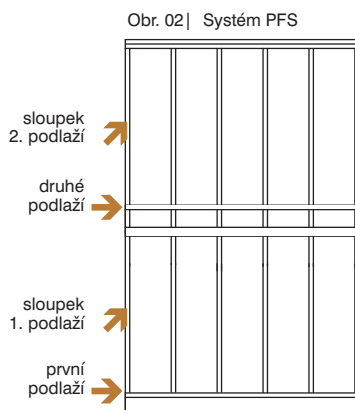
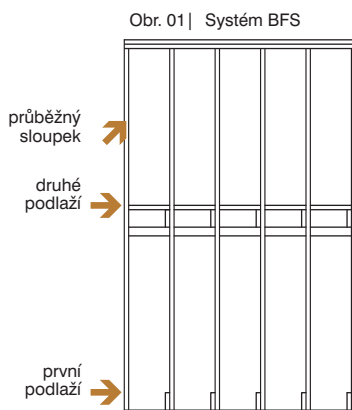


VÝVOJ SKLADEB DOMU S LEHKÝMI DŘEVĚNÝMI NOSNÝMI SKELETY

LEHKÝ NOSNÝ SKELET JE RÁMOVÁ KONSTRUKCE TVOŘENÁ DŘEVĚNÝMI PROFILY S HŘEBÍKOVÝMI SPOJI. DOMY S TOUTO NOSNOU KONSTRUKCÍ SE OBVYKLE OPLÁŠTJÍ DESKOVÝM MATERIÁLEM SE STATICKOU FUNKCÍ ZTUŽENÍ.



SYSTÉMY UPLATŇOVANÉ V LEHKÝCH DŘEVĚNÝCH SKELETECH

SYSTÉM BFS
(BALOON FRAME SYSTEM)

Základním charakteristickým znakem tohoto systému jsou nosné sloupky procházející stavbou přes všechna podlaží. Historie tohoto systému se podle dostupných pramenů začala psát roku 1833, kdy byl v Chicagu postaven kostel Sv. Panny Marie. Zde byl poprvé použit koncept lehkého dřevěného opláštěného skeletu. Základem systému byly nosné dřevěné profily o rozměrech 2×4 , resp. 2×8 palců.

SYSTÉM PFS
(PLATFORM FRAME SYSTEM)

Systém PFS se od systému BFS liší tím, že nosné dřevěné sloupky se navrhují na výšku vždy jen jednoho podlaží. Jsou ukončené soustavou



vodorovných vazných prvků a umožňují daleko variabilnější architektonické a dispoziční řešení staveb, resp. variabilní členění staveb po jednotlivých podlažích. Montáž tohoto systému je snadná, s menšími nároky na manipulaci. Platform frame systém se začal prosazovat po roce 1900 v Americe. V Evropě se dřevěné stavby výrazně prosadily až po roce 1930, a to v Německu a Skandinávii systémem PFS. V současné době systém PFS převládá jak na americkém, tak na evropském kontinentu.

VÝVOJ V ČESKÝCH ZEMÍCH

V porovnání s ostatními evropskými zeměmi mírného podnebného pásma bohužel vývoj dřevěného stavení v českých zemích značně zaostal. Stalo se tak především v důsledku špatných zkušeností s velkými požáry a absence dostupných technických řešení k jejich předcházení. Restriktivní přístup vyvrcholil Stavebními řády z roku 1864 a 1886, které prakticky zakázaly jakékoliv dřevěné stavby

městského typu. V některých městech vydržely v platnosti až do roku 1946, kdy je nahradil státní program „Úspora a náhrada dřeva ve stavebnictví“, který v rámci koncepce rozvoje prefabrikovaných betonových systémů a jejich preference vytlačil dřevěné stavení nejen z oblasti realizace, ale i odborného vzdělávání, vývoje a výzkumu.

