

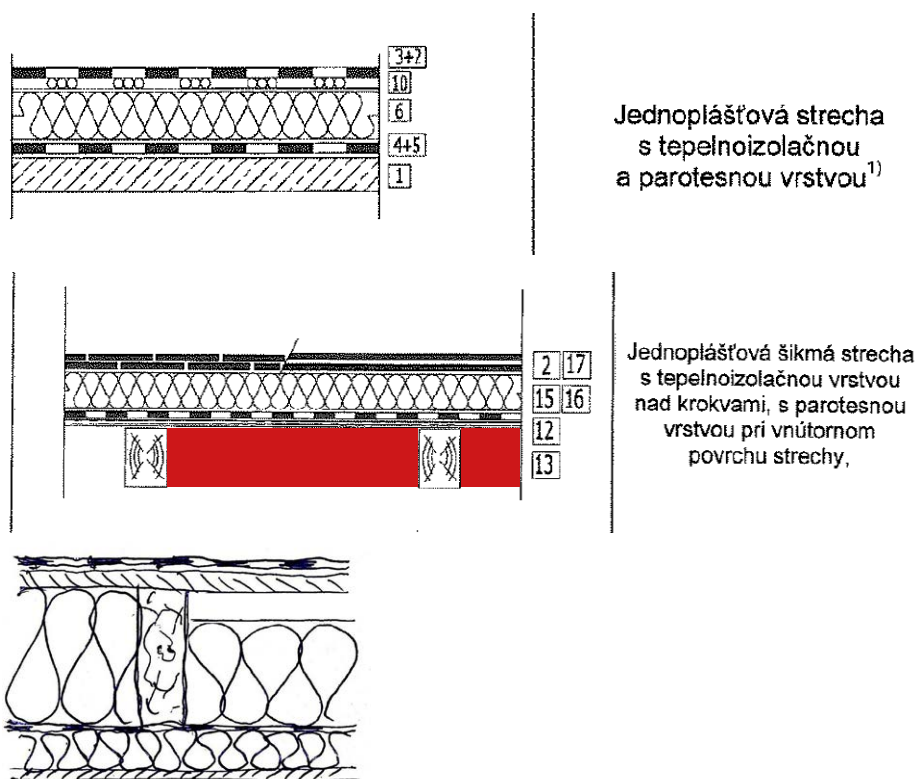
POUŽITIE DREVA V NEVETRANÝCH PLOCHÝCH STRECHÁCH

Ing. Peter Juráš, PhD.¹

¹ Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika

V posledných rokoch sa v čoraz väčšej miere stretávame so skladbami plochých striech, ktoré už na prvý pohľad evokujú problém. V rámci ušetrenia času a financií pri realizácii sa dostala do popredia plochá strecha s použitím drevených stropníc ako nosnej konštrukcie strešného plášťa a plné drevené (alternatívne z OSB dosiek) debnenie podľa vzoru striech šikmých. V podstate s jedná o analógiu jednoplášťovej plochej strechy s parozábranou (obr. 59a) s nahradením klasickej ťažkej stropnej konštrukcie drevenými stropnicami. Pokiaľ by sa použila iba nadkrokvový variant (obr. 59b), problém by nevznikol, ale zvyčajne sa použije doplnková tepelná izolácia medzi stropnicami alebo prípadne kompletne iba medzi stropnicami a na debnení je priamo povlaková krytina. (obr. 59c)

Čo si mnohí pri ich návrhu neuvedomujú je, že v plochých strechách sa používa nie skladaná, ale povlaková krytina, ktorá má vysoký difúzny odpor. Keďže ploché strechy bez parozábrany v našich podmienkach nefungujú a neodporúča sa ich navrhovanie, nielen stropnice, ale aj akékoľvek debnenie je prakticky v konštrukcii zabudované medzi dvoma vrstvami s vysokým difúznym odporom, čo znemožňuje prirodzené dýchanie organických materiálov. Často sa v takýchto skladbách nachádzajú parozábrany dokonca dve.



Obr. 59: Jednoplášťové ploché a šikmé strechy z normy [1]. Červenou je znázornená doplnková tepelná izolácia z vnútornej strany. Dole škica nevhodnej skladby bez vetranej vzduchovej medzery

Následkom toho dochádza k degradácii týchto prvkov v pomerne krátkom čase. Na problematiku upozorňovalo viacero autorov, napríklad Krajčovič [2], ktorý sa ako regionálny technik stretol pri obhliadkach striech s reklamáciami zatekajúcich striech, kde ale problém nebol v defekte povlakovej krytiny, ale bol spôsobený kondenzáciou a následným zatekaním do interiéru. Príklad nevhodného použitia drevených prvkov, najmä OSB dosiek je na obr. 60.



Obr. 60: Použitie OSB dosky ako podklad pod povlakovú krytinu a jej degradácia spôsobená kondenzáciou na spodnom povrchu [1]

Použitie záklopu z OSB dosiek je najčastejšie spojené s dvoma umiestneniami:

- ako podklad povlakovej krytiny (obr. 60), kde dochádza k jeho degradácii spôsobenej kondenzáciou vodnej pary na spodnej strane povlakovej krytiny,
- ďalšou používanou skladbou (obr. 59b a 61) je realizácia v dvoch etapách, kde sa na stropnice zhotoví záklop z OSB dosiek a následne parozábrana, tepelná izolácia a povlaková krytina. Neskôr sa z vnútornej strany pridá ďalšia vrstva tepelnej izolácie, ďalšia vrstva parozábrany a zavesený podhľad.



Obr. 61: Použitie OSB dosky ako debnenie a nosný podklad pod parozábranu pri kombinácii tepelnej izolácie nad aj pod parozábranou: hniloba na OSB doske a takisto na hornej strane stropníc (vpravo)

Nevhodnosť použitia takéhoto riešenia bude ukázaná na troch prípadoch, kde sa vykonávalo odborné posúdenie v rámci ktorého boli odoberané vzorky pre gravimetrické meranie a skladby boli posudzované z hľadiska normových požiadaviek. Takéto posúdenie sa najčastejšie robí pre súdnoznalecké dokazovanie a preto nie je možné uviesť jednoznačné podrobnosti pre jednotlivé objekty.

OSB dosky

Používanie OSB dosiek v stavebníctve narastá každým rokom. Jedna z aplikácií je použitie na vnútorné opláštenie obvodových stien drevodomov, kde sa často tieto dosky používajú na vytvorenie vzduchotesnej roviny. Vzhľadom na svoju dostupnosť a cenu sa začali používať aj pri šikmých strechách, kde napríklad nahrádzajú celoplošné debnenia a záklopy, kde nie je požia-

avka na estetiku, resp. kde nie sú viditeľné. Nájdu sa aj výnimky, ako napríklad strecha nového kostola vo Vysokých Tatrách – Novom Smokovci.

