

DEK

TIME

05 | 2007

ČASOPIS SPOLEČNOSTI DEK PRO PROJEKTANTY A ARCHITEKTY
ČASOPIS SPOLOČNOSTI DEK PRE PROJEKTANTOV A ARCHITEKTOV

BLOWER DOOR TEST

PŘI MĚŘENÍ STAVEB
S LEHKOU OBVODOVOU
KONSTRUKCÍ

VÝVOJ SKLADEB DOMŮ
S LEHKÝMI DŘEVĚNÝMI NOSNÝMI SKELETY

DEKHOME

TEPELNÁ IZOLACE
KINGSPAN THERMAROOF

ZAŤAŽENIE
KONŠTRUKCÍ
PLOCHÝCH STRIECH
VETROM

PŘÍŠTĚ
SPECIÁL SE ZAMĚŘENÍM NA STAVEBNÍ FYZIKU
VÝHRADNĚ PRO ÚČASTNÍKY PROGRAMU DEKPARTNER



KINGSPAN TR 26/27

INTELIGENTNÍ ŘEŠENÍ PLOCHÝCH STŘECH

Velkoformátové PIR desky KINGSPAN THERMAROOF™ TR 26/27 představují dokonalé řešení tepelné izolace plochých střech. Charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti Λ_k již od 0,022 [W.m⁻¹.K⁻¹], pevnost v tlaku při 10% stlačení 150 kPa, výborné protipožární vlastnosti a snadná montáž jsou hlavní přednosti, termín dodání 10 dní od objednávky a dostatek kapacit po celý rok jsou garantovány DEKTRADE a.s.



Vážení čtenáři,

blíží se období vydání dvou speciálních čísel časopisu DEKTIME, která budou určená výhradně účastníkům programu DEKPARTNER. Již příště to bude speciál se zaměřením na stavební fyziku. Z jeho obsahu můžeme prozradit např. články o pravidlech navrhování střech bazénových hal a o změnách v posuzování denního osvětlení. Zároveň připravujeme texty do dalšího speciálního čísla, které vyjde u příležitosti revize ČSN 73 3610 Klampiarske práce stavebné. Obsahovat bude mimo jiné výklad nových a změněných ustanovení revize. Pro vydání se připravuje také ještě v tomto roce. Speciální čísla včetně těch, která vycházejí u příležitosti pravidelných seminářů STŘECHY & IZOLACE, se stanou tradicí i v dalších letech.

Přejeme Vám mnoho úspěchů ve vrcholící stavební sezóně 2007.

Petr Bohuslávka
šéfredaktor

05 | 2007

OBSAH

04

BLOWER-DOOR TEST PŘI MĚŘENÍ STAVEB S LEHKOU OBVODOVOU KONSTRUKCÍ

Ing. Viktor ZWIENER

14

VÝVOJ SKLADEB DOMŮ S LEHKÝMI DŘEVĚNÝMI NOSNÝMI SKELETY – PŘEDSTAVENÍ SYSTÉMU DEKHOMÉ

Michal KOPECKÝ, David MAŘÍK

22

ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ PLOCHÝCH STRIECH VETROM

Ing. Monika JOZEFÍKOVÁ

34

TEPELNÁ IZOLACE KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM

Ing. Vladimír VYMĚTALÍK, Ing. Petr BOHUSLÁVEK

ZVEME VÁS NA EXPOZICI DEKSTONE STAVEBNÍ VELETRH FOR ARCH 2007 V PRAZE

DEKTIME
časopis společnosti DEK
pro projektanty a architekty
MÍSTO VYDÁNÍ: Praha
ČÍSLO: 05/2007
DATUM VYDÁNÍ: 5. 9. 2007
VYDAVATEL: DEK a.s.
Tiskařská 10, 108 00 Praha 10,
IČO: 27636801

zdarma, neprodejné

REDAKCE: Atelier DEK, Tiskařská 10
108 00 Praha 10

ŠÉFREDAKTOR: Ing. Petr Bohuslávka
tel.: 234 054 285, fax: 234 054 291
e-mail: petr.bohuslavka@dek-cz.com
ODBOBNÁ KOREKTURA: Ing. Luboš Káně
GRAFICKÁ ÚPRAVA: Eva Nečasová,
Ing. arch. Viktor Černý
SÁZBA: Eva Nečasová, Ing. Milan Hanuška
FOTOGRAFIE: Ing. arch. Viktor Černý
Eva Nečasová, archiv redakce

Pokud si nepřejete odebírat tento časopis,
pokud dostáváte více výtisků, příp. pokud je vám
časopis zaslán na chybnou adresu, prosíme,
kontaktujte nás na výše uvedený e-mail.

Pokud se zabýváte projektováním
nebo inženýringem a přejete si trvale odebírat
veškerá čísla časopisu DEKTIME, registrujte
se na www.dekpartner.cz do programu
DEKPARTNER.

MK ČR E 15898
MK SR 3491/2005
ISSN 1802-4009

ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU

Předmětem měření je tvarově zajímavá dřevostavba přízemního rodinného domu, která stojí nedaleko Brna. Půdorys je na obr. /01/. Delší stěny jsou situovány na jih a sever. Příčný řez domu jsou na obr. /02/ a /03/. Střecha je rozdělena na čtyři samostatné pultové části /foto 01 až 03/. Hlavní vstup do domu se nachází v severní části. Na jižní a západní stěně jsou velká francouzská okna, ze severu jsou menší okna, východní fasáda je zcela bez oken. Větrání je navrženo jako přirozené a vytápění budou zajišťovat radiátory lokálně doplněné podlahovým vytápěním.

Hlavní nosné konstrukce tvoří dřevěné prvky. Skladby stěny, střechy a podlahy jsou následující (od interiéru):

Stěna

- vnitřní obklad ze sádkartonových desek (v době měření nebyl ještě na některých stěnách namontován)
- kovový rošt (někde nebyl použit, někde je jednosměrný a někde obousměrný)
- parozábrana z fólie lehkého typu
- dřevěné bednění (OSB deska)
- nosná konstrukce z dřevěných prvků vyplněná tepelnou izolací z minerálních vláken
- dřevěné bednění (OSB deska)
- vnější kontaktní zateplovací systém (ETICS).

Střecha

- vnitřní obklad ze sádkartonových desek (v době měření nebyl ještě namontován)
- parozábrana z fólie lehkého typu
- krokve, mezi krokviemi tepelná izolace z minerálních vláken
- dřevěné bednění (OSB desky)
- pojistná hydroizolace z fólie lehkého typu
- kontralatě a latě
- skládaná pálená krytina

Podlaha

- nášlapná vrstva dle místnosti
- anhydritový potěr
- tepelná izolace z EPS
- asfaltová hydroizolace
- podkladní beton

Střechou prochází tři světlovody /foto 04, 05/, které slouží k osvětlení chodby a kuchyně. U stěn si byl projektant vědom možnosti porušení parozábrany při instalaci vnitřních rozvodů, a proto ji umístil do chráněné polohy, tzn. že mezi vnitřním obkladem ze sádkartonových desek a parozábranou je kovový rošt, v jehož rovině jsou všechny rozvody taženy /foto 06/. U střechy je použita skladba s tepelnou izolací mezi krokviemi a s parozábranou a pojistnou hydroizolací z fólie lehkého typu. Z praxe a rovněž z našich termovizních měření (viz např. [10]) víme, že takové skladby mohou být problematické z hlediska správného vzduchotěsného provedení. Vhodným členěním

domu ale projektant získal 4 pultové střechy s minimem složitých detailů a prostupů. Střechou prostupují pouze světlovody.

Celý dům tvoří jednu větranou zónu. Pro stanovení intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem budovy je třeba znát vnitřní objem domu ohraničený všemi vzduchotěsnými konstrukcemi, tj. parozábranou na stěnách a stropě a železobetonovou podlahovou deskou. Pro přibližné stanovení plochy netěsností je důležité potom znát celkovou plochu obálky budovy. Hodnoty jsou následující:

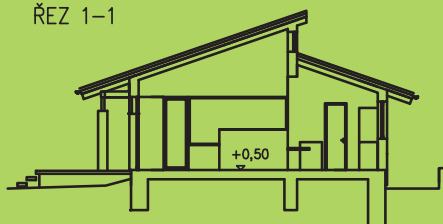
• vnitřní objem	710 m ³
• čistá plocha podlaží	210 m ²
• plocha obálky budovy	590 m ²

PŘÍPRAVA OBJEKTU PŘED MĚŘENÍM

Měření se má prokázat těsnost obálky budovy. Aby bylo možné případné netěsnosti ještě opravit, bylo měření provedeno před zakrytím většiny plochy parozábrany /foto 04-06/, pouze v koupelně a některých pokojích již byly parozábrany zakryty sádkartonovými deskami /foto 07 a 15/. Před zkouškou jsme utěsnili všechny otvory, které nemají ovlivnit měření, především se jednalo o všechny rozvody vody

Obr. 01 | Půdorys
Obr. 02 | Příčný řez 1-1
Obr. 03 | Příčný řez 2-2

ŘEZ 1-1



Obr. 02

ŘEZ 2-2



Obr. 03

REKAPITULACE INFORMACÍ O BLOWER-DOOR TESTU

Blower-door test je metoda, která pro měření těsnosti budov využívá tlakový spád. Výsledkem je hodnota intenzity výměny vzduchu [h^{-1}] při tlakovém rozdílu mezi interiérem a exteriérem budovy 50 Pa (n_{50}). V České republice se doporučuje splnit hodnoty uvedené v tabulce, které jsou dány způsobem větrání objektu.

Obdobné hodnoty mají stanoveny i další evropské státy. V tabulce jsou pro srovnání uvedeny Německo a Rakousko, kde jsou ale na rozdíl od České republiky hodnoty závazné. Naproti tomu např. na Slovensku dosud žádnou doporučenou nebo požadovanou hodnotu nemají, ačkoliv evropskou normu pro zkoušení těsnosti EN 13829 již zavedeno do svého normalizačního systému mají [6].

Tabulka 01

Země	ČR	SR	Německo	Rakousko
Předpis	ČSN 73 0540-2	STN 73 0540-2	DIN 4107-8	ÖNORM B 8110-5
Větrání v budově	$n_{50,N}$ [h^{-1}]	–	$n_{50,N}$ [h^{-1}]	$n_{50,N}$ [h^{-1}]
Přirozené	4,5	–	3,0	3,0
Nucené	1,5	–	1,5	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	–	–	–
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění – pasivní domy	0,6	–	0,6	0,6

a kanalizace. Původně jsme měli obavy o dostatečnou těsnost světlovodů, neboť jsme se při měřeních s těmito konstrukcemi dosud nesesetkali. Těsnost světlovodů jsme se rozhodli ověřit měřením proudění vzduchu anemometrem až při samotném testu (viz dále). Nakonec jsme uzavřeli všechna okna a dveře / foto 09/.

INSTALACE ZAŘÍZENÍ PRO BLOWER-DOOR TEST

Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně malý objekt o malém vnitřním objemu a předpokládali jsme větší míru těsnosti, stačilo pro měření nainstalovat pouze jeden ventilátor o maximálním objemovém toku 9 000 m³/h. Pokud by se předpoklady o větší těsnosti nepotvrdily, měli jsme nachystány i další dva ventilátory, které vlastní Dekprojekt s.r.o. Pro instalaci lze použít jak vstupní dveře do objektu (v tomto případě byly k dispozici hlavní vstupní dveře nebo boční dveře do koupelny), tak také okna. Po důkladném prohlédnutí profilů dveří a oken jsme se rozhodli použít hlavních vstupních dveří. Výhodou rovněž bylo, že jsou dveře umístěny v závětrří severní stěny a při měření jsou daleko méně ovlivňována tlaková čidla větrem, než by tomu bylo u zcela rovné fasády. Průběh instalace zařízení do vstupních dveří je na foto /10/ až /13/.

SNÍMÁNÍ KONSTRUKCÍ V INTERIÉRU TERMORIZNÍ KAMEROU

Protože byl rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem větší než 5 °C, mohli jsem pro nalezení případných netěsností použít termovizní kameru. Před vlastním spuštěním ventilátoru jsme proto většinu konstrukcí v interiéru nasníмали /foto 14 a foto 17 až 22 snímky B/. Okrajové podmínky při měření byly následující:

- teplota vzduchu v exteriéru: 9,6 °C
- relativní vlhkost vzduchu v exteriéru: 80,5%



01



02



03

- 01 | Skládaná pálená krytina na střeše
- 02 | Severozápadní pohled
- 03 | Jižní pohled
- 04 | Pro osvětlení chodby je použit světlovod
- 05 | Pohled do chodby, uprostřed obrázku je patrný druhý světlovod pro osvětlení chodby
- 06 | Hlavní vstupní dveře, parozábrana není dosud zakryta vnitřními pohledovými vrstvami

- 07 | Práh vnějších vstupních dveří do koupelny, parozábrana zakryta sádkartonem pro užití ve vlhkých provczech
- 08 | Parozábrana v chráněné poloze, rozvody jsou taženy v rovině vnitřního kovového roštu
- 09 | Zavěšené okno (nesmí být ani mikroventilační poloha)



04



05



06



07



08



09

- 10| Sestavení rámu
- 11| Vyměření rámu ve vstupních dveřích
- 12| Osazení plachty ventilátoru a řídicí jednotky
- 13| Dodatečné utěsnění rámu s plachtou
- 14| Měření povrchových teplot konstrukcí v interiéru termovizní kamerou
- 15| Měření rychlosti proudění vzduchu anemometrem ve světlovodu v kuchyni
- 16| Průběh měření

- teplota vzduchu v interiéru: 18,5°C
- relativní vlhkost vzduchu v interiéru: 46,5%
- atmosférický tlak: 980,5 hPa

PRVNÍ SÉRIE MĚŘENÍ TĚSNOSTI

Před samotným měřením jsme spustili ventilátor a vyzkoušeli nastavený rozsah. Současně jsme anemometrem zjistili rychlost proudění vzduchu ve světlovodech /foto 15/. Měření ukázalo, že naše prvotní obavy o jejich těsnost byly liché a všechny světlovody byly dostatečně těsné.

Následně jsme provedli první sérii měření, vždy dvakrát při podtlaku a dvakrát při přetlaku v interiéru. Přesný postup je uveden v [9]. Závislost objemového toku na tlakovém rozdílu je uveden v grafu /01/.