KONSTRUKCE
RÝMAŘOV 1978 – OKAL

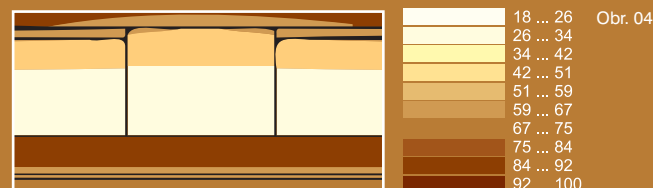
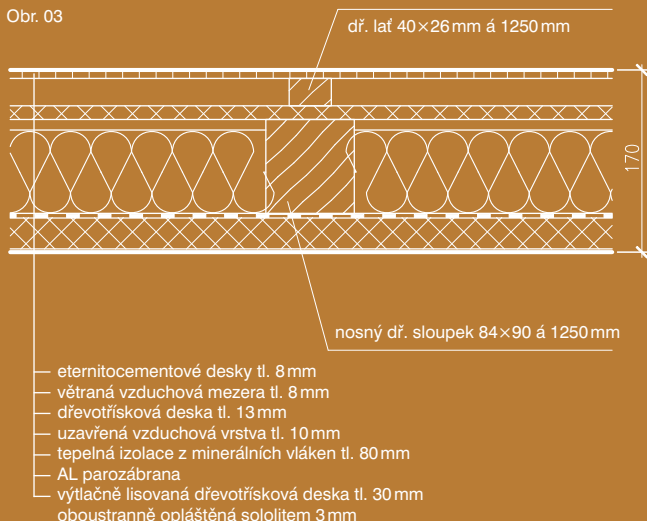
Prakticky jediným významným podnikem, který stavěl dřevěné domy, a to na principu PFS a prefabrikace ve výrobním závodě, byly RD Jeseník se svým systémem OKAL po roce 1970 /obr. 03/. Nedostatek stavebních materiálů a nedůslednost při provádění „Okálů“ měly za následek projevující se vady a vysoké náklady na provoz domů. Tyto skutečnosti vedly k ještě nižší popularitě dřevostaveb na našem území. Uvádíme příklad konstrukce tohoto typu s tepelnětechnickým

posouzením stěny. Skladbu posuzujeme jako dvouplášťovou s větranou vzduchovou vrstvou na straně exteriéru. Skladba Rýmařov 78 – OKAL výpočtově vyhovuje požadované hodnotě tepelného odporu konstrukce uvedené v ČSN 73 0540:1977 [4].

V posuzované skladbě výpočtově nedochází ke kondenzaci vodních par, z čehož vyplývá, že je splněn požadavek aktivní roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry dle požadavků ČSN 73 0540:1977 [4]. Pro srovnání uvádíme, že současný požadavek na tepelnětechnické vlastnosti stěny přepočtený na tepelný odpor, používaný v roce 1977, je $3,07 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Norma platná v době realizace domů s touto skladbou obvodových stěn nekladla žádný požadavek na dodržení dovolené vlhkosti dřeva. Dnes platná ČSN 73 0540-2:2007 [6] stanovuje dovolenou vlhkost dřeva 18 %. Při jejím překročení

Obr. 03



Hodnocený parametr konstrukce	Požadovaná hodnota
tepelný odpor konstrukce R_k [(m ² .K)/W] – platí pro teplotu vnějšího vzduchu $t_{e, -15^{\circ}\text{C}}$	$\geq 0,95$
množství zkondenzované vodní páry G_k [kg/(m ² .a)]	navrhovat bez kondenzace
celoroční bilance vlhkosti [kg/(m ² .a)]	aktivní

Tabulka 01 | Požadavky na posuzovanou konstrukci Rýmařov 1978 – OKAL dle ČSN 73 0540:1977

	Tepelný odpor konstrukce R [(m ² .K)/W]	Množství zkondenzované vodní páry M_k [kg/(m ² .a)]	Celoroční bilance vlhkosti
Skladba 1	1,74 +	Nekondenzuje +	Aktivní +
+ ... vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540:1977			

Tabulka 02 | Výsledky posouzení výpočetními metodami uvedenými v ČSN 73 0540-4:2005 a ČSN EN ISO 13788:2002

Návrhové parametry venkovního vzduchu	-15°C, 84 %
Návrhové parametry vzduchu v interiéru	21°C, 50 %
Průměrné návrhové měsíční teploty a vlhkosti	do 400 mn. m., 4. vlhkostní třída