V nadväznosti na potrebu rýchlej výstavby (odstránenie mokrého procesu) a ušetrenia finančných prostriedkov sa na Slovensku našlo mnoho „novátorov“, ktorí sa rozhodli implementovať dosku do klasickej plochej strechy s parozábranou, tzn. medzi dve vrstvy s vysokým difúznym odporom. V tomto článku sa zameriame na túto problematiku a ako sa vyhnúť fatálnym následkom.

Názov OSB doska pochádzajúci z angličtiny a skratka znamená Oriented Strand Board, tzn. doska s orientovanými plochými hoblinami. Bola vyvinutá v roku 1963 v Kalifornii Arminom Elmendorfom [3]. Vyrába sa z podlhovastých, obdĺžnikových hoblín, ktoré sú lisované pod vplyvom vysokého tlaku a teploty, pri použití syntetickej živice ako spojiva, valcovaním za tepla. Ako spojivo sa používajú rôzne látky, od formaldehydu, izokyanidu atď. Použité hobliny majú približné rozmery dĺžka 100–120 mm a hrúbka 0,6 mm. Spravidla sú na povrchoch orientované rovnobežne s dlhším okrajom dosky a vo vnútri dosky kolmo. Počet vrstiev a hrúbka závisí od samotnej plánovanej hrúbky dosiek.

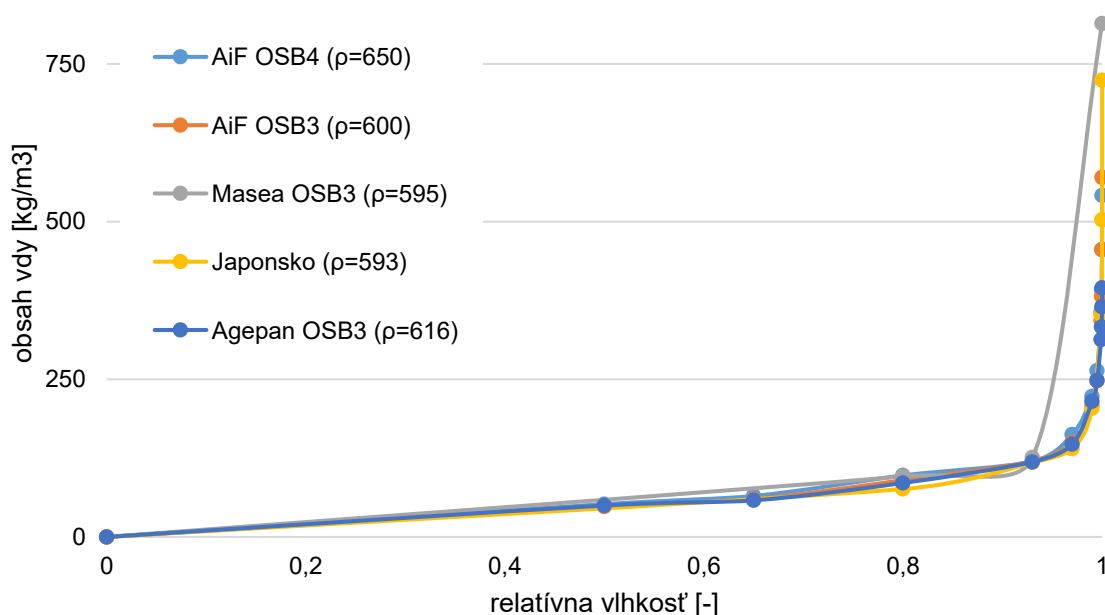
Podľa typov prostredia, v ktorom sa budú dosky používať sa rozdeľujú do piatich tried podľa normy EN 300: OSB 0 až OSB 4. Čím je prostredie, v ktorom majú byť dosky použité náročnejšie, tým je potrebná vyššia trieda. Trieda 4, najvyššia, by mala byť vhodná aj do vlhkých priestorov a prenášať vysoké zaťaženie. Vo všeobecnosti sa ale neodporúča používať dosky v exteriéroch, príklad možno nájsť na obr. 62.



Obr. 62: Príklad použitia OSB dosky v exteriéri s viditeľným účinkom vetrom hnaného dažďa zo západnej strany a počiatočnou degradáciou

Vlhkostné charakteristiky OSB dosiek sa líšia od rôznych výrobcov, nakoľko jej zloženie nie je homogénne, môže byť rozdiel v použitom type dreva, objemovej hmotnosti, lepidlách atď. Ako príklad rôznych sorpčných kriviek je graf na obr. 63. Tento graf ukazuje rozdiely v štyroch typoch OSB dosiek, ktoré sa nachádzajú v simulačnom programe WUFI, vyvinutom na Fraunhoferovom inštitúte pre stavebnú fyziku. Ide sa o najčastejšie používané typy, OSB 3 a 4. Pokiaľ by si človek prečítal popis jednotlivých dosiek, dozvie sa, že v dvoch prípadoch sú ich vlhkostné charakteristiky odvodené od rastlého dreva. Takisto s upozornením, že tieto vlastnosti sa môžu líšiť z dôvodu, že materiály na báze dreva sú prírodné a preto sa môžu ich vlastnosti spôsobené určitou neistotou líšiť $\pm 20\%$, čo je obrovské číslo, pokiaľ chceme analyzovať napríklad tvorbu hniloby v týchto prvkoch.

Sorpčné krivky rôznych OSB dosiek



Obr. 63: Sorpčné krivky pre rôzne druhy OSB dosiek ako sú uvedené v materiálovej databáze programu WUFI

Príklady použitia v už spomínaných plochých strechách sú na obr. 60 a 61, ktoré ukazujú totálnu degradáciu v krátkom čase po realizácii. Najčastejšie sa tieto dosky vyskytujú v plochých strechách vo forme plného záklopu na drevených stropniciach. Následne sa na túto nosnú konštrukciu realizuje tradičná skladba v zložení parozábrana, tepelná izolácia a povlaková krytina. Vzhľadom na momentálne preteky v energetickej hospodárnosti, v snahe dosiahnuť čo najvyšší tepelný odpor sa neskôr, možno v druhej fáze pri dokončovacích prácach realizuje ďalšia vrstva tepelnej izolácie z interiérovej strany medzi tieto stropnice. V tom najideálnejšom prípade sa použije ten v súčasnosti „najlepší“ materiál, striekaná polyuretánová pena [4].