Střední hodnotu objemového toku 2590 m³/h při 50 Pa podle grafu vydělíme objemem domu 710 m³, čímž získáme násobnost výměny vzduchu 3,7 h⁻¹ ± 8,3% (přesnost výpočtu stanovuje řídicí software dodaný k Blower-door test zařízení). Uvedená hodnota splňuje doporučenou hodnotu v ČR pro budovy s přirozeným větráním (viz Rekapitulace informací o Blower-door testu na straně 6), ale pokud bychom byli v Německu nebo Rakousku, tak by hodnota požadovaná tamními předpisy nebyla splněna a prováděcí firma by musela vše řešit dodatečným utěsněním. Řídicí software k Blower-door test zařízení navíc stanovuje také přibližnou plochu netěsností, která v tomto případě byla cca 1 300 cm².

Samozřejmě nás zajímalo, kde se netěsnosti, které mají rozhodující vliv na těsnost celého objektu, nacházejí. Celé měření trvalo přibližně 20 minut, což je pro propsání případných netěsností málo, a proto jsme dalších 20 minut udržovali v interiéru podtlak cca 50 Pa. Následovalo opět měření konstrukcí v interiéru termovizní kamerou /foto 17 až 22, snímky C/.



10



11



12



13



14



15



16



A



před vytvořením podtlaku

B



po vytvoření podtlaku

C



17| Horní část francouzského okna v obývacím pokoji, patrná je pouze malá netěsnost v přípojovací spáře okna.



A



před vytvořením podtlaku

B



po vytvoření podtlaku

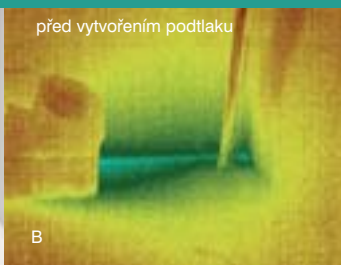
C



18| Dolní část francouzského okna v obývacím pokoji, patrné jsou výrazné netěsnosti v přípojovací spáře okna, které odpovídají přípojovacím kotvám.



A



před vytvořením podtlaku

B

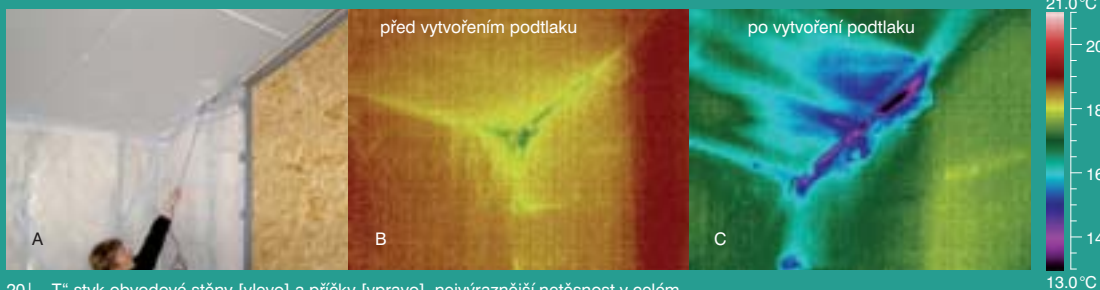


po vytvoření podtlaku

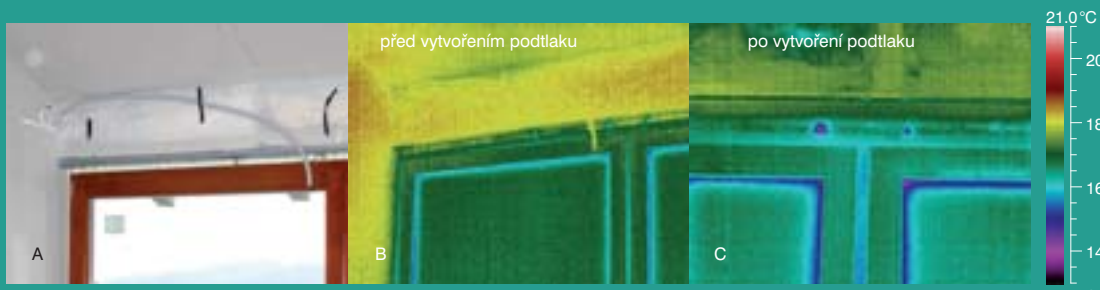
C



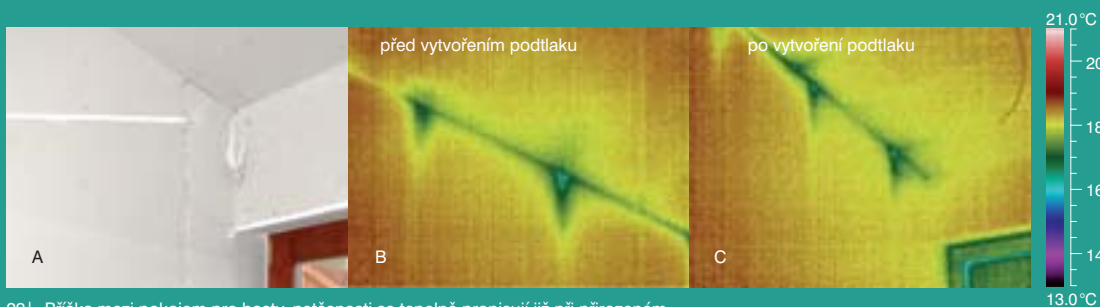
19| Styk podlahy a obvodové stěny v pracovně, kde se nacházela výrazná netěsnost.



20 | „T“ styk obvodové stěny [vlevo] a příčky [vpravo], nejvýraznější netěsnost v celém objektu, na fotografii kontrola proudění vzduchu anemometrem.



21 | Okno v jednom z pokojů, patrné jsou netěsnosti v přechodu obvodové stěny na šikmý podhled a netěsnosti způsobené procházejícími dráty v přípojovací spáře okna.



22 | Příčka mezi pokojem pro hosty, netěsnosti se tepelně propisují již při přirozeném tlakovém rozdílu.

UTĚSNĚNÍ NETĚSNÝCH MÍST A DRUHÁ SÉRIE MĚŘENÍ

Abychom zjistili, jaký vliv mají netěsnosti na celkovou hodnotu n_{50} , rozhodli jsem se nejvýraznější nalezené netěsnosti pokud možno co nejvíce utěsnit. Pro utěsnění jsme používali polyuretanovou pěnu, silikon nebo lepicí pásky. Nebyly utěsněny části parozábrany již zakryté sádkartonovými deskami, např. foto /22/. Následně jsme zopakovali měření Blower-door test. Výsledky měření jsou na grafu /02/. Výsledná násobnost výměny vzduchu je $2,0\text{ h}^{-1} \pm 8,3\%$ a plocha netěsností cca 700 cm^2 .

HODNOCENÍ

Z porovnání hodnot n_{50} při prvním měření ($3,7\text{ h}^{-1}$) a při druhém měření ($2,0\text{ h}^{-1}$) je zřejmé, že se dodatečně podařilo utěsnit cca 45% netěsností.

Jaký to má finanční efekt? Především je třeba si uvědomit, že tlakový rozdíl 50 Pa je značně velký a v praxi nastává zřídka, pouze při nejsilnějších vichřicích a orkánech. Průměrný tlakový rozdíl se pohybuje přibližně kolem 4 Pa. Násobnost výměny vzduchu při tomto tlakovém rozdílu lze stanovit extrapolací křivky pro střední hodnotu z grafů /01/ a /02/. Obě hodnoty jsou uvedeny

v tab. /02/. Pokud tedy známe intenzitu výměny vzduchu a vnitřní objem domu, můžeme vypočítat tepelnou ztrátu netěsnostmi za otopné období a finanční náročnost, viz tab. /02/.

Z tabulky je patrné, že finanční úspora díky dodatečnému utěsnění je pro tento dům cca 9 300,- Kč za rok.

Pokud se oprostíme od finančních úvah, mohou netěsnosti významně ovlivnit tepelné ztráty, povrchové teploty, vlhkostní režim skladeb a vzduchovou neprůzvučnost. Tedy kromě tepelnětechnických vlastností ovlivňují také akustické vlastnosti

budov. U tepelných ztrát se jedná o nadměrnou filtraci vzduchu, kdy je třeba ohřívat i vzduch, který projde netěsnostmi do objektu, nebo naopak, kdy ohřátý vzduch nekontrolovatelně z místnosti uniká. Pokud přijde teplý vzduch z interiéru do styku s chladnou konstrukcí, může docházet k povrchové kondenzaci, což vede k vlhkostním problémům někdy doprovázeným růstem plísní na povrchu konstrukcí. Oprava a sanace takových detailů může být ve finále nákladnější než kontrola správnosti provedení vzduchotěsnících vrstev v průběhu jejich provádění.

REKAPITULACE

Na základě provedeného měření lze konstatovat:

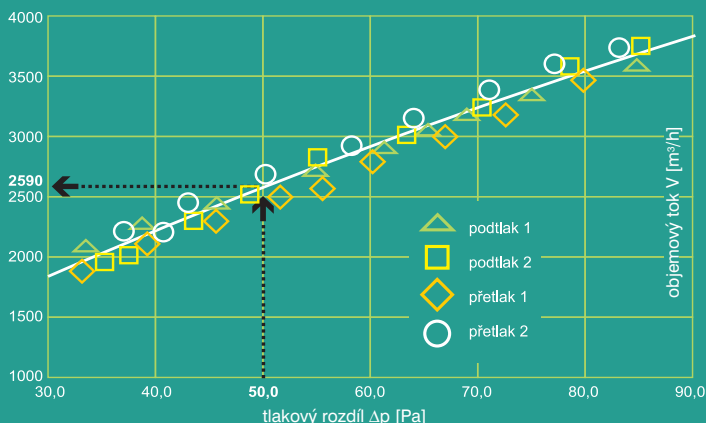
Již při první sérii měření byla naměřena hodnota intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa, která splňuje doporučené hodnoty v ČR pro objekty s přirozeným větráním.

V ČR doporučená hodnota násobnosti výměny vzduchu $4,5 \text{ h}^{-1}$ pro domy s přirozeným větráním je poměrně vysoká a i běžnými konstrukcemi ji lze splnit. Lze předpokládat, že v budoucnu bude hodnota snížena na $3,0 \text{ h}^{-1}$, nebo i níže, jako je to např. v Německu nebo Rakousku. Již nyní ale obdobné přísnější hodnoty mohou být stanoveny ve smlouvě.

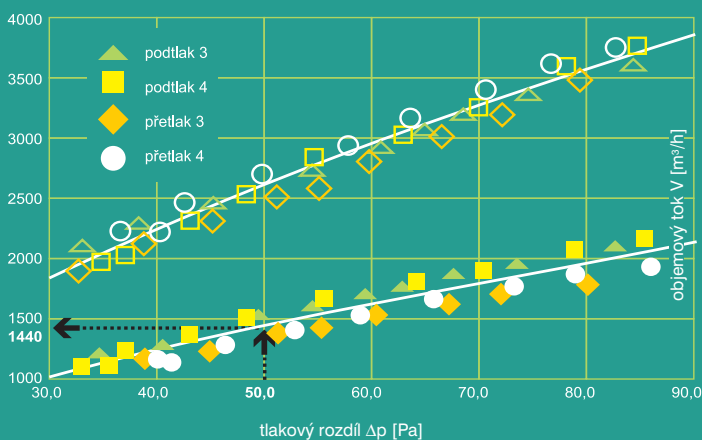
Prováděcí firmě se nepodařilo provést všechny detaily dostatečně vzduchotěsně. Svědčí to o její nedůslednosti.

Termovizní kamerou a anemometrem byla nalezena netěsná místa, která měla významný vliv na těsnost objektu. Jejich částečným utěsněním se snížila při druhém měření intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa o 45%. Finančně se jedná o částku cca 9 300,- Kč ročně.

Při dodatečném utěsnění nebylo možné utěsnit všechna místa, protože některé části parozábrany již byly zakryté sádkartonovými deskami, tzn. netěsnosti se projevíly pouze ve spárách mezi



Graf 01 | Závislost objemového toku na tlakovém rozdílu, hodnoty z prvního měření



Graf 02 | Závislost objemového toku na tlakovém rozdílu, hodnoty z prvního měření [podtlak 1 a 2 a přetlak 1 a 2] a z druhého měření [podtlak 3 a 4 a přetlak 3 a 4]

Veličina	Značka	Jednotka	Měření		Rozdíl
			Před utěsněním	Po utěsnění	
násobnost výměny vzduchu při $\Delta p=50$ Pa	n_{50}	h^{-1}	3,7	2,0	
násobnost výměny vzduchu při $\Delta p=4$ Pa	n_4	h^{-1}	0,7	0,4	
tepelná ztráta netěsnostmi za otopné období ¹⁾	Q_v	GJ	54,2	31,0	
finančně ²⁾	-	Kč	21 678	12 387	9 291

¹⁾ $Q_v = V \cdot n_4 \cdot 0,34 \cdot (t_{in} - t_{es}) \cdot D \cdot H \cdot 3,6$
V ... je objem měřeného prostoru
 n_4 ... násobnost výměny vzduchu při $\Delta p = 4$ Pa
 t_{in} ... průměrná teplota vzduchu v interiéru za otopné období
 t_{es} ... průměrná teplota vzduchu v exteriéru za otopné období, pro Brno $t_{es} = 4$ °C
D ... počet dnů za otopné období, pro Brno D = 232 dnů
H ... počet hodin za 1 den, H = 24 hod
²⁾ uvažováno 400,- Kč za 1 GJ

Tabulka 02 | Tepelná ztráta netěsnostmi za otopné období a finanční náročnost

sádkartonovými deskami, což ale nemusí přesně odpovídat jejich umístění.

Utěsněním jsme snížili rizika kondenzace uvnitř skladby a růstu plísní na vnitřním povrchu konstrukce.

Investorovi bylo doporučeno provést ještě jedno měření po finálním zakrytí parozábran a dokončení všech povrchových úprav. Toto měření dosud neproběhlo.

ZÁVĚR

Před zakrytím parozábrany a po úplném dokončení konstrukcí u lehkých obvodových konstrukcí s tepelnou izolací mezi dřevěnými prvky nezbytné nutné se o kvalitě izolačních prací exaktně přesvědčit.

Vhodnou metodou je Blower-door test kombinovaný s dalšími diagnostickými prostředky. Zjištěné netěsnosti lze lokalizovat a dodatečně utěsnit.

<Viktor Zwiener>

FOTO:

Vladimír Vymětalík
Viktor Zwiener

PODĚKOVÁNÍ:

Děkujeme brněnskému architektonickému atelieru

Remo&partners za poskytnutí projektové dokumentace.