Tabulka 03 | Společné okrajové podmínky pro posouzení jednotlivých skladeb

- Obr. 03 | Konstrukce Rýmařov 1978 – OKAL
Obr. 04 | Grafické znázornění průběhu relativní vlhkosti vzduchu v detailu při průměrných návrhových parametrech
Obr. 05 | Konstrukce domů dovezených z Kanady a USA po roce 1990
Obr. 06 | Grafické znázornění průběhu relativní vlhkosti vzduchu v detailu při průměrných návrhových parametrech

dochází k riziku napadení dřevokaznými houbami. Vlhkost dřeva se stanovuje podle Čulického diagramu, který je uveden v ČSN 731701:1983 [7]. V závislosti na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu v místě zabudovaného dřeva se z diagramu určuje vlhkost dřevěného prvku, která nesmí překročit vlhkost kritickou. Konstrukci Rýmařov 78 – OKAL jsme posoudili na riziko napadení dřeva podle současných předpisů. U posuzované konstrukce je rovnovážná vlhkost přibližně rovna 7 %. Při této vlhkosti nehrozí napadení dřeva dřevokaznými houbami.

SYSTÉMY DOMŮ DOVEZENÉ Z KANADY A USA PO ROCE 1990

Dalšímu vývoji konstrukcí s lehkým dřevěným nosným skeletem napomohly některé realizace importovaných kompletních dřevěných staveb z Kanady a USA. Realizace narážely na značné rozdíly v legislativě, v požadavcích na tepelnětechnické, akustické a další vlastnosti konstrukcí a v požadavcích na kvalitu hotových domů. Při těchto realizacích se ukázaly velké rozdíly v chápání kvality bydlení v Evropě a za oceánem. V Evropě se uplatňují podstatně vyšší nároky na akustické a tepelnětechnické parametry konstrukcí. Typickou zaoceánskou konstrukci uvádíme opět na příkladu /obr. 05/

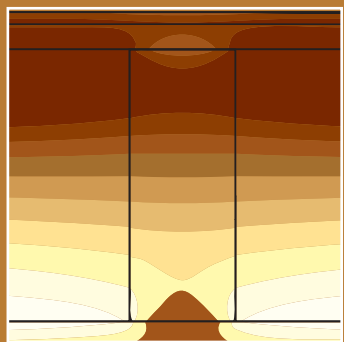
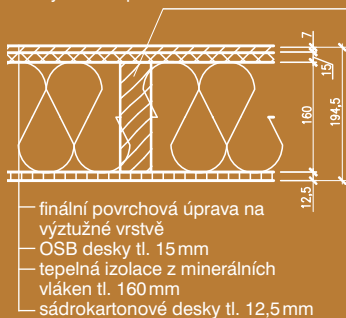
Skladbu jsme posuzovali jako jednoplášťovou s tepelnou izolací mezi nosnými sloupky. Skladba amerického typu výpočtově vyhovuje požadované hodnotě tepelného odporu konstrukce uvedené v ČSN 73 0540-2:1994 [5]. Současný požadavek na tepelnětechnické vlastnosti stěny přepočtený na tepelný odpor, používaný v roce 1994, je 3,16 m²K/W.

Ve skladbě výpočtově dochází ke kondenzaci vodních par. Zkondenzované množství vodních par překračuje normou stanovenou limitní hodnotu, nadto ke kondenzaci dochází v místě dřevěných nosných prvků. Roční bilance zkondenzované a vypařené

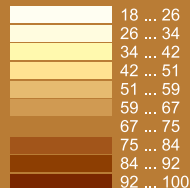


nosný dř. sloupek 60×120 mm á 625 mm

Obr. 05



Obr. 06



vodní páry je pasivní, není splněn požadavek ČSN 73 0540-2:1994 [5]. Povrchové teploty posuzované konstrukce splňují požadavky [5] na nejnižší povrchovou teplotu konstrukce.

ČSN [5] nadále nestanovovala požadavek na rovnovážnou vlhkost dřeva. I v tomto případě jsme provedli posouzení dřevěných prvků podle současných požadavků. Vzhledem k velkému množství zkondenzované vodní páry v místě dřevěných prvků je konstrukce vystavena velkému riziku napadení dřevokaznými houbami.

