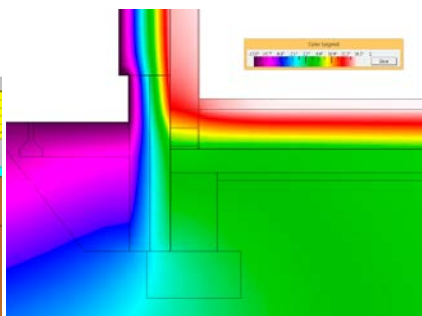
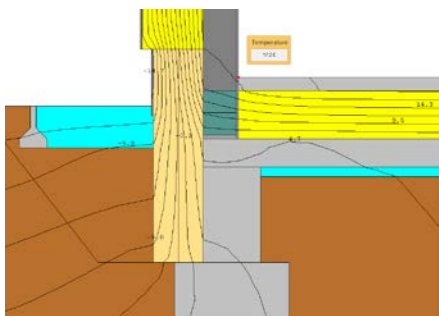
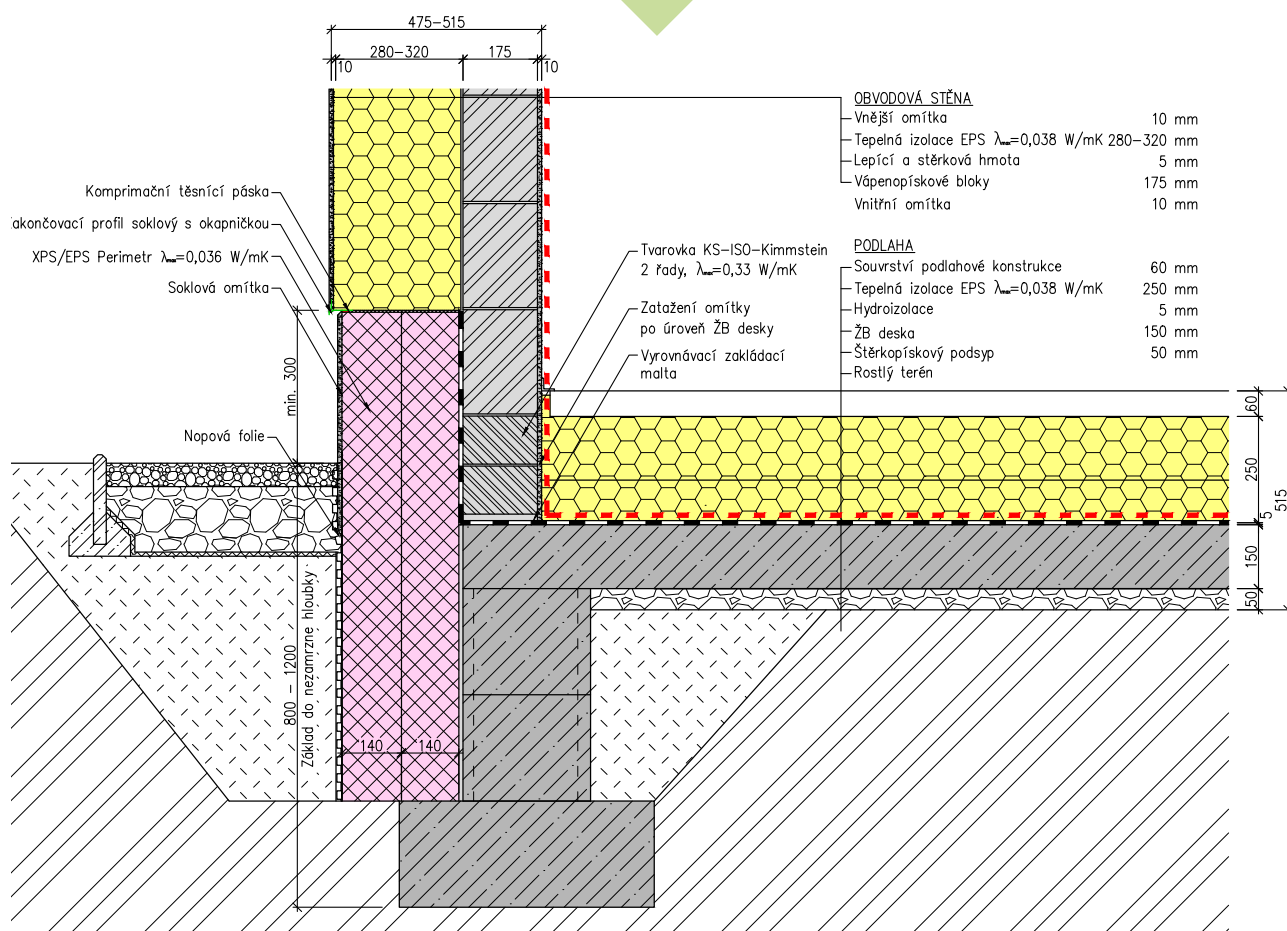


Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy

Doporučení pro návrh a stavbu





Juraj Hazucha

Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy

Doporučení pro návrh a stavbu

- více než 500 barevných fotografií a ilustrací
- 90 ověřených konstrukčních detailů
- doporučení pro projektování
- návody na správné provádění

Grada Publishing

Juraj Hazucha

KONSTRUKČNÍ DETAILY PRO PASIVNÍ A NULOVÉ DOMY

Doporučení pro návrh a stavbu

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
jako svou 6111. publikaci

Odpovědná redaktorka Eva Škrabalová
Sazba a grafická úprava Jakub Karman, Art007
Jazyková korektura Pavlína Zelníčková
Fotografie na obálce archiv autora
Fotografie v textu z archivu autora, pokud není uvedeno jinak
Ilustrace z archivu autora, pokud není uvedeno jinak
Počet stran 308
První vydání, Praha 2016
Vytiskla tiskárna TNM, a. s.



© Grada Publishing, a.s., 2016
Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2016

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-271-9027-0 (pdf)
ISBN 978-80-247-4551-0 (print)

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

*Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována
a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele.
Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.*

