojice rolet zajistila hodnotu $U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Těsnost byla zajištěna tím, že chladnější, těžší vzduch směrem ven od rolety ji přitlačil na boční dřevěné lišty, které bylo do okna nutno přidat. Utěsnění na dolním okraji poskytl dutý profil či manžeta ze samolepicí pásky. Dosažené hodnoty odpovídají teorii: řádovému snížení zářivého přenosu tepla a vytvoření většího počtu komor, jejichž tepelné odpory se sčítají.

Obr.: Léta používaná roleta je vyrobená z fólie, která byla původně poskládaná do malého balíčku – proto už na začátku nebyla zcela rovná. Tím, že je ovládaná ručně a navíjená klasickým pérovým mechanismem, došla už leccjaké úhony. Její tepelný vliv ale zůstal stejný. V okně je vidět i druhá boční lišta pro další roletu. Okno bylo pak dále zlepšeno tím, že na vnitřní stranu rámu vnějších křídel byla připevněna fólie čirá, s transmitancí 0,8 a emitancí 0,1. Ta vytváří konvekční komoru, přičemž zářivý přenos tepla v ní v noci zůstává potlačen pokovenou roletou. Pak i jedna roleta zajistí hodnotu $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, tedy spolehlivé splnění pasivního standardu.



Obr.: Tepelná prostupnost okna byla ověřena termograficky. Okno má průměrnou jasovou teplotu o 1,8 K nižší než referenční neochlazované plošky zavěšené upro-

střed a nahoře okna. První zobrazení umožňuje odečítat jasové teploty s citlivostí čtvrt kelvinu, druhé poskytuje celkový přehled.

Přes slabě pokovené foliové rolety je dobře vidět ze zcloněného interiéru ven, fungují jako filtr s propustností např. 3 %, **v místnosti je dobře poznat svítání, člověk se nebudí do tmy.** Dvojice rolet ubere světla na jedno promile, i to na probuzení stačí.

V praxi je potřeba, aby šlo o rolety **poháněné elektricky** a řízené počítačem. Je dobře možné, aby v okně byly takové **rolety tři, pak klesne hodnota U pod 0,5 W/(m²K).**

Velkého zlepšení lze docílit i v oknech moderních, pokud se rolety vloží do **dostatečně tlusté dutiny mezi skly**. Dvojsklo lze tak na noc přeměnit jakoby na trojsklo, není-li fólie příliš blízko jednoho ze skel (případ rolet ISO-Roll firmy www.glastec.com, sloužících výborně jako clona proti slunci, event. i průhledná). Středem dutiny tl 16 mm je vedená roleta first-rol firmy www.agero.ch. Snazší je to u oken, která obsahují tlustou vzduchovou dutinu určenou pro různá clonící zařízení, jako v okně „Edition 4“ firmy Internorm. Ta v základní podobě pasivní standard nesplňují, ale s foliovými roletami jej na noc hladce překročí, a to i u oken střešních, u nichž dosud nebyl dostupný. V konfiguraci vnější sklo – rolety – vnitřní dvojsklo mohou také poskytovat dostatečnou ochranu proti slunci. Je-li každá roleta tažena z jiné strany, lze tím propustit trochu slunce škvírou ve výšce, kterou si zvolíme.

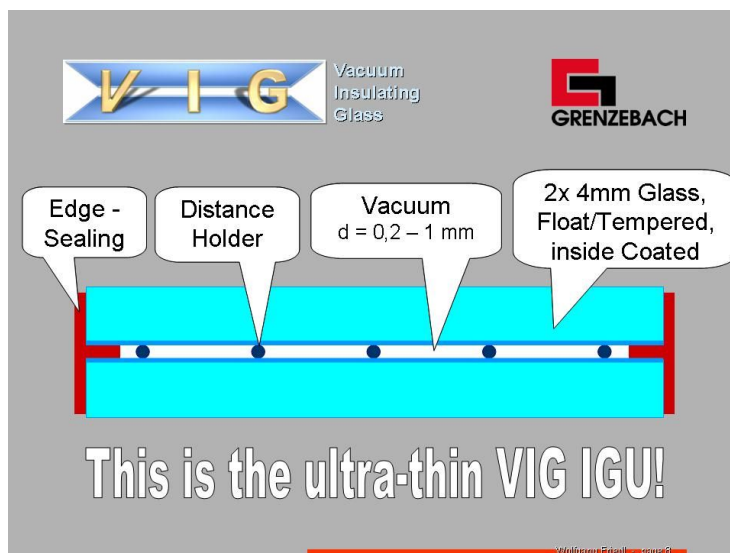
8.2.3 Lepší skla

Okny může procházet více slunečního tepla, pokud se v nich užijí **skla s nízkým obsahem železa**, tzv. bílá (při pohledu z boku na hranu skla). Ta nepohlcují infračervené sluneční záření, které je jinak zahřívá. Bílá skla jsou standardem pro kvalitní solární kolektory, cena je oproti železnatým sklům jen dvojnásobná. Dalšího zlepšení průchodu slunečního tepla a světla lze docílit tím, že se užije **skla s antireflexním povrchem**. I ta se stávají pro kolektory standardem. Tzv. čtvrtvlnná povrchová vrstva, která řádově potlačuje odraz světla, je tvořena sklem s póry menšími než sto nanometrů. Vůči světlu se chová jako spojitá s malým indexem lomu. Bílé antireflexní sklo propustí za den až 95 % záření, které na něj dopadne. V oknech obdobných Edition 4 může pak podíl solárního tepla, které pronikne dovnitř, dosáhnout až hodnoty $g = 0,8$.

U neodrážejících skel je potřeba zvláště dbát na to, aby do oken omylem **nenaráželi ptáci**. Lze na ně zvenčí naleptat či nakreslit nějaký rastr nebo **před nimi natáhnout síťku**, kterou buď uvidí, nebo je alespoň uchrání od nárazu.

8.2.4 Vakuová dvoj- a trojskla

Limitem pro dnešní trojskla je tepelná vodivost jejich plynné výplně. Nelze se dostat pod hodnotu $U = 0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, natož pro střešní okna. Zlepšení lze docílit **užitím vakua**. Slibnou technologii vyvíjel projekt ProVIG, který vyústil do ztracena. Ten docíloval už pro dvojskla hodnoty lepší, při celkové tloušťce pod devět milimetrů. Byla by to ideální technologie pro vylepšení starých dvojitých oken. S foliovými roletami by bylo možné dosáhnout stavu, kdy **okna izolují v noci skoro stejně dobře jako zdi pasivních**



domů. Pak by bylo možné užívat velkorysá prosklení na všech stranách budov – ve dne by i za zatažených zimních dní interiéry vyhřívala.

Jako „vakuová“ se ale v lidovém podání označovala vůbec všechna dvojskla se vzduchotěsně uzavřenou dutinou. V těch je ale jen mírný podtlak, větší za mrazů, menší v létě – to se pozná podle toho, jak bližší funguje jako duté zrcadlo, druhé pak jako vypuklé. Podtlak pojišťuje, že se dvojsklo nerozlepí. Na izolační vlastnosti nemá vliv žádný.

Na trhu nicméně jedna opravdu vakuová dvojskla již léta jsou. Vyznačují se přítomností ventilu, kterým byla evakuována, a také samozřejmým rastrem malinkých sloupečků, kterými jsou skla rozepřena – ty jsou viditelné jen úplně zblízka. Tato dvojskla neizolují lépe než nejlepší dvojskla plněná kryptonem, ale jsou mnohem tenčí, např. pouhých 6 mm. Jejich okraje, utěsněné nízkotavitelným sklem, představují výrazný tepelný most a svou nepružností omezují maximální velikost zasklení. Pro nové výplně starých dřevěných oken se ale můžou dobře hodit.

8.2.5 Překryté okenní rámy

Sebelepší zasklení je nakonec v oknech „pokaženo“ rámy. Nemusí tomu tak být, pokud **zasklení navazuje přímo na tlustý tepelný plášť budovy** prostřednictvím spolehlivého pružného těsnění, sahajícího dostatečně daleko od tepelně vždy špatného okraje skleněného souvrství. Může to být zasklení fixní i otvíravé. Náznak, jak může to otvíravé vypadat, dávají okna, v nichž sklo dosedá na vnější nepohyblivý rám. Ten může být pak zcela překryt vnější tepelnou izolací: přitlačen k ní ze strany interiéru. Pak ani nemusí obsahovat tepelně izolační výplň.

8.2.6 Další informace o technologiích

Pasivní domy a zářivé toky energie (zlepšení vlastností oken užitím pohyblivých těsných přepážek a ověřování jejich vlastností *in situ*) (2009, disertační práce),
http://amper.ped.muni.cz/pasiv/windows/JH_disertace.

Tepelná optimalizace okenních výplní (2008),
<http://amper.ped.muni.cz/pasiv/windows/construmat>

Nové paradigma osvětlení v budovách, nová řešení (2009),
<http://amper.ped.muni.cz/pasiv/windows/JS2009>

Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme (2010),
<http://www.wien.gv.at/wirtschaft/eu-strategie/energie/pdf/leitfaden-sonnenschutz.pdf>, či kratičké shrnutí <http://www.wien.gv.at/wirtschaft/eu-strategie/energie/pdf/sonnenschutz.pdf> (lze najít i na krátké adrese <http://www.sep.wien.at>)

Produktblätter Sonnenschutzsysteme (2010),
<http://www.es-so.com/documents/KC2ProduktblatterGermanMai2010.pdf>,
Report on available solar shading products,
http://www.es-so.com/documents/KC2-Productsheets_Mai2010_ESSOE.pdf

8.2.7 Nové instalování oken

Někdy ale staré dvojité okno již regenerovat dobře nejde. Nebo může jít o případ, že chceme nová okna lépe napojit na vnější tlustou tepelně izolační vrstvu a nemít je hluboce zanořená do nové fasády. V některých případech to lze provést i s okny starými, totiž uvolnit je z dosavadní pozice a posunout směrem ven, o tloušťku oné nové tepelně izolační vrstvy. Většinou ale nezbývá, než použít moderní okna jednoduchá, s trojitým zasklením s parametrem $u_g = 0,6$. Ta by neměla být vsazována do dosavadní zdi, ale posazena např. až na nosník připevněný na zeď

zvenčí – na dřevěný hranol nebo několik menších hranolů. Ve svislé poloze je pak podrží několik tenkých plechových nebo OSB táhel. Tíhu okna mohou místo masivní dolní opory přišroubované ke zdi nést šikmá lanka či dráty, natažená od horního okraje otvoru až po dolní okraj okna, ta představují nejmenší tepelný most. Jinou, jednoduchou možností je *vytvořit pro okna „kastlík“ z OSB desek* (zdroj obrázku: „ARDP“).

Vzduchotěsné napojení na stávající zeď se zajistí speciální trvale lepicí páskou, která pak bude překryta omítkou nebo obložením. Vnější tepelná izolace budovy by měla v každém případě zvenčí zcela krýt zárubně oken, to je s výjimkou spodní části zárubně s vnějším parapetem již běžná praxe. Tepelně kvalitnější řešení je ale protáhnout vnější tepelnou izolaci až na samotné zasklení, na které bude doléhat prostřednictvím těsnicího silikonového profilu. Tak budou současně kryty rámy okna proti povětrnosti. Nezáleží pak téměř na jejich tepelných vlastnostech, mohou být subtilní dřevěné, ba i ocelové.



Instaluje-li se nové okno, je vhodné také zvážit, nemá-li se otvor ve zdi zvětšit – pro zlepšení osvětlení místnosti, výhledu nebo solárních zisků. Nejlepší osvětlení místnosti poskytují okna sahající až ke stropu, ze světla procházejícího těsně pod stropem dojde největší část až na protilehlou stěnu. Takovou úpravu nemusí být snadné provést, je-li nad oknem betonový překlad, který nese nadlehlou zeď. Může být naopak snadná, je-li strop tvořen betonovou deskou.

Některá nová okna lze mít neotvíravá nebo otvíravá jen zčásti. Fixní trojsklo, překryté zvenčí na okrajích vnější tepelnou izolací a zevnitř vymontovatelným ostěním, umožňujícím event. výměnu skla, nemusí mít v zásadě vůbec žádný rám, jen dolní oporu nesoucí jeho tíhu. Musí být ovšem též vzduchotěsně napojeno (trvale lepicími páskami) na interiérovou vzduchotěsnou vrstvu, obvykle na omítku. Fixním zasklením daného „otvoru ve zdi“ se dá průhledná plocha okna významně zvětšit oproti užití okna otvíravého. A velmi se může snížit i cena takto provedeného okna.

K novým jednoduchým oknům je vždy rozumné přidat zvenčí nějaké clonící zařízení, elektricky ovládané. Nejen jako obranu proti nežádoucím solárním ziskům, ale i pro možnost ubrat v místnosti světla denního, event. i nežádoucího nočního, z lamp či billboardů. Důkladné clonění v noci také brání úniku světla ven, vrací je do místnosti a současně poskytuje soukromí. V tom případě by ale mělo být ovládané automaticky, aby ráno umožnilo přirozené rozednění i v interiéru. Clony, zpravidla žaluzie z pevných hliníkových lamel, by se měly zvedat raději zespodu nahoru, aby bylo možné ponechat nejužitečnější denní světlo procházející vrchem okna. Alternativou je samostatné ovládání horních lamel nebo systém dvojité, s žaluziemi shora i zespodu. Jak jsme již uvedli, lamely mohou být i důmyslné, s „korýtky“ namířenými vzhůru a opatřenými zrcadlicí vrstvou – ty skvěle přesměrují světlo do stropu, takže místo oslňování osvětluje místnost do hloubky.

Vnější clonící zařízení, zatahuje-li se do vnější izolační vrstvy a ne do krabice přidané na dům zvenčí, představuje oslabení tepelné izolace. To lze napravit tím, že se mezi jeho dutinu a starou zeď vloží **izolace z vakuového panelu**. Ta je sice drahá, ale v tomto případě nejde o velkou plochu, takže její užití určitě stojí za to. Příklad provedení viz Přílohy, řez *Okno v místě nadpraží, skrytý žaluziový kastlík s vakuovou izolací* (či [online](http://www.pasivnidomy.cz/o-databazi-detailu/), v databázi detailů <http://www.pasivnidomy.cz/o-databazi-detailu/>).

Závěrem zmiňme nouzovou možnost, že se nová okna nevkládají až do roviny procházející vnější tepelnou izolací budovy, ale ponechají se v dosavadní zdi. Jsou pak dvě možnosti. Pokud se počítá s brzkým doplněním vnější tepelné izolace, pak lze okno umístit tak, že jeho zárubně sahají až k rovině vnější plochy zdi. Budoucí vnější izolaci se pak triviálně překryjí. Pokud se žádná tepelná izolace v dohledné době instalovat nebude, lze okno umístit i více směrem do interiéru, jeho vnější ostění je ale tehdy nutno doplnit tepelně izolačním klínem, který překryje alespoň zárubeň a zabráni tepelnému mostu (zkratu) kolem okna. Vnější ostění pak budou šikmá.

Šikmá ostění, dokonce i velmi zkosená, se uplatní také v případě ponechání starých dvojítných oken na původním místě, když by jinak byla příliš „utopená“ novou tlustou vnější tepelnou izolací. Šetřit na tloušťce izolace jen proto, aby okna nebyla moc hluboko, je nerozumné. Velmi zkosené ostění, opět případně s užitím vakuového izolačního panelu, je řešením, které neubere světla ani výhledu, zejména pokud se roh původního pravoúhlého cihelného ostění zvenčí nejprve odřeže. Je to samozřejmě značná změna vzhledu budovy, nicméně změna velmi účelná.

8.2.8 Zdvojená okna

Pro úplnost dodejme, že i stará zdvojená okna může být možné regenerovat nahrazením jednoho nebo obou z jednoduchých skel nejlepším dvojsklem, v ceně tisíc korun za metr čtvereční. Nepříjemnou vlastnost zdvojených oken, totiž že se vzduchová dutina uvnitř nich špiní, lze potlačit tím, že se mezi rámy obou křídel vlepí tenká vrstva plyše nebo pásek jiné pružící textilie – ta umožní vyrovnávání tlaku v dutině, ale odfiltruje všechn prach. Ve zdvojeném okně, podobně jako ve dvojítném, lze umístit clonící zařízení. Příkladem pro to jsou okna Edition 4 firmy Internorm a obdobná od mnohých jiných firem.

8.2.9 Zimní komfort

Regenerovaná okna s vynikajícím zasklením, stejně jako nová okna s nejlepšími trojskly, dávají budově podstatnou kvalitu: nejsou ani v mrazích zevnitř studená, „nepadá“ kolem jejich skel dolů ochlazovaný vzduch pociťovaný jako nepříjemný průvan. Stojíme či sedíme-li v jejich blízkosti, sálají na nás skoro stejně jako interiérové zdi. I velké prosklené plochy nepůsobí pak diskomfort. A nemusí pod nimi být, což je velmi podstatné, žádný teplý radiátor či plynová kamna.