SOUČASNOST

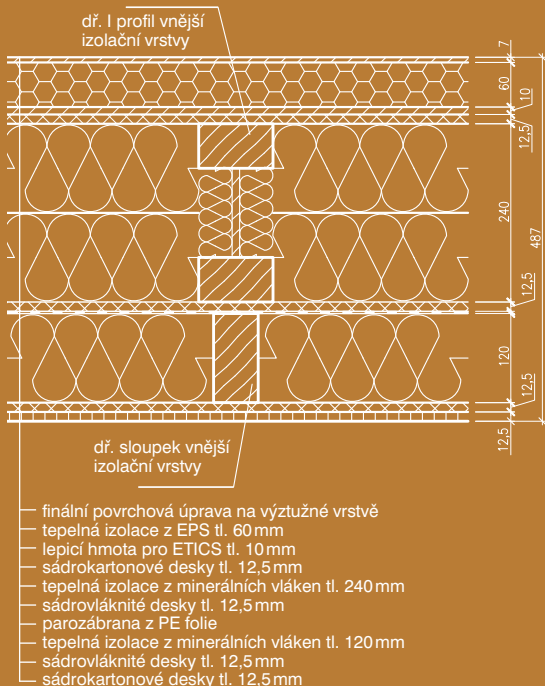
Nepřerušovaný vývoj po roce 1990 ukázal, že z dřevěných skeletů lze vytvářet funkční stavby. Na trhu jsou i systémy energeticky pasivních domů se součinitelem prostupu tepla obvodových konstrukcí pod 0,15 W/m²K, které uplatňují pro energeticky pasivní domy nezbytné nucené větrání, rekuperaci apod /obr. 07/.

Hodnocený parametr konstrukce	Požadovaná hodnota
tepelný odpor R_k [(m².K)/W]	$\geq 2,0$ (doporučená 2,9)
množství zkondenzované vodní páry G_k [kg/(m².a)]	$\leq 0,1$
celoroční bilance vlhkosti [kg/(m².a)]	aktivní
vnitřní povrchová teplota – požadovaná nejnižší povrchová teplota [°C] tlumené vytápění s poklesem teploty vnitřního vzduchu t_i do 5 K včetně	$\geq 10, 69$

Tabulka 04 | Požadavky na posuzovanou konstrukci domů dovezených z Kanady a USA po roce 1990 dle ČSN 73 0540-2:1994

	Tepelný odpor konstrukce R [(m².K)/W]	Množství zkondenzované vodní páry G_k [kg/(m².a)]	Celoroční bilance vlhkosti	Posouzení povrchové teploty konstrukce – nejnižší povrchová teplota $t_{p,min}$ [°C] Riziko růstu plísní při návrhových okrajových podmínkách
Skladba 1	3,06+	6,4201!	Pasivní!	16,42+
+ ... vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2:1994 ! ... nevyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2:1994				

Tabulka 05 | Výsledky posouzení výpočetními metodami uvedenými v ČSN 73 0540-4:2005 a ČSN EN ISO 137788:2002



Obr. 07 | Příklad skladby uplatňující se v současné době na českém trhu
Převzato z podkladů [1]

DEKHOM

DEKHOM je systém staveb s lehkým dřevěným nosným skeletem sestavených výhradně ze značkových materiálů a výrobků společnosti DEKTRADE.

Stavění ze dřeva je dnes oblíbenou alternativou technologiím využívajícím především silikátové materiály. Důvodem je rychlá výstavba a nižší nároky na dopravu materiálu. Své přednosti má stavění ze dřeva i z pohledu ekologie (využití obnovitelných zdrojů, energie potřebná k výrobě stavebních materiálů atd.). Na toto téma byly zpracovány mnohé práce a studie.

Na zvyšující se oblibu dřevostaveb a poptávku po nich reaguje i společnost DEK a.s. (resp. DEKTRADE a.s.) systémem rodinných domů DEKHOM. Při tvorbě systému jsme přijali princip obvodového pláště PFS s tepelnou izolací mezi svislými dřevěnými nosnými prvky, parozábranou z fólie lehkého typu na vnitřní straně tepelné

izolace a se spojitým kontaktním zateplovacím systémem na straně vnější.