Obsah

ÚVOD	7
01	Návrh a provádění vybraných prvků a konstrukčních detailů	9
01-1	Pasivní domy na cestě k trvale udržitelnému stavebnictví.....	11
01-2	Téměř nulové budovy od 2020	14
01-1-1	Průkazy energetické náročnosti budov	14
01-1-2	Téměř nula a pasivní dům	15
02	Prvky pasivního domu	17
02-1	Konstrukce a izolace.....	19
02-2	Tepelné mosty	22
02-3	Okna a dveře.....	23
02-3-1	Volba rámu oken	25
02-3-2	Zasklení jako důležitý parametr.....	27
02-3-3	Správné osazení okna do konstrukce	28
02-3-4	Ochrana proti letnímu přehřívání	29
02-4	Neprůvzdušnost.....	30
02-4-1	Základní požadavky na průvzdušnost.....	30
02-5	Větrání s rekuperací tepla	34
02-6	Vytápění	38
03	Návrh a provádění vybraných prvků a konstrukčních detailů	39
03-1	Návrh a provádění tepelněizolačních systémů	40
03-1-1	Mezery v izolaci.....	40
03-1-2	Kotvení tepelné izolace.....	44
03-1-3	Založení ETICS – vyvarujte se založení na hliníkové zakládací lišty	46
03-1-4	Zavěšené provětrávané fasády	49
03-1-5	Kotvení prvků přes ETICS	51
03-2	Založení pasivních domů	53
03-2-1	Založení na únosné izolaci.....	54
03-2-2	Založení na extrudovaném polystyrenu (XPS).....	56
03-2-3	Doporučení pro návrh a provádění	60
03-3	Osazení oken	64
03-3-1	Poloha okna versus solární zisky	65
03-3-2	Kotvení oken do konstrukce	67
03-3-3	Vnitřní a vnější uzávěr	70
03-3-4	Přeizolování rámu okna	72
03-3-5	Problematická místa při zabudování oken	73
03-4	Dodržení vzduchotěsnosti.....	75
03-4-1	Nejčastější místa a příčiny vzniku netěsností.....	75
04	Katalogová část	79
A.	Vápenopískové zdivo a kontaktní zateplovací systém (ETICS)	86
B.	Masivní pórobetonová konstrukce s kontaktním zateplovacím systémem	138
C.	Ztracené bednění na bázi polystyrenu s železobetonovým jádrem	180
D.	Lehká dřevěná sloupková konstrukce, fasádní úprava s omítkou nebo provětrávanou fasádou	222
E.	Masivní dřevěná panelová konstrukce, fasádní úprava s omítkou nebo provětrávanou fasádou	264
F.	Společné detaily	294
05	Použitá a doporučená literatura	306
	Použité zkratky	308

Na knize spolupracovali:

Jiří Čech - revize detailů, grafického zpracování a tepelnětechnické výpočty

Josef Bárta - tvorba detailů

Michal Hučík - komentáře části A a B

Jiří Vápeník a Martin Konečný - konzultace části A

Petr Mareček - konzultace části B

Vladimír Nepivoda - komentáře části C

Martin Růžička - komentáře části D

Josef Smola - komentáře části D

Rostislav Kubíček - komentáře části E

Dále přispěli obrázky a radami:

Zora Stupňánková

Tomáš Mansbart

Ladislav Stach

Michal Jaďud

Kateřina Braunerová

a další...

Lukáš Dawid a Radim Kučera - kreslení detailů

ÚVOD

Tepelné mosty jsou téma, které se u energeticky úsporných staveb a pasivních domů zmiňuje hned na prvních místech. Často se jedná o téma odborníky podceňované, se současným ubezpečováním klienta, že to takový rozdíl neudělá. Jiní, mnohdy bez hlubší znalosti stavební fyziky, naopak klientům navrhují složitá a ekonomicky nenávratná řešení v domněnce, že to výrazně sníží spotřebu nebo to zachrání dům před destrukcí. Stavební firmy, nebo spíše jejich marketingová oddělení, lákají na to, že jejich systém je úplně bez tepelných mostů. Kde je však pravda? Cílem je ukázat na nejčastějších a nejvíce opakovaných konstrukčních detailech vliv tepelných mostů a nastolit v uvedených extrémech zdravou rovnováhu.

Pro komplexní pohled na věc pouhá čísla nestačí. Ta jsou uvedena také v řadě „obyčejných“ katalogů tepelných mostů. V čem je hlavní rozdíl této publikace? Detaily řady výrobců vypadají graficky pěkně, ale jsou mnohdy složitě proveditelné (pokud vůbec), případně obsahují zásadní chyby nebo opomínají některou důležitou oblast, například vzduchotěsnost. Pro projektanty, ale zejména pro lidi vykonávající technické dozory stavebníka či stavbyvedoucí je zásadní, aby věděli, jak detail správně provést. Vybrané detaily vycházejí z praxe řady odborníků spolupracujících v Centru pasivního domu, neziskové organizaci a největší platformě podporující energeticky úsporné a trvale udržitelné stavitelství u nás.

Publikace slouží jako určitý návod, jak detaily a konstrukce navrhovat, provádět a na co si dát pozor. Nesusplňuje však zdravý rozum ani zkušenosti s použitím konkrétních jednotlivých technologických postupů. Použitelných výrobků a konstrukčních podvariant pro jednotlivé detaily je na trhu bezpočet a nelze je všechny v této publikaci obsáhnout, ani to není jejím účelem. Předpokladem správného použití v praxi je, že si čtenář informace zde uvedené doplní o znalosti:

- normových požadavků, na něž se v detailech odkazuje nebo s nimiž detail zjevně souvisí;
- technologických postupů výrobců materiálů pro jejich správné použití a zabudování včetně návaznosti na konkrétní použité výrobky;
- získané případným navazujícím výpočtovým posouzením konkrétního materiálového nebo konstrukčního řešení pro konkrétní podmínky zabudování.

Snahou bylo v této publikaci předat zkušenosti s efektivními konstrukcemi dostupné v době tvorby. Můžete je přímo použít nebo vzít jako inspiraci pro vlastní řešení. Ovšem je zde ještě jedna obecná rada, platná nejen pro projekční, ale i pro realizační fázi. Při použití detailů zapojte kritické myšlení, jež nám umožňuje dívat se pod pokličku věcí. Můžeme posuzovat nabízená řešení ze všech stran a se všemi souvislostmi. Přemýšlet nad jejich krátkodobými i dlouhodobými účinky, zjišťovat zpětnou vazbu na použitá řešení a vše, co děláme, pojmout jako nekončící proces učení a seberozvoje. Přeji vám, ať je pro vás tato publikace další skládačkou v mozaice možností toho, jak mohou naše „systémy“ pracovat lépe, efektivněji a hlavně ve větší harmonii s okolím.

01

Návrh a provádění vybraných prvků
a konstrukčních detailů

Co je pasivní dům?

Ve zkratce se jedná o dům, který s minimem spotřebovaných zdrojů poskytuje uživatelům zdravé bydlení a ne-bývalý teplotní komfort v zimě i v létě. Nejednou jsem z úst uživatelů pasivních domů slyšel: „Největší rozdíl je, že máme neustále čerstvý vzduch, a přesto platíme ročně pouze pět tisíc korun za vytápění. To nám dává i jistotu do budoucna, že zvládneme splácet hypotéku i při zvýšení cen energie, a bereme to jako důchodové připojištění.“ Přitom cena pasivního domu je jen nepatrně vyšší než domu běžného [41]. Tyto zvýšené náklady, i když relativně malé, dnes navíc pro rodinné domy v celé výši pokrývá státní dotace Nová zelená úsporám.