8.3 Opatření proti vlhkým zdem

Velmi častým zdrojem vlhkosti ve zdech je kondenzace vodní páry z interiéru – pokud jsou zdi natolik studené, že jejich teplota není výrazně nad rosným bodem. Ten je nejvyšší za horkých dusných letních dní, může tehdy dosahovat až osmnácti stupňů. Dolní části zdí, které jsou v úrovni okolního terénu nebo i pod ní, bývají o dost chladnější a mohou tehdy nabrat hodně vody. Vyšší části venkovních zdí mohou zevnitř vlhnout naopak v zimě, když jsou zvenčí silně ochlazované. Typické je to v hranách místnosti a jejích vrcholech (koutech), odkud teplo uniká ven do více směrů. A také za nábytkem přistaveným těsně k venkovním zdem. Nebo kolem jednoduchých oken vsazených do zdiva. Zimní vlhnutí lze sice potlačit vydatnějším větráním, to je ale náprava velmi nouzová. Správná náprava je jen jedna: zvýšit teplotu zdí jejich tepelným odizolováním od chladného exteriéru. Docílit toho, že jejich povrch bude téměř stejně teplý jako povrch zdí zcela interiérových. V případě okolí oken jsme možnosti, jak potlačit či eliminovat tepelné mosty kolem nich, probrali již výše.

8.3.1 Základové zdi

Lze vhodnou změnou zvýšit teplotu i u zdí základových, které jsou v dokonalém tepelném kontaktu se zeminou pod sebou? Do značné míry ano. Tím, že zabráníme průniku zimního chladu do půdy vně od nich a pod nimi a současně i vsakování chladné vody. Technologií, která to zajistí, je podzemní tepelná izolace, která ale nejde vertikálně dolů podél zdi, nýbrž do dálky směrem od domu, jen mírně skloněná. Německy se označuje jako Schirmdämmung, česky by to mohlo být **deštníková izolace** nebo **krinolínová izolace**.

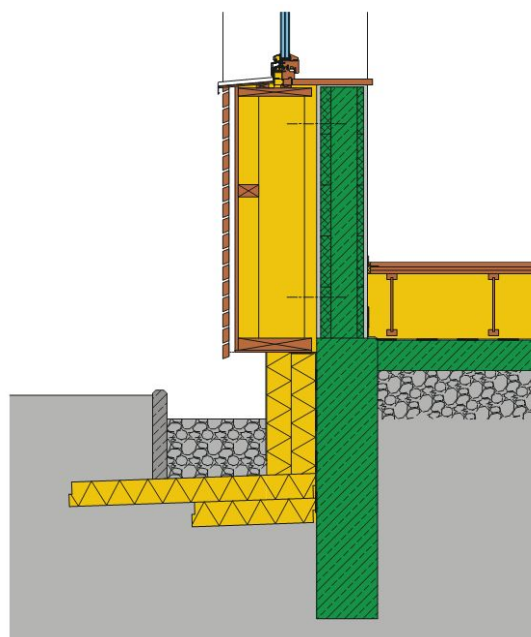
Někde pro ni stačí i ten nejlevnější pěnový polystyrén, nejlépe ve formě tlustých rozměrných desek. Než se zahrnou zeminou, položí se na ně pás polyetylénové fólie, zabraňující jejich namáčení z povrchu i prosakování vody mezi deskami do podloží. Fólie by měla u domu pokračovat ještě třicet centimetrů do výšky, aby za ni nemohla natékat ani voda z tající tlusté vrstvy sněhu. Podzemní tepelná izolace by měla sahát dále než jeden metr od zdi domu, vhodné jsou dva metry. První metr izolace by měl být tlustý alespoň 20 cm, druhý metr může být tenčí. Krytí zeminou může být u paty domu (tedy, přesněji u paty jeho vnější nadzemní tepelné izolace) jen několikacentimetrové, na vnějším okraji izolace pak už v řádu decimetrů, dle způsobu užívání pozemku. Jezdí-li se nad takovou izolací těžkými vozidly, může být vhodné polystyrén překrýt vrstvou betonu s ocelovou sítí, aby se zatížení rozneslo. Je samozřejmě také možné užít polystyrénu s větší tuhostí (tedy i objemovou hmotností).

Pro podzemní tepelné izolace se často doporučuje užívat výrazně dražší verze pěnového polystyrénu, totiž pěnu extrudovanou, spojitou, neskládající se z napěněných kuliček, označovanou jako XPS. Ta má ale výhodu jen tehdy, požadujeme-li její dokonalou nepropustnost pro vodu, případně dokonalé vlastnosti i pod vodou. Jinak je vhodnější použít polystyrén expandovaný, třeba za stejnou cenu, což umožní instalovat dvojnásobnou tloušťku. Ta pak izoluje o dost lépe, i když je umístěna v půdě značně vlhké.

Výhodou deštníkové izolace je, že není nutno kopat kolem zdí do hloubky. Někde není nutno kopat vůbec, to tehdy, když je původní terén vhodně skloněný a nový terén u domu může pak být o příslušný kus (řekněme o tři decimetry) výše. Na povrchu se podzemní, téměř vodorovná tepelná izolace projeví jen tím, že teplota zeminy nad ní se bude v průběhu roku více měnit; za holomrazů bude promrzat až po onu polystyrénovou vrstvu.

První příklad takové izolace viz str. 85 až 87 publikace *Erstes Einfamilien-Passivhaus im Altbau*, viz <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3868>. Její použití zvedlo zimní teplotu v hraně mezi vnější zdí a podlahou (pod níž je tepelná izolace) o dva stupně. *Zde uvádíme jen řez konstrukcí, fotografie a popis viz onu závěrečnou zprávu projektu. Vrstvy XPS jdoucí ve sklonu zhruba 5 % (čili 3°) šikmo dolů od budovy jsou tlusté 12 cm, horní z nich sahá do vzdálenosti 1,2 m. ode zdi. Spáry mezi nimi jsou vypěněny polyuretanovou pěnou.*

Pokud ale výkop do hloubky kolem zdi tak jako tak chceme provést, můžeme umístit jinou vrstvu tepelné izolace i tam, tj. svisle kolem zdi dolů. Taková izolace bude pak v příznivé situaci, že násyp vně od ní bude trvale suchý, chráněný před zasakováním vody z deště či sněhu. Ochlazování zdi zeminou tím ještě dále snížíme. Samozřejmě, bude vždy zbývat tepelný tok spodní plochou zdi. Ten se ale během let bude



snižovat, jak se podloží domu prohřeje. Deštníková izolace totiž pomůže vytvořit pod domem kapsu teplejší, shora neochlazované zeminy. To platí tehdy, není-li pod domem hladina proudící spodní vody nebo je-li taková hladina až ve značné hloubce. Ona totiž i zemina významně tepelně izoluje, je-li tlustá několik metrů.

8.3.2 Ohřívání základových zdí

Prohřívání základových zdí vedením tepla z interiéru je pomalé. Po jejich dobrém vnějším tepelném zaizolování je ale možné je urychlit, máme-li levný hojný zdroj tepla. Tím ideálním jsou solární teplovodní kolektory, které v létě často dávají přebytek tepla, nevyužitelný pro umývání, sprchování či praní (pokud si tehdy domů nezveme lázeňské hosty...). Do zeminy podél zdi, lépe zevnitř pod podlahu, ale v nouzi i zvenčí, stačí zabudovat měděné trubky, event. doplněné o plechy přitlačené ke zdi, aby se z nich teplo účinně odvádělo. Trubky lze napojit přímo na primární solární okruh, který pak bude mít dvě větve odběru tepla: do pitné vody a do země. Podrobný článek o takové aplikaci, fotografie a termografie viz adresář <http://amper.ped.muni.cz/pasiv/zem/>.

Takové opatření, totiž prohřívání podloží domu teplem zdarma (tedy, až na pohon motorku oběžného čerpadla, ten ale může být také solární, stejnosměrný), je ideální možností zútulnit domy a chaty obývané jen příležitostně. I v zimě, svítí-li na fasádní kolektor slunce, mohou základové zdi a případně i podlahu dolního podlaží vytemperovat na snesitelnou teplotu. V létě pak taková podlaha, i bez tepelné izolace pod sebou, může mít příjemných dvacet stupňů.

Deštníková tepelná izolace plus solární prohřívání podzemních částí zdí domu mohou být dostatečným opatřením i v případě, že zdi sahají až do vrstvy občas zvodněné a vzlíná jimi tehdy voda až do interiéru. Z teplé zdi se může odpařovat hned u její paty a vlhkost nemusí být rušivá, zejména, je-li to ve sklepě a ne až v obytné části domu. Deštníková tepelná izolace samozřejmě po čase plně odstraní vzlínání ze zeminy promočené deštěm nebo sněhem – zejména, je-li protažená velkoryse daleko od domu.

Jen v případě, že výše uvedené metody nepomohou nebo v daném případě nejsou použitelné, může být u základových zdí potřeba vytvořit v nich vodorovnou bariéru proti vzlínání zespodu. Takové bariéry mohou být plechové nebo chemické, jde o běžnou stavební praxi, kterou zde nebudeme probírat. Vesměs jde o opatření nákladná, která na rozdíl od těch výše popsaných nepřinášejí žádné benefity energetické.

8.3.3 Nadzemní části zdí, stropy, střechy

U nich je náprava prostá: opatřit je vnější tlustou vrstvou tepelné izolace. Ta, s patřičnou povrchovou úpravou, povede k vysušení i takových míst, kde nejde o kondenzaci páry zevnitř budovy, ale o namáčení dešťovou vodou zvenčí. Tlustě izolovaná cihlová zeď, je-li promočená, bude pak v zimě vysychat směrem do interiéru, protože bude celá teplá a relativní vlhkost interiérového vzduchu je v zimě nízká. Pokud by bylo žádoucí ji vysušit rychleji, pomůže použití vnější izolace takové, skrze niž a její opláštění může vodní pára dobře difundovat. Na jednu dvě zimy tak výborně pomůže už pouhé obložení zdi zvenčí balíky slámy, dobře na zeď přitlačenými – zeď jimi chráněná bude dosti teplá a venkovní vzduch, když se k ní skrze slámu dostane, bude mít relativní vlhkost pod dvacet procent, čili bude extrémně suchý.

8.4 Nadzemní tepelná izolace zdí

U ní platí jednoduchá zásada: měla by být **alespoň čtvrt metru tlustá**. Tenčí izolační vrstvy jsou ne hospodárné – dají stejnou práci a izolují nedostatečně, nejde-li o vakuové panely.

Ve výjimečných případech, kdy na takovou izolaci není, přes veškerou snahu, dost místa, lze použít nejlépe izolující nevakuový materiál, totiž nanoporézní fenolovou pěnu (výrobci Kingspan, Weber). Ta poskytne už při tloušťce pouhých 20 cm hodnotu $u = 0,1$. Ve společnosti, která zatím nepřijala takové změny svých zvyklostí či předpisů, jež by velkoryse tlusté izolování umožnily vždy, např. zúžením vozovky, když se dům izolací rozšíří směrem do úzkého chodníku, se takové případy mohou vyskytnout. I tehdy ale lze tloušťku izolace zvětšit výše nad zemí, řekněme už od výšky 2,5 m nebo rozhodně od stropu přízemí. Je to obdobné, jako když půdorys domu (a tzv. uliční čáru) překračují arkýře či balkóny.

Izolace z pěnového polystyrénu by měly užívat jeho šedou až černou variantu, kdy jsou v tenoučkých stěnách polymerových bublinek přimíchány nanočástice grafitu (tedy „toho černého“ v sazích). Ty totiž potlačí zářivý tepelný tok, který jinak polystyrénem malé objemové hmotnosti prochází až to vzdálenosti několika milimetrů. Polystyrénům nejnižších objemových hmotností (15 nebo jen 10 kg/m^3) by měla být vždy dáвана přednost, neb výroba polystyrénu znamená i spotřebu ropy zhruba dvakrát větší, než odpovídá uhlíku vázanému v polystyrenu samém – proč ropou plýtvat? Obsah grafitu zajistí, že i takový nejlehčí polystyrén izoluje výtečně. Samozřejmě, někdy je potřeba z konstrukčních důvodů polystyrén tvrdší, vyšší objemové hmotnosti, dnes existují i velmi tvrdé pěny mající 100 kg/m^3 . Ale např. při izolování zdí to potřeba nebývá. Jen je místo lepení několika poměrně tvrdých desek přes sebe používat jednovrstvé izolace z bloků tloušťky typicky tři decimetry, které už nejsou křehké, ani když jde o polystyren velmi lehký.

Překážkou pro užívání takových tlustých bloků bývalo, že je „nebylo jak kotvit“. Přitom je kotvení snadné – talíř kotvy se ponoří až do poloviny tloušťky bloku, v němž je vyvrtán válcový otvor. Otvor se pak zazátkuje přesnou válcovou polystyrenovou zátkou... Kotvení má ale zcela odpadnout, když má zeď rovný pevný povrch, na němž bloky drží dokonale už pouhým přilepením. Izolování se tím také značně zlevní a zrychlí. A také zlepší, protože i zapuštěné kotvy představují nežádoucí tepelné mosty.

Jinou překážkou pro užití dostatečně tlusté izolační vrstvy může být, že by její tloušťka vyčnívala z půdorysu dosavadní střechy. Pak je vhodné střechu zvětšit tím, že se nastaví krokve přídatnými dřevěnými tvarovkami, jako *na vedlejším obrázku převzatém ze str. 269 knihy „APK“*.

Izolovat se dá i jinými materiály než pěnovým polystyrénem. Tím to jen obvykle jde nejrychleji v případě pěkně rovných pevných zdí. Polystyren lze výhodně kombinovat s minerální vatou v okolí oken vystupujících až do vrstvy tepelné izolace. Vata je pružnější, takže navázání tvrdé zárubně okna na též poměrně tuhý polystyrén je pohodlnější a dokonalejší. Uživí-li se kolem oken pruhy minerální vaty široké přes jeden decimetr, je to současně opatření proti šíření plamene, které může být povinné nebo alespoň vhodné u budov vysokých. Tepelná izolace se tím nemusí vůbec zdražit, díky úspoře času při instalaci.

Obr.: Příklad kombinování EPS s minerální vatou v okolí okna (zdroj: „ARDP“).



Proti pěnovému polystyrénu někdy laici namítají, že nepropouští vodní páru a že to pak vede k problémům. Pro dostatečně tlusté tepelné izolace, tedy nad onoho čtvrt metru, takové problémy ale nejsou známy. Zeď za polystyrénem má pak prakticky teplotu interiéru, voda v ní tedy v zimě kondenzovat nemůže. Polystyrénem samým proniká vodní pára velmi pomalu, a event. vznik malých krystalků v mraze pěnu nepoškodí. A stopy případně zkondenzované vody nezhorší jeho izolační vlastnosti.

Samozřejmě, jak je již uvedeno výše, použití velmi prodyšné izolační vrstvy může pomoci k sanaci zdí velmi provlhých, které pak mohou v zimě vysychat i směrem ven, je-li interiérově vytápěný. Příkladem je použití balíků slámy nikoliv viditelných, ale omítnutých. Jejich fixace ke zdi (drátem) není obtížná. Mají ale nevýhodu v tom, že vinou konvekce (tepelně podmíněného proudění vzduchu, teplého nahoru podél zdi a chladného dolů pod omítkou slaměné vrstvy, izolují zejména za mrazů poněkud hůře, než se požaduje u pasivního standardu.

Řešením je v případě slámy použít nikoliv izolaci jednovrstvou, z balíků, ale izolaci z tenčích vrstev prokládaných lepenkou, vsazovanou do připravené dřevěné konstrukce. Taková byla aplikována na západní stěnu ubytovací části Centra Veronica v Hostětíně. V daném případě nebyla izolace omítána, ale obložena dřevem.



Obr.: Velké balíky obsahují vrstvy tlusté jeden decimetr, ty se pohodlně odlupují a vkládají do konstrukce tvořené „žebříky“ z latí propojených kousky OSB desek jako příčkami; pro zrychlení práce a dosažení dokonalého vyplnění dutiny je vhodné úseky mezi „příčkami žebříku“ vyplnit tenkými tabulemi EPS. Finální lepenkovou vrstvu lze postupně odspodu připevňovat již během vkládání



slaměných vrstev. Rozteč „žebříků“ je shodná se šířkou velkých slaměných balíků.

Do jednoduchých dřevěných konstrukcí lze vkládat tepelně izolační materiály zcela libovolně. Může jít o bloky vláknité, jako jsou lehké vaty minerální, konopné, lněné, z ovčí vlny. Může jít o izolace rozměrově málo stabilní, jako jsou vrstvy sena či slámy prokládané lepenkou, ty by měly být alespoň čtyři napříč tepelného toku (jsou-li po jednom decimetru, celková tloušťka je pak čtyři decimetry). Připraví-li se předem i přední tuhá vrstva jako podklad omítky, např. z prodyšné lehké dřevovláknité desky tloušťky několika centimetrů – ta rovněž k tepelné izolaci přispívá – tak lze do vzniklé dutiny izolační materiál i sypat či foukat. Obvyklé jsou rozvlákněné papírové vločky (či spíše chmýří, zvané obchodně Isofloc, Isocell či Climatizer), ale téměř stejně dobře izolují i hobliny s pilinami. Aby se jejich vysoké vrstvy nesesedaly, lze dutinu dělit tenkými vodorovnými přepážkami, např. opět z dřevovláknitých desek.

Tepelné izolace z přírodních organických materiálů musejí být alespoň o třetinu, lépe o polovinu tlustší než izolace z nejlepšího pěnového polystyrénu, aby izolovaly stejně dobře.