BIBLIOGRAFIE:

- [1] Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj 137/1998 Sb. „O obecných technických požadavcích na výstavbu“
- [2] ČSN 73 0540-2:2007 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [3] ČSN EN 13187:1999 (73 0560) Tepelné chování budov – Kvalitativní určení tepelných nepravidelností v pláštích budov – Infračervená metoda
- [4] ČSN EN 13829:2001 (73 0577) Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda
- [5] STN 73 0540-2:2002 Tepelnotechnické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkčné požiadavky
- [6] STN EN 13829:2001 Tepelnotechnické vlastnosti budov – Stanovenie vzduchovej priepustnosti budov – Metóda pretlaku pomocou ventilátora
- [7] DIN 4108-7:2001 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs-

und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

- [8] ÖNORM B 8110-1 Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen
- [9] Zwiener V.: Měření těsnosti budov metodou tlakového spádu (Blower-door test) Dektime, č. 05-06/2006, str. 62-65
- [10] Zdeněk L.: Porovnání skladby střechy s tepelnou izolací mezi krokviemi a skladby TOPDEK z hlediska stavební fyziky s využitím termovizní kamery Dektime, č. 05-06/2006, str. 56-61

DEKPRIMER®

MODERNÍ PENETRAČNÍ EMULSE NA BĚTON, KOV, ZDÍVO, OMITKU A JINÉ PODKLADY, ŠETRNÁ K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ

**ZVYŠUJE PŘILNAVOST ASFALTOVÝCH PÁSŮ
K PODKLADU PRO IZOLACE SPODNÍCH
STAVEB A K PODKLADŮM PRO VRSTVENÉ
IZOLAČNÍ SYSTÉMY PLOCHÝCH STŘECH**

- bez rozpouštědel
- netoxická
- nehořlavá
- nepáchnoucí
- rychleschnoucí
- rychle se nanáší
- stabilní vůči cementu
- zpracovatelná bez zvláštních ochranných opatření

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

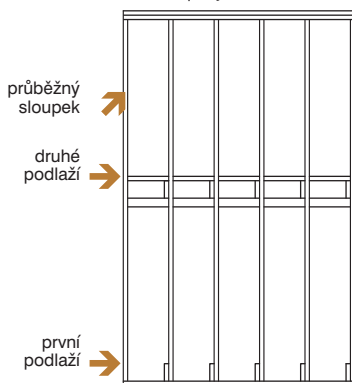
SYSTÉM BFS
(BALOON FRAME SYSTEM)

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.

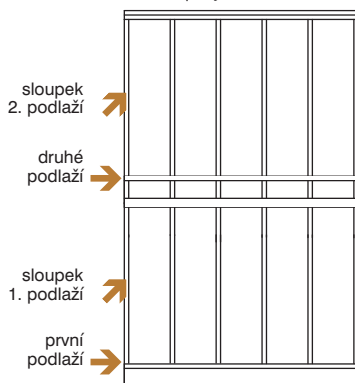
SYSTÉM PFS
(PLATFORM FRAME SYSTEM)

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

Obr. 01 | Systém BFS



Obr. 02 | Systém PFS





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 stavění 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 stavění nejen z oblasti realizace, ale i odborného vzdělávání, vývoje a výzkumu.

KONSTRUKCE RÝMAŘOV 1978 – OKAL

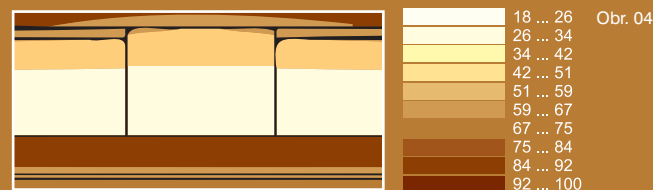
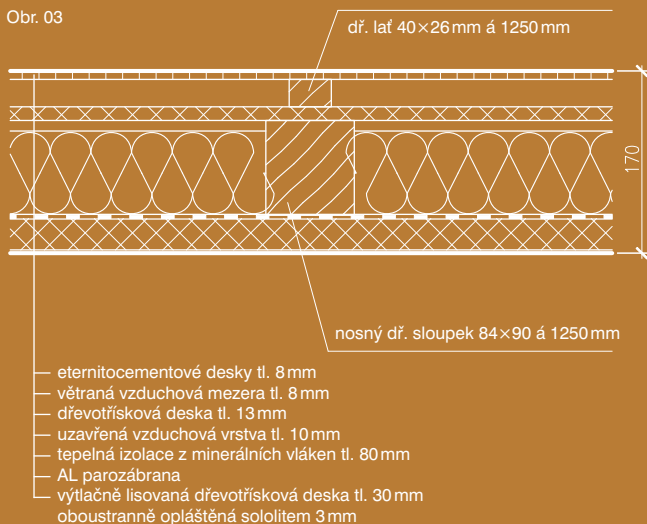
Prakticky jediným významným podnikem, který stavěl dřevěné domy, a to na principu PFS a prefabrikace ve výrobním závodě, byly RD Jeseník se svým systémem OKAL po roce 1970 /obr. 03/. Nedostatek stavebních materiálů a nedůslednost při provádění „Okálů“ měly za následek projevující se vady a vysoké náklady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

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 zkonkondenzované a vypařené vodní páry dle požadavků ČSN 73 0540:1977 [4]. Pro srovnání uvádíme, že současný požadavek na tepelnotechnické 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_n [(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

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 jednoplašťovou 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.

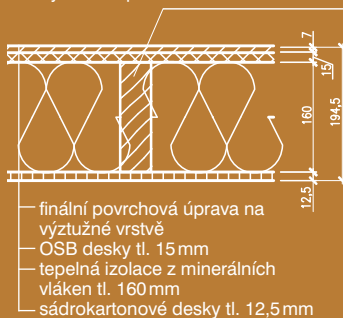
Ve skladbě výpočtově dochází ke kondenzaci vodních par. Zkondenzované množství vodních par překračuje normou stanovenou limitní hodnotu, nadto ke kondenzaci dochází v místě dřevěných nosných prvků. Roční bilance zkondenzované a vypařené

- 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

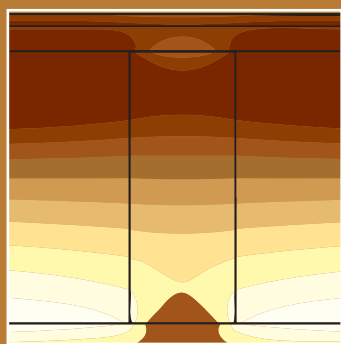


nosný dř. sloupek 60×120 mm á 625 mm

Obr. 05



- finální povrchová úprava na výztužné vrstvě
- OSB desky tl. 15 mm
- tepelná izolace z minerálních vláken tl. 160 mm
- sádkartonové desky tl. 12,5 mm



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

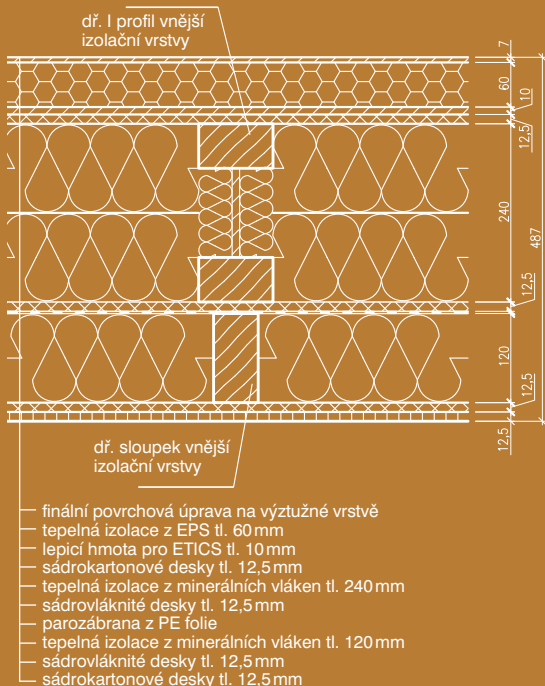
Nepřerušovaný vývoj po roce 1990 ukázal, že z dřevěných skeletů lze vytvářet funkční stavby. Na trhu jsou i systémy energeticky pasivních domů se součinitelem prostupu tepla obvodových konstrukcí pod 0,15 W/m²K, které uplatňují pro energeticky pasivní domy nezbytné nucené větrání, rekuperaci apod /obr.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

Hodnocený parametr konstrukce	Požadovaná hodnota
tepelný odpor R _N [(m ² .K)/W]	≥ 2,0 (doporučená 2,9)
množství zkondenzované vodní páry G _k [kg/(m ² .a)]	≤ 0,1
celoroční bilance vlhkosti [kg/(m ² .a)]	aktivní
vnitřní povrchová teplota – požadovaná nejnižší povrchová teplota [°C] tlumené vytápění s poklesem teploty vnitřního vzduchu t _i do 5 K včetně	≥ 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 [(m ² .K)/W]	Množství zkondenzované vodní páry G _k [kg/(m ² .a)]	Celoroční bilance vlhkosti	Posouzení povrchové teploty konstrukce – nejnižší povrchová teplota t _{sp,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 13778:2002



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

DEKHOME

DEKHOME 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. Svě 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 DEKHOME. 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 DEKHOME 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.

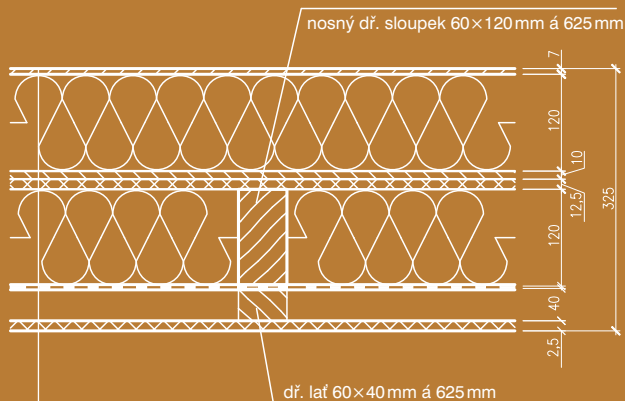
Stejně jako u skladeb střech nepovažujeme vývoj konstrukcí dřevostaveb za ukončený. Naším cílem je do budoucna optimalizovat celý systém natolik, aby se v maximální míře vyloučila rizika spojená s využíváním fólií lehkého typu.

Střechy domů DEKHOME 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 DEKHOME /obr. 08/ výpočtově vyhovuje požadované i doporučené hodnotě součinitele



01



- finální povrchová úprava na výztužné vrstvě
- tepelná izolace z minerálních vláken tl. 120 mm
- lepicí hmota pro ETICS DEKKLEBER tl. 10 mm
- sádrovláknité desky DEKCELL tl. 12,5 mm
- tepelná izolace z minerálních vláken tl. 120 mm
- parozábrana DEKFOL REFLEX N 150
- uzavřená vzduchová vrstva tl. 40 mm
- s dř. roštům – latě DEKWOOD 60x40 mm
- sádrovláknité desky DEKCELL tl. 12,5 mm

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

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

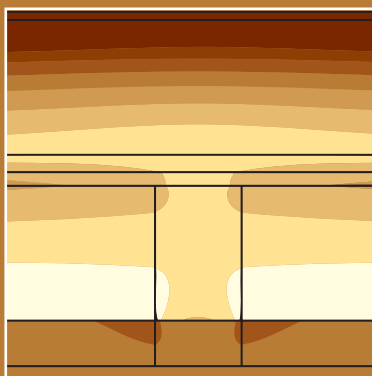
Ve skladbě výpočtově nedochází ke kondenzaci vodních par, z čehož vyplývá, že je splněn požadavek aktivní roční bilance z kondenzované a vypařené vodní páry dle požadavků ČSN 73 0540-2:2007 [6].

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

18 ... 26
26 ... 34
34 ... 42
42 ... 51
51 ... 59
59 ... 67
67 ... 75
75 ... 84
84 ... 92
92 ... 100



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

02

Hodnocený parametr konstrukce	Požadovaná hodnota
součinitel prostupu tepla U_N [W/(m ² .K)]	≤ 0,30 (0,20*)
množství zkondenzované vodní páry M_c [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_c [kg/(m ² .a)]	Celoroční bilance vlhkosti	Posouzení povrchové teploty konstrukce – teplotní faktor f_{Rsi} [-] (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. Připravený 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.



NOVÉ ZNAČKOVÉ MATERIÁLY SPOLEČNOSTI DEKTRADE ZARAŽENÉ DO PROGRAMU DEKPARTNER

TEPELNĚIZOLAČNÍ DESKY

KINGSPAN THERMAROOF™ TR26 LPC/FM
KINGSPAN THERMAROOF™ TR27 LPC/FM
KINGSPAN THERMAPITCH® TP10

SÁDROVÉ TVÁRNICE

VG ORTH STANDARD
VG ORTH HYDRO

Bodové ohodnocení nově zařazených materiálů naleznete na svém účtu DEKPARTNER.



DEKPARTNER

PROGRAM NADSTANDARDNÍ TECHNICKÉ
PODPORY PRO PROJEKTANTY A ARCHITEKTY

Kompletní pravidla programu, nabídku služeb
a registraci projektantů a architektů do programu
DEKPARTNER naleznete na

www.dekpartner.cz

ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCII PLOCHÝCH STRIECH VETROM

V Tatrách bolo zničených vyše 12 000 hektárov lesa. V Poprade v mesiaci november 2004 dosahovala rýchlosť vetra v nárazoch silu až 123 km/hod., čo je cca 35 m/s. Podľa Beaufortovej stupnice na pozorovanie sily vetra je zrejme, že táto rýchlosť už zodpovedá sile orkánu, pričom je nutné si uvedomiť, že sme stále na Slovensku!

Nebezpečný je i nárazový vietor v exponovanom teréne. Priemerná sila, ktorá pôsobí na človeka v závislosti od rýchlosti vetra, môže byť až 350 N /tabuľka 1/. Zaťaženie vetrom, ovplyvňuje z hľadiska voľby skladby strechy spôsob a intenzitu fixácie strešných vrstiev, ale aj širšie konštrukčné súvislosti ako je smer prútia strešnej nosnej konštrukcie, tvar a vzduchotesnosť obalových konštrukcií atď.

NAVRHOVANIE FIXÁCIE VRSTVIE STRECHY

Pre spoľahlivú fixáciu vrstiev strechy je potrebné stanoviť zaťaženie vetrom danej konštrukcie a navrhnúť vhodný spôsob a intenzitu fixácie na základe zaťaženia.