1-1 *Pěknou ukázkou odpovědného přístupu je stavba pasivního domu pro seniory v Brně-Modřicích, nabízející výjimečnou kvalitu vnitřního prostředí bez zbytečné budoucí zátěže rozpočtu městské části (Architekti: Josef Smola, Aleš Brotánek. Foto: CPD)*



Můžeme se také zeptat, co pasivní dům není. Zcela určitě se nejedná o koncept omezený architektonicky, materiálově ani typologicky. Jako pasivní může být postavena novostavba i renovace, rodinný dům stejně jako panelák, škola, administrativní budova nebo i kostel, navíc prakticky v jakémkoliv vzhledovém řešení. Zejména renovace stávajících budov se snížením spotřeby tepla na vytápění na desetinu je celospolečensky nejzajímavější. Materiálové možnosti jsou také neomezené. Lze vybírat z klasických stavebních materiálů od cihly, betonu, polystyrenu až po přírodní alternativy jako dřevo, konopné, dřevovláknité nebo slaměné izolace.

1-2 *Pasivní mateřská školka v Dráždanech s organickými tvary a zelenou střechou připomínající původní terénní reliéf (Architekt: Olaf Reiter. Foto: CPD)*



Koncept je založen na několika hlavních pilířích:

- vysoce izolovaná obálka budovy pro snížení tepelných ztrát;
- konstrukce bez tepelných mostů;
- využívání solárních zisků;
- neprůvzdušnost obálky;
- zpětný zisk tepla z odpadního vzduchu.

Pasivní dům je mezinárodně uznávaný termín pro domy, splňující kritéria Passivhaus Institutu v Darmstadtu:

Měrná roční potřeba tepla na vytápění:	≤ 15 kWh/(m ² a)
Měrná roční potřeba energie na chlazení:	≤ 15 kWh/(m ² a)
Neprůvzdušnost obálky budovy n50:	≤ 0,6 l/h
Měrná roční potřeba primární energie:	≤ 120 kWh/(m ² a)
(vytápění, chlazení, TV, pomocná energie, osvětlení, spotřebiče)	

V návrhu detailů musejí být dodrženy komfortní teploty a řešení bez tepelných mostů. Zároveň musí být dodrženo překročení maximální teploty 25 °C pod 10% času. Tím je zaručena vysoká kvalita stavby bez poruch a výjimečná kvalita vnitřního prostředí v zimě i v létě.

01-1 Pasivní domy na cestě k trvale udržitelnému stavebnictví

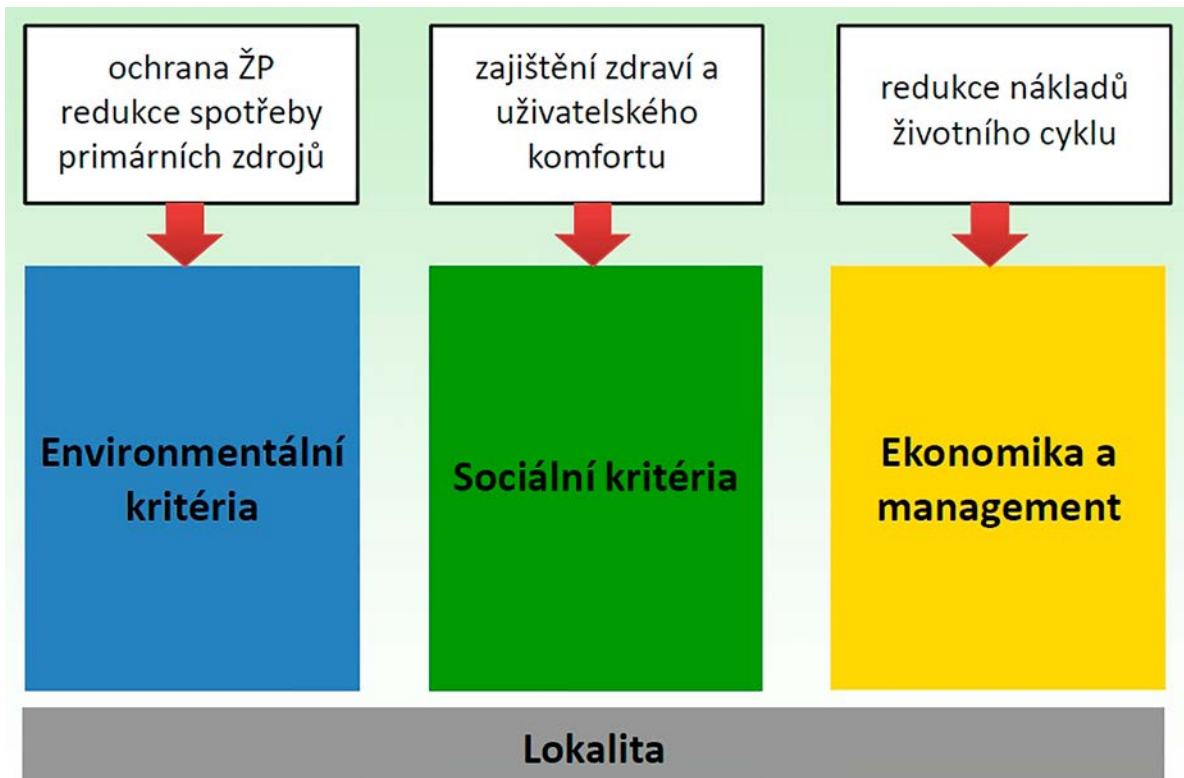
Je zřejmé, že naše moderní kultura při současném konzumním životním stylu a využívání fosilních zdrojů nemá bez zásadní změny schopnost přenechat dalším generacím vhodné prostředí pro život. Stav, kdy si bereme víc, než je naše planeta schopna dlouhodobě poskytnout, není udržitelný. Pokud bychom měli označit největší žrouty zdrojů a zároveň znečišťovatele, tak na prvním místě jsou budovy (40 %), pak doprava (33 %) a průmysl (27 %). Největším problémem je využívání fosilních, neobnovitelných zdrojů energie, které při spalování produkují skleníkové plyny, prokazatelně způsobující změny klimatu. Zaměřit se pouze na úspory energie ovšem nestačí, a pokud chceme žít opravdu trvale udržitelně, je nutné vyvážení tří hlavních pilířů: environmentálního, sociálního a ekonomického. Tak lze dosáhnout trvalé změny, výhodné navíc pro všechny zapojené (tzv. win-win strategie). Například přínosy trvale udržitelného přístupu stavebnictví pro jednotlivce i celou společnost tvoří synergický efekt s posílením všech tří pilířů, kde přináší tyto výhody:

- významné zlepšení kvality ovzduší a životního prostředí;
- ekonomické přínosy – uspořena a zelená energie je levnější než energie z plynu, uhlí nebo jádra;
- státní energetická bezpečnost plynoucí ze snížení závislosti na cizích a nestabilních zdrojích;
- vytvoření a udržení velkého množství „zelených“ pracovních míst;
- rozvoj technologií a inovací, podpora průmyslu;
- řešení pro nízkorozpočtové rodiny, u nichž nízké provozní náklady neohrožují splácení hypotéky.

Po zohlednění celého efektu tak každá investovaná koruna ze státního rozpočtu do trvale udržitelných opatření přináší multiplikační efekt napříč celou společností, a to v krátkodobém i dlouhodobém horizontu [26].