Je-li tepelná izolace kryta obložením místo venkovní omítky, je nezbytné, aby do vrstvy izolace nemohl zafukovat vítr. K tomu může sloužit tenká vrstva hliněné omítky (chráněná obložením před deštěm), důkladně přitlačená lepenka s přesahy jednotlivých plátů, komerčně se používají různé fólie propustné pro páru ale přitom nepropouštějící proud vzduchu – to snadno ověříme tím, že se přes takovou fólii pokusíme fouknout. Samozřejmě, tutéž službu poskytne i každý obyčejný papír, jen není odolný proti opakovanému silnému smáčení deštěm (kterému by ovšem obložení mělo dobře bránit).

Tlustá tepelná izolace vnějších zdí má spolu s výborně izolujícími okny jednu velkou výhodu: okna i zdi na nás sálají téměř stejně, jako zdi interiérové. Nepociťujeme je jako chladné, nemusíme tomu čelit přehříváním vzduchu nebo vyžadováním ploch naopak horkých, zdálky sáláním hřejících. Tak, jako nepotřebujeme mít v interiéru hodně teplý vzduch v létě, když kolem sebe žádné studené plochy nemáme, v domě izolovaném až na pasivní standard to platí i v zimě. Zcela odpadnou i problémy s tím, že by někde v interiéru v zimě kondenzovala vzdušná vlhkost. Ta může být ponechána příjemně vysoká a velmi příjemňovat dýchání.

Abychom ale byli přesní: pokud jde o sálání, problém lze u chladného interiérového povrchu venkovní zdi napravit provizorně i obratem. Sálání vyloučit, nahradit je zrcadlením interiéru. To zajistí aluminiová vrstva, nejlépe ryzí, méně dokonale pak v nějakém komerčně nabízeném plastovém souvrství, jako jsou např. role kovově vyhlížejících izolací nabízených „za radiátory“ (jejich problém je, že plastová vrstvička chránící hliník pohlcuje část dlouhovlnného záření, brání jeho dokonalému odrážení). Ani hodně studený povrch se tak nebude zdát jako chladný. Zásadní je jen to, aby taková kovová vrstva byla na zeď napojena vzduchotěsně. Bude-li na ní kondenzovat voda, lze ji snadno stírat. A kondenzovat může, protože povrch takové kovové vrstvy bude studenější, než byla původní zeď, více se od něj bude ochlazovat vzduch a proudit jako průvan po zemi od zdi. Rozdíl teploty kovové vrstvy a interiéru bude dvojnásobný, než byl rozdíl teploty zdi a interiéru před úpravou.

8.4.1 Izolování zdí z interiérové strany

U rodinných domů by jejich užití mělo být velmi výjimečné. Administrativní překážky proti tlusté vnější izolaci, jako třeba požadavek na dodržení uliční čáry, by měly rozhodně ustoupit, zbavit se závislosti na fosilních palivech je neskonale důležitější. A polystyrénové tvarovky umožňují při izolaci zvenčí napodobit původní vzhled jakékoliv zdi, je-li to žádoucí.

Vnitřní izolace zdí obytných prostor jsou fyzikálně velmi nouzovým řešením. Interiérové zdi, ale i stropy a podlahy, které navazují na takovou vnější zeď, představují totiž vážné tepelné mosty. Jen částečně je lze potlačit tím, že izolace přechází až na ně, např. v šířce až jednoho metru. Může se přitom klínovitě ztenčovat až k nule. Na tloušťkách interiérových tepelných izolací se

zpravidla šetří, aby nezmenšovaly místnosti, běžně jsou jen deseticentimetrové. Hodí se pak alespoň volit co nejlépe izolující materiály, jako šedý polystyrén či ještě lépe aluminiovou fólií kaširované desky z pěnového polyuretanu. Hliníková fólie, se spárami mezi deskami přelepenými rovněž hliníkovou páskou, a nakonec navázaná speciální páskou i na omítku navazující neizolované zdi, poskytne současně i vzduchotěsnou vrstvu a parozábranu. Ta je potřeba, aby již na styku nové pěnové vrstvy a zdi nekondenzovala za mrazů vodní pára z interiéru. Izolace může být ovšem i vícevrstvá, např. s fenolovou nanoporézní pěnou, která izoluje ještě lépe, rozdělenou latěmi a překrytou vzduchotěsnou parozábranou a následným interiérovým obložením.

I tak může nastat jiný problém může s vlhkostí zdí. Původní zdi byly v zimě zevnitř vyhřívané, a jejich vlhkost se proto držela na nízkých hodnotách, tok tepla zevnitř odpařil zasáklou dešťovou vodu. Vnitřní tepelná izolace změní teplotu zdi na blízkou teplotě jejího vnějšího povrchu. Je-li zeď vystavena letním bouřkám či dokonce běžným dešťům a není-li tmavá a dobře osluněná, může postupně dosti zvlhnout, v zimě pak v mokřém stavu promrznout. Čelit tomu lze její hydrofobizací, aby kapalnou vodu nepropouštěla. Zeď ale před takovou úpravou musí být suchá.

8.5 Regenerace střech

Střechy mají výhodu, že tloušťka jejich tepelné izolace nebývá omezena uliční čarou, sousedovým pozemkem atp. Směrem do nebe je místa dost. Použít izolaci tenčí než půlmetrovou by proto mělo být výjimečné. Další výhodou střech je, že izolace na nich drží vlastní vahou, její připevňování je bezproblémové.

Zasahujete-li při regeneraci do střechy, zvažte, jak ji případně změnit, abyste využili maximum slunečního záření, které na ni dopadá – pro ohřev vody i výrobu elektřiny. Zbytečně členitá střecha to může téměř znemožnit. Přípravu teplé vody by v létě mělo slunce zajistit kompletně, a ani úhrnná plocha dobře osluněných částí střech v České republice není ještě tak velká, aby poskytla tolik solární elektřiny, kolik by se pro vyloučení fosilní elektřiny hodilo. Každého nevyužitého kusu je škoda. Ale nově upravená střecha může navíc také poskytnout vítané místo pro práci či odpočinek, poskytující soukromí i pěkný výhled na vesmír.

8.5.1 Ploché střechy

Téměř vodorovné střechy realizované před desítkami let dělávají leckdy problémy – technologie tehdy nebyly natolik zralé, aby zajistily jejich vodotěsnost za všech okolností a na neomezenou dobu, pokud nešlo o použití olověných plechů. Dnes je ale situace jiná, na trhu jsou PVC fólie, které lze dokonale svařovat a které jsou dlouhodobě odolávají slunci i mrazu. Docílit s nimi spolehlivé vodotěsnosti je poměrně snadné, i když i v tomto případě lze doporučit, aby povrch byl natolik vyspádovaný, že v místech svárů nezůstává stát voda. Jak je ale kombinovat s tlustou tepelnou izolací?

8.5.1.1 Tepelná izolace až nad hydroizolací

Nejprostší způsob je, že se tepelná izolace položí až nad takovou vodotěsnou vrstvu. To se označuje jako „inverzní střecha“. Tepelnou izolaci pak může stačit už jen ochránit proti světlu a zatížit. Nejpěknější ochranu proti světlu a dostatečné zatížení představuje vegetační vrstva, přičemž tloušťka hlíny nemusí být nijak velká, sukulentům stačí pár centimetrů. Je-li ale tepelná izolace až na vodotěsné vrstvě, tak to znamená, že při zasněžené střeše nebo při silných srážkách bude tepelná izolace „ležet ve vodě“. Měla by být proto prakticky nenasákavá. Kromě velmi drahého pěnového skla splňuje tuto podmínku i méně drahý extrudovaný polystyrén (XPS). I zcela nenasákavé tepelné izolace je ale vhodné shora nejprve překrýt takovou vrstvou, která do spár mezi jednotlivými jejími díly propustí jen velmi malé množství vody. Prosakující voda

totiž fólii pod polystyrénem v zimě nevhodně ochlazuje. Doporučované řešení viz [článek Ing. Štajera](#) – jde o užití drenážní separační fólie dobře propustné pro vodní páru. Je pravděpodobné, že při překrytí tepelné izolace takovou kvalitní fólií by přicházelo v úvahu i použití polystyrénu několikrát levnějšího, totiž běžného expandovaného (EPS), samozřejmě pokud možno ve verzi s nanočásticemi grafitu a spíše větší objemové hmotnosti (25 kg/m^3), kvůli menší nasákavosti a vyšší nosnosti.

8.5.1.2 Změna funkce původní funkce hydroizolace jen na vzduchotěsnou vrstvu

Jinou možností je ponechat dosavadní hydroizolaci jen coby vzduchotěsnou vrstvu. Na ni pak přidat tepelnou izolaci a tu zakrýt novou vrstvou, která bude zcela nepropustná pro vodu. Původní spodní hydroizolaci je v takovém případě nejprve vhodné překrýt ještě co nejdokonalejší parozábranou, tedy kovovou či tlustě pokovenou fólií. Tak se docílí, že do tepelné izolace nebude v zimě pronikat žádná pára z interiéru. Parozábrana stačí jen volně položená (s přesahy kolem 1 dm) na původní hydroizolaci, bude k ní totiž dostatečně přitlačena horními vrstvami a nemusí zajišťovat současně i vzduchotěsnost. Následná vrstva tepelné izolace pak může být z libovolného materiálu nebo může kombinovat materiály různé. Daleko nejlevnějším materiálem je v tomto případě sláma. Tu je vhodné pokládat ve vrstvách po jednom decimetru, oddělených lepenkou, která by jinak byla recyklována (opětovné použití je lepší než recyklace), zabrání se tak přenosu tepla prouděním vzduchu skrze slámu. Výsledná půlmetrová vrstva izolace by měla být rovnou patřičně vyspádovaná směrem k odtokům. Jde-li o izolaci měkkou, vláknitou, tedy ne o polystyrén, pak je na ni pod hydroizolační fólii nutno položit ještě tuhou vrstvu, jako OSB desky spojené perem a drážkou, jen tak bude možné na střeše dále pracovat.



Má-li být střecha používána jako trvale pochůzná, je vhodné v případě použití vláknité tepelné izolace horní OSB vrstvu opřít nejen o onu izolaci, ale především o nějakou dřevěnou konstrukci vloženou do izolační vrstvy, pak se lidem chodícím po střeše nebude pohupovat pod nohama. Objemový podíl dřevěných prvků by v izolační vrstvě měl být co možná malý, s minimem částí, které samy procházejí celou tloušťkou vrstvy.

Pokud pružná izolační vrstva dřevěnou výztuž neobsahuje, je potřeba počítat s jejím velkým průhybem v případě zatížení i se sesedáním v průběhu prvních let. Tomu musí být přizpůsobeny i atiky, tedy „zídky“ kolem téměř vodorovné střechy, musí se hýbat spolu se střechou. Možnost velkých poklesů a opětovných zdvihů musí mít i svody dešťové vody, jsou-li v ploše střechy – to je snadné, jen jejich spodní, tlustší roura nesmí sahat příliš vysoko, naopak ta horní, co je do ní vsunutá, má být dlouhá.

Nová, zvýšená atika kolem okrajů takto zaizolované střechy dostává další důležitou funkci. Měla by totiž zajistit možnost difuze vodní páry z izolační vrstvy do exteriéru. Její boky směrem od střechy pryč, které nejsou kryté hydroizolační fólií, by proto měly být dobře propustné pro vodní páru. Přitom ale musí být vzduchotěsné. Tenká vápenná omítka na dřevovláknité desce je dobrým řešením, stejně tak i vnější obložení, pod nímž už může trochu proudit vzduch. Přidanou atiku je nejvhodnější vytvořit jako lehkou dřevěnou konstrukci vyplněnou izolačním mate-

riálem. Její horní okraj, ať již oplechovaný nebo krytý jen fólií, má mít dostatečný spád směrem k odvodu dešťové vody.

Příklad řešení izolace střechy spolu s navázáním na atiku a izolaci zdi viz závěr naší knížky, část Přílohy, řez *izolace v roštu, omítka; plochá DUO střecha v místě atiky* (či [online](#)). Od výše popsané skladby se liší tím, že hlavní tuhou vrstvu tvoří desky na tlusté tepelné izolaci pod hydroizolací, ale decimetrová vrstva XPS nad ní, jako u „inverzní střechy“, ta též výborně mechanicky chrání hydroizolační fólii. Je-li tlustá tepelná izolace z vláknitého materiálu, by měla být výztuha atiky, pokud by byla provedena dle nákresu, přerušovaná, aby umožnila difuzi páry z prostoru střešní vláknité izolace do boků.

8.5.1.3 Světlíky ve střeše

Ve střeše s malým sklonem je velmi vhodné umístit velké světlíky sahající alespoň půl metru nad ně. Jejich celková výška od stropu až po horní sklo bude pak výrazně přesahovat jeden metr, což je výhodné z hlediska osvětlení a potlačení přehřívání. Přímé sluneční světlo jimi většinou procházet nebude, rozptýlí se na jejich stěnách. Horký vzduch v nich se nebude mísit se vzduchem v místnosti. Tím se zcela zásadně liší od střešních oken v šikmých střeších s výjimkou těch, která jsou obrácená na sever.

Na jejich vnější boční izolace je na střeše hojnost místa, mohou být velkorysé. A horní zakrytí může být velmi jednoduché – stačí tam položit trojsklo s velkým přesahem alespoň na jednom okraji, opatřené na vnitřní straně přilepenými úchyty (z horní strany bílými nebo zastíněnými, aby se v tom místě sklo na slunci nepřehřívalo), jimiž je přitaženo dolů. Přesahy na okrajích, s výjimkou spodního, mají být opatřeny tenkými plechovými úhelníky, zajišťujícími odkapávání vody, aby nestékala po spodní straně skla. Na světlík má být sklo napojeno dvěma řadami těsnění, na vnějším i vnitřním okraji tepelně izolační vrstvy.

Ve světlíku s takto uloženým sklem je snadné umístit i zařízení, které může sklo nadzvednout, podobně, jako to bývá u poklopů ve střeších autobusů. Mírně odklopený světlík je ideálním zařízením pro letní noční větrání, které dokáže dům vydatně ochladit. Sahá-li plechový úhelník na jeho zvednutém okraji dostatečně dolů, je to větrání bezpečné i při silném větru a dešti.

Světlík s velkým sklem poskytuje nejdokonalejší denní osvětlení interiéru. A to i za zamračených zimních dní. Jen je tehdy vhodné mít na střechu snadný přístup, aby ze skla bylo možné shrnout sníh. Alternativou je nějaká lišta s motorovým posunem. Ideálním doplňkem je robustní vnější roleta, zatahovaná automaticky na noc též proti roze a námraze a použitelná případně i jako obrana proti nejstrmějšímu slunci. Okraj světlíku může být zcela vodorovný nebo šikmý – vodorovné sklo má sice nevýhodu, že se více špiní, zato je na ně pěkný a zajímavý pohled za deště. Opravdu je vidět, jak moc zrovna prší.

Je-li střecha pochůzná, pak se zasklený světlík stává též šikovnou, snadno čistitelnou lavičkou. Pro takový účel by vnitřní i vnější tabule měly být tlustší než obvykle, mohou stačit i 6 mm kalená skla.

Jestli je do existující střechy možné prorazit světlíky, kde a jak velké, se má samozřejmě řídit nejen snahou o pěkné denní osvětlení, ale musí to posoudit i statik a případně navrhnout, jak konstrukci střechy vyztuzit. Kromě světlíků, kterými je vidět na nebe, lze použít i speciální užší světlovodné světlíky se zrcadlovým vyložením, ty mohou přivést trochu pěkného denního světla i o jedno či dvě patra níž. Nejde přitom jen o úsporu elektřiny, ale u místností bez oken také jde i o velmi příjemný kontakt s vnějším světem. Takové osvětlení se samo reguluje dle potřeby – přicházíme-li z osluněného exteriéru, je dostatečně silné, když se zatáhne, sešeří se úměrně i vevnitř, což je v pořádku, protože oči jsou na zmenšené osvětlení adaptované.

8.5.2 Šikmé střechy

Přechodným případem jsou střechy pultové, již dosti skloněné, obvykle s přesahem na jižní straně. Platí pro ně vše, co pro střechy téměř vodorovné. Jen asi vinou svého sklonu nebudou sloužit k běžnému odpočinku obyvatel domu.

Klasické střechy pro naše klima byly ale skloněné mnohem více, což umožňovalo jejich pokrývání nikoliv vodotěsnou vrstvou, ale jen krytinou, po níž voda stékala bez protékání.

Tepelné zlepšení takových střech se zpravidla dělá z interiérové strany, pod latěmi, na nichž je krytina připevněna – pokud má rovnou pod střechou být obyvatelný prostor. V tom je drobné úskalí, jelikož po zaizolování není z půdy vidět stav krytiny a její případné protékání. Z toho důvodu se dnes pod tašky vždy umísťuje fólie nebo netkaná textilie, po níž event. voda spolehlivě stéká až do rýny. Dražší alternativou fólie jsou hydrofobizované dřevovláknité desky a na nich tenké kontralatě ve směru spádu střechy (aby pod vodorovnými střešními latěmi mohla případná voda protéci). Taková pojistná hydroizolace mezi taškami a tepelnou izolací má být vždy velmi dobře propustná pro páru.