Pridá sa ďalšia parozábrana z interiérovej strany podľa vzoru, z interiérovej strany je vždy potrebná parozábrana. Následne sa realizuje sadrokartónový podhľad a po prvotnom prejave tvorby mokrých miest na podhlade sa ako prvému ozve telefón strehárovi, že strecha, ktorú zhotovil tečie. Pri realizácii kontrolných meraní, či už ihlovou alebo iskrovou skúškou, prípadne impedančnou defektoskopiou zistí, že povlaková krytina je tesná, ale tepelná izolácia je mokrá.

Ďalšou možnosťou využitia OSB dosky je ako podklad pod samotnú povlakovú krytinu. Napríklad pri potrebe pochôdzneho povrchu, alebo v prípade že je ako tepelná izolácia použitá minerálna vlna. Takisto v prípade, že je tepelná izolácia vložená iba medzi stropnice a nie aj nad ne (obr. 64). Výsledok je rovnaký ako v prvom prípade, totálna degradácia OSB dosky v krátkom čase a pri kontrole strechy prichádza k prepadnutiu (obr. 66).



Obr. 64: Striekaná polyuretánová pena medzi stropnicami a nosná konštrukcia SDK podhľadu po demontáži (foto P. Krajčovič)



Obr. 65: Pohľad na OSB dosku ako plný záklop na stropniciach a degradačný proces spôsobený parozábranou medzi vrstvami tepelnej izolácie nad a pod doskou



Obr. 66: OSB doska ako podklad pod povlakovú krytinu a jej degradácia spôsobená tvorbou kondenzátu a orosovaním pod mPVC fóliou (foto P. Krajčovič)

Prípadová štúdia – rodinný dom

Rodinný dom začal vykazovať defekty v krátkom čase po dokončení. Po realizácii povlakovej krytiny bola vykonaná zátopová skúška s výsledkom bez zatekania (obr. 67). Povlaková krytina bola priťažaná kamenivom, tzn. po začatí objavovania defektov sa ako obvyčajne muselo odstrániť kamenivo a hľadať potencionálna perforácia povlakovej krytiny. Keďže sa žiadna nenašla a fľaky v interiéri sa prejavovali stále častejšie, majiteľ sa rozhodol vyriešiť sanáciu strechy odstránením pôvodnej povlakovej krytiny a realizovať zastrešenie pultovými väzníkmi, takže nastal presun od plochej strechy k šikmej. Stavba bola skolaudovaná v roku 6/2017. S realizáciou väzníkov spolu s miestnym zisťovaním sa začalo v novembri toho istého roku keď sa po otvorení plochej strechy zistil havarijný stav OSB dosky (obr. 68). Vzhľadom na zmeny skladby v projekte a realizácii je grafické znázornenie skladieb, ktoré boli posudzované na obr. 69.

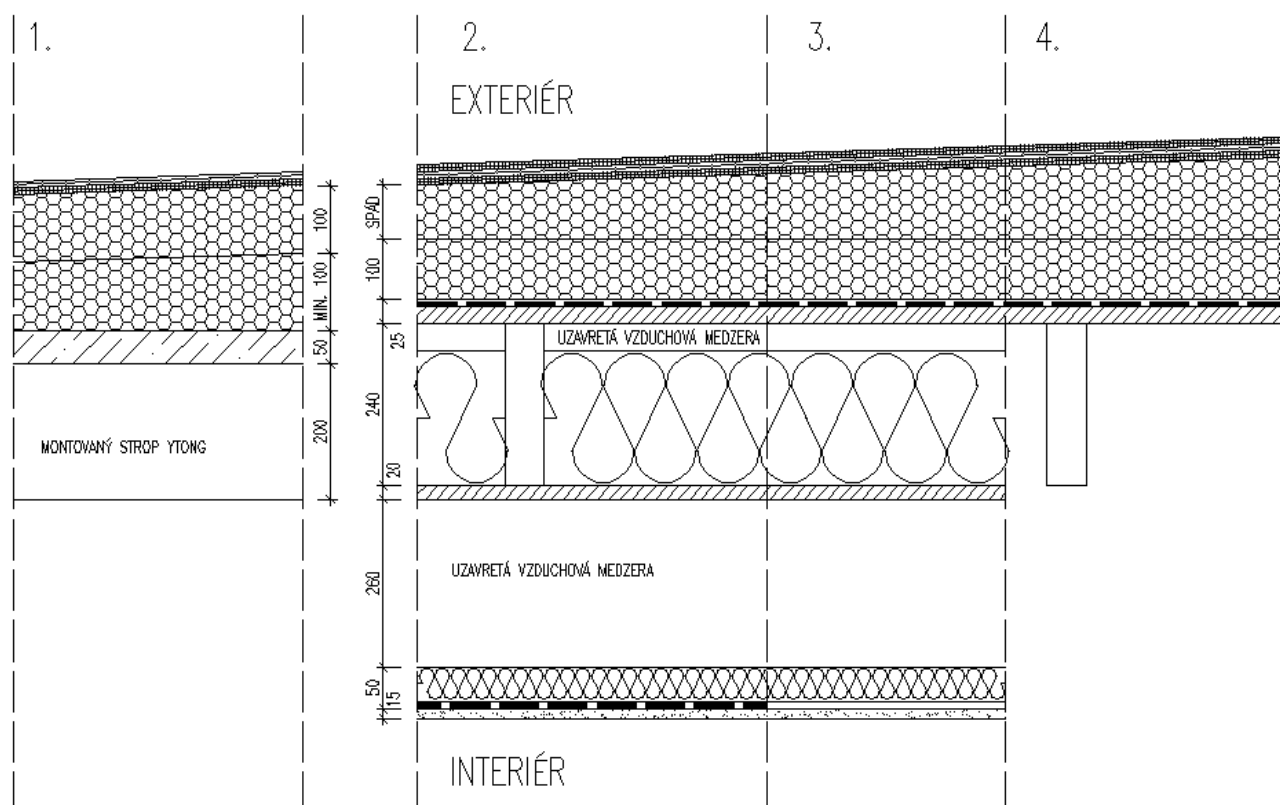


Obr. 67: Strecha pri realizácii zátopovej skúšky. Vpravo spodný záklop pred realizáciou zaveseného SDK podhľadu



Obr. 68: Prejavy kondenzácie v interiéri na podhlade a voľne rozoberateľný záklop z OSB dosiek

Projektová aj realizovaná skladba boli posúdené z hľadiska kondenzácie vodnej pary podľa platnej normy v programe Teplo z balíka Stavebná fyzika od Svoboda software [5]. Výsledky sú na obr. 70 a 71. Z nich je jasné, že pôvodnej projektovanej skladbe chýba parozábrana. V realizovanej skladbe je zase príčinou rozdelenie tepelnej izolácie na dve časti predelené parozábranou. Tým sa práve spomínaná OSB doska dostala do nevetratej časti strechy, čo spôsobilo jej rýchlu degradáciu.