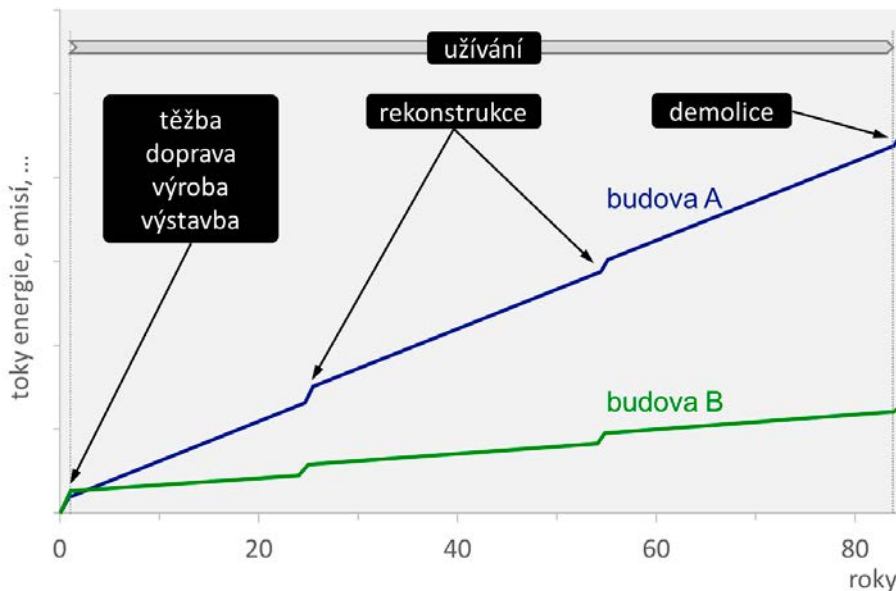
Vztaženo na budovy – trvale udržitelný přístup znamená zohlednit řadu parametrů. Pasivní domy mají perfektně zvládnuté oblasti spotřeby energie, ekonomiky provozních a vstupních nákladů, vnitřního komfortu v interiéru a hygieny vnitřního prostředí. Tvoří tak základ trvale udržitelných staveb rozšířený o holistický přístup:

- využívání obnovitelných zdrojů energie;
- posouzení svázané „šedé“ energie zohledňující materiálové složení s ohledem na celý životní cyklus od výroby, přes údržbu až po zneškodnění nebo recyklaci;
- kvalitu vnitřního prostředí – emise škodlivin z materiálů (baubiologie), osvětlení, akustika;
- nakládání s vodou a odpady;
- lokalita, dopravní dostupnost, služby.



1-3 Hodnoticí kritéria trvalé udržitelnosti budov dle metodiky SBTool.CZ (Autor: M. Vonka, [43])

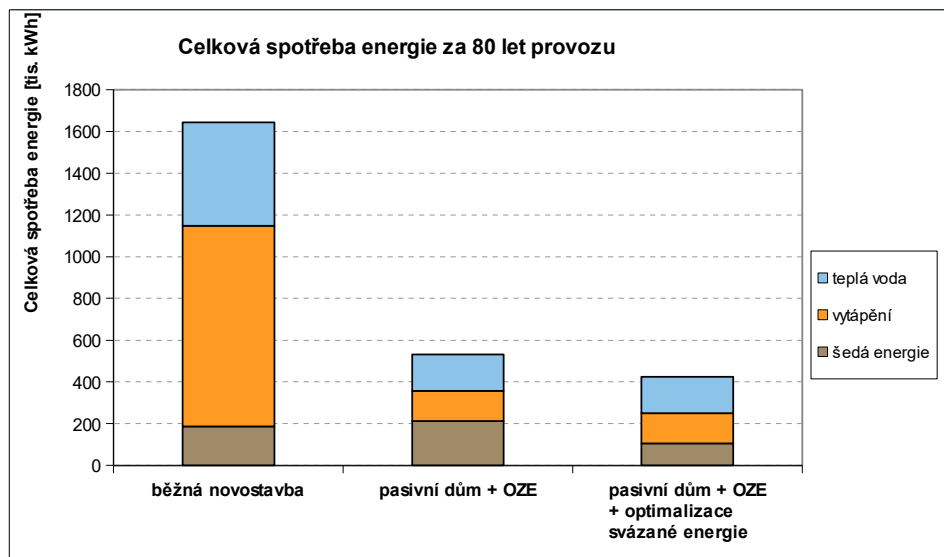
Existuje řada certifikačních systémů a metodik pro hodnocení trvalé udržitelnosti budov, jako například CESBA, SBTool, LEED, BREEM a další. Častou otázkou je, která část z uvedených parametrů je nejdůležitější, která má největší vliv na výslednou zátěž životního prostředí. Z obr. 1-4 lze vidět zhruba tok energií a emisí pro běžný a pasivní dům. Jak je vidět u běžných domů, svázaná energie zabudovaná v materiálech tvoří pouze zlomek celkové spotřeby energie v objektu.



1-4 Srovnání toku energií v běžném (A) a pasivním domě (B) (Autor: M. Vonka, [43])

Zajímavé je srovnání svázané energie (ve výpočtu uvažováno dle [42]) a energie potřebné na vytápění a ohřev teplé vody za 80 let provozu. V celoživotním cyklu běžného domu tvoří vytápění a ohřev teplé vody největší díl, asi 90% ze spotřebované energie (obr. 1-5), a zde se skrývá i největší potenciál úspor. Po provedení úsporných opatření a využití obnovitelných zdrojů energie se významně zvětší podíl svázané energie. Pak už má určitě smysl řešit i materiálovou skladbu s ohledem na environmentální dopady.

1-5 Srovnání podílu svázané „šedé“ energie, energie na vytápění a ohřev teplé vody za 80 let provozu (Zdroj: CPD)