EMPIRICKÝ NÁVRH – ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET

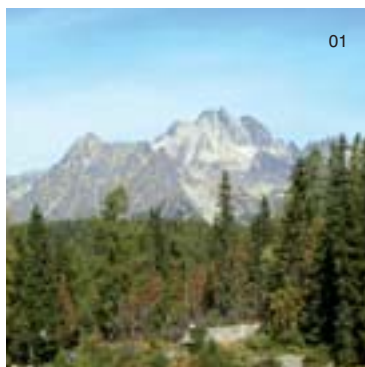
Sú prípady, kedy je možné návrh zjednodušiť. Tieto prípady sú prísne obmedzené a platia pre ne nasledujúce podmienky:

- Strecha nie je výškovo členitá a má jednoduchý tvar.
- Ide o uzavretý objekt z hľadiska vzduchotesnosti obalových konštrukcií.
- Strecha je na budove vysokej max. 20m.
- Príslušné kotevné prvky - výťažné

skúšky preukázali únosnosť zodpovedajúcu trojnásobku výpočtového zaťaženia, t. z. 1,2 kN/kotvu, a použité kotevné prvky prislúchajú k danému podkladu.

- Zaťaženie vetrom nepresahuje bežné hodnoty pre vetrovú oblasť.
- Eventuálna úspora kotevných prvkov nie je cieľom.

Pokiaľ sú tieto podmienky splnené, je možné použiť empirické spôsoby návrhu fixácie vrstiev strechy. Podrobnosti sú popísané v príslušných publikáciách [1]. Zodpovednosť za spoľahlivý a ekonomický návrh leží ale vždy na projektantovi. Preto by mal sám zvážiť, či i pri splnení vyššie uvedených podmienok nepristúpi k exaktnému výpočtu zaťaženia vetrom a k presnému návrhu fixácie. Je nutné pristupovať inak napr. k nízkopodlažnej materskej škole



PRI NAVRHOVANÍ SKLADIEB PLOCHÝCH STRIECH JE POTREBNÉ PAMÄTAŤ NA NÁHODILÉ ZATAŽENIE VETROM. NEZNALOSŤ PROBLEMATIKY, JEJ PODCENENIE A NEDÔSLEDNOSŤ RIEŠENIA MÔŽE V PRAXI ČASTO VIESŤ K ZNAČNÝM MATERIÁLOVÝM ŠKODÁM. AJ V NAŠICH FYZICKO- GEOGRAFICKÝCH PODMIENKACH MÔŽE MAŤ VIETOR OBROVSKÚ SILU. PRÍKLADOM JE NEDÁVNÝ KYRILL, KTORÝ ŠARAPATIL V KRAJINÁCH SEVEROZÁPADNEJ EURÓPY, ALE I „VIETOR“ SPRED 3 ROKOV, KTORÝ ZASIAHOL NA SLOVENSKU OBLASŤ VYSOKÝCH TATIER /FOTO 02/, HOREHRONIA A ORAVY.



uprostred bratislavskej Petržalky a inak k šesťpodlažnému bytovému domu na jej okraji.

PODROBNÝ VÝPOČET ZATAŽENIA VETROM PLOCHÝCH STRIECH

PLATNÉ TECHNICKÉ NORMY

O zásadách navrhovania a zaťaženia konštrukcií vetrom hovoria príslušné technické normy, a to:

pre Slovensko: STN 73 0035 „Zaťaženie stavebných konštrukcií“, STN P ENV 1991-2-4 (73 0036) „Zásady navrhovania a zaťaženia konštrukcií; časť 2-4: Zaťaženie konštrukcií. Zaťaženie vetrom“ a STN EN 1991-1-4 (STN 73 0035) „Zaťaženia konštrukcií; časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia vetrom“. Posledná menovaná norma nemá národnú prílohu, bez ktorej nie je možné normu používať.

Predpokladá sa, že národná príloha bude začiatkom roka 2008. Všetky uvedené normy platia súbežne, avšak je neprípustné ich vzájomne kombinovať.

Pre Českú republiku: ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) „Eurokód 1: Zatiaženie konštrukcií – Časť 1-4: Obecná zatížení – Zatiaženie větrem“ a súčasne ČSN 73 0035 „Zatiaženie stavebních konstrukcií“.

PARAMETRE VSTUPUJÚCE DO VÝPOČTU ZATAŽENIA VETROM

- q_{ref} ref. stredný tlak vetra,
- $c_e(z)$ súčiniteľ expozície,
- z referenčná výška,
- c_d dynamický súčiniteľ.

REFERENČNÝ STREDNÝ TLAK VETRA

Referenčný stredný tlak vetra je odvodený z referenčnej rýchlosti vetra v_{ref} a je charakteristickou hodnotou. Referenčná rýchlosť vetra v_{ref} je

stredná rýchlosť vetra v časovom intervale 10 sekúnd vo výške 10 metrov nad zemou pri kategórii terénu II, ktorá má ročnú pravdepodobnosť prekročenia 0,02 (resp. má priemernú periódu návratu 80 rokov). Jej veľkosť ovplyvňuje základná hodnota referenčnej rýchlosti vetra $v_{ref,0}$, súčiniteľ smerovosti vetra c_{DIR} , súčiniteľ dočasnosti (sezónnosti) c_{TEM} a súčiniteľ nadmorskej výšky c_{ALT} . Slovensko je rozdelené podľa referenčnej rýchlosti vetra $v_{ref,0}$:

- na oblasť I $v_{ref,0} = 24$ m/s,
- na oblasť II $v_{ref,0} = 26$ m/s,
- na oblasť III (700- 1300 m n. m.) $v_{ref,0} = 30$ m/s,
- na horské oblasti (nad 1300 m n.m.) $v_{ref,0} = 33$ m/s,

pričom súčiniteľa smerovosti, dočasnosti a nadmorskej výšky sú definované hodnotou „1“.

Rýchlosť vetra [km/h]	30	50	70	100	130
Sila [N]	20	50	100	210	350

Tabuľka 01 | Priemerná sila pôsobiaca na človeka v závislosti od rýchlosti vetra

- 01 | Členitosť krajiny
 02 | Škody po orkáne spred 3 rokov – Vysoké Tatry
 03 | Poviaková krytina strhnutá nedostatečnou stabilizáciou proti účinkom sania vetra



04



05



06

- 04 | Výška strechy nad terénom
- 05 | Vzduchotesnosť obalových konštrukcií
- 06 | Stupňovitá zástavba

V Českej republike sa uvažuje s oblasťami len I (kde $v_{ref,0} = 24 \text{ m/s}$) a II (kde $v_{ref,0} = 26 \text{ m/s}$), pričom súčiniteľ smerovosti a dočasnosti sú definované hodnotou „1“. Korekciu vzhľadom na nadmorskú výšku vyjadruje súčiniteľ nadmorskej výšky, a to pre nadmorskú výšku a_s :

- $a_s \leq 700 \text{ m}$, kde $c_{ALT} = 1$,
- $700 \text{ m} < a_s \leq 1300 \text{ m}$, kde $c_{ALT} = 1,25$ v oblasti s $v_{ref,0} = 24 \text{ m/s}$, $c_{ALT} = 1,26$ v oblasti s $v_{ref,0} = 26 \text{ m/s}$,
- $a_s > 1300 \text{ m}$, kde $c_{ALT} = 1,27$.

V orograficky členitom teréne, pre nadmorské výšky viac ako 700 m n. m. a najmä pre úzke údolia, hrebene a vrcholy hôr sa odporúča vyžiadať odborný posudok.

Do výpočtu referenčnej rýchlosti vetra vstupuje aj kategória terénu.

- Kategória terénu I – jazerá o dĺžke aspoň 5 km, rovina bez prekážok.
- Kategória terénu II – obrábané polia s medznými kríkmi, miestami malé poľnohospodárske konštrukcie, budovy a stromy.
- Kategória terénu III – predmestia, priemyselné plochy, súvislé lesy.
- Kategória terénu IV – zastavané

územia, kde aspoň 15 % povrchu pokrývajú budovy s výškou väčšou ako 15 m.

Referenčný stredný tlak vetra je ďalej ovplyvnený i mernou hmotnosťou vzduchu.

SÚČINITEĽ EXPOZÍCIE

Súčiniteľ expozície zohľadňuje vplyv:

- drsnosti terénu – zahŕňa premenlivú strednú rýchlosť vetra, ktorá sa mení s výškou strechy nad úrovňou terénu, trecou výškou a je priamo závislá na kategórii terénu;
- topografie – zahŕňa zvýšenie strednej rýchlosti vetra nad osamelými kopcami a skalnými stenami;
- výšky nad terénom, turbulencie

a mení stredný tlak na maximálny tlak.

REFERENČNÁ VÝŠKA

Referenčná výška zodpovedá uvažovanému súčiniteľu tlaku ($z = z_s$ pre vonkajší tlak a súčiniteľ sily, $z = z_i$ pre vnútorný tlak). Pre ploché strechy sa odporúča uvažovať referenčná

výška z_e rovnej h – výška strechy nad terénom.

DYNAMICKÝ SÚČINITEL

Dynamický súčiniteľ odozvy vetra zahŕňa korelačné a dynamické zväčšenie. Pre pozemné stavby je závislý na vlastnostiach materiálu stavby.

Výsledný tlak vetra na konštrukcie je rozdiel tlakov na každom z oboch povrchov, uvažovaný s ohľadom na ich znamienka. Tlak pôsobiaci smerom k povrchu je uvažovaný ako kladný a sanie pôsobiace smerom od povrchu ako záporné.

UKÁŽKY VPLYVU CHARAKTERU TERÉNU A ZÁSTAVBY NA STANOVENIE ZAŤAŽENIA VETROM

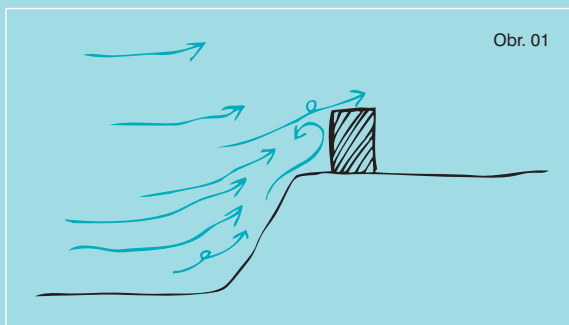
Výsledný silový účinok vetra na konkrétnu plochú strechu je komplikovaný – súvisí so spôsobom obtekania konštrukcie vzduchovým prúdom a s rýchlosťou jednotlivých častí prúdu.

Charakter (intenzitu a účinky) toku veterných prúdov v nadstrešnej oblasti ovplyvňuje predovšetkým:

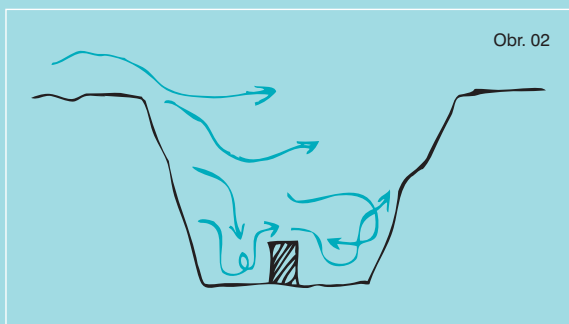
- Geografická lokalita – klimatické podmienky, smer prevládajúcich vetrov, nadmorská výška.
- Typ krajiny, charakter a hustota okolitej zástavby a jej celkové včlenenie do lokality.
- Výška strechy nad terénom, jej tvar a spôsob ukončenia po obvode /foto 04/.
- Vzduchotesnosť obalových konštrukcií /foto 05/.

TYP KRAJINY, TERÉNU A CHARAKTER OKOLITEJ ZÁSTAVBY

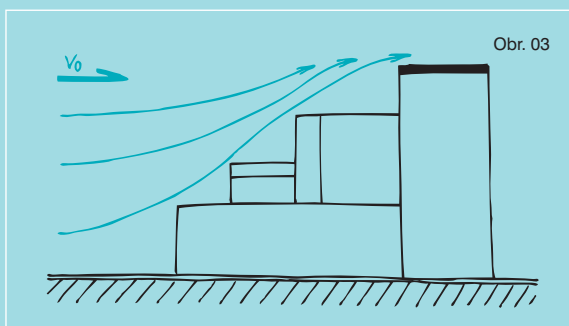
Na výsledné pomery prúdenia vzduchu v nadstrešnej oblasti má vplyv charakter krajiny, terénu, ale i usporiadania okolitej zástavby. Odráža sa v správnom určení kategórie terénu na stanovenie referenčného stredného tlaku vetra a v súčiniteli expozície. Niektoré prípady si priblížime v nasledujúcich bodoch a pozrieme sa, ako to zohľadňuje príslušná technická norma.



Obr. 01



Obr. 02



Obr. 03

- Obr. 01 | Tok veterných prúdov na upätí kopcov
Obr. 02 | Tok veterných prúdov vo vnútri údolí
Obr. 03 | Tok veterných prúdov u stupňovitej zástavby

VOLNE STOJACE OBJEKTY

Pre voľne stojace ploché strechy s veľkými plochami paralelne obtekanými vetrom (ako haly a pod.) sa odporúča uvažovať okrem sania a tlaku vetra aj trecie sily.

Trecie sily sú ovplyvnené:

- referenčným stredným tlakom vetra,
- vplyvom kategórie terénu, referenčnej výšky strechy nad terénom z_e a vplyvom turbulencie,
- povrchom strechy, a to:
 - povrch hladký – oceľ, hladký betón,
 - povrch hrubý – hrubý betón, asfaltované povrchy a pieskované lepenky,
 - veľmi hrubý povrch – vlny, rebrá, drážky.
- a referenčnou plochou A_{ref} obtekanou vetrom.

OBJEKTY NA PREVÝŠENÝCH MIESTACH A V ÚDOLIACH

V prípade plochých striech objektov nachádzajúcich sa na úpätí osamelých kopcov alebo skalných stien dochádza k zvýšeniu strednej rýchlosti vetra /obr. 01/. Naopak, v prípade hornatých a zvlnených oblastí je toto zvýšenie prakticky zanedbateľné. Pri objektoch, ležiacich vo vnútri údolí so strmými svahmi je nutné pamätať na to, aby bolo zohľadnené každé zvýšenie rýchlosti vetra spôsobené zúžením prierezu /obr. 02/.