Tepelně izolační vrstva by měla vyplňovat nejen prostor mezi krokvemi v celé tloušťce, ale měla by být ještě jednou tak tlustá, tj. na krokve by měla navázat přídatná konstrukce, která nese tíhu tepelné izolace a její obložení ze strany interiéru. Tak, aby tepelná izolace nebyla tenčí než čtyři decimetry – instalovat hůře izolující vrstvu by byla škoda práce. Jde přitom nejen o tloušťku většinovou, ale i o dostatečné překrytí dřevěných krokví, které vedou teplo čtyřikrát lépe než tepelně izolační hmoty (viz odstavec Měrná tepelná vodivost nebo více [zde](#)).

Jelikož taková izolace není vně od zdi, která, je-li oboustranně omítnutá, poskytuje dokonalou vzduchotěsnost, je na interiérové straně potřeba pod střechou takovou vzduchotěsnou vrstvu vytvořit. Obvykle se k tomu dnes používají OSB desky, ty ale samy dostatečně vzduchotěsné nebývají, tj. bývají průlinčité. Napravit je to snadné jejich několikanásobným nátěrem běžnými malířskými barvami, stačí po té schované straně. Spoje desek mají být nejen lepené, ale i dodatečně přelepené. Ani takto ošetřené OSB desky nejsou ale nijak zvlášť parotěsné, mezi ně a tepelně izolační vrstvu je proto vhodné vložit ještě libovolnou polyetylenovou fólii – je-li přitlačena na desku, parotěsnost řádově zvýší. Nezbytné je také vzduchotěsné navázání OSB na okrajích, na štítu či zdi. Speciální trvale lepící pásy to mohou zajistit podobně jako v případě rámu oken.

Do desek tvořících vzduchotěsnou vrstvu není vhodné nic připevňovat přímo vruty, nejsou-li dostatečně krátké. Výjimkou jsou místa, kde je OSB deska přišroubovaná ke konstrukci střechy. Jinde je na ně vhodné leda lepit dřevěné úchyty, krátkými vruty nanejvýš pojištěné.

Samozřejmě, na interiérové straně může být ještě pomocné obložení např. ze sádkartonu nebo lépe ze sádrovláknitých desek, za nímž je tzv. instalační rovina, sloužící pro vedení různých elektrických kabelů atd. Tu je vhodné vyplnit rounem z ovčí vlny, to trochu zlepší celkovou tepelnou izolaci a navíc pomáhá vyrovnávat výkyvy vlhkosti interiérového vzduchu.

Pro izolování lze použít zcela libovolné materiály a jejich kombinace. Jde-li o ty prodyšné, měly by být i nahoře přitlačeny k vrstvě, kterou neprofukuje. Může jít o onu paropropustnou fólii pod krytinou a nosnými latěmi nebo o pomocnou tužší vrstvu lepenky pod ní, k níž izolace zcela přilehne.

8.5.2.1 Šikmé střechy nastavené do výšky

Tepelné izolování mezi krokvemi a pod nimi zmenšuje prostor v podkroví. A také zamaskuje konstrukci střechy, která bývá pěkná na pohled. a je praktická pro dodatečné upevňování jakýchkoliv interiérových prvků. Alternativou je položit izolaci naopak až na střešní latě, a na izola-

ci pak původní nebo novou krytinu. Pro takový účel se vyrábí polystyrénové tvarovky, ty ale nebývají dostatečně tlusté.

Místo nich lze na běžné sedlové střeše použít hladké polystyrénové bloky, je to ale náročnější na montáž. Na původní latě se položí vzduchotěsná OSB vrstva, na ni připevní pomocné latky a do EPS bloků se vyřežou drážky, takže po položení na střechu bloky nesjíždějí. Na bloky EPS se položí latě podél krokví, vždy pár po obou stranách střechy, spojený na hřebeni. Na ty se pak přišroubují běžné vodorovné střešní latě jako opora zvednuté krytiny. Budou-li polystyrénové bloky mít tloušťku půl metru, lze jimi mírně zvětšit přesah střechy, pod tíhou sněhu se nezlomí.

Jde-li o část střechy dobře osluněnou, tj. skloněnou kamkoliv v rozmezí od východu přes jih až po západ, je jednou z možností jejího zaizolování položit na ni velkorozměrové solární teplovodní kolektory se dřevěnými rámy. Ty se dokonce vyrábějí i jako kompletní střešní moduly nahrazující i krokve. Nebývají ale dostatečně tlusté. Je proto vhodné je podložit několika decimetry polystyrénu. Přitlačení kolektorů na polystyrénovou vrstvu mohou bez vzniku tepelného mostu zajistit např. textilní popruhy připevněné do krokví.

Obr.: Velkoplošné kolektory, zde ale bez tepelné izolace pod sebou (zdroj: [Josef Schröttner / Veronica](#))



Chcete-li místo tlustých tuhých izolačních bloků užít materiál vláknitý, je potřeba nastavit krokve z horní strany. Nemělo by jít o masivní trámy, tepelné mosty nejlépe potlačí buď příhradová konstrukce nebo lepené I-nosníky.

Obr.: I-nosníky se stojinou z OSB (zdroj: [finnjoist.de](#))

Není-li na novou izolační vrstvu nad krokvemi dostatek místa (např. vinou požadavku nepřekročit určitou výšku budovy), lze další izolaci umístit mezi krokve, ba i pod ně.



8.5.2.2 Šikmé střechy přestavěné na téměř vodorovné

Bydlení v podkroví bývá neplnohodnotné. Na vině je, že kolem je málo svislých zdí, kde mohou být obvyklá okna, z nichž lze pěkně hledět ven, a kterými se interiéru tak rychle nepřehřívá. U svislých oken jsou zcela běžné účinné vnější lamelové rolety, lze je doplnit též markýzami. U střešních oken existují nějaké motorové rolety na trhu též, ale jejich užívání není zdaleka běžné. Kromě toho je prostor pod šikmou střechou zbytečně zmenšený. Sedlové střechy poskytovaly skvělý prostor pro napěchování senem a slámou na zimu, ale na celoroční bydlení je prostor pod nimi jen nouzovým řešením.

Pokud ale takový obytný prostor potřebujete, je na místě zvážit rekonstrukci na plné další patro, s vodorovnou nebo jen velmi mírně skloněnou střechou

Rekonstrukce může být snadná, provede-li se jako velmi lehká dřevostavba s tlustými zdmi vyplněnými izolačním materiálem. Celková výška domu tím může i klesnout, někdy i k potěše sousedů, jimž se zlepší výhled.

8.5.3 Obytné střechy

U střech dostatečně málo svažitých je rozhodně vhodné zamyslet se nad tím, nemají-li být pohodlně přístupné, aby na nich bylo možné pobývat za letního večerního chládku, svěžích rán, vlastně kdykoliv, když je příjemné být venku a příliš nefouká. Je odtud pěkný rozhled, rozhodně alespoň po nebi. Ten bývá pěkný ve dne a za soumraku (mraky, duhy, vzdálené bouřky, „noční svítící mraky“), a ovšem i v noci. Může to být jediné místo v okolí, kde je člověk nad všemi uličními lampami, takže když si lehne, vidí na sebou jen vesmír. Dost možná i lépe než na zavedených hvězdárnách.

Střecha může i poskytnout větší soukromí a pohodlí než okolní terén. Už jsme zmínili světlíky jako sedátka, která jsou stále k dispozici, vybuduje-li se ale jeden vyšší, poslouží naopak jako stůl. Kolik plochy má být vydlážděné, kolik má zabrat nenáročná vegetace, pěstované květiny, ba i zelenina, nad tím lze přemýšlet také, ostatně lze takové poměry i časem měnit. Zábradlí může být hodně průhledné, ale též stínit, toho lze dosáhnout i pouhým přehozem z těžší látky či napnutím plachty. Je vhodné zkonstruovat je tak, aby na ně nemohly vylézt malé děti. Střecha nemusí sloužit jen odpočinku, v době bezdrátových připojení se ze ní může na mnoho hodin do roka stát i příjemná pracovna.

Přístup na střechu se nejspíše vytvoří schodištěm přidaným ke zdi domu zvenčí. Dobré tepelné řešení schodů a dveří přímo z interiéru je složitější, ale pokud se zkombinuje s nějakou komorou pro uložení mobiliáře, může to být také dobré řešení.

8.5.4 Solární střechy

I u plochých střech se může najít místo, kam dát solární kolektory pro ohřev vody nebo výrobu elektřiny. Ty druhé, tj. fotovoltaické panely, jsou tenké a lehké, lze je snadno nechat i vyčnívat z půdorysu domu. Kolektory a jejich upevnění mohou dohromady tvořit zábradlí nebo stříšku chránící jižní okna proti letnímu slunci. Stejně jako běžné zábradlí je lze připevnit na vnější sloupky dřevěné konstrukce přidané atiky. Jinak je lze připevnit na betonové bloky, které jsou na střeše jen položené. Kolektory pro ohřev vody je vždy vhodné doplnit alespoň malým fotovoltaickým panelem, který bude napájet stejnosměrné oběhové čerpadlo – voda bude proudit tím rychleji, čím silnější bude sluneční záření, což je ideální. Případný přebytek elektřiny z fotovoltaiky lze posílat do 12V diodových světel umístěných v prostorách bez denního osvětlení.

Alternativou či doplňkem fotovoltaických panelů je fotovoltaická střešní krytina. Ta se prodává v rolích a může nahradit hydroizolační PVC folii. Je pochůzná, ale je samozřejmě vhodné, aby byla zastíněná jen málokdy. Tam, kde není trvale umístěn nábytek, vhodně nahradí i dlažbu. V zimě, až na jižní Moravu, je vhodné mít snadnou možnost odházet z ní sněh.

U střech skloněných zhruba na jih (v rozmezí od jihovýchodu k jihozápadu) by solární kolektory měly být použity vždycky. Jde-li o fotovoltaické panely umístěné nad krytinou, zespodu dobře provětrávané, získáme tím další přínos – v létě se prostor pod střechou nerozpálí. O náhradě běžné krytiny teplovodními kolektory jsme psali již výše, v části Šikmé střechy nastavené do výšky. Pokud jde ale o střechu nad neobytnou půdou, lze kolektor zabudovat do stávající krytiny, kterou v místě kolektoru odstraníme. Kolektorová plocha bude nad starou krytinu vyčnívat jen málo, naváže se oplechováním. Teplovodní kolektor takto integrovaný do šikmé střechy je nenápadný, použije-li se pro něj zasklení zvenčí jemně hrbaté, zdá se ani nepozná, že jde o zasklenou plochu. Někdy se z estetických důvodů jako zasklená, stejnorodá provádí celá sou-

vislá část šikmé střechy, i když třeba pod sklem na okrajích střechy už není skutečný high-tech selektivní absorbér, z něž se odebírá teplo, ale jen černě natřený plech.

To se hodí zejména u střech jehlanových, s malými cípy, jako je tento *příklad z města Sopron* (zdroj obr.: [Johannes Fechner / Veronica](#)).

Samozřejmě i na šikmou střechu lze položit fotovoltaickou střešní krytinu, přičemž tu původní lze pod ní ponechat. Na rozdíl od fotovoltaických panelů, které dávají výrazně méně elektřiny, když se rozpálí, a je tudíž nutné, aby zespodu byly vydatně provětrávané, fotovoltaickým krytinám vysoké teploty tolik na výkonu neubírají. Z metru čtverečního ale zatím v ročním úhrnu dodají méně elektřiny.



Instalace fotovoltaických ploch na střechu by měla být samozřejmostí, pokud počítáte s elektrickým chlazením interiéru („klimatizací“) v době letních veder. Fotovoltaika poskytne elektřinu právě tehdy, když je nejvíce potřeba a když je o ni v elektrické síti nouze. Rozsáhlé blackouty, kdy do sítě elektřina přestane být dodávána, totiž všude v teplých oblastech nastávají právě tehdy, to se týká i Evropy, hlavně vinou jejich jižních států. Je to i proto, že za letních veder nelze dostatečně chladit mnohé tepelné elektrárny (jaderné, uhelné, na zemní plyn) a ty pak musí snižovat výkon, nebo se i zcela odstavit. Používat elektrické chlazení, nemáte-li je „živené“ místní fotovoltaikou, je proto nezodpovědné.

8.5.5 Odvětrávané mezery – jsou potřeba?

V mnoha pokynech jak konstruovat střechy se dočtete o nutnosti mít pod krytinou dostatečnou mezeru, bohatě promývanou vnějším vzduchem. Jde ale o fyzikální nesmysl. Rozhodující je, aby interiérový vzduch nemohl v zimě proudit do tepelně izolační vrstvy, tedy aby interiéru byl obklopen vzduchotěsnou vrstvou. Dále pak, aby odpor proti difuzi vodní páry byl na interiérové straně mnohem vyšší než směrem od tepelné izolace do exteriéru. Pak v tepelně izolační vrstvě nemůže v zimě žádná voda kondenzovat.

Jediná kondenzace může nastávat na spodní straně střešní krytiny, zejména za letních jasných nocí. Krytina, zespodu tepelně izolovaná, se totiž ochladí sáláním do nebe a shora se na ní tvoří hojná rosa. Zespodu se může tvořit jen tehdy, když pod krytinou proudí vzduch, který se od ní ochlazuje... Výměna vzduchu pod krytinou by proto měla být jen pomalá, řekněme jeden objem dutiny za noc. Pak je množství přinesené vodní páry, která by na chladných taškách mohla zespodu zkondenzovat, zanedbatelné.

Proudění vzduchu pod krytinou se zpomalí jak tím, že je dutina velmi tenká, tak tím, že na její okraje je, kde do ní vzduch vstupuje či vystupuje, vycpeme vláknitou tepelnou izolací, např. minerální vatou. Za slunných dní bude proudění pod rozehřátou střechou i tak docela hojné a z tepelné izolace vytáhne veškeré stopy vlhkosti.

Totéž platí pro fasády používající obložení místo omítky. Pokud pod obložení hojně nezateká voda při bouřkách, stačí už velmi malé škvrky v něm, aby se tepelná izolace i vnitřní povrch obložení udržovaly ve stavu zcela suchém. A naopak, velké promývání venkovním vzduchem může vést k jeho nežádoucímu orosení i zevnitř.

Stará doporučení o tlustých, vydatně profukovaných dutinách vycházela z přesvědčení, že masivnímu průniku vodní páry z interiéru do pláště domu nelze zabránit. Jenže lze a je to tak jako tak nutné.

8.6 Izolace horního stropu pod podkrovím

Pokud z dosavadní půdy nepotřebujete nebo nehodláte vytvořit obytný prostor, mělo by být samozřejmé, že na její podlahu nebo i mezi trámy pod ni přidáte velkorysou tepelnou izolaci. Nejen pro zimní pohodu, ale i pro ochranu před letními vedry – půda bývá za slunných dní pořádně rozpálená.

Strop horního podlaží bývá nesen trámy, které jsou zespodu podbity coulovými deskami zespodu omítnutými, shora pak překryty fošnami, nějakým zásypem a zpravidla i dlažbou z tenkých nebo obvyčejných cihel. V dutinách mezi trámy je jen vzduch. Tepelná izolace, kterou takové dutiny představují, je nevalná – teplo jimi v zimě jde vzhůru jak zářením, tak i konvekci vzduchu. Izolují hůře než běžná dvojitá okna. Je přitom snadné to napravit tím, že se do dutin nafouká rozvlákněný papír (značky jako Isofloc, Isocell, Climatizer) nebo chomáčky minerálních vláken. Tak se zabrání jak zářivému toku, tak i proudění vzduchu. Vyplňování stropních dutin foukanou izolací je dnes již běžná praxe nabízená spoustou řemeslníků. Obvykle se vyplňují shora, po odstranění krytu trámů na několika místech, v principu lze ale foukat izolaci i zespodu, otvory vytvořenými ve stropě.

Taková izolace nicméně není dostatečná, jde jen o „první pomoc“. Jednak má tloušťku jen čtvrt metru, a jednak v ní zůstanou tepelné mosty tvořené čtyřikrát hůře izolujícími trámy. Dalšího alespoň čtvrt metru by mělo přijít na podlahu půdy, je-li to prostorově možné. Ubrat na tloušťce další izolace není rozhodně vhodné celoplošně, kompromisy lze tolerovat jen v místech, která by tlustou izolací byla příliš znehodnocena pro další využití. Pro izolaci položenou na podlahu půdy se hodí veškeré prodyšné izolační materiály. Z nich sláma prokládaná po jednom decimetru lepenkou může být už sama dostatečně nosná, aby půda byla pochůzná, jiné izolace se hodí instalovat do subtilní dřevěné konstrukce. Aby se ušetřilo na výšce i na materiálu, původní pokrytí deskového záklopu se hodí sejmut a položit je znovu až na izolační vrstvu.

Tak jako u všech tepelných izolací, i zde je potřeba se zamyslet nad difuzí a možnou kondenzací vodní páry. Ta v zimě v nějaké míře prochází z interiéru vzhůru. Nesmí tam samozřejmě přicházet prouděním vzduchu z interiéru škvírami, tj. strop interiéru musí být dokonale vzduchotěsný.

Pokud se jen zafoukává izolačními chomáčky prostor mezi trámy, stačí v podlaze ponechat škvíry procházející až do nafoukané izolační vrstvy. Škvíry by měly být rovněž vyplněny vláknitým izolačním materiálem, aby proudění studeného vzduchu skrze izolační vrstvu bylo jen velmi malé. Jestliže se ale izolace zafukovala do stropu zespodu, nestačí vzduchotěsně uzavřít montážní otvory z interiéru, ale musí se vytvořit naopak nějaké otvory shora, z exteriéru.