Obr. 69: Grafické znázornenie rozdielu medzi projektovanou a realizovanou skladbou

Skladba konštrukcie (od interiéru)

č.	Názov materiálu	d(m)	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\lambda W/(\text{m.K})$	$cJ/(\text{kg.K})$	μ
1	Stropný systém YTONG Ekonom	0,200	500	0,15	1000	7
2	Betónová zálievka	0.050	2300	1,43	1020	23
3	Tvrdený polystyrén	0,1	25	0.035	1270	30
4	Tvrdený polystyrén v spáde	0,1	25	0.035	1270	30
5	Geotextília					
6	Strešná fólia - mPVC	0.0015	1313	0.35	1470	24000

Ročná bilancia vlhkosti

Veličina			Jednotka
Množstvo skondenzovanej vodnej pary	Mc:	0,2416	$\text{kg/m}^2\text{a}$
Množstvo vyparenej vodnej pary	Mev:	0,1547	$\text{kg/m}^2\text{a}$
Maximálne prípustné množstvo	Mc.max:	0.1	$\text{kg/m}^2\text{a}$
Posúdenie		NEVYHOVUJE	

Obr. 70: Výsledky posúdenia projektovanej skladby sú nevyhovujúce pre absenciu parozábrany v skladbe

Skladba konštrukcie (od interiéru)

č.	Názov materiálu	d(m)	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\lambda W/(\text{m.K})$	$cJ/(\text{kg.K})$	μ
1	Sadrokartón	0,0125	750	0,22	1060	9
2	PE Fólia	0.0001	900	0,35	1470	5000
3	Minerálna vlna	0,05	100	0.041	950	2
4	Uzavretá vzduchová medzera	0,26	1.2	1.765	1010	0
5	OSB doska	0.025	650	0.13	1700	50
6	Minerálna vlna	0,05	100	0.041	950	2
7	Uzavretá vzduchová medzera	0,04	1.2	0.294	1010	0.2
8	OSB doska	0.025	650	0.13	1700	50
9	Fóliová parozábrana	0.0001	900	0,35	1470	50000
10	EPS polystyrén	0.2	25	0.035	1270	30
11	Strešná fólia - mPVC	0.0015	1313	0.35	1470	24000

Ročná bilancia vlhkosti

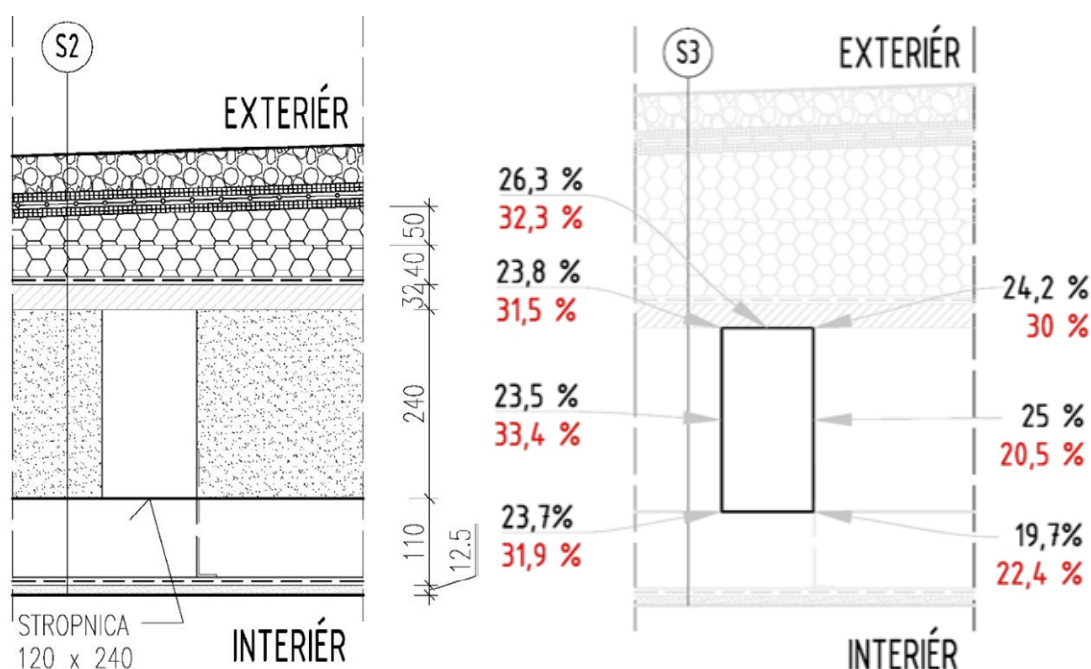
Veličina			Jednotka
Množstvo skondenzovanej vodnej pary	Mc:	0,2293	$\text{kg/m}^2\text{a}$
Množstvo vyparenej vodnej pary	Mev:	0,0765	$\text{kg/m}^2\text{a}$
Maximálne prípustné množstvo	Mc.max:	0.1	$\text{kg/m}^2\text{a}$
Posúdenie		NEVYHOVUJE	

Obr. 71: Výsledky posúdenia realizovanej skladby sú nevyhovujúce pre použitie viacerých parozábran, ktoré znemožňujú odparovanie kondenzátu

Výsledkom nesprávneho návrhu aj realizácie sú v tomto prípade rodinného domu jasné a skončili sa zmenou strechy na strechu šikmú pre zamedzenie ďalších prejavov vlhkostných porúch a degradácii dreva.

Prípadová štúdia – bytový dom

Strecha sa nachádza na novostavbách niekoľkých bytov v rámci novej bytovej zóny. Vzhľadom na sťažnosti obyvateľov bytov na zatekanie strechy v krátkej dobe po nastťahovaní sa do bytov, bol realizátorom stavby objednaný súdnoznalecký posudok. Skladba zhotovenej strechy je na obr. 72. Na stavbe bola realizovaná obhliadka, sondy pre zistenie skutočnej skladby a gravimetrické meranie vlhkosti v skladbe. Ako je zrejmé z výsledkov gravimetrického merania (tab. 6), bol zistený veľmi vysoký obsah vody v striekanej tepelnej izolácii, OSB doske a takisto v stropnici (obr. 72). Z tepelnej izolácie odkvapkávala voda a cez preložené spoje spodnej parozábrany pretekala do interiéru a bola chybne považovaná za netesnú strechu. Tento vysoký obsah vody má v tepelných izoláciách degradačný vplyv na ich tepelno-technické vlastnosti a takisto aj na životnosť. Po určitom čase, ktorý je závislý od okrajových podmienok vonkajšieho a vnútorného prostredia, a takisto od podmienok pri zabudovaní do strechy (napríklad mokré drevo nemá možnosť vyschnúť a začne podliehať hnilobe), začne degradačný proces ako je viditeľný na obr. 73 a postupom času nadobúda rozmery totálnej degradácie a rozpadu OSB dosky na obr. 74. Následkom kondenzácie vodnej pary bola OSB doska rôzne degradovaná (boli realizované tri sondy na troch rôznych domoch v rámci súboru).