Zvýšenie strednej rýchlosti vetra sa zohľadňuje vo výpočte súčiniteľom topografie, závislým od:

- sklonu náveterného svahu v smere vetra (mierny a strmý),
- účinnej dĺžky náveterného svahu,
- skutočnej dĺžky náveterného svahu v smere vetra,
- skutočnej dĺžky záveterného svahu v smere vetra,
- účinnej výšky kopca (skalnej steny),

- vodorovnej vzdialenosti objektu od vrcholu kopca,
- zvislej vzdialenosti od úrovne terénu objektu.

OBJEKTY V STUPŇOVITEJ ZÁSTAVBE

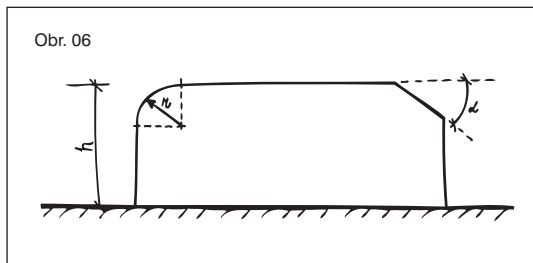
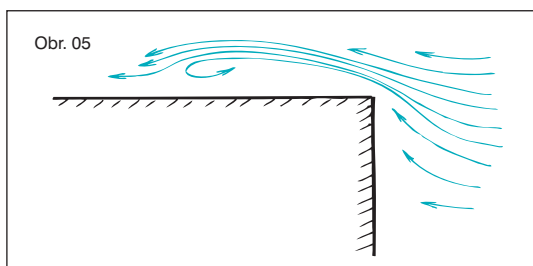
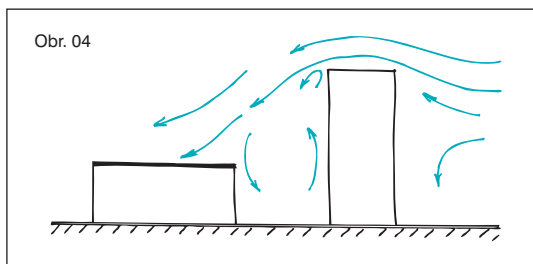
V prípade, ak je okolitá zástavba stupňovitá /foto 06/, tak sa účinok vetra na vyššie položenú strechu môže postupne znásobovať /obr. 03/.

Vo výpočte sa táto skutočnosť zohľadňuje zvolením vhodnej kategórie terénu, na ktorej sú priamo závislé ostatné parametre ako:

- súčiniteľ terénu,
- trecia výška,
- minimálna výška nad terénom.

NIŽŠIE OBJEKTY V TIENI VYŠŠÍCH BUDOV

V prípade objektu nachádzajúceho sa v tieni vyššej budovy /foto 07/, môžu na konštrukciu strechy



narážať veterné prúdy pod rôznymi uhlami, pri súčasnom vzniku veľkých vírov a turbulencií /obr. 04/.

Pri výpočte je nutné zohľadniť nie len intenzitu turbulencie, ale aj vplyv drsnosti terénu, topografiu a strednú rýchlosť vetra vzhľadom na výšku strechy nad terénom. Uvedené skutočnosti zohľadňuje opäť súčiniteľ expozície.

VÝŠKA STRECHY NAD TERÉNOM, JEJ TVAR A SPÔSOB UKONČENIA PO OBVODE

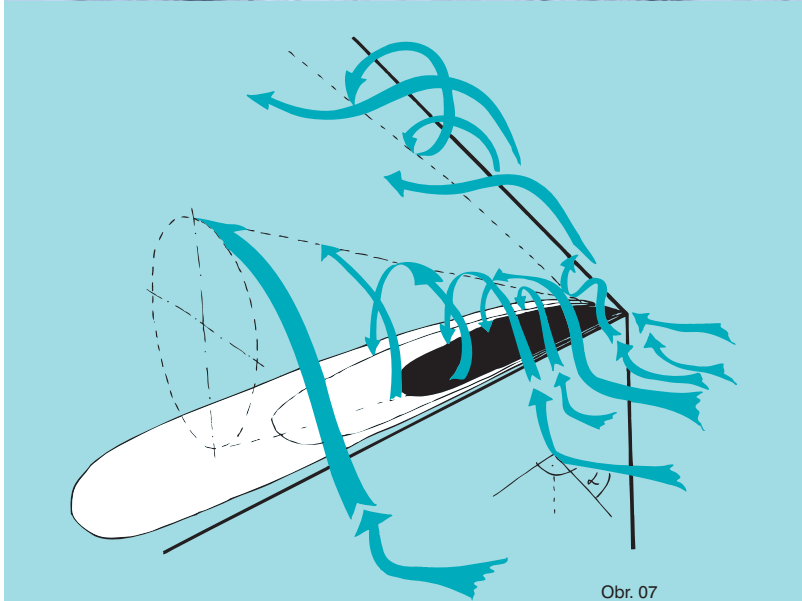
Spôsob a rýchlosť obtekania konštrukcie vetrom závisí od konkrétnych parametrov strechy ako:

- pomer pôdorysných strán strechy,
- pomer pôdorysných strán a výšky objektu,
- spôsob konštrukčného riešenia ukončenia plochej strechy – konštrukcia rímsy, alebo atiky, a ich veľkosť a pomer ku pôdorysným rozmerom strechy,
- členenie samostatnej roviny strechy, strechy na viacerých výškových úrovniach, geometrické tvary a usporiadanie.

Hodnotu zataženia vetrom ovplyvňuje súčiniteľ vonkajšieho tlaku, ktorý v sebe zahŕňa tvar objektu a strechy, ukončenie strechy po obvode, a ktorý sa líši podľa posudzovanej oblasti strechy. Ten je tiež daný normou STN (ČSN) P ENV 1991-2-4. Norma však nepostihuje všetky možné prípady tvaru konštrukcie. Tu si projektant musí poradiť iným spôsobom – kompiláciou prípadov popísaných v norme, vlastným kvalifikovaným odhadom, skúsenosťami, prípadne špeciálnym odborným posudkom alebo skúškou.

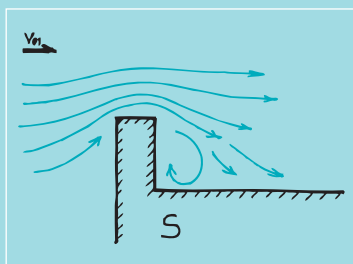
STRECHA BEZ PREVÝŠENÉHO OKRAJA

V prípade ukončenia plochej strechy ostrou hranou /foto 08/ dochádza pri prúdení vetra v tomto mieste k výraznej turbulencii, a tým k saníu pozdĺž náveterného okraja /obr. 05/. Tento účinok je v mieste rohov strechy ešte znásobený /obr. 07/. I z tohto dôvodu sa strecha

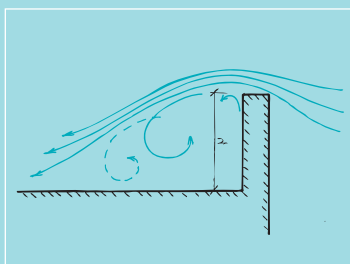


- 07 | Objekt v tieni vyššej budovy
- 08 | Strecha s ostrou hranou
- 09 | Strecha ukončená vysokou atikou alebo stenou

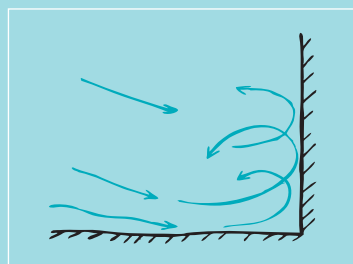
- Obr. 04 | Tok veterných prúdov v prípade objektu nachádzajúceho sa v tieni vyššej budovy
- Obr. 05 | Tok veterných prúdov na okraji strechy
- Obr. 06 | Zakrivení alebo manzardové hrany
- Obr. 07 | Tok veterných prúdov o blasti rohov



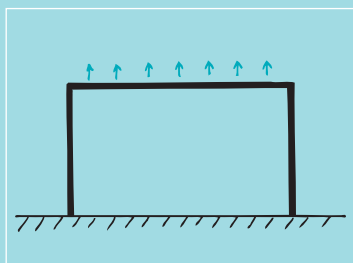
Obr. 08 | Tok veterných prúdov u strechy s atikou



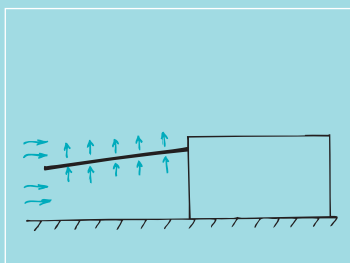
Obr. 09 | Tok veterných prúdov u strechy s vysokou atikou



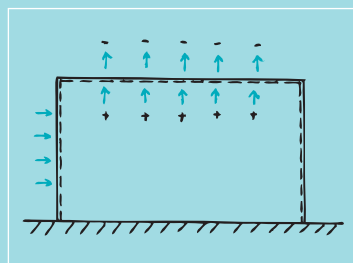
Obr. 10 | Tok veterných prúdov u strechy naväzujúcou stenou vyššej budovy



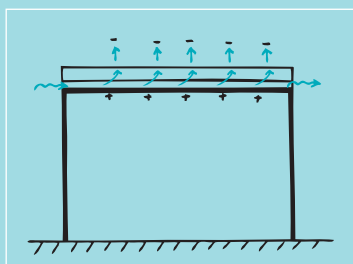
Obr. 11 | Uzavretý objekt so vzduchotesnými obalovými konštrukciami



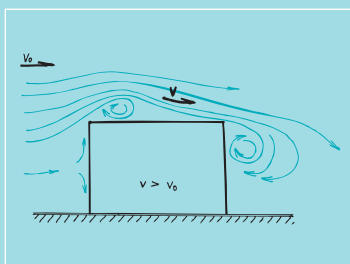
Obr. 12 | Objekt otvorený



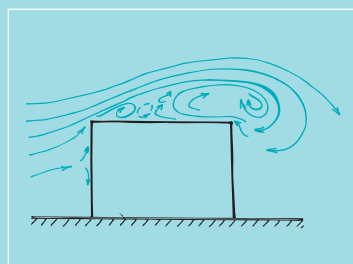
Obr. 13 | Objekt s netesnými obalovými konštrukciami



Obr. 14 | Dvojplášťová strecha



Obr. 15 | Tok veterného prúdu po jeho pripojení k povrchu strechy



Obr. 16 | Turbulentné prúdenie, vznik podtlaku

rozdeľuje na jednotlivé oblasti, ktoré sa individuálne posudzujú. Práve tu sa uplatňuje súčiniteľ vonkajšieho tlaku.

Strechy bez prevýšeného okraja môžu byť ukončené po obvode nie len ostrou hranou, ale môžu mať i charakter manzardovej hrany alebo hrany zakrivenej /obr. 06/. Výsledný súčiniteľ vonkajšieho tlaku v jednotlivých oblastiach strechy, vzhľadom na ukončenie strechy po obvode, môže byť v prípade ostrých hrán až o 2/3 väčší ako v prípade striech ukončených po obvode zakrivenou hranou.

STRECHA UKONČENÁ PO OBVODE ATIKOU

V prípade pôsobenia veterných prúdov na strechu s prevýšeným okrajom, napr. atikou, je v závislosti od jej výšky silový účinok vetra na príľahlú časť strechy znížený /obr. 08/.

Veľkosť súčiniteľa vonkajšieho tlaku je v tomto prípade vyjadrený pomerom výšky atiky (zábradlia) ku výške strechy nad terénom a môže byť až o 1/4 menší, ako v prípade striech ukončených po obvode ostrou hranou.

STRECHA UKONČENÁ PO OBVODE VYSOKOU ATIKOU ALEBO STENOU

Ak je strecha po obvode lemovaná vysokou atikou alebo stenou /foto 09/, je intenzita pôsobenia vetra v tomto smere najmenšia. Veterné prúdy vysokú atiku obtekajú a ich účinok sa rozkladá viac do plochy strechy /obr. 09/.

Pokiaľ na časť obvodu strechy priamo naväzuje vyšší objekt a ostatok obvodu strechy je ukončený hranou alebo atikou, je to obdobný prípad ako budova v tieni vyššieho objektu. Veterné prúdy môžu narážať na naväzujúcu stenu vyššej budovy

/obr. 10/. V závislosti od ich intenzity môže v tomto mieste dôjsť k vzniku vírov a turbulencií, a teda k zväčšeniu zaťaženia vetrom.

VZDUCHOTESNOSŤ OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ OBJEKTU

Zaťaženie vetrom pôsobí priamo na vonkajšie povrchy uzavretých konštrukcií a vplyvom prievzdušnosti vonkajšieho povrchu pôsobí tiež nepriamo na vnútorné povrchy. Príbližme si teraz jednotlivé riziká strechy vzhľadom na vzduchotesnosť objektu, a to:

- na objekt uzavretý /obr. 11/, kedy je strecha vystavená namáhaniu saním vetra,
- na objekt otvorený /obr. 12/, kde je nutné počítať s maximálnym saním i tlakom vetra na obalové konštrukcie,
- na objekt s ľahkou obvodovou a strešnou konštrukciou /obr. 13/, kde dochádza k infiltrácii a exfiltrácii vzduchu,
- a na objekt s dvojplášťovou strechou /obr. 14/, kedy je horný plášť strechy namáhaný tiež tlakom aj saním.

UZAVRETÝ OBJEKT SO VZDUCHOTESNÝMI OBALOVÝMI KONŠTRUKCIAMI

Z hľadiska silových účinkov sania vetra môžu pre plochú strechu uzavretého objektu nastať dva prípady. Buď k saniu dochádza vplyvom lokálneho zrýchlenia veterného prúdu po jeho pripojení k povrchu strechy /obr. 15/, alebo pri turbulentnom prúdení vplyvom odtrhávania vírov od povrchu strechy, dochádza k lokálnemu zriedeniu vzduchu, čím vzniká podtlak /obr. 16/. Pokiaľ má objekt jednoplášťovú strechu, vzniká pri namáhaní saním vetra pod povlakovou krytinou podtlak, ktorý spolupôsobí pri fixácii vrstiev.

OTVORENÝ OBJEKT

Otvorené objekty nemajú trvalé steny. Ide o objekty čerpacích staníc, holandské stodoly, otvorené sklady atď. Môžu byť otvorené /obr. 17/, alebo polootvorené /obr. 18/, kedy sú z jednej strany uzavreté napr. uloženým materiálom.