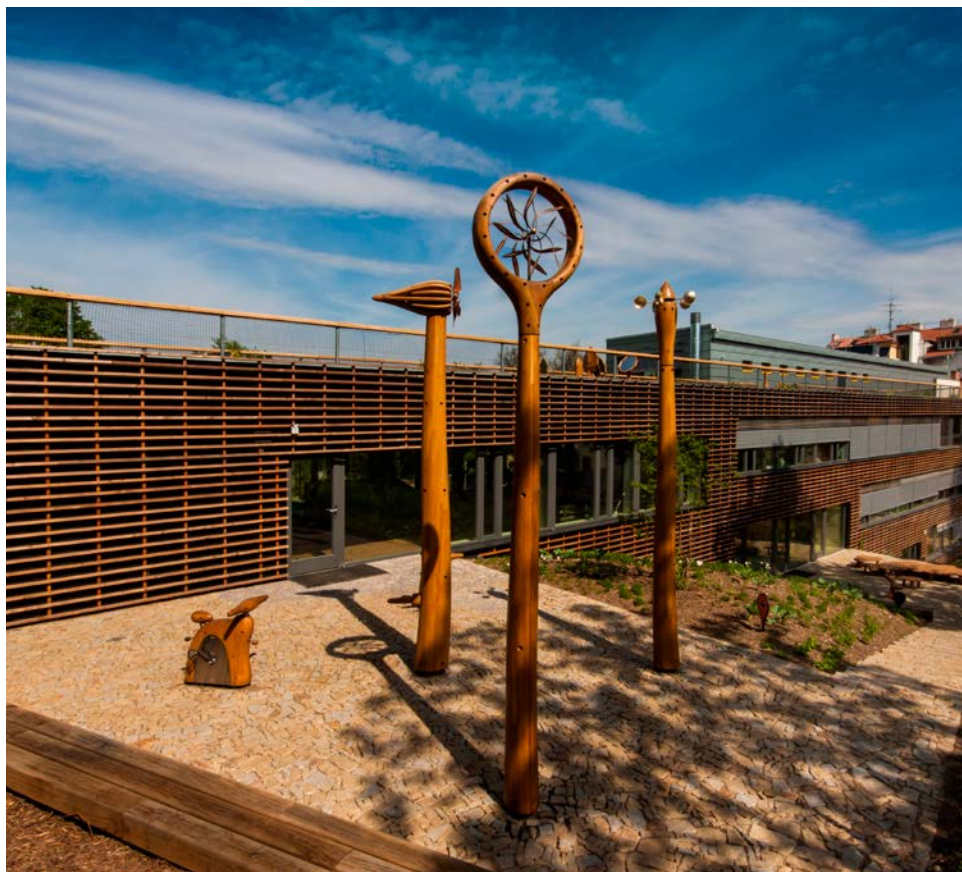


Pro všechny běžné budovy včetně renovací lze doporučit souslednost kroků a opatření, jimiž by se měli stavebníci vydat na cestě k trvalé udržitelnosti, a to v pořadí:

1. snížit potřebu energie na vytápění na úroveň pasivního domu;
2. použít efektivní technologie a obnovitelné zdroje energie;
3. snížit svázanou „šedou“ energii.

Řešit pouze třetí krok bez předchozích dvou přináší jen malé environmentální dopady. Úspory energie a obnovitelné zdroje energie jsou navíc pro investory ekonomicky výhodné a přináší benefity ve formě snížených provozních nákladů. K přírodě šetrnější materiálová volba konstrukcí je projevem environmentální uvědomělosti a odpovědného přístupu, bývá však bohužel častěji spojena se zvýšenou cenou oproti konvenčním řešením. Po větším rozšíření přírodních a recyklovaných materiálů na trhu lze očekávat srovnání ceny.

1-6 Vzdělávací centrum
Otevřená zahrada v Brně
(Architekti: Projektil
Architekti. Foto: Lenka
Grossmanová)



01-2 Téměř nulové budovy od 2020

Na uvedené reaguje i směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov EPBD II (Energy Performance of Building Directive), s cílem dosáhnout snížení emisí skleníkových plynů pocházejících z provozu budov. Pro dosažení cíle jsou navrženy dva podpůrné mechanismy:

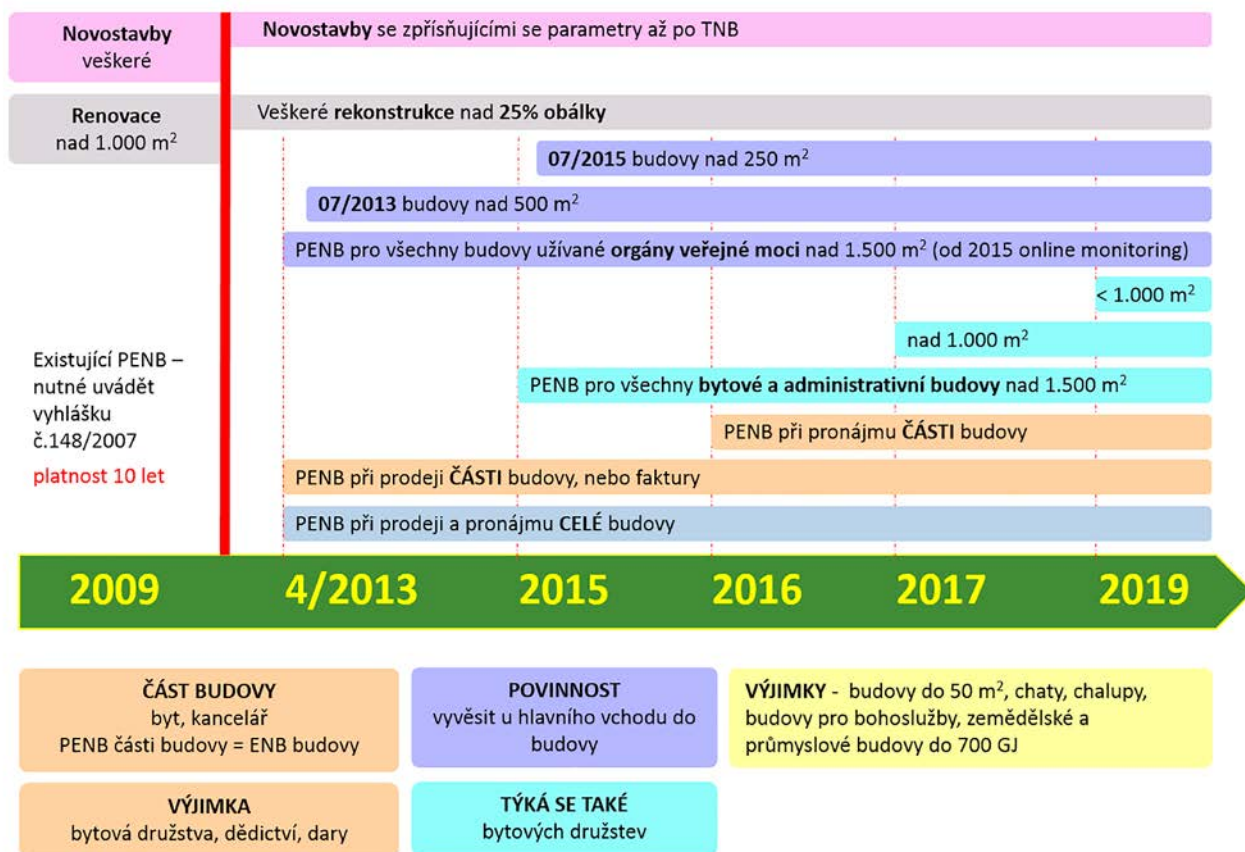
- postupné plošné zavedení povinnosti zpracování průkazů energetické náročnosti budov (PENB);
- úprava legislativních požadavků pro výrazné snížení energetické náročnosti novostaveb i renovací stávajících budov.

Každý členský stát Evropské unie musí implementovat směrnici EPBD II do své legislativy. Návaznost v České republice zabezpečují tyto právní dokumenty:

- zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií po novelizaci (č. 318/2012 Sb.);
- prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov;
návazná technická normalizační informace TNI 73 0331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet (informativní).