Obr. 72: Skladba plochej strechy s dvomi parozábranami a zabudovanou OSB doskou v strede skladby slúžila ako podklad pre posúdenie v programe Teplo a vpravo s nameranými hmotnostnými vlhkosťami dvomi prístrojmi v rovnakých miestach



Obr. 73: OSB doska umiestnená pod parozábranou v rámci plochej strechy zachytáva kondenzáciu na spodnom povrchu, v krátkom čase začne zväčšovať svoj objem a degradovať hnilobou



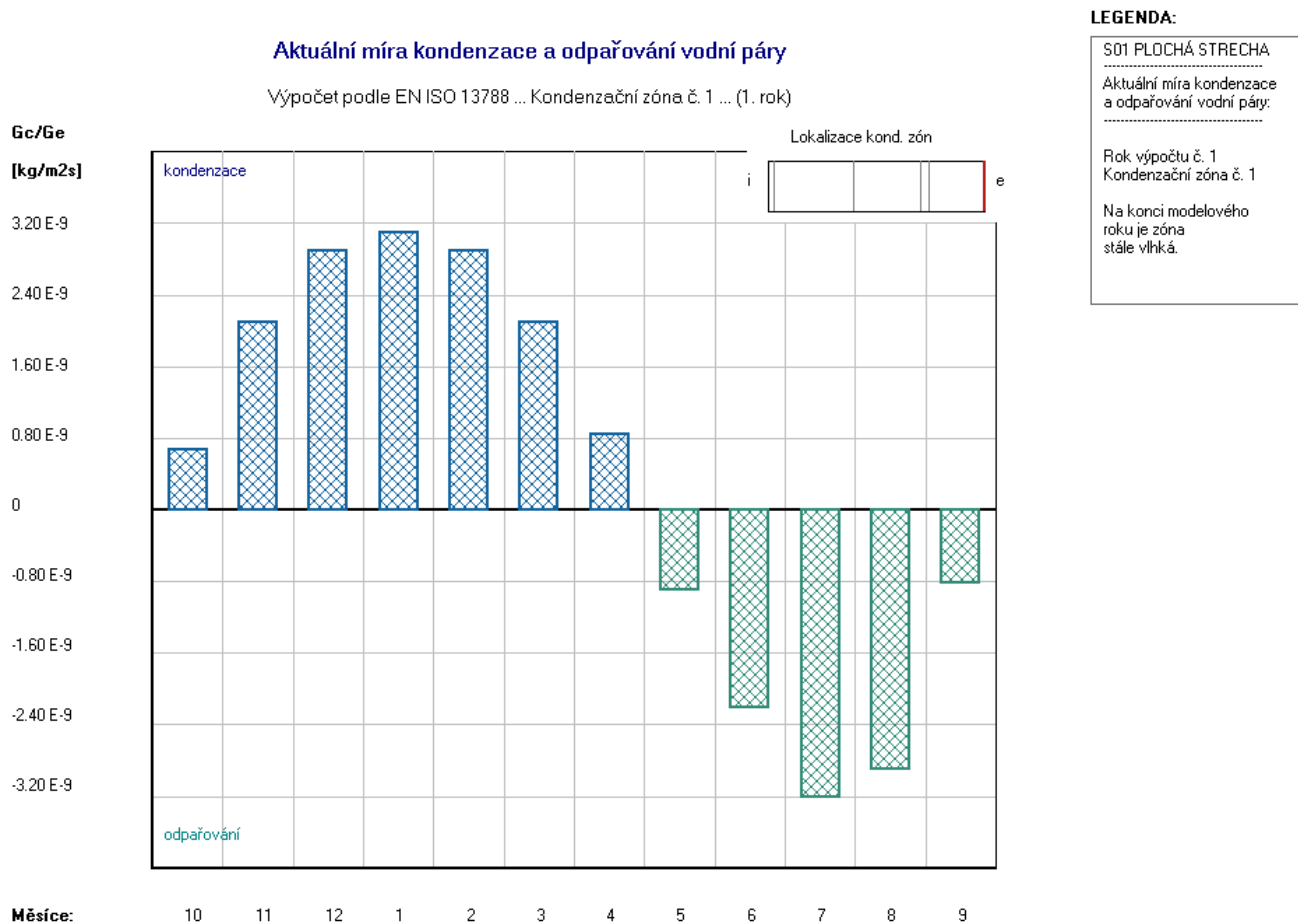
Obr. 74: OSB doska umiestnená pod parozábranou v rámci plochej strechy, konečné štádium jej rozpadu, pri odbere vzorky sa rozpadáva na jednotlivé kusy

Materiál	Hmotnostná vlhkosť [%]
Štrk	-
geotextília	-
mPVC hydroizolácia Fatrafol 810 hr. 1,5 mm	-
geotextília	45,9
tepelná izolácia v spáde, EPS polystyrén hr. 110	18,9
tepelná izolácia, EPS polystyrén hr. 100	1,1
parozábrana, PE fólia	-
OSB doska hr. 32	40,25
tepelná izolácia striekaná PUR pena hr. 240	380
Uzavretá vzduchová medzera hr. 110	-
Parozábrana, fólia s výstužnou sieťkou	-
Protipožiarny SDK hr. 12,5	14,1

Tab. 6: Výsledky merania hmotnostných vlhkostí v predmetnej streche

V rámci platnej Slovenskej technickej normy je potrebné každý fragment obalového plášťa budovy posúdiť nie len z hľadiska súčiniteľa prechodu tepla U , minimálnej povrchovej teploty ale takisto aj na kondenzáciu vodnej pary. Podrobnejšie je to opísané v čl. 6 [6]. Pokiaľ by mohla kondenzácia vodnej pary ohroziť požadovanú funkciu konštrukcie tak je kondenzácia neprípustná ($M_c = 0$), Pokiaľ kondenzácia neohrozuje požadovanú funkciu konštrukcie, je možné uvažovať s obmedzenou kondenzáciou, pre jednoplášťové strechy je to menej ako $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tzn. 1 deciliter vody na štvorcový meter za rok. Pre ostatné konštrukcie je to päťkrát viac (0,5). Vo všetkých prípadoch musí byť celoročná bilancia skondenzovanej a vyparenej vodnej pary aktívna, tzn. postupom času nemôže dôjsť k akumulácii vody v konštrukciu ale je možná iba praktická amplitúda vlhkosti v rámci ročného chodu. Posúdenie týchto kritérií sa realizuje podľa STN EN ISO 13788 alebo podľa prílohy B normy 730540-2.