Pokud se velkoryse izoluje nad deskovým záklopem trámového stropu, pak je kombinovaný difuzní odpor desek a podbití stropu dostatečně velký, takže do izolace na podlaze půdy bude pronikat jen velmi malé množství páry. Stačí pak krycí vrstvu tepelné izolace provést jako „difuzně otevřenou“, jen málo brzdící difuzi páry vzhůru. Docílí se toho tak, že izolace je pokryta lepenkou či papírem, na ní leží „ob jedno“ coulová prkna, a teprve na nich je souvislá podlaha, obsahující ale hojnost škvír, jimiž může pomalu proudit vzduch. Je-li tepelná izolace vícevrstvá a provedená tak, aby konvekce nemohla proniknout až do horní vrstvy tvořící nejvýše pětinu izolační tloušťky, pak lze místo spodních prken „ob jedno“ a lepenkou překrýt horní vrstvu jen prodyšnou netkanou textilií, přes ni bude vzduch povívat také, zůstanou-li v podlahové krytině

dostatečné škvíry. Horní vrstva prodyšné izolace může být s výhodou tvořena perlitem, který vytvoří ohnivzdornou bariéru.

Ale i přesto: položit pod tlustou izolační vrstvu na podlahu půdy nejprve jakoukoliv polyetylenovou fólii je natolik snadné a levné, že to lze rozhodně doporučit.

Proti přidání tlusté izolace na podlahu půdy někdy bývá námitka, že by bránila budoucímu zobytnění podkroví. V takovém případě je vhodné izolaci provést tak, aby se v místech, kde časem budou obytné prostory, dala snadno odstranit. Kolem nich, v místech s malou světlou výškou, ale izolace zůstane.

Tepelná izolace na půdě by v každém případě *měla překrývat i atiky a pozednice* (trámy) na nich položené, stejně jako římsu za atikou. Jen tak potlačíme významné tepelné mosty, které by jinak ochlazovaly horní konce zdí, zejména v koutech místností.

8.7 Izolace stropu sklepa

Není-li sklep velmi nízký, a má-li i v budoucnu, alespoň v zimě, zůstat chladný, je nalepení tepelné izolace na jeho strop tím prvním opatřením, které se v domě hodí udělat. Tloušťka izolace by měla být alespoň dva decimetry, pokud pak ve sklepě ještě půjde vzpřímeně chodit. Lepení polystyrénových bloků (opět nejlépe ze šedého lehkého EPS, aby neubýlo světla, lze je pak nabílit) je snadné a rychlé.

Jde-li o vsutku chladný sklep v tepelném kontaktu s okolní zeminou o teplotě pod 12 stupňů, izolace na jeho stropě nestačí. Je žádoucí zaizolovat také alespoň jeden metr výšky zdí pod stropem. Pokud by tím ubylo ve sklepě moc místa, lze izolaci klínovitě zužovat směrem dolů. I tehdy se tepelný most z obytného podlaží zdmi směrem dolů velmi potlačí.

Snížením tepelného toku z obytného interiéru do sklepa se ale sníží teplota sklepa. Relativní vlhkost v něm tím stoupne. V létě se pak může snadno na některých plochách (podlaze, ale i zdech) blížít rosnému bodu a na takových plochách pak mohou narůstat plísně, podobně jako ve vinném sklepě, do nějž lidé i kvašení vína přinášejí vodní páru. Není-li sklep dostatečně tepelně izolovaný proti zimnímu mrazu, mohou v něm, při jeho malém zimním větrání, mrazem ochlazované plochy vlhnout i v zimě. Zimní větrání pomůže, ale sklep se jím dále ochlazuje, čímž je pak v létě ještě chladnější... Vhodné zacházení se sklepy, které nejsou vyhřívány stropem z nadlehlého podlaží, popisuje publikace *Einfluss von Kellerdeckendämmung auf die Feuchtebelastung von Kellerräumen* z roku 2009 [dostupná na stránce Hessenského ministerstva životního prostředí, energie, zemědělství a ochrany spotřebitelů](#). Opomíjí přitom ale možnost, kterou jsme zmínili v pasáži Ohřívání základových zdí, 8.3.2 – totiž vyhřívát v létě podlaží sklepa přebytky ze solárních kolektorů nebo systémem chladícím interiér proti přehřátí. Nemusí jít o ohřev velký, stačí o několik stupňů, problémy s vlhnutím a plísněmi tím zmizí.

8.8 Izolace dolní podlahy

Výše jsme popsali možnost, kdy se podlaží domu postupně vyhřeje letními solárními přebytky, přičemž únik tepla do okolí je potlačen deštníkovou tepelnou izolací jdoucí pod terénem šikmo pryč od domu. Takové opatření ale nestačí, pokud již nehluboko pod domem proudí spodní voda, která odnáší teplo pryč. Kromě toho, vyhřát zeminu pod domem z původních např. 10 °C na 20 trvá léta. Do té doby je podlaha nejnižšího podlaží nepříjemně chladná, jde-li o součást obytného prostoru. Stojí proto za to, přidat do ní vrstvu pěnového polystyrénu.

Pokud mají místnosti dolního podlaží dostatečnou světlou výšku a konstrukce podlahy neobsahuje dřevo, může stačit polystyrén položit na původní podlahu. Shora je pak potřeba přidat důkladnou parozábranu, nejlépe s kovovou vrstvou. A pak novou vrstvu nášlapnou, libovolného

typu. I v případě, že zeminu pod domem nebudeme solárně vyhřívat, stačí tloušťka EPS dva decimetry, není-li pro aplikaci tlustší vrstva místnost dost vysoká.

Jinak lze původní podlahu sejmut, terén do patřičné hloubky vykopat, a polystyrén položit rovnou na něj. Někdy je to nepraktické, protože pod nášlapnou vrstvou je jen tenký násyp a pod ním nějaká forma betonu. Jestli jen odstranit násyp a spokojit se s nepříliš tlustou vrstvou polystyrénu, je na zvážení.

V obou případech lze pod polystyrénovou vrstvu umístit trubičky a plechy rozvádějící letní solární teplo do podložní zeminy, jak jsme o tom psali již v pasáži o vyhřívání základových zdí. Pokud pod polystyrén přidáte novou betonovou desku, je samozřejmě jednodušší vložit do ní běžný systém podlahového topení z plastových trubiček. Instalace takové vrstvy, vyhřívající zeminu pod domem, je vhodná i v případě, že zatím teplovodní solární systém ani kapalinovou soustavu pro letní ochlazování interiéru nemáte – časem ji možná doplníte.

Nejste-li nijak omezeni tím, jak hluboko pod původní podlahu kopat, můžete místo pěnového polystyrénu použít i „štěrk“ z pěnového skla. Toho je ale potřeba dvakrát tlustší vrstva a oproti EPS bude taková izolace zřejmě dražší.

8.9 Spára mezi těsně sousedícími domy

Navazuje-li dům na sousední budovu, rovněž v zimě vytápěnou, měl by být únik tepla příslušnou zdí nulový. To ale jen za předpokladu, že spára mezi domy není vydatně provětrávaná, ani při poryvech větru či za mrazů, kdy má ohřátý vzduch v ní tendenci stoupat podobně, jako spaliny v komíně. Provětrávání lze zabránit jen tak, že vrch i boky spáry se stanou dostatečně vzduchotěsnými. Lze je vyplnit pružným pěnovým materiálem, nebo i přelepit trvale lepící páskou obdobnou, jaká se používá ke vzduchotěsnému napojení rámu oken na zeď. Pokud je spára správně utěsněná, pak i za mrazů mají zdi na obou jejích stranách tutéž teplotu, jako zdi interiérové – to lze nejsnáze ověřit termokamerou.

9 Domovní technika

9.1 Mechanické větrání s rekuperací tepla

Skutečného celoročního komfortu nelze v domě dosáhnout, není-li vybaven mechanickým větráním, které komfort zajistí i za mrazů, letních veder či v situacích, kdy je venku hlučno či prašno. Nejde o žádnou klimatizaci, která pohání znečištěný interiérový vzduch dokola a buď jej chladí a případně i odvlhčuje, nebo ohřívá a případně zvlhčuje. Jde o systém zajišťující hojnost či aspoň dostatek čistého vzduchu bez nepříjemných pachů.

Doopravdy začínají být takové kvalitní systémy dostupné až v tomto tisíciletí. Staré systémy mechanického větrání měly velkou spotřebu elektřiny a tedy i hlučnost a plynuly teplem. Byly to jen zmenšeniny průmyslových soustav s mizernou účinností. Plnohodnotné využití soustavy komfortního větrání má jen jedinou podmínku, totiž zajištění dostatečné těsnosti budovy, kterou jsme již probírali. Soustava by ale měla mít též malou měrnou potřebu elektřiny, rozhodně pod 45 W na dodávání každých 100 m³ čerstvého vzduchu za hodinu. To lze docílit při malých rychlostech proudění vzduchu použitím elektronicky komutovaných stejnosměrných motorů ve ventilátorech. Měla by mít i malou celkovou elektrickou spotřebu, což vyžaduje, aby dokázala větrat i pomalu, s průtokem vzduchu činícím jen několik procent nominálního průtoku.

9.1.1 Větrací jednotka a vedení vzduchu

Klíčovým prvkem větrací soustavy je protiproudý předavač tepla s dvojicí ventilátorů, čili „větrací jednotka“. Vzduch hnaný ven se v něm v zimě ochladí a vzduch nasávaný dovnitř se od něj sám oteplí. Na každé membráně předavače (kovové či plastové), jakých má desítky, je přítom teplotní spád mezi oběma proudy vzduchu nepřevyšující několik stupňů. Neproudí-li vzduch příliš rychle a je-li úhrnná plocha membrán dostatečně velká, unikne předání z vypouštěného vzduchu do nasávaného jen dvacetina dostupného tepla. To se nazývá rekuperací, předavač tepla pak rekuperátorem. V obou proudech vzduchu je zařazen filtr, bránící zašpinění předavače tepla, ten může být na vstupu i dvojitý, takže odfiltruje i velmi jemné částice, jako zrnka pylů. V přívodním potrubí může být také tlumič hluku, aby při větrání nepronikal do budovy zvenčí.

Pro větrání jednoho bytu či rodinného domu může stačit jedna taková dvojice ventilátorů s předavačem tepla. Podmínkou je, že se v interiéru vybudují kanály, jimiž se dostává čerstvý vzduch do patřičných místností (obytný pokoj, pracovna, ložnice) a znečištěný vzduch odstavá z jiných (záchod, kuchyně). Někdy lze jednu větev kanálů ušetřit, když je jeden typ místností pohromadě a sahá až ke vnější zdi domu či je v horním podlaží.

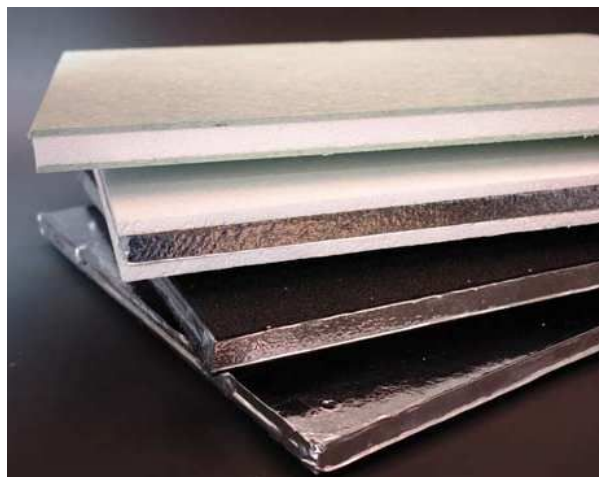
Kanály lze vést podlahami, pak bývají ploché plechové. Běžnější je vedení pod stropy a skrze přepážky mezi místnostmi. Mohou být tvořeny plechovými rourami, tvarovkami z minerální vaty potaženými hliníkovou fólií, či ohebnými hadicemi, v nichž je oboustranně potažená vata ještě vyztužená vinutým drátem. To jsou technologie nabízené průmyslově. Kanály lze ale také na místě vyrobit z desek či sádkokartonu, nemusí přitom být nijak zvlášť těsné. Mohou být umístěny viditelně nebo být překryté obložením či sníženými stropními podhledy.

Průřez kanálů by měl takový, aby za obvyklých poměrů nepřesáhla rychlost vzduchu uvnitř nich 1 m/s. Pak je větrání tiché a elektřina na pohon ventilátorů činí pod desetinu ušetřeného tepla.

Příklad: vyměňujeme-li v místnosti 36 m³/h, jako v noci v ložnici pro dva lidi, je to 10 l/s. Objem jednoho metru přívodního kanálu by tedy měl být oněch deset litrů. To znamená průřez 1 dm².

Je velmi vhodné, aby větrací jednotka byla umístěna hned vedle exteriéru. Tehdy totiž kanály s proudy chladného vzduchu neprocházejí interiérem. Může být na zdi zevnitř či zvenčí, může být též na stropě či nad ním, ve venkovním prostoru. V každém případě musí mít důkladnou tepelnou izolaci, protože jeden její z jejích konců má vždy teplotu interiéru a druhý teplotu exteriéru. Kanály se vzduchem té opačné teploty musí být též velmi důkladně izolovány, jinak účinnost rekuperace velmi klesá a při vypnutí větrání jejich stěnami nechtěně protéká mnoho tepla. Není-li v interiéru na důkladnou izolaci kanálů s exteriérovou teplotou běžnými materiály hojnost místa (izolace by měla být alespoň dva decimetry tlustá), může být vhodné vytvořit kanál z vakuových panelů s mechanicky odolnou vrstvou na povrchu.

Obr.: Příklady vakuových izolačních panelů, chráněných pomocnými tuhými deskami nebo prostých (zdroj: „ARDP“).



U rozsáhlejších budov může být lepší mít větracích jednotek několik, aby klesla úhrnná délka kanálů a bylo možné použít jejich menší průřezy. Umožňuje to také větrat různé prostory různě intenzívně. Zcela zásadní je, aby větrací jednotky dokázaly běžet i s pouhou třicetinou svého maximálního výkonu – to je pro případ, že v budově během nějakých dnů jen občas pobývá jedna osoba. Tehdy mají nejlepší tepelnou účinnost a nejmenší elektrickou spotřebu. Dosud běžná praxe, že i v nejpomalejším tempu je větrání příliš silné a za zimních mrazů se musí vypínat, aby nebylo v interiéru příliš sucho, je špatná.

9.1.2 Gravitační klapky na prostupech tepelným pláštěm budovy

I větrání, které dokáže běžet velmi pomalu, může být vhodné v zimě vypnout, pokud se v budově nikdo nezdržuje. Tehdy začne být pronikání vzduchu z exteriéru do kanálů vedených vnitřkem budovy nežádoucí. Obdobně i pohyb vzduchu z interiéru kanály ven, je-li rekuperační jednotka umístěna až v exteriéru. V rovině tepelné izolace tomu lze zamezit těsnými klapkami ovládanými buď motorově, nebo fungujícími jen na gravitačním principu. Ve druhém případě je má nadzvednout až proud vzduchu vyvolaný ventilátorem, ne pofukování větru zvenčí nebo vztlak teplého vzduchu v budově oproti mrazivému exteriéru – tento případ by mohl nastat u budov patrových, s větracími jednotkami v různých podlažích. Klapky by měly též poněkud tepelně izolovat, tj. být opatřeny vrstvou polystyrénu nebo vaty.

Praxe montování takových dobře těsnících a tepelně izolačních klapek v místě průchodu kanálů tepelným pláštěm budovy není běžná, ale rozhodně na jejich instalaci a odzkoušení trvejte.

9.1.3 Zemní tepelné kolektory, kondenzace páry, obtok rekuperátoru

Rekuperátor s vysokou účinností vychladí v zimě odcházející vzduch až téměř na teplotu vzduchu přicházejícího zvenčí. Z ochlazovaného vnitřního vzduchu se přitom na membránách rekuperátoru sráží vodní pára. Není-li mráz, odkapává dolů a je potřeba zajistit její odvod.

Je-li ale mráz, pak může na vnějším okraji rekuperátoru namrznat led. Zabránit tomu lze částečným obtokem čerstvého vzduchu, aby se rekuperátor tolik nevychlazoval, to ale zásadně snižuje účinnost rekuperace a vzduch přicházející dovnitř pak nemá jen o stupeň dva méně, než je teplota interiéru, ale může být nepříjemně chladný. Lepší prevencí je čerstvý vzduch před vstupem do rekuperátoru nejprve předeheřt.

K tomu se nabízí teplo, které lze pasivně odebírat ze zeminy kolem domu. U malých domů k tomu stačí, pokud nasávaný vzduch nejprve prochází dlouhým podzemním potrubím, vzduchovým tepelným kolektorem (tedy sběračem). To má být vyspádované směrem dolů, ne kvůli situacím zimním, ale naopak pro případy letní, kdy se takto čerstvý vzduch dá ochladit a sráží se z něj v podzemí na stěnách potrubí voda. V nejnižším místě potrubí je potřeba mít zasakovací šachtičku nebo jiný způsob odvodu zkondenzované vody.

Alternativou je mít v zemi položené množství plastových hadic, v nichž je mrazuvzdorná kapalina, obvykle se k tomu používá hodně slaná voda čili solanka. Před rekuperátorem je pak vložen registr, obdoba chladiče v autech, kterým ona voda poháněná oběhovým čerpadlem protéká. Vzduch se tak i za mrazů předejde na pět až deset stupňů nad nulou.