01-1-1 Průkazy energetické náročnosti budov

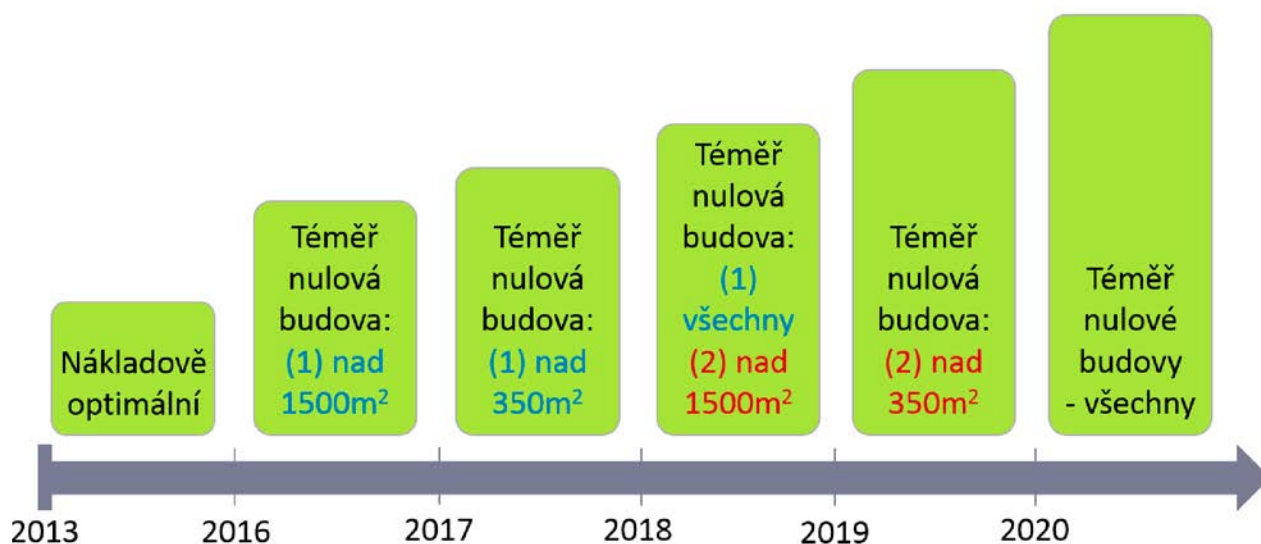
Zavedení průkazů energetické náročnosti budov napříč celým realitním trhem je obdobou energetických štítků, na něž jsme zvyklí u všech domácích spotřebičů. Průkazy energetické náročnosti pro novostavby a renovace nad 1 000 m² užité plochy jsou povinné již od roku 2009. Od dubna 2013 jsou však potřeba při každém prodeji, pronájmu a při větších změnách dokončených budov (viz obr. 1-7). Jedná se bezpochyby o velice přínosné opatření, které vyřešilo paradoxní situaci na realitním trhu. U veškerých domácích spotřebičů a aut za desítky až stovky tisíc korun bylo možné dohledat jejich spotřebu a podle toho se při koupi orientovat. U budov za několik milionů však taková možnost chyběla a lidé kupovali „zajíce v pytli“. Navíc nová metodika výpočtu PENB, zakotvená ve vyhlášce 78/2013 Sb., je výrazně přesnější oproti předchozí metodice s menší vůlí pro zpracovatele provést výpočet nekorektně.



01-7 Přehled povinnosti zpracovat průkaz energetické náročnosti budov (PENB) pro různé typy budov.

01-1-2 Téměř nula a pasivní dům

Postupný přechod na téměř nulové budovy je patrný na obr. 1-8. Od roku 2020 musejí být všechny novostavby a rozsáhlejší renovace stavěny jako téměř nulové budovy. Jako prvních se změna dotkne větších staveb veřejné správy od 1. 1. 2016 a postupně se zavádí i na menší stavby a veřejný sektor. Datum je vázáno na podání žádosti o stavební povolení.



Pozn: (1) – vlastníkem budovy a jejím uživatelem je **orgán veřejné moci**
(2) – **všechny ostatní budovy**

1.8 Harmonogram přechodu legislativy na téměř nulové budovy v ČR (Zdroj: Šance pro budovy)

1-9 Řada budov a zejména větších staveb nemá již dnes problém dostat se na pasivní standard a splnit s rezervou i požadavky téměř nulové budovy. Přitom mohou být i architektonicky velice kvalitní. Na fotografii Vila pod Altánem v Praze, vítězná budova soutěže Stavba roku 2012 (Architekt a foto: Aleš Brotánek, ABatelier)



Parametry téměř nulového domu jsou specifikovány ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. s odkazem na ČSN 73 0540-2. Podle nové metodiky se při hodnocení porovnává posuzovaná budova s referenční budovou o stejném objemu a tvaru, avšak s parametry dle vyhlášky. Pro definici téměř nulové budovy jsou zásadní parametry uvedené v tab. 1 a 2.

Tab. 1 Parametry referenční budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční budova	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	f_R	-	1,0	0,8	0,7
Účinnost zpětného získávání tepla systému nuceného větrání s objemovým průtokem větracího vzduchu do 7500 m ³ /hod	$\eta_{H,hr,R}$	%		60 %	
Účinnost zpětného získávání tepla systému nuceného větrání s objemovým průtokem větracího vzduchu nad 7500 m ³ /hod	$\eta_{H,hr,R}$	%		45 %	

Tab. 2 Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie referenční budovy z tabulky č. 5 vyhl. 78/2013 Sb.

Parametr	Označení	Jednotky	Druh budovy nebo zóny	Dokončená budova a její změna po 1. 1. 2015	Nová budova po 1. 1. 2015	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu	$\Delta e_{p,R}$	%	Rodinný dům	3	10	25
			Bytový dům	3	10	20
			Ostatní budovy	3	8	10

Uvedené požadavky na téměř nulové budovy bohužel nezohledňují dnešní stav techniky. Jako hlavní výtky lze považovat:

- Redukční činitel $f_R = 0,7$ (vztaženo k požadovaným hodnotám U_{em} z normy ČSN 73 0540-2) znamená průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} \approx 0,30-0,37 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, přitom běžně se u pasivních domů dosahují hodnoty $U_{em} \approx 0,20-0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, tedy redukční faktor může být snížen až na hodnotu 0,5.
- Účinnost zpětného zisku tepla je výrazně podhodnocena. Dnešní větrací jednotky certifikované Passivhaus Institutem umožňují i při objemových průtocích nad 7 500 m³/hod dosahovat účinnosti 85 %.
- Snížení neobnovitelné primární energie o 20–25 % proti referenční budově je neprogresivní, když víme, že jsou dnes běžně dosažitelné hodnoty až 50 %, zejména po snížení potřeby tepla na vytápění.