FIXÁCIA VRSTVIE STRECHY

Po určení zaťaženia vetrom jednotlivých častí strechy alebo konštrukcie je potrebné navrhnuť s ohľadom na všetky konštrukčné súvislosti vhodný spôsob fixácie vrstiev strechy. K obvyklým používaným spôsobom fixácie patrí:

- mechanické kotvenie,
- lepenie (vrátane natavovania),
- priťaženie,
- prípadne ich kombinácie.

V tomto čísle sa zmienime o fixácii strešných vrstiev priťažením. Mechanickým kotvením a lepením sa budeme zaoberať v niektorom z ďalších čísel časopisu Dektime.

PRIŤAŽENIE

V prípade striech priťažovaných násypom kameniva by nemal byť sklon strechy väčší ako 10%, aby nedochádzalo k zosuvu kameniva. I v prípade vrstiev priťažovaných násypom kameniva a dlažbou je nevyhnutné zväziť použitie povlakovej krytiny s aditívmi zabraňujúcimi prerastaniu koreňov rastlín. Uvedené stabilizačné vrstvy tvoria „živnú pôdu“ pre prípadný rast vegetácie vzhľadom na kumulujúcu sa vodu v týchto vrstvách i možnú vhodnú teplotu. Pri rekonštrukciách s fixáciou strešných vrstiev priťažením je potrebné vypracovať statické posúdenie nosnej strešnej konštrukcie.

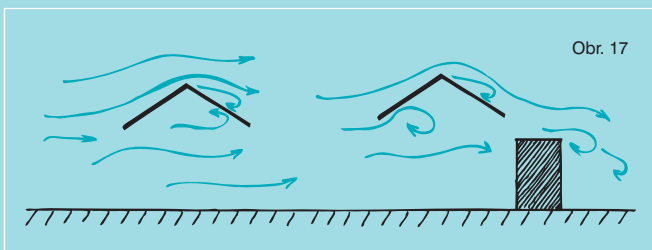
V prípade zabezpečenia polohovej stability vrstiev priťažením či už vrstvami násypu zeminy pri vegetačných strechách, násypom kameniva /foto 11/, alebo dlažbou ukladanou na podložky /foto 10/, odporúčame vypracovať plán priťaženia vrstiev strechy vzhľadom na účinky pôsobenia vetra. Už v štádiu realizácie je nutné priebežne stabilizovať jednotlivé vrstvy vzhľadom na pôsobenie vetra.

Príkladom je hotel Bellevue v Hornom Smokovci /foto 13, foto 14/, kde sú jednoplášťové ploché strechy s klasickým poradím vrstiev. Z hľadiska vzduchotesnosti obalových konštrukcií sa zaraďuje k uzavretým objektom. Do návrhu fixácie vrstiev strechy priťažením vstupovali nasledujúce skutočnosti:

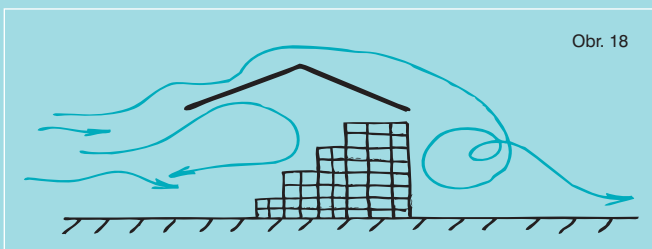
- strecha má komplikovaný pôdorys s množstvom prestupujúcich konštrukcií,
- nadmorská výška objektu je 970 m n. m.,
- aj napriek tomu, že hotel obkolesujú vrcholy Vysokých Tatier, intenzita pôsobenia vetra môže dosiahnuť extrémne hodnoty (príkladom je orkán spred 3 rokov, rýchlosť vetra v nárazoch 123 km/hod),
- objekt je v orograficky členitom teréne /foto 11/.

10





Obr. 17



Obr. 18

Stupeň uzavretia prierezu pod prístreškom závisí od súčiniteľa zaplnenia. Výslednú silu predstavuje celkový súčiniteľ závislý nie len od súčiniteľa zaplnenia, ale i od prípadného sklonu prístrešku. Výsledný súčiniteľ rozdielu tlakov pri otvorenom prístrešku môže byť i dvojnásobne vyšší ako pri uzavretom prístrešku.

OBJEKT S LAHKOU OBVODOVOU A STREŠNOU KONŠTRUKCIOU

Pri objektoch s ľahkou obvodovou a strešnou konštrukciou je nutné počítať s prúdením vzduchu konštrukciami.

Ak obvodová stena nie je tesná, alebo sú v nej veľké otvory ako vráta a pod., dochádza k tlakovým účinkom na plochú strechu zo strany interiéru /obr. 19/. To má význam hlavne pri strechách s ľahkou a netesnou nosnou strešnou konštrukciou (trapézové plechy, OSB dosky, ...).

V prípade nevzduchotesného strešného plášťa dochádza k opačnému javu oproti uzavretým vzduchotesným objektom.

Pri namáhaní povlakovej krytiny saním vetra nespôsobí pri fixácii vrstiev žiaden podtlak /obr. 20/. Je to spôsobené značným nasávaním vzduchu z interiéru do strešného plášťa cez jeho netesnosti. To okrem iného zvyšuje v podstatnej miere dynamické účinky napr. na jednotlivé kotevné prvky.

Prúdiaci vzduch z interiéru zo sebou nesie obvykle veľké množstvo vlhkosti. To môže spôsobiť nadmernú kondenzáciu vodnej pary, a teda vznik korózneho prostredia pre materiály v skladbe strechy, napr. kotvy. Obdobné účinky ako pôsobenie vetra majú na netesné ľahké obvodové konštrukcie aj účinky vzduchotechniky.

OBJEKT S DVOJPLÁŠŤOVOU STRECHOU

Pri dvojplášťových strechách do vzduchovej vrstvy môže vrázať veľký prúd vzduchu, ktorý v prípade netesného horného plášťa môže spôsobovať dvíhanie povlakovej krytiny alebo i ostatných vrstiev horného plášťa /obr. 21/. Účinok je teda



11

Hotel Bellevue je príklad objektu, ktorý v plnej miere nepostihuje norma STN P ENV 1991-2-4. Návrh rohových a okrajových oblastí bolo potrebné individuálne zvážiť a posúdiť na účinky vetra. Pri veľkých rýchlostiach veterných prúdov totiž hrozilo riziko preskupovania štrku do plochy strechy, prípadne až „odstreľovanie“ jednotlivých kamienkov zo strechy. Obvykle na tento účel prifaženia postačuje

frakcia 16/32, avšak v niektorých prípadoch je potrebné zvážiť použitie vyššej frakcie napr. 32/64. V oblastiach rohov a hrán strechy sa naviac pristúpilo k ďalšiemu prifaženiu betónovou dlažbou v dvoch vrstvách /foto 15/. V prípade dvojvrstvovo ukladanej dlažby je nutné z dôvodu spolupôsobenia jednotlivé kusy dlažby pevne zoskrutkovať.

- 10| Strecha prifažená dlažbou na terčoch
- 11| Geografická lokalita hotela Bellevue
- 12| Strecha prifažená násypom kameniva
- 13| Hotel Bellevue, Horní Smokovec
- 14| Plochá strecha objektu
- 15| Prifaženie okrajových oblastí betónovou dlažbou



12



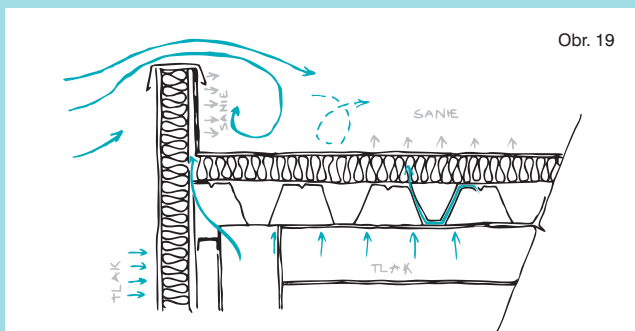
13



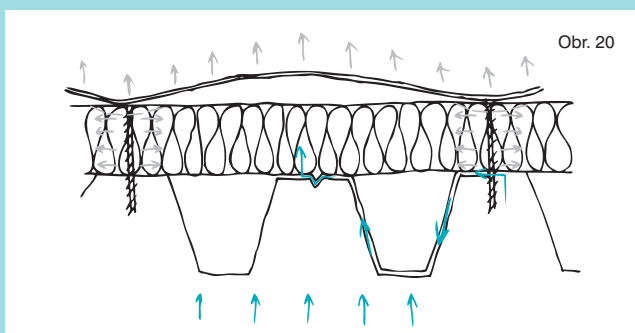
14



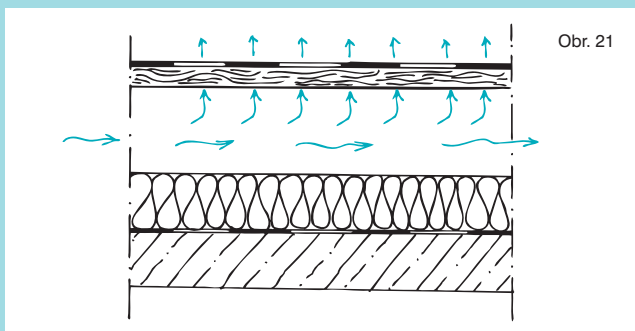
15



Obr. 19



Obr. 20



Obr. 21

obdobný ako pri otvorených objektoch, alebo objektoch s ľahkou obvodovou a strešnou konštrukciou.

Preto je nutné pri dvoj- a viacplášťových strechách individuálne vypočítať silu od pôsobenia vetra oddelene pre každý plášť.

ZÁVER

Nakoľko mnohé parametre sú tak premenlivé, že samotný účinok vetra a jeho priebeh v ploche strechy nikdy nemožno zovšeobecňovať a platia len na konkrétnom mieste a v konkrétnom čase, podcenenie zaťaženia plochých striech vetrom je mimoriadne nebezpečné a prípad od prípadu rozdielne.

<Monika Jozefíková>

FOTO:

Monika Jozefíková
www.beliansketatry.sk

KRESBA OBRÁZKOV:

Monika Jozefíková

PODKLADY:

- [1] Publikácie KUTNAR – Skladby a detaily (DEKTRADE a.s.)
- [2] ČSN P ENV 199-2-4 (73 0035) „Zásady navrhování a zatížení konstrukcí; část 2-4: Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem“
- [3] Zborník zo sympózia plochých striech (2007)
- [4] STN P ENV 199-2-4 (73 0036) „Zásady navrhovania a zaťaženia konštrukcií; časť 2-4: Zaťaženie konštrukcií- Zaťaženie vetrom“

Obr. 19| Tok veterných prúdov pri streche s netesnými obalovými konštrukciami

Obr. 20| Tok veterných prúdov pri netesnej streche

Obr. 21| Tok veterných prúdov pri dvojplášťovej streche s vetranou vzduchovou vrstvou

BAZÉNOVÉ FÓLIE ALKORPLAN 2000

Hydroizolační fólie ALKORPLAN 2000 jsou vyrobeny z měkčeného PVC. Na povrchu jsou opatřeny akrylátovou vrstvou, která omezuje usazování nečistot a usnadňuje čištění. Fólie vynikají především vysokou UV stabilitou, stálobarevností, odolností proti hnilobě, plísním a mikroorganismům.

Sortiment fólií ALKORPLAN 2000 byl rozšířen o další mozaikové vzory. V současné době nabízíme tyto vícebarevné bazénové fólie ALKORPLAN 2000: MOZAIKA BYZANČ, MOZAIKA TMAVÁ, PERSIA MODRÁ, PERSIA PÍSKOVÁ, CARRARA, MRAMOR

Vedle vícebarevných vzorů naleznete v sortimentu i tradiční jednobarevné fólie ALKORPLAN 2000.

Všechny barevné varianty fólií ALKORPLAN 2000 jsou k dispozici našim zákazníkům v České republice a na Slovensku. Technickou podporu při navrhování a provádění fólií ALKORPLAN 2000 poskytuje ATELIER DEK. Návrh a montáž bazénové fólie usnadní Montážní příručka ALKORPLAN.

 ALKORPLAN 2000®



MOZAIKA BYZANČ



CARRARA



MOZAIKA TMAVÁ



PERSIA PÍSKOVÁ



MRAMOR



PERSIA MODRÁ

TEPELNÁ IZOLACE KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM

ČESKÁ REPUBLIKA SE V TÉTO DOBĚ POTÝKÁ S NEDOSTATKEM STAVEBNÍHO MATERIÁLU. NEDOSTATEK SPOČÍVÁ VE VYSOKÉ POPTÁVCE PO STAVĚNÍ, NA KTEROU NEDOKÁŽÍ VÝROBCI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ DOSTATEČNĚ RYCHLE REAGOVAT. PROBLÉM SE TÝKÁ I TEPELNÝCH IZOLACÍ, A TO OBOU NEJBĚŽNĚJŠÍCH, PĚNOVÉHO POLYSTYRENU A MINERÁLNÍ VATY. TENTO STAV BYL PRO SPOLEČNOST DEKTRADE IMPULSEM K HLEDÁNÍ VHODNÉ ALTERNATIVY MATERIÁLU TEPELNÉ IZOLACE.

Specialisté společnosti provedli průzkum evropského trhu, z kterého vyplývá, že na vzestupu v celé západní Evropě je používání tepelněizolačních desek z polyisokyanurátu (PIR).

Společnost DEKTRADE oslovila předního výrobce této tepelné izolace – britskou společnost KINGSPAN INSULATION. Na pozvání výrobce navštívili zástupci společnosti DEKTRADE výrobní společnost KINGSPAN INSULATION ve městě Pembridge ve střední Anglii. Předmětem jednání bylo vybrat pro český trh vhodné výrobky značky KINGSPAN, které by se uplatnily v nejběžnějších izolačních konstrukcích. Součástí návštěvy byla prohlídka samotných výrobních linek závodu a seznámení se se systémem technické podpory, kterou KINGSPAN INSULATION pro projektanty a realizační firmy poskytuje. Jednání s techniky anglické strany se týkala zejména technické specifikace výrobků, garantovaných parametrů a informací nezbytných ke správnému navrhování tepelněizolačních desek v českém prostředí.

Polyisokyanurátové izolační desky mají v Česku, stejně jako v západní Evropě, velký potenciál v uplatnění. Jedná se o materiál s relativně vysokou pevností a nízkou objemovou hmotností. V mnohých parametrech překračují jiné tepelněizolační materiály. Podrobnosti o navrhování a montáži desek KINGSPAN THERMAROOF uvádíme v následujících kapitolách.