Posúdenie podľa normy STN EN ISO 13788 je podrobnejšie, nakoľko sa počíta s mesačnou metodikou pre jednotlivé mesiace, uvažuje však s vyššími teplotami vonkajšieho vzduchu. Takýto výpočet ukazuje, či je v rámci modelového roku možné, že sa akumulovaná vlhkosť dokáže vypariť. Pokiaľ nie, skladba zostáva vlhká a je nevhodná, pretože nespĺňa požiadavku normy, príklad výsledku výpočtu posudzovanej skladby z tohto prípadu je na obr. 75. V rámci porovnania obidvoch výpočtových metodík je možné, že v jednej metodike sa skladba ukazuje ako dobrá a v druhej zlá. Väčšina projektantov robí bilanciu podľa prílohy B, aj keď používané programy umožňujú výber, prípadne zvoliť horšiu možnosť aby bol výpočet na strane bezpečnosti.



Obr. 75: Výsledek výpočtu bilancie vodnej pary mesačnou metódou v programe Teplo 2017. V zimnom období vodná para v skladbe kondenzuje, v letnom sa odparuje. Ročná bilancia je záporná, strecha sa nevysuší

Príklad výpočtu v programe Teplo 2017

Skladba prípadovej štúdie spolu s uvažovanými materiálovými parametrami je v tab. 7 a graficky znázornená na obr. 72. Táto skladba bola výpočtovo overená s rôznymi okrajovými podmienkami a to v ideálnom stave (stav bez zohľadnenia vlhkosti a možnej perforácie parozábran), s perforáciou spodnej parozábrany spôsobenej montážou podhľadu, perforáciou hornej parozábrany v dôsledku mechanického kotvenia, nepoužitia parozábrany (v strede konštrukcie alebo spodnej), použitie účinnejšej spodnej parozábrany ($s_a = 250$ m) a počiatkovej vlhkosti v konštrukcii (program umožňuje počítat s redistribúciou vlhkosti). Posledná možnosť je zjednodušená a nie je presná ako pri simulačných nástrojoch (napríklad spomínaný program WUFI), nakoľko program neobsahuje dostatok materiálových parametrov pre tento výpočet. Keďže ako spádová vrstva je použitý EPS polystyrén, posúdenie bolo realizované pre dve miesta, prvé s výškou spádovej vrstvy v danom mieste 40 mm a druhé miesto s výškou polystyrénu 140 mm.

Výsledky výpočtu jednotlivých variant sú zosumarizované v tab. 7 a 8 (rozdiel v hrúbke hornej tepelnej izolácie). Ako je vidno, väčšina variantov vychádza priaznivo, resp. spĺňajú normové požiadavky. V posúdení podľa prílohy B majú všetky varianty aktívnu (kladnú) ročnú bilanciu. Problémom týchto skladieb však nie je iba možnosť kondenzácie, ale už samotné zabudovanie drevených prvkov do nevetranej skladby. V rámci každej konštrukcie, ktorá tvorí prekážku medzi vonkajším a vnútorným prostredím s rôznymi okrajovými podmienkami (teplota, relatívna vlhkosť vzduchu resp. tlak vodnej pary) dochádza k difúzii vodnej pary. Keďže tieto zjednodušené normové postupy založené na Glaserovej metóde pracujú so stacionárnymi okrajovými podmienkami, neberú do úvahy zmenu týchto podmienok v rámci dňa (denné chody teploty a vlhkosti) na rozdiel do simulačných programov.

Číslo	Názov vrstvy	Hrúbka d [m]	Súčiniteľ tepelnej vodivosti λ [W/mK]	Faktor difúzneho odporu μ [-]
1	Knauf Diamant	0,0125	0,270	17,0
2	Isocell Airstop Vap parozábrana	0,0002	0,350	600000,0
3	Uzavřená vzduch. dutina	0,120	0,750	0,08
4	Striekaný Polyuretan pěnový	0,250	0,025	72,5
5	OSB desky	0,032	0,130	50,0
6	Fatrapar P druh 21	0,0002	0,300	500000,0
7	Isover EPS 150 spádová vrstva	0,040	0,035	50,0
8	Isover EPS 150	0,050	0,035	50,0
9	Fatrafol 810	0,0015	0,350	24000,0

Tab. 7: Skladba posudzovanej plochej strechy s materiálovými parametrami

Variant PUR hr. 250 + EPS hr. 90 U = 0,077 W/(m ² .K)	Kondenzácia vodnej pary v konštrukcií				
	STN 73 0540-2, príloha B			STN EN ISO 13788	
	M,c	M,ev	Záver	M,c	Bilancia
Základná skladba	0,0398	0,1042	vyhovuje	0,0655	vlhká
Zvýšená vlhkosť v interiéri	0,0398	0,1042	vyhovuje	0,1057	vlhká
Bez strednej parozábrany	0,0493	0,1069	vyhovuje	0,0743	vlhká
Bez spodnej parozábrany	0,0448	0,1134	vyhovuje	0,0734	vlhká
Perforovaná spodná parozábrana	0,0441	0,1120	vyhovuje	0,0723	vlhká
Perforovaná stredná parozábrana	0,0488	0,1063	vyhovuje	0,0734	vlhká
Účinnejšia spodná parozábrana	0,0008	0,0245	vyhovuje	0,0006	suchá
Zabudovaná vlhkosť 0,5 kg/m ² v OSB doske	0,0398	0,1042	vyhovuje	0,5654	vlhká