Pokud nedojde k novelizaci vyhlášky, bude pokrok v oblasti energetické efektivity nových budov po roce 2020 patrně menší, než by se dalo podle schválené legislativy, ale zejména dle pojmu „téměř nulová budova“ očekávat. Dle propočtů [44] totiž vychází, že téměř nulový rodinný dům vyhovující parametrům vyhlášky bude mít měrnou potřebu tepla na vytápění 45 kWh/(m²a) a bytový dům 23 kWh/(m²a), což je víc než dvojnásobek pasivního domu. Označení „téměř nulový dům“ tak nyní bohužel přispívá spíše k matení pojmů. Pro investory, kterým záleží na tom, aby minimalizovali náklady na spotřebu energie, zůstává stále nejvhodnější volbou pasivní dům.

1-10 Ani menší rodinné domy nemají problém splnit parametry pasivního domu, zde rodinný dům ve Svinošicích (Architekt: Mojmir Hudec. Foto: Slavona)



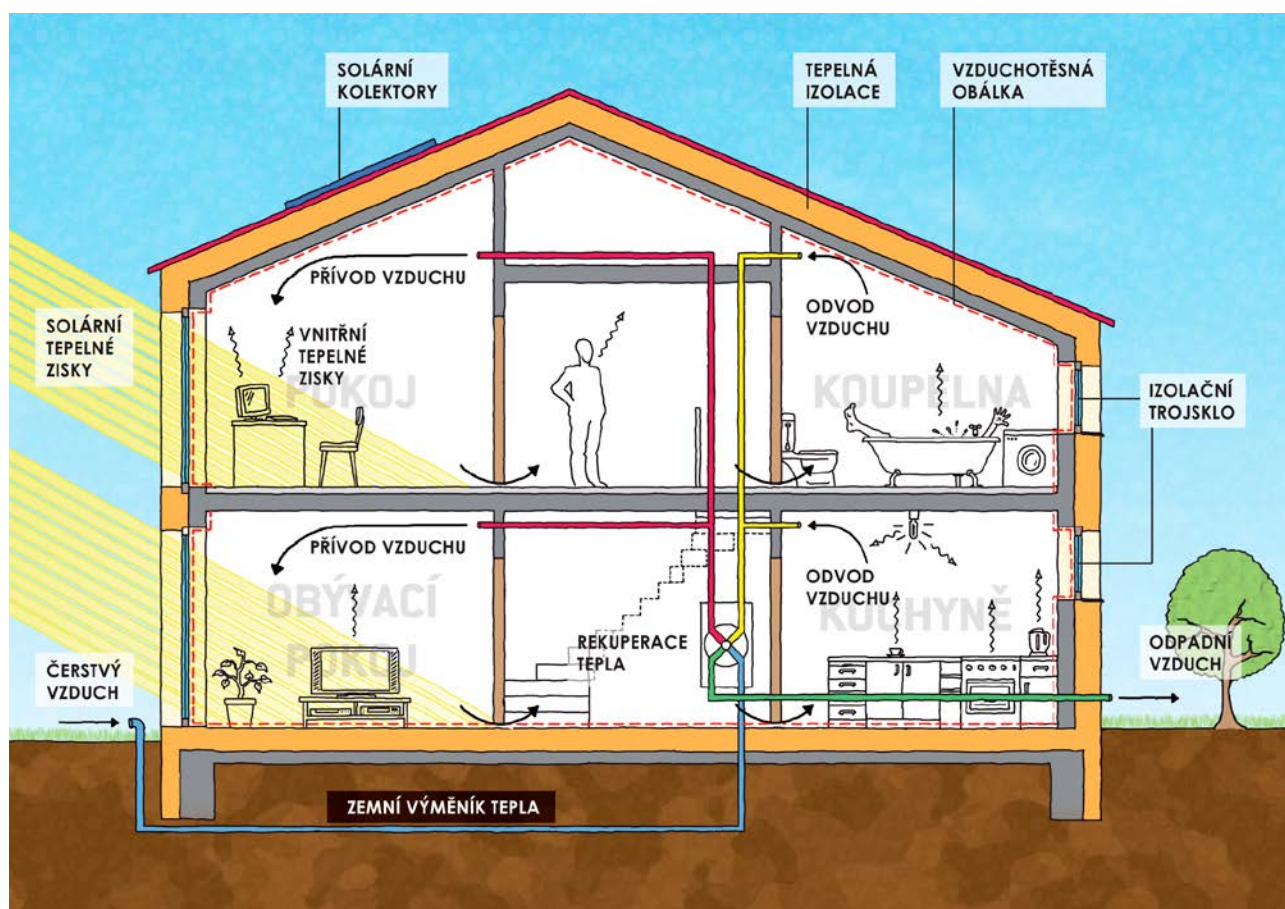
02

Prvky pasivního domu

Kromě vysoké úspornosti nabízí pasivní dům optimální vnitřní prostředí, vysokou míru spokojenosti uživatelů a budovu bez poruch. Aby toho bylo dosaženo, posuzuje se i letní přehřívání, možnost regulace intenzity větrání a vytápění a v obytných místnostech musejí být otvíravá okna.

Pro dosažení pasivního domu je třeba dodržet několik základních zásad a prvků:

- orientaci budovy s využitím solárních zisků;
- kvalitně zaizolovanou neprůsvitnou obálku na úrovni $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, pro menší objekty pod $U \leq 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- okna a dveře s izolačními trojskly $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- řešení všech konstrukcí s potlačením tepelných mostů;
- spojitou vzduchotěsnou obálku otestovanou tlakovým testem na hodnotu $n_{50} \leq 0,60 \text{ l/h}$;
- větrání se zpětným získkem tepla (rekuperací) s účinností min. 75 %;
- volbu efektivních zdrojů energie, ideálně z obnovitelných zdrojů energie.