NÁVRH SKLADBY STŘECHY S TEPELNŮ IZOLACÍ KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM

PODKLAD POD DESKY KINGSPAN THERMAROOF™

Podklad pod desky Kingspan Therमारооf™ TR26/27 LPC/FM musí být ve spádu a musí být dostatečně vyrovnaný a očištěný. Desky musí být v ploše dostatečně podepřeny, za vhodný podklad se považuje:

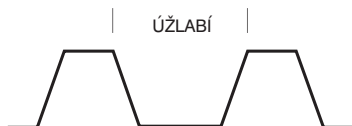
- trapézový plech (maximální úžlabí trapézového plechu v závislosti na tloušťce desky Kingspan

Therमारооf™ TR26/27 LPC/FM viz tabulku /01/),

- betonová deska,
- dřevěné bednění (překližka, dřevovláknité desky).

Tabulka 01

Max. úžlabí trapézového plechu [mm]	≤ 75	Tloušťka desky Kingspan Therमारооf™ TR26/27 LPC/FM [mm]	25
	76-100		30
	101-125		35
	126-150		40
	151-175		45
	176200		50



PAROZÁBRANA A POJISTNÁ HYDROIZOLACE

Parotěsnicí vrstvu může tvořit PE fólie, např. DEKSEPAR, nebo SBS modifikované asfaltové pásy, např. GLASTEK SPECIAL MINERAL či samolepicí asfaltový pás GLASTEK 30 STICKER nebo BÖRNER DACO KSD.

HLAVNÍ HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA

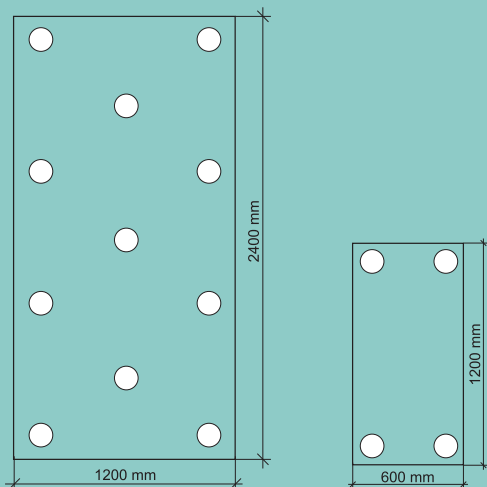
Desky jsou určeny pro použití s mechanicky kotvenými povlakovými hydroizolacemi, např. PVC-P fólie ALKORPLAN 35 176, SBS modifikovaný asfaltový pás ELASTEK 50 SOLO. Provést lze také hydroizolaci ze dvou asfaltových pásů, a to mechanicky kotveného pásu GLASTEK SPECIAL MINERAL a celoplošně nataveného pásu ELASTEK SPECIAL DEKOR.

Fóliové i asfaltové hydroizolace není nutné od vrstvy tepelné izolace separovat.

V případě provádění asfaltových hydroizolací na tepelněizolační desce se doporučuje při svařování přesahů pásů přesah podložit podkladním asfaltovým pásem, např. V13.

Desky Kingspan Therमारооf™ TR26 LPC/FM s povrchovou úpravou ze sendvičové fólie nedoporučujeme navrhovat s hydroizolací z asfaltových pásů.





obr. 01 | Rozmístění kotevních prvků pro desky 2,4×1,2 m a 1,2×0,6 m
Pozn.: Při zpracování přesného kladečského plánu lze kotvy hydroizolační vrstvy započítat do kotvení desek Kingspan Thermaroom™ a tím uspořít na kotevních prvcích.

Legenda k tabulce 02:
Vlhkostní třídy dle ČSN EN ISO 13788

- třída 1 – suché sklady, např. papíru, textilu, elektroniky (velmi nízká vlhkost)
- třída 2 – sklady, logistická centra, obchody, kanceláře (nízká vlhkost)
- třída 3 – obchody, kanceláře, obytné budovy s malým obsazením
- třída 4 – obytné budovy s velkým obsazením (vysoká vlhkost)
- třída 5 – bazény, sportovní haly (velmi vysoká vlhkost)

Podkladní vrstva		Trapézový plech		Betonová deska		Dřevěné bednění	
Parozábrana		DEKSEPAR	BORNER DACO KSD	DEKSEPAR	GLASTEK SPECIAL MINERAL	DEKSEPAR	GLASTEK SPECIAL MINERAL
Asfaltová hydroizolace	tepelná izolace Kingspan Thermaroom TR26/27 LPC/FM	2. třída (do 400m.n.m.)	4. třída (do 400m.n.m.) 3. třída (do 800m.n.m.)	3. třída (do 200m.n.m.) 2. třída (do 600m.n.m.)	4. třída (do 400m.n.m.) 3. třída (do 800m.n.m.)	2. třída (do 400m.n.m.)	4. třída (do 400m.n.m.) 3. třída (do 800m.n.m.)
Fóliová hydroizolace	tepelná izolace Kingspan Thermaroom TR26/27 LPC/FM	2. třída (do 400m.n.m.)	5. třída	3. třída (do 400m.n.m.) 2. třída (do 600m.n.m.)	5. třída	2. třída (do 400m.n.m.)	5. třída

Tabulka 02 | Použití výrobku Kingspan Thermaroom™ TR26/27 LPC/FM dle specifikace prostředí a vrstev střechy

TEPELNÁ IZOLACE KINGSPAN THERMAROOM™ TR26/27 LPC/FM

Kladení desek

Desky Kingspan Thermaroom™ TR26/27 LPC/FM se kladou v jedné či dvou vrstvách na sraz bez spár. Jednotlivé řady se posouvají vůči sobě na vazbu. V případě desek ve dvou vrstvách se spáry prostřídají, tak aby nebyly nad sebou. Pro tepelnou izolaci prováděnou ve dvou vrstvách je z hlediska difuze vodní páry výhodné použít desky Kingspan Thermaroom™ TR27 LPC/FM, které mají perforovanou povrchovou úpravu ze skleněné rohože. V místech prostupů nebo napojení na konstrukce nad střechou mohou vzniknout místa, na která nebudou desky plně navazovat. Tato místa se doporučuje vyplnit nízkoexpandní PUR pěnou

a vystupující zatvrdlou hmotu oříznout.

Desky Kingspan Thermaroom™ TR26/27 LPC/FM musí být vždy připevněny k podkladu. Připevnění desek k podkladu slouží:

- k omezení vlivu objemových změn desek PIR,
- k stabilizaci desek na nerovnostech podkladu.

Desky Kingspan Thermaroom™ TR26 LPC/FM se mechanicky kotví. Desky Kingspan Thermaroom™ TR27 LPC/FM lze lepit rozehřátým asfaltem (pouze desky o rozměru 1200×600 mm), mechanicky kotvit nebo lze použít kombinaci obou uvedených způsobů fixace.

Kotvení

Požadavky na kotvení desek Kingspan Thermaroom™

TR26/27 LPC/FM a na kotvení hydroizolační vrstvy se řeší samostatně. V případě přesné zpracovaného kladečského plánu střechy lze kotvy hydroizolace zahrnout do kotev nutných k upevnění tepelné izolace Kingspan Thermaroom™ TR26/27 LPC/FM. Přesné kladečské plány zpracovávají technici společnosti DEKPROJEKT s.r.o.

Kotevní prvky

Navržené kotvy musí být vhodné pro kotvení tepelné izolace plochých střech a musí být určeny pro kotvení do příslušného podkladu. Hlavy kotev musí být opatřeny podložkami o min rozměrech 50×50 mm (čtvercové) nebo o průměru 50 mm (kruhové). Pro kotvení do betonu a pórobetonu lze použít např. talířové hmoždinky FDD

SPECIFIKACE DESEK KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM

Kingspan Thermaroof™ TR26 LPC/FM a Kingspan Thermaroof™ TR27 LPC/FM tvoří tepelná izolace na bázi polyisokyanurátu (PIR, jádro desky) a povrchová úprava, provedená na obou stranách desky. Úprava obou povrchů desky Kingspan Thermaroof™ TR26 LPC/FM je vytvořena sendvičovou fólií (papírová vložka s oboustranným hliníkovým potahem). Úprava obou povrchů desky Kingspan Thermaroof™ TR27 LPC/FM je vytvořena ze skleněné rohože. Povrchová úprava je adhezivně spojená s jádrem

během vypěňování. Povrch desky je perforován. Povrchová úprava se nepovažuje za provizorní hydroizolaci chránící desky proti povětrnosti během skladování a během aplikace do skladby střechy.

Desky Kingspan Thermaroof™ TR26 LPC/FM se vyrábí v rozměru 2400×1200mm a v tloušťkách 25, 40, 50, 60, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120mm. Desky Kingspan Thermaroof™ TR27 LPC/FM se vyrábí v rozměrech 2400×1200mm, 1200×600mm a v tloušťkách 25, 40, 50, 60, 80, 90, 95, 100mm. Desky mají standardně rovnou hranu. Na přání zákazníka se vyrábí i desky se zámkem.

Parametr	Zkušební předpis	Hodnota	Jednotka
Objemová hmotnost (tepelněizolační jádro desky)	-	32	kg.m ⁻³
Tepelný odpor (100mm)	ČSN EN 13165: 2002	4,3	m ² .K.W ⁻¹
Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti**	ČSN EN 13165: 2002	0,022 (tloušťka ≤ 30mm) 0,023 (tloušťka ≥ 35mm)	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Difuzní odpor*	BS 4370-2:1993	15	MN.s.g ⁻¹
Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1	C	-
Pevnost v tlaku (při stlačení 10%)	ČSN EN 826: 1998	0,15	MPa
Pevnost v tlaku (při stlačení 5%)	ČSN EN 826: 1998	0,125	MPa

Tabulka 03 | Technické parametry desek Kingspan Thermaroof™ TR26 LPC/FM

* Hodnota difuzního odporu tepelněizolačního jádra desky uvedená v tabulce odpovídá faktoru difuzního odporu cca 34 [-].

** Hodnota součinitele tepelné vodivosti po stárnutí podle ČSN EN 13165 přílohy C.

Parametr	Zkušební předpis	Hodnota	Jednotka
Objemová hmotnost (tepelněizolační jádro desky)	-	32	kg.m ⁻³
Tepelný odpor (100mm)	ČSN EN 13165: 2002	3,8	m ² .K.W ⁻¹
Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti**	ČSN EN 13165: 2002	0,027 (tloušťka ≤ 30mm) 0,026 (tloušťka ≥ 35mm) 0,025 (tloušťka ≥ 120mm)	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Difuzní odpor*	BS 4370-2:1993	15	MN.s.g ⁻¹
Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1	C	-
Pevnost v tlaku (při stlačení 10%)	ČSN EN 826: 1998	0,15	MPa
Pevnost v tlaku (při stlačení 5%)	ČSN EN 826: 1998	0,125	MPa

Tabulka 04 | Technické parametry desek Kingspan Thermaroof™ TR27 LPC/FM

* Hodnota difuzního odporu tepelněizolačního jádra desky uvedená v tabulce odpovídá faktoru difuzního odporu cca 34 [-].

** Hodnota součinitele tepelné vodivosti po stárnutí podle ČSN EN 13165 přílohy C.

Skladba střechy (typ hydroizolace, tepelné izolace, parotěsnicí vrstvy a nosné vrstvy)	Použití skladby střechy		
	Maximální vlhkostní třída interiéru	Teplotní oblast	Požární odolnost dle ČSN EN 13501-2
ALKORPLAN 35176 tl. 1,2mm KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM tl. 90 mm DEKSEPAR tl. 0,2mm DEKPROFILE TR 150/280/0,75	2	do 400 m. n. m.	REI 15 (zkoušeno)
ELASTEK 50 SOLO KINGSPAN THERMAROOF™ TR27 LPC/FM tl. 90 mm BÖRNER DACO KSD DEKPROFILE TR 150/280/0,75	4	do 400 m. n. m.	REI 15 (dle rozšířené aplikace)
ALKORPLAN 35176 KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM tl. dle tepelnětechnických požadavků GLASTEK SPECIAL MINERAL ŽB DESKA	5	-	dle vlastností železobetonové desky

Tabulka 05 | Příklad skladby s tepelnou izolací Kingspan Thermarroof™ TR26/27 LPC/FM s materiály ze sortimentu společnosti DEKTRADE

Parametr	Tepelné izolace			
	Kingspan Thermarroof™ LPC/FM		Minerální vlákna*	Expandovaný polystyren*
	TR 26	TR 27		
Deklarovaná (charakteristická) hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_k [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	0,022 (tloušťka ≤ 30 mm)	0,027 (tloušťka < 80 mm) 0,026 (tloušťka 80-119 mm)	0,043	0,035
	0,023 (tloušťka ≥ 35 mm)	0,025 (tloušťka ≥ 120 mm)		

Tabulka 06 | Srovnání charakteristické hodnoty součinitele tepelné vodivosti nejběžněji používaných tepelných izolací do jednoplašťových plochých střech s klasickým pořadím vrstev

* Uvažované hodnoty převzaty z ČSN 73 0540-3 [2] přílohy A z tabulky A.1.

(výrobce EJOT) a do trapézových plechů a dřevěného bednění např. talířovou podložku plastovou teleskopickou HTK se šrouby TKR (výrobce EJOT).

Zásady kotvení Kingspan Thermarroof™ TR26/27 LPC/FM

Minimální počet kotevních prvků pro desky 2,4×1,2 m je 11 ks. V případě použití desek o rozměru 1,2×0,6 m je minimální počet kotevních prvků 4 ks. Kotvení prvky je nutné umístit ve vzdálenosti 50-150 mm od okraje desky. V případě skladby se dvěma deskami se spodní deska pouze pracovní kotví, na kotvení horní desky se použije předepsaný počet správně rozmístěných kotevních prvků.

Lepení

Lepení do rozehrátého asfaltu bez mechanického kotvení je přípustné pouze pro desky Kingspan Thermarroof™ TR27 LPC/FM o rozměrech 1,2×0,6 m.

SKLADBY S TEPELNOU IZOLACÍ KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM

Pro rychlý návrh skladby jednoplašťové ploché střechy s tepelnou izolací z PIR desek podle specifikace prostředí a materiálových variant jednotlivých vrstev střechy jsme sestavili tabulku /02/. Interiéry jsou rozděleny podle vlhkostních tříd dle ČSN EN ISO 13788.