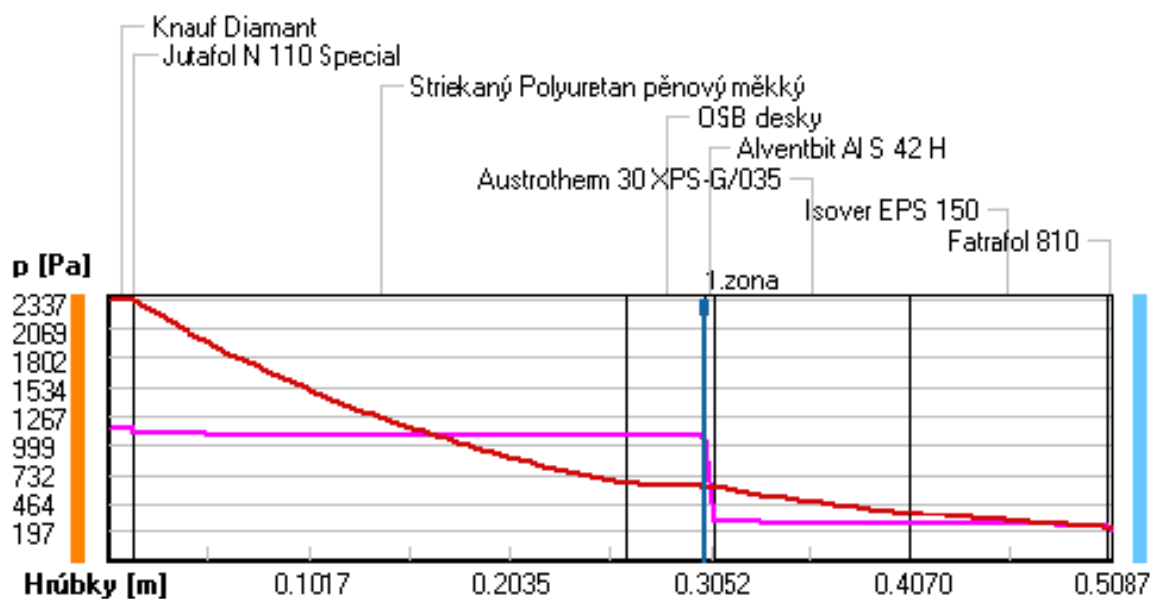
Tab. 8: Výsledky variantného riešenia skladby z hľadiska splnenia normových požiadaviek na kondenzáciu vodnej pary

Pre zjednodušené pochopenie, vzduch obsahuje určité množstvo vodnej pary pri danej teplote a relatívnej vlhkosti. Keďže teplota vo vnútri konštrukcie smerom do exteriéru klesá, v určitom mieste dôjde k prenutiu krivky tlaku vodnej pary a nasýtenej vodnej pary a v tomto mieste dôjde ku kondenzácii. Obyčajne sa takéto posúdenie robí pre vonkajšiu návrhovú teplotu vzduchu. V rámci výuky predmetu stavebná tepelná technika sa takýto príklad rieši ručne už veľmi dávno. Tento príklad je na obr. 76. V rámci toho je možno vidieť vznik dvoch kondenzačných zón, prvá je pod strednou parozábranou, na OSB doske a druhá pod povlakovou krytinou.

Variant PUR hr. 250 + EPS hr. 190 U = 0,063 W/(m².K)	Kondenzácia vodnej pary v konštrukcií				
	STN 73 0540-2, príloha B			STN EN ISO 13788	
	M, c	M, ev	Záver	M, c	Bilancia
Základná skladba	0,0209	0,0592	vyhovuje	0,0344	suchá
Zvýšená vlhkosť v interiéri	0,0209	0,0592	vyhovuje	0,0728	vlhká
Bez strednej parozábrany	0,0396	0,0966	vyhovuje	0,0603	vlhká
Bez spodnej parozábrany	0,0237	0,0600	vyhovuje	0,0389	suchá
Perforovaná spodná parozábrana	0,0233	0,0599	vyhovuje	0,0383	suchá
Perforovaná stredná parozábrana	0,0392	0,0961	vyhovuje	0,0596	vlhká
Účinnejšia spodná parozábrana	0,0006	0,0534	vyhovuje	0,0001	suchá
Zabudovaná vlhkosť 0,5 kg/m² v OSB doske	0,0209	0,0592	vyhovuje	0,5344	vlhká

Tab. 9: Výsledky variantného riešenia skladby z hľadiska splnenia normových požiadaviek na kondenzáciu vodnej pary pri väčšej hrúbke tepelnej izolácie nad OSB doskou

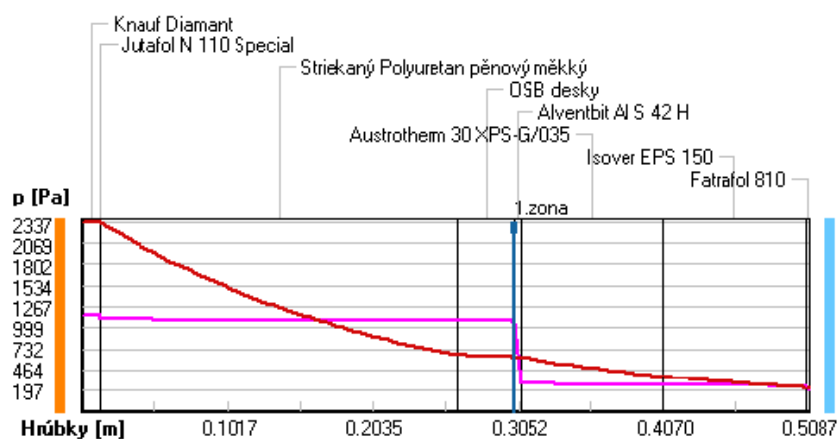
Čiast. tlaky vodnej pary v typickom mieste konštrukcie v ustál. návrh. podmienkach



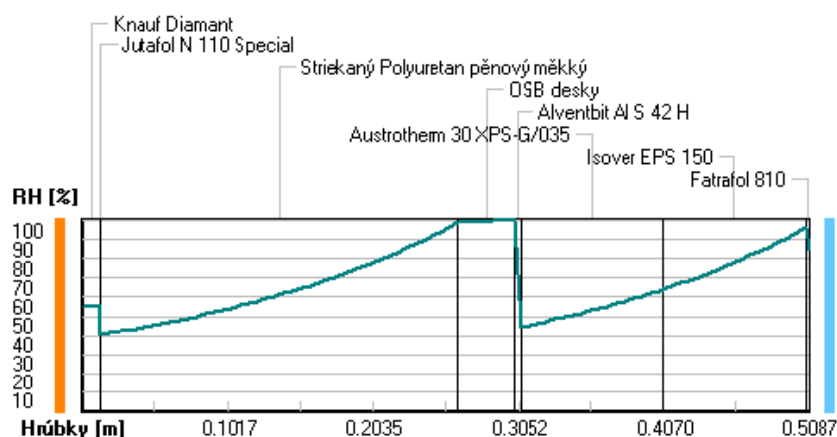
76: Graf znázorňujúci priebeh parciálnych tlakov vodnej pary a nasýtenej vodnej party v konštrukcii

Problémom je však, že v konštrukcii sa nachádza aj vodná para, ktorá nie je skondezovaná, ale ovplyvňuje jednotlivé materiály podľa ich sorpčnej krivky. To znamená, že ak je napríklad v mieste OSB dosky relatívna vlhkosť 80 %, podľa sorpčnej krivky OSB dosky (obr. 63), zodpovedá tomu obsah vody okolo 90 kg /m³. Pri objemovej hmotnosti 600 kg/m³, je to hmotnostná vlhkosť na úrovni 15 %, čo sa už považuje za nadpriemerne vysoký obsah vody podľa klasifikácie [6]. Samozrejme, dosiahnutie rovnováhy obsahu vody vo vzduchu a v samotnom materiáli je dlhodobější proces, ale napríklad zimné obdobie je na to dostatočne dlhé. Príklad rozloženia relatívnej vlhkosti v tejto skladbe je na obr. 77.