Soustava hadic v zemi se běžně používá pro vytápění budov tepelnými čerpadly. Pro účel větrání nemusí být tak rozsáhlá, jde v zimě jen o odběr nevelkého množství tepla.

Ještě cennější než předešlý venkovní vzduch za mrazů je ale to, že se čerstvý vzduch dá zemním kolektorem, ať již vzduchovým nebo solankovým, v létě důkladně vychladit, dokonce jej tak lze i odvlhčit. Za dusných horkých dní, tzv. tropických, jaké i u nás přibývají a během století ještě rychleji přibývat budou, je to velký přínos.

Zemní kolektor může v zásadě být i pod budovou samotnou. Teplo lze v létě ukládat do základových zdí (tj. odebírat z nich chlad) nebo do zeminy pod nejnižší podlahou budovy, tj. během léta ji takto vyhřívat, o vhodnosti instalování takového systému jsme psali již výše. V zimě lze z podloží budovy teplo zase odebírat, je-li dostatečně tepelně oddělené od interiéru. Taková alternativa je vhodná, pokud se při ní ušetří přídatné výkopové práce.

Větrací jednotka by pro dny letních veder měla obsahovat možnost pustit čerstvý vzduch kolem rekuperátoru, přinejmenším za noci, kdy je venku chladněji než uvnitř. Je to jeden ze způsobů, jak interiér přirozeně ochlazovat. Nemá-li možnost takového obtoku, lze ji použít alespoň tak, že se zapne jen odtahový ventilátor a chladný noční vzduch se tehdy nasává rovnou zvenčí okny či dveřmi.

9.1.4 Filtrování vzduchu

Již v místě, kde vzduch zvenčí nasáváme, má být umístěn filtr, který lze snadno vyjmout. To aby se mohl vyprat nebo vyměnit za nový. Další potrubí tak zůstávají čistá. Za hrubý filtr, který zabráni průniku hmyzu a převážné většiny částic s průměrem nad setinu milimetru (tj. třídy G4, v nouzi jen G3), je vhodné přidat ještě filtr jemný třídy F8 nebo F7, který propustí jen desetinu částic s průměry 1 µm až 10 µm (viz <http://de.wikipedia.org/wiki/Partikelfilterklassen>). Ten zachytí všechný pyl, což je neocenitelným přínosem pro alergiky. V lokalitách se znečištěním ještě drobnějším prachem (s průměry pod 10 µm, označovaným PM 10) vzduch velmi dobře vyčistí. Nejenže je pak zdravější, ale také doma téměř nemusíme uklízet prach...

Filtr by měl mít velikou úhrnnou plochu, pak jím proudí vzduch pomalu, prach se zachycuje účinně a filtr klade proudění jen malý odpor, tedy jen málo zvyšuje spotřebu elektřiny ve ventilátorech. Docílí se toho tím, že je filtr skládaný, podobně jako v nasávacích soustavách automobilů. Dokonalá větrací soustava by měla měřit tlakový spád na filtrech a v případě, že příliš vzroste, upozornit na potřebu jejich vyčištění nebo výměny.

Filtrovat je potřeba i vzduch odsávaný z interiéru. Ideální je filtrace hned na výstupech z místností, pokud jsou takové otvory dobře přístupné a výměna filtru snadná. Jinak se filtr instaluje alespoň před vstup do rekuperátoru, aby se nezanášely jeho membrány.

9.1.5 Komplexní tepelné využití odpadního vzduchu: topička

Vzduch vypouštěný do exteriéru bývá většinou ještě natolik teplý, že z něj může být výhodné odebírat teplo pomocí tepelného čerpadla. Tím lze buď dohřát čerstvý vzduch po průchodu rekuperátorem, a tak interiér i vytápět, nebo jím lze, mimo nejchladnější období roku, ohřívat pitnou vodu. Řada výrobců nabízí pro rodinné domy nebo byty takovou kombinovanou větrací jednotku, obsahující i zásobník teplé vody („bojler“). Není větší než velká lednička. Pro skutečně pasivní domy je to investičně nejlevnější způsob vytápění a přípravy teplé vody. Jak se takové „kompaktagregáty“, jak se jim německy říká, stávají běžné, zasluhují si i svůj název. Navrhujeme krátké „topička“, viz již publikaci [Pasivní dům II](#) z roku 2008.

Topičky představují jediné bezesporu oprávněné použití tepelných čerpadel k topným účelům v domácnostech. Místo velkých a drahých topných soustav s tepelnými čerpadly, jak je nabízí příslušné odvětví byznysu (populárního hlavně u výrobců a distributorů elektřiny), je totiž vždy lepší dům opravit až na pasivní standard nebo hodně blízko k němu.

9.2 Topit jen vzduchem?

U domů regenerovaných na pasivní standard může stačit, když je jediným zdrojem tepla v nich ona „topička“, čerpající teplo z odpadního vzduchu. Ta ale doopravdy v mrazech přihřívá vzduch i pitnou vodu rovnou elektřinou. Přesto, díky celkově malé spotřebě domu, to nemusí být špatná volba.

Samozřejmě, vzduch vystupující z rekuperátoru lze přihřívát i jinak, teplovodním registrem napojeným ne na tepelné čerpadlo větrací jednotky, ale na libovolné vnější topení.

Přesto má vytápění interiéru pouze teplým vzduchem jednu nevýhodu. Jednak vyžaduje provoz ventilátorů, které mají obvykle větší elektrickou spotřebu než vodní oběhová čerpadla. A jednak pak v domácnosti chybí věc v zimě leckdy užitečná, totiž hodně teplá plocha užitečná např. k sušení mokrých bot nebo rychlému usušení drobného prádla. Mít alespoň jeden skromný radiátor formy „žebříku“ v koupelně je proto i u výtečně izolovaných domů rozumné. U pasivních domů se to někdy řeší tak, že takový pomocný radiátor pro příležitostné použití je elektrický...

9.3 Teplá voda hned

Je příjemné, když teče patřičně teplá voda téměř ihned, jak ji pustíme, i když předtím ji dlouho nikdo nepouštěl. Toho se snadno docílí, pokud ji odebíráme těsně u zásobníku, kde je připravená, takový zásobník (bojler) je proto mít vhodné rovnou např. v koupelně. Aby byla teplá voda rychle k dispozici i daleko od něj, často se instaluje ještě třetí potrubí, vedoucí „od kohoutku“ zpět do zásobníku. Pokud jím voda pomalu protéká, je jako teplá k dispozici všude v domě. Je-li ohřívána stejným zdrojem, jako je dům vytápěn, pak takový cirkulační systém v zimě nemá žádné stinné stránky, nejde-li vratné potrubí skrze prostory, které nemají být teplé. Je to jen pomocné topení. V létě to tak už ale není – teplo se nevyužije, naopak, přispívá k přehřívání domu.

Co s tím? přívodní i vratné potrubí teplé vody zaizolovat co nejsilněji. A navíc pouštět cirkulační čerpadlo jen tlačítkem, na chvilku předtím, než si chcete pustit teplou vodu. Alternativou je instalovat v místě odběru vody chytrý malý průtokový elektrický dohřev, který hřeje jen tu chvilku, než zdáli přiteče voda teplá. Takový také umí dohřívát sluncem nahřátou vodu např. jen o dalších pět stupňů. Ideálně by měl být snadno a viditelně regulovatelný, aby se požadovaná teplota výstupní vody dala měnit dle momentálního přání.

9.4 Zdroje tepla

Pokud v domě už beztak je k dispozici běžná otopná soustava, etážové nebo ústřední topení, rozhodně je rozumné ji zachovat. Vůbec nevádí, když jsou radiátory mohutné, odpovídající původnímu stavu domu bez tepelných izolací. Dává to možnost topit v nich jen vodou mírně vlažnou. Tu mohou leckdy pěkně poskytnout i solární teplovodní kolektory.

Co nejnižší teplota topné a zejména vratné vody je také ideální pro dnešní kondenzační plynové kotle, umožní vychladit spaliny až téměř na teplotu interiéru, čímž z nich zkondenzuje a odevzdá své skupenské teplo i většina vodní páry vzniklé spálením zemního plynu, čili oxidací metanu. Kondenzační plynové kotle mnohdy mají i zásobník ohřáté pitné vody. Jejich zásadní výhodou oproti kotlům někdejšímu je také to, že spaliny z nich odcházejí jen o málo teplejší, než je chladná voda do kotle vstupující, není to tedy nic pro komínky, pro odvod spalin stačí plastová trubka skrz zeď. Ta ještě může předehtřívát vzduch, který si nasávají zvenku, nemusí být nijak závislé na vzduchu v místnosti.

Vodou jen mírně teplou lze samozřejmě topit i užitím podlahového nebo stěnového topení, ještě šikovnější je topení stropní, které ale lze obvykle instalovat jen během betonáže stropu. Všechny tyto technologie užívají soustav plastových trubiček zabudovaných do malty, hlíny či betonu. Stropní topení dává nejlepší tepelnou pohodu, nevyvolává proudění vzduchu. V létě se pak skvěle hodí naopak pro chlazení interiéru.

Dokonalejší, ale zatím málo užívanou alternativou kondenzačního plynového kotle je malá kogenerační jednotka. Ta plyn využívá v motoru, pohánějícím alternátor, pro topení slouží jen odpadní teplo činící asi dvě třetiny spalného tepla plynu. Dobře izolovaný dům umožňuje topit jen občas, když je potřeba dodávat elektřinu do sítě a když je její výkupní cena maximální. Až toto je skutečně dobré použití zemního plynu.

Jednodušší, rovněž ekologicky příznivou možností je topit libovolnou formou dřeva. V domech blízkých pasivnímu standardu není už žádným luxusem užívat pelety, ač jde o nejdražší formu biomasy na topení. Pelety přitom nemusí být ze dřeva, stejně dobré se dělají z různých typů suché biomasy, vč. starého papíru. Ještě lepší způsob topení, vhodný u trvale obývaného domu, je použití sporáku na kusové dříví, zejména pokud obsahuje i teplovodní okruh na přípravu teplé pitné vody. Pro vytápění domu blízkého se pasivnímu standardu, zvláště, jde-li o starý masivní dům, může sporák bohatě postačit. A vaření na velké plotně či pečení v jeho troubě je velmi příjemné.

Každý regenerovaný dům by ale měl mít i samozřejmý zdroj tepla pro ohřívání pitné vody na umývání, totiž teplovodní solární kolektory. To je už naprosto vyzrálá technologie, která se nedočká dalších velkých zlepšení. Kolektory nemusí být jen na střeše, vhodné jsou pro ně i fasády odchýlené nejvýše půl pravého úhlu od jihu, tedy v rozmezí od jihovýchodu po jihozápad. Celá plocha nevyužitá okny se hodí právě pro takový účel. Svislé vodní kolektory mají dokonce i jistou výhodu v tom, že v zimě nejlépe využijí nízké slunce a neleží na nich sníh. V létě se naopak nepřehřívají. Fasádní kolektory mohou být integrální součástí tepelné izolace domu, zasklení je fasáda neobyčejně trvanlivá. Solární vodní kolektory neohřejí vždy vodu až na požadovaných téměř padesát stupňů, ale v každém případě ji zadarmo předehtřívají. O dalších deset či dvacet stupňů je lze už dohřát jiným zdrojem.

Podmínkou pro účinné využití solárního ohřevu je instalace dostatečně velkého tepelného zásobníku, tedy nádrže s ohřívanou vodou. Může to být rovnou tlaková ohřátá pitná voda, ale může jít i o nádrž samostatnou, netlakovou, v níž je stále táž voda, s objemem jednoho až několika krychlových metrů či raději několikrát větším. Pitná voda se odtud dá ohřívát protiproudým předavačem tepla nebo „žebrovaným hadem“ procházejícím tepelným zásobníkem zdola

nahoru. Primární vodní okruh se solárními kolektory může takovou velkou nádrž ohřívat rovněž „hadem“ na dně nádoby nebo lépe vnějším protiproudým předavačem tepla. Nádrž by měla být izolována alespoň dvěma decimetry tepelné izolace. Tutéž nádrž lze vyhřívat dále ode dna i kotlem na kusové dřevo a její vodu cirkulovat přes radiátory. Jen je při regeneraci potřeba myslet na to, kam nádrž umístit. Nádrže se vyrábějí jako válcové přímo na místě, zpravidla ve sklepě. Velká nádrž zajistí v létě dostatek tepla i přes jeden zatažený týden. Teplo z kolektorů, které už pro ni nepotřebujeme, lze výhodně ukládat do podlaží budovy, viz již výše.

Kompletní využití osluněných fasád a střech budovy pro solární teplo a elektřinu se může dnes zdát výstřední. Ale už od roku 2020 bude fakticky povinné pro všechny novostavby, jinak totiž nedosáhnou téměř nulové roční bilance své spotřeby energetických dodávek zvenčí. Není důvodu, aby za nimi regenerované budovy zaostávaly a slunce naplno nevyužívaly.

Mezi doporučené zdroje tepla jsme záměrně nezařadili byznysem hojně nabízené soustavy s tepelným čerpadlem poháněným elektřinou a beroucím teplo z vnějšího prostředí (ze zeminy, spodní vody, vzduchu). Ne, že by jejich užití nebylo někde rozumné. Ale v lepším případě poskytnou s pomocí elektřiny jen tolik tepla, kolik se pro dodání oné elektřiny uvolnilo v tepelné elektrárně a po cestě až do domů. To není nijak skvělý výsledek. Jinak by tomu bylo, kdyby žádná elektřina nepocházela z fosilních zdrojů, ale to je hudba vzdálené budoucnosti.

U kondenzačních kotlů či kondenzačních kogeneračních jednotek je velmi žádoucí, aby teplota vratné vody byla co nejnižší, u tepelných čerpadel se to týká i teploty topné vody, teprve pak mají dobrou účinnost. Nízká teplota topné vody v podlahovém topení (max. 27 °C) také umožní využít veškerých zimních solárních zisků, když se do podlahy opře slunce.

9.5 Používání clon proti světlu v interiéru i venku

Běžným nešvarem v dnešních domech je, že zejména při práci s počítačem se i za chladných dní zatemní okna, aby neoslňovala. Tím ale přicházíme o milé solární tepelné zisky. Mnozí lidé kromě toho vinou zatemnění oken i přes den trvale doma (a ovšem i v práci) svítí.

Moudřejší možností, než zablokovat vstup slunečního záření do interiéru, je instalovat až do hloubky místnosti nějaké clony, které oslnění či osvětlení nežádoucích ploch brání. Mohou to být jakési slunečníky postavené na stole, dokonalejší a méně zavazující je ale umístění stahovacích rolet na strop místnosti, nejlépe na pohyblivých závěsech, aby je bylo možné posouvat po místnosti podle toho, kde zrovna pracujeme a odkud svítí slunce.

Interiérové clony jsou praktické i opačně; když si v noci svítíme na práci, nemusí naše světlo rušit přírodu venku.

Leckdy se proti slunci doporučují velké přesahy střech a jiná pevná, nepohyblivá clonící zařízení před okny. Nebo dokonce stromy zastíňující okna trvale v létě, ale nakonec v nějaké míře i v zimě. Není to dobré řešení. Za zatažených dní je světla v interiéru poskrovnu, a každé stálé zastínění je na škodu. Mnohem užitečnější je přidat na dům zvenčí markýzy, které se roztáhnou, jen když se to hodí. Nemusí to být jen proti slunci, poslouží i v noci, aby se okna kvality pro pasivní domy (s u pod 0,7) zvenčí neorosila.

9.6 Umělé osvětlení pro 21. století a 12V domácí síť

Z našeho života brzy vymizí žárovky, ale pro slabé noční svícení jsou zářivky, dobře doplňující nebo i nahrazující denní světlo, příliš silné. Ono je totiž po západu slunce vhodné svítit jen tak silně, jak je nezbytně nutné pro danou práci, a ještě přitom potlačit modrou složku světla, tedy svítit žlutě. To je ostatně barva plamene, jakým lidé svítívali tisíce let. Taková barva a intenzita světla již nebrání nástupu noční fáze našeho metabolismu, která je pro zdraví naprosto zá-

sadní. Dnešní silné elektrické osvětlování neberoucí ohled na denní dobu je v noci zdraví škodlivé. Brání totiž tvorbě důležitého hormonu melatoninu. Existují vážné doklady, že umělé noční osvětlování zvyšuje výskyt rakoviny prsu a prostaty a že stojí za epidemií obezity a cukrovky druhého typu. Silné svícení i přes noc zřejmě plyne z pověry, že slabým světlem se kazí oči – ale tuhle pověru vyvrátila věda už v 19. století. Doopravdy se oči, a nejen ty, lidem kazily (a v zemích třetího světa dosud často kazí) leda jedovatými zplodinami nedokonalého spalování, používaného i pro svícení.