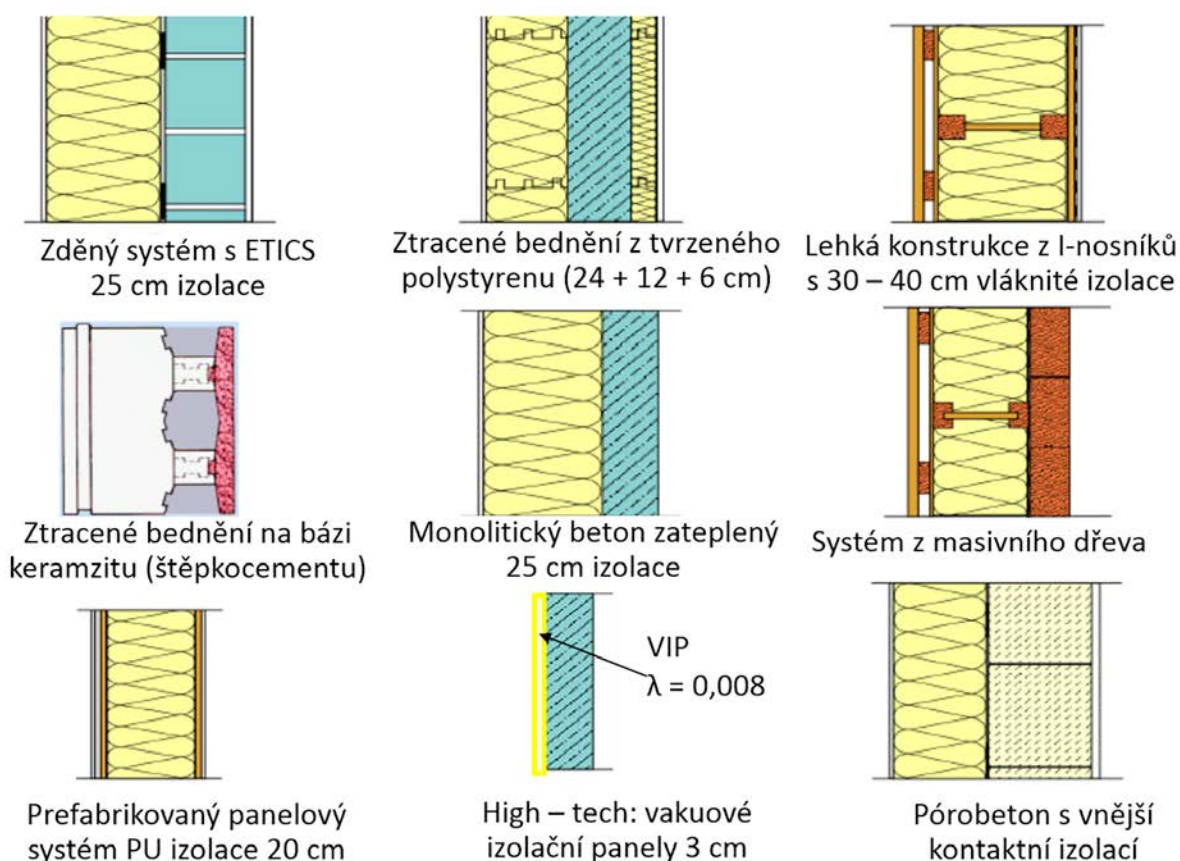


2-1 Schéma prvků pasivního domu (Zdroj: CPD)

Přesné parametry jednotlivých prvků se stanovují optimalizací ve výpočtových softwarech. Na kontrolu uvedených hodnot se používá program PHPP (Passive House Planning Package), jehož přesnosti jsou ověřeny na tisících pasivních domů. Případná certifikace může dát investorovi jistotu, že návrh splňuje tyto hodnoty.

O2-1 Konstrukce a izolace

Kromě snížení tepelných ztrát prostupem jsou hlavními atributy kvalitně izolovaných konstrukcí vysoké povrchové teploty a snížení rizika růstu plísní. Vysoký tepelný odpor konstrukcí působí i v letním období jako ochrana proti přehřívání, i když zásadnější jsou akumulční vlastnosti konstrukce. Často zmiňovaná požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní domy $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ je spíše horní hranicí pro konstrukce větších, kompaktních a ideálně orientovaných budov. Pro běžnou výstavbu se proto uvažuje s hodnotami součinitele prostupu tepla $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pro stěny, $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pro podlahu. Také v normě ČSN 73 0540-2 jsou uvedeny doporučené hodnoty pro pasivní budovy. Ze zkušeností však pro dosažení standardu pasivního domu nepostačují, a lze proto doporučit navrhování parametrů konstrukcí na spodní hranici intervalu. Nicméně všechny tyto hodnoty jsou orientační a přesné parametry se určují optimalizací dle konkrétního případu.



2-2 Pasivní dům lze postavit ze všech běžně dostupných materiálů (Zdroj: Passivhaus Institut)

Nejzásadnější předpoklady pro vhodný konstrukční systém jsou:

- vhodnost konstrukce pro aplikaci zvoleného typu izolace a povrchových úprav;
- co nejmenší tloušťka konstrukce při dosažení potřebných izolačních parametrů;
- možnost jednoduchého řešení napojení konstrukcí bez tepelných mostů;
- jednoduchost a spolehlivost provedení vzduchotěsnicí vrstvy.

Dnes je k dispozici řada konstrukčních systémů splňujících uvedené požadavky. Důležitá je zejména tloušťka konstrukce. Každý ušetřený centimetr tloušťky stěny znamená pro klienta nárůst podlahové plochy a ceny nemovitosti asi o 10 tisíc korun na jedno patro, což je důležité hlavně v zastavěných oblastech. Při posouzení ekonomiky jednotlivých konstrukčních systémů nelze brát do úvahy pouze cenu za metr čtvereční. Systémy je potřeba posuzovat v souvislostech s ohledem na další použité prvky, jako jsou překlady, stropy, doplňkové tvárnice, zakládání, pracnost, rychlost výstavby, nutnost a doba použití lešení a další. Nezanedbatelná je také míra údržby a životnost jednotlivých konstrukcí nebo přidaná hodnota v lepších akumulčních či akustických vlastnostech.

Unikátním příkladem trvale udržitelného přístupu je kancelářská budova Life Cycle Tower One (LCT1) v rakouském Dornbirnu. Místo tradičního železobetonového skeletu je použit prefabrikovaný panelový systém na bázi dřevěného skeletu s dřevobetonovými stropními konstrukcemi. CO₂ bilance této stavby je desetinová proti běžným stavbám, konstrukce mají požární odolnost REI 90 a touto technologií lze stavět budovy až do výšky 30 pater. Nezanedbatelná je i rychlost výstavby. Panelová konstrukce této osmipatrové budovy byla postavena konstrukčním týmem pěti lidí za osm dní.



2-3 Unikátní osmipatrová administrativní budova na bázi montovaného těžkého dřevěného skeletu (Architekt: Hermann Kaufmann. Foto: vlevo Büro Kaufmann – AL, vpravo Darko Todorovic, adrok.net)

V této publikaci je prezentováno pět často používaných konstrukčních systémů stěn:

- vápenopískové zdivo s kontaktním zateplovacím systémem;
- pórobetonové zdivo s kontaktním zateplovacím systémem;
- systém ztraceného bednění z polystyrenu s betonovým jádrem;
- sloupková dřevostavba s izolací v roštu;
- masivní dřevěné panely s izolací v roštu.

Kromě uvedených jsou na trhu i další systémy, které splňují uvedené parametry, jako například keramické tvárnice s kontaktním zateplovacím systémem, jednovrstvé zdivo s výplní izolací, prefabrikované betonové panely, lehké sendvičové panely z OSB.

Určitě neplatí názor, že pasivní domy jsou stavěny jenom z vybraných izolačních materiálů. Použitelné jsou v podstatě všechny běžně dostupné izolace, samozřejmě s ohledem na vhodnost pro danou konstrukci. Hlavními předpoklady jsou možnost řešení potřebné tloušťky vrstvy bez přerušení, jednoduchá proveditelnost a kontrolovatelnost. Konstrukční detaily uvedené v další části umožňují variabilitu použití různých izolačních materiálů dle potřeby konkrétního účelu: ceny, jednoduchosti provádění, požární odolnosti, ekologie a dalších.