Skladba obvodové konstrukce s tepelnou izolací mezi dřevěnými prvky a parotěsnicí a vzduchotěsnicí vrstvou z fólie lehkého typu není z hlediska požadavku na projektovou přípravu a bezvadné provedení triviální. Autoři systému jsou si tohoto faktu vědomi (viz také články DEKTIME 01/2005 Navrhování skladeb šikmých střech, 05-06/2006 Navrhování spolehlivých skladeb šikmých střech nad obytným podkrovím, 07/2006 Biologické problémy u dodatečně budovaného obytného podkroví). Proto jsou domy v systému DEKHOM vždy opatřeny vnějším kontaktním zateplovacím systémem. Omítka na vnějším povrchu plní mj. funkci vzduchotěsnicí vrstvy. Spojitá tepelná izolace vně nosné konstrukce zároveň posouvá dřevěné nosné prvky mimo kondenzační zóny, a to i v případě, že by se ve vrstvě z fólie lehkého typu nacházely netěsnosti.

Vzduchotěsnost obvodového pláště je třeba po provedení parotěsné vrstvy, před jejím zakrytím a po jejím zakrytí, exaktně prokázat, a to např. metodou tlakového spádu, kterou využívá např. Blower-door test (viz článek na str. 4-12). Zjištěné nedostatky při testu je nezbytné odstranit.

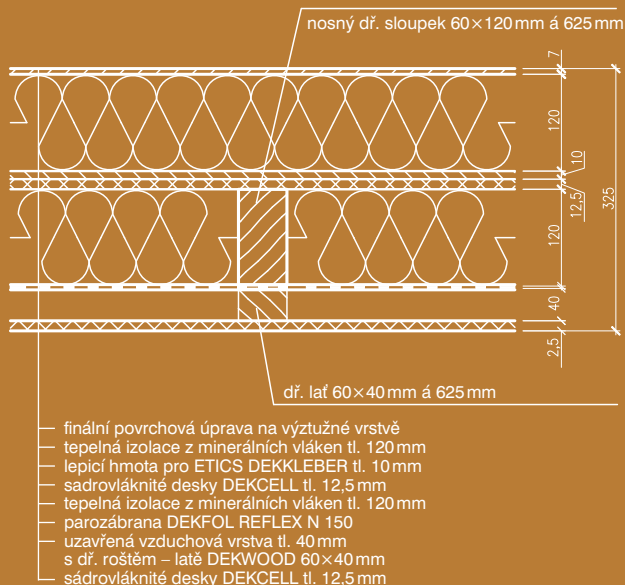
Stejně jako u skladeb střech nepovažujeme vývoj konstrukcí dřevostaveb za ukončený. Naším cílem je do budoucna optimalizovat celý systém natolik, aby se v maximální míře vyloučila rizika spojená s využíváním fólií lehkého typu.

Střechy domů DEKHOM je možné řešit skladbou s tepelnou izolací mezi krokvemi i systémem skladby s izolačními vrstvami nad krokvemi TOPDEK, představeným již dříve na stránkách našeho časopisu. Systém TOPDEK se jednoznačně preferuje.

Skladba DEKHOM /obr. 08/ výpočtově vyhovuje požadované i doporučené hodnotě součinitele



01



01 | Všechny příčky konstrukce DEKHOME jsou standardně řešeny jako nosné. Všechny vnitřní i obvodové stěny jsou ukončeny horním provázaným prahem.

Obr. 08 | Konstrukce DEKHOME

Obr. 09 | Grafické znázornění průběhu relativní vlhkosti vzduchu v detailu DEKHOME při průměrných návrhových parametrech

prostupu tepla uvedené v ČSN 73 0540-2:2007 [6].