Místo plamenů jsou dnes k dispozici světelné diody opatřené čočkami, kterými lze světlo směřovat jen tam, kde je opravdu potřeba. Na noc je lze opatřit žlutou průhlednou fólií, která odfiltruje škodlivou modrou složku, potlačující tvorbu melatoninu – to je vhodné vždy, když na v nějakém místě nemusíme dokonale rozlišovat odstíny modré barvy. Ještě lepší volbou jsou diody rovnou se světlem oranžovým, „amber“. Jen pro účely, kde je dobré rozlišování barev důležité (to může být i vaření), je vhodné užít nefiltrované LED teple bílé barvy, napodobující světlo žárovek. Diodové světelné zdroje se vyrábějí i se žárovkovým závitem, ale lepší jsou ty jen se dvěma kolíčky, určené pro stejnosměrné napájení 12 V. Ty jsou také kratší a měly by být levnější, neboť neobsahují konvertor poskytující malé napětí, které diody potřebují. Přímo jimi lze nahradit obdobné halogenové žárovky. Oproti žárovkám směřují světlo daleko lépe a nejsou vůbec horké, mají totiž příkony jen od jednoho do tří wattů. Ubráním napětí je lze snadno tlumit, aniž ztrácejí na účinnosti. Velmi podstatnou výhodou 12V diodovek je, že svítí zcela stálým světlem, bez fluktuací s frekvencí 100 Hz nebo jakékoliv vyšší. To snižuje únavu zraku a je podstatné při užívání točivých strojů (nevzniká stroboskopický jev). Je to světlo vhodné i pro epileptiky, podobně jako bývaly žárovky nebo zářivky s elektronickým předřadníkem.

Při regeneracích bytů a domů je rozumné buď doplnit střídavé 230V vedení k dosavadním fixním svítidlům také vedením dvanáctivoltovým, nebo prostě do dosavadního rozvodu elektřiny ke svétlům pustit právě jen těch stejnosměrných 12 V, to všude tam, kde není nutné produkovat tisíce lumenů světla. Moderní elektronická zařízení, která mění elektřinu ze sítě na stejnosměrný proud s napětím 12 V, jsou velmi účinná. To se pozná podle toho, že když se z nich neodebírá elektřina, jsou zcela chladná, a že i při plném zatížení jsou jen mírně vlažná.

Dále se hodí nainstalovat i 12V zásuvky pro přenosná diodová světla a pro různé elektronické přístroje se spotřebou nemnoha wattů, příp. pro nabíjení mobilů i přenosných počítačů – je šance, že možnost připojení rovnou na takovou stejnosměrnou síť V u nich bude časem běžná a nebude potřeba k nim užívat samostatné nabíječky. Už proto, že takové napájení je dostupné v každém automobilu. Běžné vodiče zvládnou při 12 V snadno odběry do desítek wattů, takže jimi lze napájet řadu diodových světel a úsporných elektronických zařízení současně. Se zařízeními využívajícími jen takto nízké napětí a malé příkony mohou bezpečně zacházet i děti, instalovat takové vedení se nemusí ostýchat ani lidé, kteří se „té obvyklé“ elektřiny bojí a nechťejí jí ani rozumět.

Pro napájení přístrojů s malinkou spotřebou ještě nižším napětím lze využít miniaturní elektronické prvky, které napětí snižují např. na 5 V (to akceptují mnohé mobilní telefony). Elektřinu do sítě může poskytovat konvertor napájený ze sítě 230 V nebo akumulátor napájený též solárně, doplněný součástkou omezující dodávané napětí právě jen na 12 V. Je to pak vlastně obdoba systému nouzového osvětlení.

Diodové osvětlení, ať již napájené střídavou nebo stejnosměrnou elektrickou sítí, má výhodu i v tom, že se rozsvěcuje okamžitě a v plné intenzitě, na rozdíl od zářivek. A také v tom, že má prakticky nekonečnou životnost, zůstává-li při provozu jen vlažné (tj. nejde-li o zbytečně silná světla). Nevadí mu libovolně časté zapínání, lze je tedy dobře spínat infračidly rozpoznávajícími pohyb osob.

U diodového osvětlení lze kombinovat slabé celkové osvětlení místností na úrovni jednotek luxů, nejsnáze diodami namířenými do stropu, s příležitostnými diodovkami posílajícími světlo jen na pracovní plochu, s intenzitou až desítek luxů. Ta je v noci dostatečná pro téměř všechny účely. Cílem by měl být co nejmenší úhrn světla přicházející do očí. To lze vyložit i jako co nejmenší vytvářený světelný tok („co nejméně lumenů“). Světlo by současně mělo mít nulový nebo jen malinký podíl modré složky.

Od doby, kdy jdeme spát, až do chvíle, kdy ráno vstáváme, by mělo být světla ještě mnohem méně, a i to jen pro případ, že v noci potřebujeme trefit na záchod. Zavřené oči jsou tehdy zcela přizpůsobeny tmě a bezpečný pohyb ve známém interiéru umožní i setina luxu, kterou poskytne jediná slabá LED namířená do stropu. V ložnici by ale trvale svítit neměla, i tak málo světla už spánek ruší.

Diodové osvětlení je šikovné i ve dne. Tehdy a jen tehdy se hodí i diody se „studeně“ bílým světlem, které může za zatažených zimních dní výborně doplnit denní světlo, pokud už ho na pracovní plochu dopadá příliš málo.

9.7 Obrana proti nárůstu řas na fasádě – vegetace na zdech

Již jsme uvedli, že osluněné plochy je dobré využít buď jako okna, nebo jako kolektory fotovoltaické nebo teplovodní. Ale co s plochami neosluněnými? U výtečně izolovaných domů mají tu smůlu, že se za jasných nocí, když se ochladí sáláním do nebe, orosí. To se týká všech povrchů, které nejsou tvořeny tlustou masivní vrstvou a je před nimi otevřená krajina. Sáláním by se neochlazovaly, kdyby jejich povrch byl lesklý kovový. Ale to obvykle nebývá... Jedinou obranou proti běžnému nočnímu zvlhnutí, které po čase vede k potažení fasády řasami, je nechat obrůst zeď rostlinami. Voda pak kondenzuje na nich, ne až na omítce nebo obložení. Zcela zastíněná místa snáší břečťan, zelený i v zimě. ale docela stačí i rychleji rostoucí druhy popínavých rostlin.

Jiným místem, které se na tenkovrstvých omítkách na stinných fasádách časem zazelená, jsou místa, kam odstříkuje voda z parapetů. Lze tomu dobře čelit tím, že i parapety se udělají velmi zkosené, podobně jako boční a horní ostění. Na strmý parapet sice nelze nic položit, ale svou funkci ochrany proti dešti plní výborně.

9.8 Využití dešťové vody

Ve starých domech nebyly žádné rozvody vody, ta se nosila zvenčí a opět vynášela ven. Její spotřeba byla proto malá. Záchody byly na venkově vesměs suché, opět spíše venku. Když se začala voda přivádět i do bytů a ty opatřovat odpadními potrubími, stále bývala ještě spotřeba vody nevelká, lidé se doma ani nesprchovali, natož aby se koupávali ve vaně. Kromě toho bylo chladněji, takže v létě nebýval nedostatek zdrojů vody.

Tak tomu ale u nás už není. Je nejvyšší čas naučit se kompletně využívat vodu, kterou dům dostává zdarma, totiž dešťovou. Není to tak těžké, poučení lze hledat ve Středozeří, kde v krašovských oblastech jinou než dešťovou sladkou vodu lidé celá tisíciletí neměli, a leckde jsou na cisterny s dešťovkou, sbíranou z vlastní střechy a dvora, odkázání dodnes. Potřeba je tedy jen ona cisterna, tj. podzemní nádrž, a přívod vody do ní. Moderním vylepšením pak je, že vodu nemusíme nabírat jen vědrem nebo nějakým kohoutkem u dna nádrže, ale elektrické čerpadlo nám ji dodá pod tlakem několika barů do potrubí.

Komplexní regenerace domu by měla vždy vytvoření cisterny zahrnovat, stejně jako přidání dalších rozvodů vody pro nepitné účely. Dešťová voda se pro pití moc nehodí, protože neobsahuje žádné minerály, je blízká vodě destilované. Z toho důvodu je ideální pro praní – stačí

pak polovina či třetina někdejšího množství pracích prostředků a prádlo je po vyprání, vymáchání a usušení krásně měkké, bez přidávání nějakých chemikálií. Trubky či hadice s dešťovou vodou musí proto být přivedeny především k pračkám. Dále je to nenahraditelná voda pro zalévání pokojových rostlin. Nejlepší je i pro umývání dlouhých vlasů a alespoň oplachování nádobí – nezanechává žádné skvrny usazeného vápence. Užívá-li se i pro splachování, díky své přirozené kyselosti (vlivem rozpuštěného CO_2 z ovzduší) uvolňuje usazeniny, záchody jsou tak „samočisticí“.

Antické cisterny bývaly vyhloubené ve skále nebo pečlivě vyzděné z velkých vápencových bloků. My to máme jednodušší, stačí libovolná hladká „jáma“, kterou vyložíme polyetylenovou fólií. Ta, pokud na ni nejde denní světlo (a ultrafialové záření) a pokud k ní nemají přístup myši, je prakticky věčná. Může jít o vybetonovanou jáмку, o spodní polovinu nebo dvě třetiny sklepní místnosti s přehrazenými dveřmi nebo přehrazené někde dvěma třemi trámy, o otevřený válec z plechu snýtovaný na místě a postavený na hladkou zem. Na trhu jsou i válcové plastové nádrže velmi tuhé, které se zakopou do zeminy u domu. Pro rodinný dům má smysl už i nádrž o objemu jeden krychlový metr, rozumnější je objem deseti či patnácti krychlových metrů, který pojme až čtvrtinu ročního úhrnu srážek dopadlých na střeche.

Zkušenost z antiky i ze současnosti ukazuje, že dešťovou vodu lze do nádrže svést bez jakékoli filtrace. Některé nečistoty odplavou přepadem, jiné se uloží na dně a tam nevadí, jen se voda nesmí míchat. Kal ze dna nádrže lze v případě potřeby jednou za deset dvacet let vyčerpat. Odběr čisté vody z nádrže se nejlépe provádí hadicí z hloubky jednoho decimetru pod plovákem spočívajícím na hladině. Mít ale na vstupu do nádrže nějaké síto samozřejmě nevadí, pokud neodvádí mimo nádrž více než desetinu přitékající vody – některé komerčně nabízené systémy bohužel vodou dosti plýtvají a nádrž zásobují nedostatečně.

Voda z nádrže, v níž je voda ve tmě, je čirá stejně jako voda ze studny. Je zcela bez živin, takže se v ní nemnoží žádné organismy. Není potřeba ji nijak dále upravovat. Aby se ale dostalo předpisům, tak pro účely, jako je umývání nádobí či sprchování, je možné vodu z cisterny před vstupem do potrubí sterilizovat v menší nádrži UV zářením, taková zařízení se běžně prodávají. Je potřeba se u nich ale ujistit, že se ultrafialová zářivka vypíná, pokud voda nádržkou neprotéká.

Za dešťovou vodu se neplatí vodné ani stočné, což není nemorální, i když využíváte obecní kanalizaci. Cisterna totiž zachytí vodu z prudkých srážek, které kanalizaci přepřlňují a krátkodobě zamezí funkci čistírny. To je důležitá služba, kterou provozovatelům kanalizací poskytnete na oplátku. Kromě toho platí obecně, že je málokde správné používat pitnou vodu na účely, na něž v takové kvalitě není potřeba. A že na mnoha místech bývá o pitnou vodu v dobách sucha nouze – vaše cisterna tu nouzi sníží.

9.9 Záchody bez odpadů, „šedá“ voda

Téměř celou existenci lidstva se vše, co lidé snědli a vypili, vracelo po průchodu zažívacím traktem zpět do půdy. Stejně tak to bylo i s domácími zvířaty, které chovali. Nebylo jiné cesty, jak v půdě udržovat fosfor, síru, draslík a také relativní dostatek dusíku, který do použitelné formy váží symbionty na kořenech rostlin nebo občas déšť z bouřek.

Nejinak tomu bývávalo i v největším světovém velkoměstě Londýně. Ale s jeho růstem sedláci nezvládali exkrementy husté lidské populace vyvážet, a ty pronikaly do vody ve studních, což vedlo ke strašlivým epidemiím. Nebo k páchnoucí Temži. Proto tam vznikla první moderní kanalizační síť a rozšířily se splachovací záchody, uzavřené vodním sifonem, tedy water closed, WC. Jiné rozumné řešení tehdy neexistovalo.

Táž metoda se postupně v Evropě rozšířila i na venkov a dnes ji považujeme rovnou za symbol vyblednutí života ve špíně a nedostatku – kde takovou infrastrukturu nemají, musíme jim pomoci, aby ji také vybudovali.

Jenže je to cesta slepá. Odpadní vody „vyčištěné“ o vzácný dusík a obsahující hojnost fosforu katastrofálně znečišťují vnitrozemské vody i rozsáhlé oblasti moře, zatímco dusík uměle vážeme z ovzduší s využitím ohromného množství fosilních paliv a fosfor drancujeme z tropických půd a starších sedimentů, přičemž do našich půd přinášíme jedovaté kadmium. Udržitelnou alternativou této zhoubné praxe je živiny obsažené v moči a fekáliích opět vracet na pole, která nás živí. Podobně jako domu bylo vždy, ale navíc s využitím nejlepších technologií, jak se postupně vyvíjejí.

Klasické suché venkovské záchody, spojující lidské odpady s hnojem od hospodářských zvířat, jsou i dnes použitelnou technologií. Jde v nich vlastně o kompostování. Má-li se dělat správně, je jen potřeba přidávat do nich materiály chudé na dusík a bohaté na uhlík, tj. např. piliny, hobliny, špatné žluté seno, slámu.

Důmyslnější postup je oddělovat moč od fekálií, to dokáží tzv. separační záchody (a ovšem i pisoáry). Fekálie pak nejsou zamokřeny, kompostují se rychleji a nezapáchají. V moči je nejen hojnost dusíku, ale obsahuje i fosfor a draslík, nahradí tedy „NPK“ hnojiva. Lze ji do půdy aplikovat i čerstvou, za suchého počasí se ji před aplikací hodí až desetinásobně zředit a takovou hnojivou vodou pak zalévat – naředěná se dá použít i „na list“. Moč jedné osoby pohnojí dostatečně alespoň tři ary půdy. Je-li plocha zahrady na jednoho obyvatele domu menší, mohlo by být potřeba najít dalšího odběratele.

Nové, dříve nepoužívané postupy zahrnují i záchody „mírně splachovací“, pod nimiž je reaktor produkující bioplyn (a vyhnitý kal coby hnojivo) nebo biouhel (hnojivo). S připojením na elektřinu může jít o produkci [vodíku a vyčištěné vody](#) a rovněž o hnojivo.

Instalovat při regeneraci domu některou z takových technologií je moudré. I když příp. jeden starý záchod, připojený na kanalizaci, může v domě zůstat. Záchody nového typu vyžadují jen to, aby pod nimi bylo místo na jímku či reaktor. A zpravidla i na samostatnou nádobu shromažďující moč – ta může být od interiéru oddělena např. sifonem uzavřeným pomocí syntetického oleje místo vody, takže po použití nevyžaduje spláchnutí, podobně jako je tomu u záchodů „chemických“, dovážených na staveniště či festivaly.

Máte-li zahradu nebo je u domu dostatečná plocha terénu, kde může zasakovat voda neobsahující škodlivé látky nebo patogeny, lze se zamyslet i nad tím, zdali-by do ní nemohla být přivedena voda z ostatních odpadních potrubí, jako ze dřezu, vany, umývadel. To se označuje jako voda šedá. Její vsakování do půdy u domu nemusí být celoroční, opět lze ponechat i možnost přivádět ji do kanalizace. Užitečně takovou vodu využít na vlastním pozemku je lepší, než ji posílat kanalizací do dále. Na stočném sice neušetříte, ale budete mít lepší svědomí. Instalaci alternativního potrubí pro odpadní šedou vodu lze při regeneraci domu s dostatečně rozsáhlou vegetací okolo rozhodně doporučit.

10 Proti pověrám o domech

(Upraveno dle předlohy „Opravník oblíbených architektonických omylů“, http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/stavby/koncepty/ooao.pdf z roku 2001; leccos z toho jsme zmínili už v předchozích kapitolách, ale opakování v těchto důležitých případech určitě neškodí.)

O domech panuje plno pověr, které jsou, jako pověry a předsudky vůbec, často vážnou překážkou pro moudré rozhodování. Bohužel většinou překážkou utajenou a pro jiné netušenou. Jediná léčba je o pověrách a předsudcích mluvit, abychom si je uvědomili a přestali jimi trpět. Není žádná hanba, být v jejich zajetí. Není to většinou naše vlastní vina, prostě jsme vyrostli v takovém prostředí, kde se pověrám daří.

10.1 Zdi nemusejí dýchat

Dýchat musejí všechny aerobní organismy, aby mohly oxidovat cukry, živočichové také tuky a bílkoviny. Zpět vracejí oxidovaný uhlík a vodík (čili oxid uhličitý a vodu).

Když jsou např. lidé v uzavřené prostoře, koncentrace oxidu uhličitého tam stoupá. Aby nestoupala příliš, musí být místnost nějak větrána. Když jde o stan, může se větrání odehrávat i skrze jeho stěny. Když jde ale o stěny pevné, pak je průnik plynů skrz ně zanedbatelný. Větrání zajišťují jen otvory v nich, a měly by to být jen otvory záměrné, ovladatelné dle potřeby, ne různé neutěsněné škvíry.

Když je venku teplo, na té trošičce vodní páry, která se do zdí (a časem i ven) dostane, ne-sejde. Když je ale venku mráz, tak ano. Vzduch uvnitř má tehdy v sobě více vody než vzduch venkovní a jak vodní pára proniká pomalu zdí, v její chladné třetině může dokonce kondenzovat. Zeď se stává mokrou, led tvořící se v její vnější části vede k mrazovému zvětrávání.