TEPELNĚTECHNICKÉ VÝPOČTY

Tepelnětechnický výpočet je součástí řady kroků vedoucích ke kompletní představě o skutečném chování konstrukce. Slouží pro představu o tepelně-vlhkostním chování skladby při běžných a extrémních okrajových podmínkách. Při návrhu střechy je nutné respektovat závaznou normu ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky* (2007).

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA

Ve výpočtu je nutné uvažovat s korekcí tepelněizolační schopnosti skladby střechy následujícími faktory:

- vliv stárnutí (v důsledku změn složení plynu v pórech v závislosti na čase),
- vliv rovných hran desek,
- vliv kotevních prvků (kotvení desek tepelné izolace PIR+hydroizolace),
- vliv podmínek působení (vliv zabudování do konstrukce).

Vliv stárnutí

Výroba desek PIR s uzavřenými buňkami probíhá za použití vysokomolekulárních „trvalých“ nadouvadel společně s oxidem uhličitým (CO₂). CO₂ nepatří k trvalým nadouvadlům a zpravidla rychle z výrobků difunduje. Zhoršení tepelně izolační schopnosti výrobků je proto způsobeno převážně difuzí vzduchu dovnitř a difuzí CO₂ ven v závislosti na druhu povrchové



úpravy desek. ČSN EN 13165 [3] zahrnující také polyisokyanurátovou pěnu PIR v příloze C stanovuje hodnotu součinitele tepelné vodivosti po stárnutí. Pokud se tyto vlivy projevují, vznikají v důsledku změn složení plynu v pórech v závislosti na čase. Pro výrobky Kingspan Thermaroom™ TR26/27 LPC/FM je stanovena hodnota součinitele tepelné vodivosti již po stárnutí podle ČSN EN 13165 přílohy C.

Vliv rovných hran desek

Výrobky Kingspan Thermaroom™ TR26/27 LPC/FM se standardně vyrábějí s rovnou hranou. Při pokládce v místě styku desek vzniká spára na celou výšku desky. ČSN EN ISO 6946 [4], příloha E stanovuje korekci součinitele tepelné vodivosti materiálu v závislosti na tvaru desky. Průběžná tepelná izolace v jedné vrstvě se spojí na sraz je specifikovaná tolerancí šířky, délky a rozměrové stability. Jestliže je součet buď délkových nebo šířkových tolerancí

POUŽITÍ DESEK KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM Z HLEDISKA POŽADAVKŮ NA POŽÁRNÍ BEZPEČNOST

Při navrhování konstrukcí budov je třeba splnit požadavky požární bezpečnosti staveb, které jsou definované v normách ČSN 73 0802: *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*, ČSN 73 0804: *Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty* a normách souvisejících.

V souvislosti se střechami se sleduje požární odolnost konstrukce, možnost použití skladby střechy nad shromažďovací prostory a šíření požáru střešním pláštěm (viz DEKTIME 05/2005 a 02/2007).

Společnost DEKTRADE v době vzniku tohoto článku připravuje zkoušky skladeb střech s tepelnou izolací KINGSPAN THERMAROOF™ TR26/27 LPC/FM na požární odolnosti

REI15 DP1 a REI30 DP3 (skladba střechy s nosnou konstrukcí z trapézového plechu a s tepelnou izolací PIR kombinovanou s deskami z minerálních vláken) a REI 30 DP3 (skladba střechy s nosnou konstrukcí z trapézového plechu a s tepelnou izolací PIR ve dvou vrstvách).

Zároveň se připravuje zkouška skladby střechy z hlediska šíření požáru střešním pláštěm v požárně nebezpečném prostoru pro klasifikaci B_{ROOF} (t3) dle ČSN EN 13501-5.

Výsledky zkoušek budou publikovány na internetových stránkách společnosti DEKTRADE a také v některém z příštích čísel tohoto časopisu.

Požární odolnosti skladeb garantované v době tvorby tohoto článku jsou uvedeny v tabulce /05/.



VÝROBA

Výrobní Kingspan divize Izolace v anglickém Pembridge disponuje v současné době čtyřmi výrobními linkami o celkové kapacitě 35.000 m³/týden.

Tuhé polyuretanové izolační desky s povrchovou úpravou se vyrábí na kontinuálních linkách. V tomto výrobním procesu se dopravují složky pro výrobu pěny k hlavicím, ve kterých se smíchávají a vzápětí vytékají na spodní pás budoucí povrchové úpravy (vrstvy). Určitou dobu po vypěnění si povrch pěny udržuje adhezivní schopnost, což umožňuje spojení s horním pásem budoucí povrchové úpravy při

průchodu laminátorem ve výrobní lince.

Po průchodu laminátorem už je hmota dostatečně tuhá na to, aby ji bylo možné příčně dělit. Nekonečný pás se primárně dělí na výrobní lince kotoučovou pilou na desky o velikosti 4,8×1,2 m. Výrobky firmy Kingspan divize Izolace podléhají přísné vnitropodnikové kontrole. Každých 30 minut se z výrobní linky odebírá vzorek na zkoušku pevnosti v tlaku. Pravidelně se zkouší součinitel tepelné vodivosti, nasákavost a objemová hmotnost. Další vzorky z každé výrobní šarže se uchovávají pro případné budoucí zkoušky.

a rozměrových změn větší než 5 mm a odchylka pravoúhlosti boků desek je větší než 5 mm, je nutno s přírážkou uvažovat. Desky tepelné izolace Kingspan Therमारooft™ TR26/27 LPC/FM mají dostatečnou přesnost, takže se vliv rovných hran desek ve výpočtu součinitele prostupu tepla zanedbává.

VLIV KOTEVNÍCH PRVKŮ

Z kapitoly o kotvení je zřejmé, že desky Kingspan Therमारooft™ TR26/27 LPC/FM se musí mechanicky kotvit pro zajištění stability střešní skladby a z důvodu objemových změn. Kotvení hydroizolační vrstvy se řeší samostatně. Ve výpočtu je tedy nutné uvažovat vliv bodových tepelných mostů v podobě všech kotevních prvků. ČSN EN ISO 6946 [4] v příloze D stanovuje korekci součinitele prostupu tepla vlivem mechanických kotev procházejících izolační vrstvou.

Zpřesněný součinitel prostupu tepla se určí přidáním korekčního členu vlivem kotevních prvků ΔU_i k vypočtenému součiniteli prostupu tepla celé skladby:
$$U_c = U + \Delta U_i$$

Pro výpočtové posouzení bodových tepelných mostů v podobě kotevních prvků byl nejprve proveden 3D výpočet pro zjištění tepelné propustnosti jednoho kotevního prvku. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce /07/.

V tabulce /06/ jsou uvedené charakteristické hodnoty bez uvažování vlivu kotevních prvků a podmínek působení ve skladbě střechy (vliv zabudování do konstrukce).

VLIV PODMÍNEK PŮSOBENÍ

Při návrhu konstrukce je nutné uvažovat vliv zabudování materiálu do konstrukce v závislosti na umístění vrstvy ve skladbě, na vlastnosti materiálu a prostředí, kde se konstrukce nachází. V ČSN 73 0540-3 je popsán postup pro určení vhodnosti tepelnéizolačního materiálu pro zabudování do stavební konstrukce. Součinitel tepelné vodivosti je závislý na vlhkostní

Podkladní vrstva	Trapézový plech, dřevěné bednění	Beton	
Kotevní prvky	HTK+TKR	FDD	Ocelová kotva
Tepelná propustnost pro 1 kotevní prvek [W/m]	0,001	0,0035	0,005

Tabulka 07 | Tepelná propustnost kotevních prvků

Podkladní vrstva	Beton													
Rozměr desek tepelné izolace (počet kotev/m ² do tepelné izolace)	2400×1200 mm (3,8 kotvy/m ²)							1200×600 mm (5,5 kotvy/m ²)						
Počet kotev do hydroizolace FDD (kotev/m ²)	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9
Celkový počet kotev	6,8	7,8	8,8	9,8	10,8	11,8	12,8	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5
Přirážka vlivem tepelných mostů v podobě kotev do tepelné izolace a hydroizolace ΔU_1 [W/m ² K]	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05

Tabulka 08 | Přirážka součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů v podobě kotevních prvků
Pozn.: Přirážka platí pro tloušťku TI od 50 mm. Větší tloušťky jsou na straně bezpečnosti (příznivější poměr hmoty TI a kotev)

Veličina	Hodnota		
Charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_k [W/mK]	Kingspan Thermaroof™ TR26 LPC/FM		Kingspan Thermaroof™ TR27 LPC/FM
	0,022 (tloušťka ≤ 30 mm)		0,027 (tloušťka < 80 mm)
			0,026 (tloušťka 80–119 mm)
	0,023 (tloušťka ≥ 35 mm)		0,025 (tloušťka ≥ 120 mm)
Součinitel vnitřního prostředí z_1 [-]	Částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu p_w		
	≤ 1491 Pa	1491 Pa < z_1 ≤ 1988 Pa	
	1,0	1,5	
Součinitel materiálu z_2 [-]	2,0		
Součinitel způsobu zabudování materiálu z_3 [-]	V konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry při splnění podmínky aktivní celoroční bilance kondenzace a vypařování vodní páry		V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry
	3,0		1,0
Vlhkostní součinitel materiálu Z_u [-]	0,0007		

Tabulka 09 | Vstupní parametry materiálu pro přepočítání charakteristické hodnoty součinitele tepelné vodivosti

vlastnosti materiálu a na referenčních podmínkách prostředí konstrukce.

Pro přepočítání charakteristické hodnoty součinitele tepelné vodivosti lze v současnosti použít software, který již obsahuje následující vztahy a charakteristiky materiálu.

Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_u [W/mK] pro vnější konstrukce a odpovídající hodnoty součinitelů podmínek působení z_1 , z_2 , z_3 a Z_u se stanoví ze vztahu: $\lambda_u = \lambda_k \cdot [1 + z_1 \cdot Z_u \cdot (z_2 + z_3)]$ (viz tab. /09/)

INFORMACE

Veškeré informace o produktech Kingspan Thermaroof™ TR26/27 LPC/FM rovněž poskytují pracovníci Ateliéru DEK.

ZÁVĚR

Tepelné izolaci z polyisokyanurátu se budeme věnovat i v některém z příštích čísel časopisu DEKTIME v roce 2008.

Pro naše čtenáře plánujeme reportáž z výroby a ukázky montáže střešních desek KINGSPAN THERMAROOF™ na českých střeších.

<Vladimír Vymětalík>
<Petr Bohušlávka>

FOTO:

Viktor Černý
a archiv KINGSPAN INSULATION

POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [2] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [3] ČSN EN 13165 Tepelněizolační výrobky pro stavebnictví – průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyuretanové pěny (PUR) – Specifikace
- [4] ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda



**POLYKARBONÁTOVÉ
PROSVĚTLOVACÍ
DUTINOVÉ DESKY
MULTICLEAR**

BLIŽŠÍ INFORMACE NA VŠECH POBOČKÁCH DEKTRADE

DEKPLASTIC

www.dekplastic.cz

OASIS FLORENC

Parha 8-Karlín

Generální projektant:

PETR FRANTA ARCHITEKTI

Výkonný architekt:

KÜPROS s.r.o.

ATELIER DEK ZPRAGOVAL

- projektovou dokumentaci dvojitého hydroizolačního systému vegetačních střech ve 2 výškových úrovních (nad 1. a 6. NP)
- kontrolní činnost při provádění dvojitého hydroizolačního systému vegetačních střech
- projektovou dokumentaci teras ve dvou výškových úrovních (nad 5. a 6. NP)
- projektovou dokumentaci plochých jednoplášťových nepochůzných střech a střech technických místností

ATELIER DEK

DEKPROJEKT s.r.o.

Projektční činnost

- průzkumy a dokumentace stavu konstrukcí
- specializované projekty izolačních konstrukcí (střechy, terasy, spodní stavby atd.)
- projekty zateplovacích systémů
- projekty sanačních opatření pro vlhké zdivo a opatření omezujících pronikání radonu z podloží

Expertní a znalecká činnost

- odborné, expertní a znalecké posudky
- analýzy stavebních materiálů (vlhkost, obsah solí, mykologické rozborly)
- supervize projektů

Činnosti v oborech stavební fyzika a energetika

- tepelnétechnická posouzení a návrhy skladeb konstrukcí a konstrukčních detailů
- energetické audity, studie, štitky a průkazy budov
- hlukové studie
- studie denního a umělého osvětlení, studie oslunění

Činnosti v oborech diagnostika

- snímkování konstrukcí termovizní kamerou, ověření vzduchotěsnosti konstrukce
- měření hladiny akustického tlaku, měření doby dozvuku
- měření vzduchové a kročejové neprůzvučnosti konstrukcí na stavbách
- zkoušky těsnosti hydroizolačních systémů

Činnost v oboru požární ochrana

- požárně bezpečnostní řešení stavby (požární úseky, únikové cesty, odstupové vzdálenosti, rozmístění a počet hydrantů a hasicích přístrojů)
- zpracování dokumentace požární ochrany

Stavby a konstrukce

- pozemní a inženýrské stavby
- podzemí budov, vlhké zdivo, drenáže, bazény, nádrže, jezírka
- stavby s náročným vnitřním prostředím (zimní stadiony, bazény, vodojemy, chladírny)
- ploché a šikmé střechy, střešní parkoviště, terasy, zahrady
- obvodové pláště, výplně otvorů, světlíky

Ostatní činnosti

- texty odborných publikací vydávaných společností DEK a.s.
- odborné články publikované v časopise DEKTIME
- pořádání odborných seminářů
- školení pro investiční techniky, správce objektů apod.

PŘÍRODNÍ KAMEN DEKSTONE

VÝROBNÍ SORTIMENT DEKSTONE

DLAŽBY A OBKLADY DO INTERIÉRU I EXTERIÉRU
FORMÁTOVANÁ I NEFORMÁTOVANÁ DESKOVINA
KUCHYŇSKÉ A KOUPELNOVÉ DESKY
SCHODIŠTĚ
OKENNÍ PARAPETY
UMYVADLA
OBKLADY KRBŮ
VÝROBKY ZAHRADNÍ ARCHITEKTURY
NÁHROBKY
A DALŠÍ

**DEKSTONE NA VELETRHU
FOR ARCH 2007 PRAHA**

**PRAŽSKÝ VELETRŽNÍ AREÁL LETŇANY
18.-22. 9. 2007 | STÁNEK 2A 16**

DEKSTONE®

DEKSTONE s.r.o.
tel.: +420 326 997 370 | info@dekstone.cz
www.dekstone.cz | www.dektrade.cz