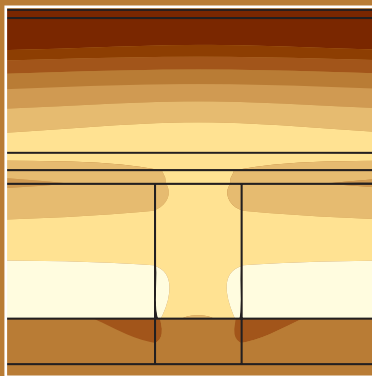
Ve skladbě výpočtově nedochází ke kondenzaci vodních par, z čehož vyplývá, že je splněn požadavek aktivní roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry dle požadavků ČSN 73 0540-2:2007 [6].

Povrchové teploty posuzované konstrukce bezpečně splňují požadavky normy [6] na kritickou povrchovou teplotu pro růst plísní. U posuzované dřevěné konstrukce je rovnovážná vlhkost přibližně rovna 8%. Při této vlhkosti nehrozí napadení dřeva dřevokaznými houbami.

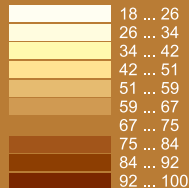
Podrobné představení systému DEKHOME a reportáž z realizace připravujeme pro číslo 06|2007.

<Michal Kopecký>
manažer projektu DEKHOME
<David Mařík>

Tepelnětechnické výpočty a kresba obrázků:
David Mařík
DEKPROJEKT s.r.o.
oddělení Stavební fyzika



Obr. 09





02

PODKLADY:

- [1] Doc. Ing. Vladimír Bílek, CSc. Dřevostavby, Navrhování dřevěných vícepodlažních budov 2005
- [2] Dřevostavby, ročenka VOŠ Volyně 2003
- [3] Ing. Jitka Holečková Dřevěné stavění 2006, Konstrukce – Ekologie – Ekonomika
- [4] ČSN 73 0540:1977 Tepelné technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov
- [5] ČSN 73 0540-2:1994 Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkční požadavky
- [6] ČSN 73 0540-2:2007 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [7] ČSN 73 1701:1983 Navrhovanie drevených stavebných konštrukcií
- [8] ČSN 73 0540-4:2005 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- [9] ČSN EN ISO 13788:2002 (73 0544) Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti uvnitř konstrukce – Výpočtové metody

Hodnocený parametr konstrukce	Požadovaná hodnota
součinitel prostupu tepla U_N [W/(m ² .K)]	≤ 0,30 (0,20*)
množství zkondenzované vodní páry M_e [kg/(m ² .a)]	≤ 0,1 a nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu
celoroční bilance vlhkosti [kg/(m ² .a)]	aktivní
vnitřní povrchová teplota – požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu při návrhových okrajových podmínkách, vyloučení rizika růstu plísní [-] (požadovaná nejnižší povrchová teplota [°C]), tlumené vytápění s poklesem výsledné teploty 2 až 5° C; lehká konstrukce	≥ 0,823 (14,64)
Mezní rovnovážná vlhkost dřeva při průměrných návrhových měsíčních parametrech [%]	≤ 18

Tabulka 06 | Požadavky na posuzovanou konstrukci dle ČSN 73 0540-2:2007 (*doporučená hodnota)

	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Množství zkondenzované vodní páry M_e [kg/(m ² .a)]	Celoroční bilance vlhkosti	Posouzení povrchové teploty konstrukce – teplotní faktor f_{rel} [-] (nejnižší povrchová teplota θ_{si} [°C])
				Riziko růstu plísní při návrhových okrajových podmínkách
Skladba 1	0,18×	nekondenzuje+	aktivní+	0,942 (18,92) +
+ ... vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 (2007) × ... vyhovuje doporučeným hodnotám ČSN 73 0540-2 (2007)				

Tabulka 07 | Výsledky posouzení výpočetními metodami uvedenými v ČSN 73 0540-4:2005 a ČSN EN ISO 13788:2002

- 02 | Příprava na napojení parozábrany v místě uložení stropu a příčky. Přípravený pruh parozábrany v místě uložení stropu se napojuje na parozábranu v ploše stěny samolepicí páskou DEKTAPE SP1. Napojení se provádí v rovině záklopu stropu. Pevnost a trvanlivost spoje zajišťuje přišroubovaná dřevěná lišta svírající spoj fólie a lepicí pásku.