Průnik vzduchu zdí skrz je tedy škodlivý. Škodám lze zabránit dvěma způsoby. Hlavní způsob je, že zvenčí je na zdi tlustá tepelná izolace, která zajistí, že pevná zeď je celá téměř stejně teplá, jako interiér, a vlhkost v ní nemůže kondenzovat. Druhý je pak ten, že vodní páře postavíme do cesty bariéru, aby se do chladných oblastí vůbec zevnitř nedostala. Pokud taková parozábrana není dokonalá a nějakou páru přece jen propustí, musí pak ona pára zbytkem stěny projít už mnohem snadněji. Tak lze docílit toho, že na vnější straně od bariéry je vlastně stále venkovní vzduch. Protože vnější část zdi není ani v létě o moc chladnější než vzduch venku, vlhkost v ní kondenzovat nemůže a ona zůstává suchá.

Varianta bez pořádné vnější tepelné izolace funguje nedokonale ve vnějších horních koutech. Tam může být už vnitřní povrch zdi tak chladný, že pára kondenzuje rovnou na něm. Pokud je tvořen rovnou parozábranou, škody nejsou velké, stačí párkrát za zimu vznikající plíseň otřít. Podobně je otíratelná parozábrana jediným vhodným povrchem za nábytkem, který je u vnějších zdí.

Alternativa bez zvláštní parozábrany funguje dokonale v případě, že na masívní souvislé zdi je zvenčí prodyšná izolace. Bez problémů může fungovat, i když je zvenčí souvislá vrstva polystyrénové izolace, jen ona izolace musí být natolik tlustá, že k event. kondenzaci páry dochází až hluboko v ní, ne v původní zdi. Díky velkému difuznímu odporu polystyrénu je totiž množství páry, které do něj pronikne zanedbatelně malé.

Jinak je tomu se stěnami v chladném sklepě: pokud tudy v létě jde průvan, může vnější vlhký vzduch stěny postupně zamokřit. Ty pak vyschnou až v zimě, kdy jsou naopak o hodně teplejší než vzduch zvenku. Zkondenzovaná vodní pára bývá hlavní příčinou vlhkých zdí. Další

možností je vlhkost vztlínající z podloží, té zabrání jen vodonepropustná vrstva. Někdy ale může i pára z letního teplého vzduchu vést ke zvlhnutí chladné části zdi těsně u země, podobně jako zdi ve sklepech. Opravovat vodonepropustnou vrstvu pod zdí by nepomohlo. Pomohlo by jen letní vyhřívání pat zdi, aby se jejich teplota dostala dostatečně vysoko nad rosný bod vlhkého letního vzduchu, viz kapitolu 8.3.2.

Je tedy oblíbené tvrzení o dýchání zdi úplný nesmysl? Přece jenom ne. Škodlivý nesmysl je požadavek průdušnosti zdi skrz, využívaný některými odvětvími stavebního průmyslu pro matoucí reklamu pro „difúzně otevřené konstrukce“ - ono otevření má smysl leda z konstrukce ven, ne dovnitř, a to ještě jen v případech, že je zeď mokrá a je potřeba ji vysušit. Zato není bez významu množství vodní páry, které může vnitřní teplá část zdi pojmout z vnitřního vzduchu a opět do něj vrátit. Denní výkyvy přitom vyrovnává vrstvička tlustá jen pár centimetrů. Jak jsme již uvedli, nejlepší je v tom nepálená hlína nebo ovčí vlna, ale i jiné omítky, ba i prostý beton tak slouží.

Jen u tlustých zdí z nepálené hlíny hraje roli i klimatizace sezónní: v létě zdi vlhkost vzduchu snižují, v zimě ji mohou vracet zpět. Když taková hliněná zeď dostane zvenčí tlustou izolaci, vznikne tak budova s nejpříjemnějším dosažitelným prostředím.

10.2 Je potřeba vyměnit polovinu vzduchu za hodinu?

V prostorách, kde bývá hodně lidí nebo živočichů vůbec, cítíme při příchodu zvenku mírný zápach, někdy i nepříjemný, hlavně když je silnější. Někdo mluví o „těžkém vzduchu“. Ideálem větrání je, aby vzduch takovým dojmem nepůsobil, abychom rozdíl od venkovního ani nepoznali.

To je ideál, který bývá v praxi velmi zřídka splněn, pokud nejde o interiér velmi málo obývaný nebo dokořán otevřený. Někdy ani ideálem není, to tehdy, když je venku pořádný mráz. Pak všichni dávají přednost stěží postřehnutelnému zápachu, který za minutu po příchodu přestanou vnímat, před hojností nepříjemně chladného a velmi suchého vzduchu zvenčí.

Přítok čistého vzduchu, který je potřeba, abychom při příchodu do interiéru nic nepříjemného necítili, je jednoduše úměrný zdrojům zápachu uvnitř, obvykle tedy počtu lidí a případně i jejich aktivitě. Pokud se potí v tělocvičně a pak v šatně, je na každého potřeba i padesát kubických metrů vzduchu za hodinu, aby se zápach jakž takž naředil (stejně bude cítit), pokud spí v chladné místnosti a nepotí se ani za mák, stačí i desetina, tj. pět krychlových metrů na osobu za hodinu.

Ve skutečnosti téměř nikdo nikdy skutečnou potřebu větrání nezjišťuje a tempo výměny vzduchu potřebě nepřizpůsobuje. Příkladem jsou semináře, kde se mluví o větrání. Na nich bývá výměna vzduchu aspoň pětkrát menší než jsou limity, o nichž účastníci s vážnou tváří mluví jako o naprostém minimu.

Někdy se říká, že dostatečné větrání je nutné z hygienických důvodů. Ano, pokud se tím rozumí dosažení prostředí, které je nám příjemné. Nejde o to, že bychom onemocněli, ale zdravý je stav naprosté pohody. Avšak tam, kde snad o onemocnění skutečně jde, tj. v plných čekárnách, je větrání vždy, když je venku pod 22 stupňů, naprosto nedostatečné a bývá tam sakramentský smrad.

Nikdy jsem se nesetkal s tím, že by to někomu odpovědnému vadilo. Experti se věnují aseptickému větrání operačních sálů, čekárny nikoho nezajímají. Bylo by jistě zajímavé sledovat složení vzduchu, jak pokud jde o plyny, tak i o mikroorganismy, v takovém prostředí.

Z uvedeného myslím jasně vysvítá, že stanovovat vhodné tempo větrání podle objemu místnosti je hloupost. I u místností, které páchnou i samy o sobě, nejde jistě o objem, ale o povrch jejich zapáchajících částí. Napravovat stav ve smradlavých místnostech větráním je neoby-

čejně drahá (hlavně v zimě) hloupost, je nutné odstranit zdroj zápachu, typicky dřevotřískové vybavení interiéru (pokud páchnou i stěny samotné, pomůže dokonalá parozábrana na jejich vnitřní straně).

Prázdný byt větrat opravdu není potřeba. Stačí jej vyvětrat průvanem při příchodu (to je naprosto postačující i pro odstranění ev. nahromaděného radonu). Zato když je v něm hodně lidí, tak je potřeba větrat hodně, až to může být nemožné dosáhnout. Bez důmyslné techniky totiž vždycky někdo proti větrání bude mít námitky. Určitě tehdy, bude-li vzduch zvenčí moc chladný. Leckomu vadí, i když sice moc chladný není, ale „táhne“. Ve vedru sice většina lidí průvan uvítá, ale když je vzduch zvenčí ještě více rozpálený, je takové větrání také stěží přijatelné. Jindy sice nikdo nenamítá ani proti průvanu, ani proti nevyhovující teplotě vzduchu, ale otevřeným oknem proniká hluk, a tak nezbyvá než je zavřít.

Komfortní větrání, které by ani v nevysoké místnosti plné lidí nikomu nevadilo, docílit lze, ale není to snadné. Kromě případu, že je vedro, se vzduch musí pohybovat pomalu a nesmí být nikde zřetelně chladnější. Okny se toho docílit nedá. Jde to jen protiproudým výměníkem teplot a důmyslným rozváděním vzduchu v interiéru. Někdy, u budov, kde jsou lidé rozmístěni dost řídko, může stačit i přivádění vzduchu jen předehrátého (či v létě ochlazeného) v podzemí. Dokonalá je kombinace obou metod.

Někdy může být maximální komfort dosažen větráním velmi vydatným (ale pozor, takovým, aby nebylo slyšet, jinak komfort naopak ničí), jindy je potřeba o dost skromnější. Kdy? Přece v mraze. I když je technicky možné čerstvý vzduch dostatečně ohřát, bude příliš suchý. Komfort docílíme jen větráním nevelkým. Přehnané větrání v mrazech je příznačné pro všechny neutěšené a přitom mohutně vytápěné budovy. Každý asi nakonec uzná, že suchý vzduch, který je jeho důsledkem, komfortní věru není, ba dokonce vede k onemocnění. I když... někdo v zimě dokonce otevře okna dokořán, aby uvnitř „nebylo tak sucho“. Venkovní vzduch má přece i za mrazů vlhkost klidně i 80 %. Ano, ale to jen, než se v interiéru ohřeje. Pak už je to pod dvacet procent... Vodní páru, kterou svým pobytem a činnostmi v interiéru v zimě vytváříme, si je potřeba šetřit.

Zmínili jsme tempa větrání mezi pěti a padesáti metry krychlovými na osobu a hodinu. Ten horní limit je pro tělocvičny, spodní může stačit pro ložnice, ve kterých není horko. Uvádí se ale, že i pro běžné sedavé zaměstnání je vhodné množství třicet krychlových metrů na osobu a hodinu. Proč tak moc?

Když je venku skoro stejně teplo jako uvnitř (a tedy i podobná vlhkost), nic proti tak vydatnému větrání. To je situace, kdy nám mohou vyhovovat všechna okna dokořán, takže se rozdíl mezi interiérem a exteriérem stírá. Ale co jindy, když je venku hrozné vedro nebo naopak je tam mráz? Proč bychom měli větrat tak moc, povede to opravdu k příjemnějšímu interiéru?

Ovšem že ne.

Tak kde se takové podivné doporučení vzalo? Je to záležitost historická. Kdysi bývala ve Spojených Státech dvojí norma: pro budovy nekuřácké a budovy, kde případně lidé kouří. Pak ale převládl názor, že nekuřácký charakter stavby nelze do budoucna zaručit a že nezbyvá než počítat s tím, že to tak časem nemusí být. A tak se na nekuřáckou alternativu zapomnělo.

Dnes se v USA „v lepší společnosti“ nekouří, kouření je vyloučeno asi ve všech veřejných budovách, někde i na veřejných prostranstvích. Standard pro ohromně vydatné větrání ale zůstal, v mnohých případech jako naprostý anachronismus.

U nás se sice kouří skoro všude a možná čím dál tím víc, ale úplně všude přece jen ne. Tam je vhodné větrat ne podle nepřípadných norem, ale s rozumem. A tam kde se kouří? Tam je

smrad vždycky, leda byste byli od kuřáků proti větru. Kdy je takový zápach přijatelný, to je věru těžké říci. Pro mně i mnoho jiných není přijatelný nikdy.

A když už se někde větrá „vědecky“, mám takový návrh: co tak vzduchu do cesty dát volně se otáčející vrtulku s elektronickým ukazatelem, udávajícím velmi přesně, kolik vzduchu tudy protéká? Až potom by bylo možné vážně diskutovat o tom, jak moc doopravdy větráme. Jinak je to jen jako mudrování nad nebezpečností jezinek.

10.3 Existuje přirozené větrání?

Ano, u altánku na větrné hůrce nebo v některých jeskyních v době, kdy je venku vedro nebo naopak mráz. Podstatou domů je právě oddělení od venkovního prostředí. Případnými otvory a netěsnostmi se ale nějaký venkovní vzduch dostává dovnitř a vnitřní zase ven. Kolik vzduchu takto protéká, to závisí na větru, na rozdílu teplot uvnitř a venku (a na konfiguraci domu). Pokud nefouká a teploty uvnitř a venku jsou velmi blízké, pak netěsnosti nevětrají skoro vůbec. Jakž takž pomohou jedině okna dokořán, u velkých místností plných lidí někdy ani to ne.

U otevřených oken ale některým ale může „vadit průvan“ nebo hluk zvenčí, a tak může být po větrání i za nejpříznivějších okolností veta a vzduch se dá brzo „krájet“.

Situace, kdy škvíry a otvory v domě větrají tím víc, čím je větší mráz, rozhodně příjemná není – přirozené by bylo větrat hodně, když je venku příjemně teplo a ne když je tam vzduch ledový a suchý jak troud. Pro třídu plnou dětí takové větrání ostatně ani v mraze nestačí. Pokud nikdo o přestávkách nevyvětrá, místnost postupně dopoledne zasmrádá a nepáchnoucí vzduch tam snad může být zase až ráno. Zato přes víkend či přes prázdniny vyschne zbytečně větraná místnost až běda.

Všude ale interiér suchý nebývá. V těch škvírách, kudy jde vzduch ven, v zimě kondenzuje vlhkost. Ta postupně ničí rámy oken, může tam růst plíseň.

Označovat takové špatné větrání jako „přirozené“ je krajně nevhodné. Je příznakem nedbale provedené stavby, která se jím ničí. Přirozené je dům důkladně utěsnit a větrat jej jen podle potřeby. V nejjednodušším případě okny nebo uzavíratelnými přívody a odtahy (ne stálými škvírami) fungujícími při rozdílných teplotách venku a uvnitř. V lepším případě s využitím ventilátorů a vracení tepla z odpadního vzduchu zpět do příváděného.

Zda a kolik vyvětrat, nám prozradí čich, když přijdeme zvenku, napoví přesný vlhkoměr nebo poradí případný detektor plynů, kterých je v čerstvém vzduchu jen malounko. Při větrání kanály, v nichž můžeme průtok vzduchu měřit, se lze orientovat jednoduše podle počtu přítomných osob – ale protože je málokdy bude někdo ochoten nastavovat ručně, opět by mělo nastoupit čidlo těkavých organických látek. Při stále se rozrůstajícím množství stále důmyslnější elektroniky kolem nás to není nijak přemrštěný požadavek, nemyslíte?

Místo „čidla zápachu“ se běžněji používá čidlo oxidu uhličitého. Jsou-li zdrojem zápachu jen lidé, pak bývá zápach úměrný právě zvýšení koncentrace CO₂, koeficient úměrnosti ovšem může být dosti různý. Samotná koncentrace CO₂ je přitom lhostejná, nejde-li o hodnoty přes jedno procento, vydechovaný vzduch ji má totiž pět procent. I ve velmi málo větraných interiérech se podíl CO₂ pohybuje jen na úrovni několika promile, a o těch několik promile je v něm pak i méně kyslíku, pořád jej ale zůstává celá pětina... Pokud silné větrání nepůsobí tepelnou nepohodu nebo nezvyšuje potřebu topení či chlazení, je vhodné koncentraci tohoto indikačního stopového plynu udržovat raději do jednoho promile, to bývá interiérový vzduch ještě bez postřehnutelného zápachu. Venkovní koncentrace oxidu uhličitého zatím nejsou ani ve městech přes půl promile čili 500 ppm (parts per million, tedy milióntiny, vztaženo na počet molekul), většinou jsou bližší 0,4 ‰.

11 Odkazy

[Publikace k tématu Zateplování budov](#), vydané s podporou z Programu EFEKT - Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie, uvedené na stránce MPO. Jednou z nich je i:

„**ARDP**“: Jan Bárta, Juraj Hazucha: [Analýza rekonstrukce rodinných domů na pasivní standard](#). Centrum pasivního domu, Brno 2008, 66 s. Online na <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/21207>

Ještě novější je důkladná německá studie:

„**APK**“: Zeno Bastian, Wolfgang Feist aj.: [Altbaumodernisierung mit Passivhaus-Komponenten](#). Passivhaus Institut, Darmstadt 2009, 329 s. Online na <http://www.energieland.hessen.de/dynasite.cfm?dsmid=17232> nebo http://www.passiv.de/de/05_service/03_fachliteratur/0305_alle.php.

Elektronická publikace Nové standardy pro staré domy je ale především inovovanou a doplněnou českou verzí hlavních částí publikace:

Edeltraud Haselsteiner, Katharina Guschlbauer-Hronek, Margarete Havel: [Neue Standards für alte Häuser](#). Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2004, 3. přepracované vydání 2007, 175 s. Online na <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id2793>., publikace 33/2007 v rámci projektu www.hausderzukunft.at. Též dostupné jako http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/sanierungsleitfaden.pdf.

Ta obsahuje i podrobné popisy variant možné regenerace modelového rodinného domu, které jsou zajímavé z hlediska jeho užívání, vzhledem k době vytvoření neaspirovaly ale na dosažení pasivního standardu ani co nejvyšších solárních elektrických a tepelných zisků. Konkrétní příklady regenerací, z nichž některé se blíží nízkoenergetické laťce, viz též závěrečnou zprávu projektu:

Doris Hammermüller, Birgit Benesch, Michael Bockhorni: [Neue Standards für alte Häuser – konkret](#). Program Haus der Zukunft, Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. Wien 2009, 82 s. Online na <http://www.hausderzukunft.at/publikationen/view.html/id721>.