Čiast. tlaky vodnej pary v typickom mieste konštrukcie v ustál. návrh. podmienkach



Rel. vlhkosti v typickom mieste konštrukcie v ustál. návrh. podmienkach



Obr. 77: Graf znázorňujúci priebeh relatívnej vlhkosti vzduchu v konštrukcii v nadväznosti na vrstvy s vysokým difúznym odporom: parozábrana a povlaková krytina

Možno práve z dôvodu, že sa čoraz častejšie začínajú vyskytovať takéto strechy došlo v aktualizácii programu Teplo k pridaniu zaujímavej možnosti, ktorá sa práve týka posúdenia možnosti degradácie drevených materiálov (hniloba) alebo kovových (korózia) vplyvom umiestnenia týchto materiálov do zóny s vysokou relatívnou vlhkosťou. Toto posúdenie je realizované vo forme počtu dní z modelového roka (rovnaký ako vo výpočte podľa STN EN ISO 13 788), počas ktorých sa daný materiál nachádza v určitej zóne. Pre riešený modelový príklad je vyhodnotenie v tab. 10.

Číslo	Názov	pod 60%	60–70%	70–80%	80–90%	nad 90%
1	Knauf Diamant	182	121	62	---	---
2	Isocell Airsto	182	121	62	---	---
3	Vzduchová dutina	273	92	---	---	---
4	Striekaný Poly	---	---	153	31	181
5	OSB desky	---	---	153	31	181
6	Fatrapar P dru	---	---	153	31	181
7	Isover EPS 150	---	92	212	61	---
8	Isover EPS 150	---	62	91	61	151
9	Fatrafol 810	---	62	91	61	151

Tab. 10: Rozmedzie relatívnych vlhkostí v jednotlivých materiáloch pre ročný cyklus a počet príslušných dní

Z tejto tabuľky je jasné napríklad, OSB doska vo svojej polohe v tejto streche je viac ako polovicu roka v zóne nad 90 % relatívnej vlhkosti. Keďže OSB doska pozostáva z hoblín zlepených lepidlom, tieto hobliny ako organický materiál vplyvom vlhkosti zväčšujú svoj objem a neskôr pri vysušovaní ho zase zmenšujú a následne sa začne OSB doska pri takomto cyklickom striedaní, prípadne pri dlhodobej vysokej vlhkosti (ide sa o 20–25 % hmotnostnej vlhkosti) rozpadáť. Navyše, v tejto zóne vysokej relatívnej vlhkosti sa nachádzajú aj samotné stropnice, ktorých minimálne horná časť je rovnako namáhaná.

Preto sa z hľadiska životnosti dá považovať ponúknuté hodnotenie programu aj s odkazom na českú normu ČSN 730540-2/Z1, ktorá predpisuje maximálnu hmotnostnú vlhkosť dreva na úrovni 18 %, za výbornú. Z uvedeného posúdenia je teda zrejmé, že navrhnutá skladba fungovať nebude. Pokiaľ sa jedná o variantné riešenia (tab. 8 a 9), počet dní sa v niektorých prípadoch ešte zhoršil, až napríklad na celý rok nad 80% pri OSB doske. Zlepšenie nebolo viditeľné pri žiadnom z variantov, ani pri účinnejšej spodnej parozábrane.

Prípadová štúdia – rodinný dom

Rodinný dom začal vykazovať defekty v krátkom čase po dokončení. Prvý vlhký fľak sa na SDK podhlade objavil tesne pred nasťahovaním majiteľa po kúpe novostavby. Po prieskumnom otvorení skladby a odstránení tepelnej izolácie sa majiteľovi naskytl pohľad na obr. 78.



Obr. 78: Pohľad na OSB dosku záklopu kompletne pokrytú hubami a znateľne mokrú stužujúcu fošňu

Samotný dom bol realizovaný v rokoch 2018–2019, kolaudačné rozhodnutie je z novembra 2019. Následne sa v auguste 2020 počas procesu kupovania domu objavil spomínaný fľak. V tomto prípade teda možno degradačný čas v podstate v neobývanom dome zhodnotiť do jedného roka. Ako býva u nás zvykom a takisto sa stalo aj v predchádzajúcich analyzovaných prípadoch, projektovaná a realizovaná skladba sa odlišujú. Takisto ako v predchádzajúcich prípadoch, obidve skladby sú čo sa týka návrhu chybné. Porovnanie obidvoch skladiel je na obr. 79.

Projektovaná skladba je prevzatá doslovne z realizačného projektu, takže ak niekomu udrie do očí hydroizolácia na OSB doske hr. 12 mm, tak to nie je preklep. Navyše, drevené stropnice sú v osovej vzdialenosti 1000 mm. Realizovaná skladba je čo sa týka nedostatkov na tom podobne, či už použitím paropriepustnej, difúznej fólie pod geotíliou alebo OSB doskou hr. 15 mm. Takáto hrúbka dosky pri osovej vzdialenosti stropníc má samotná priehyb. Počas obhliadky bol nameraný v strede rozpätia cca 20 mm (obr. 80).

S1 a ST1 - Skladba plochej strechy	Realizovaná strecha
- FATRAFOL 810 HR.	- Bauder Thermofol M15
- GEOTEXTÍLIA 500g/m ²	- GEOTEXTÍLIA
- TEPELNÁ IZOLÁCIA EXTR. POLYSTYRÉN, hr. 100 mm	- PAROPRIEPUSTNÁ FÓLIA
- HYDROIZOLÁCIA	- OSB doska, hr. 15 mm
- OSB DOSKA P+D, hr. 12 mm	- VZDUCHOVÁ MEDZERA, hr. 90
KROKVY 200 x 100	- TEPELNÁ IZOLÁCIA, MINERÁLNA VLNA, hr. 150 mm,
- PAROPRIEPUSTNÁ FÓLIA	- VZDUCHOVÁ MEDZERA
- ISOVER UNIROL hr. 250 mm	TEPELNÁ IZOLÁCIA, MINERÁLNA VLNA, hr. 250 mm,
- PAROZÁBRANA	NOSNÁ KONŠTRUKCIA PRE SDK
- VZDUCHOVÁ MEDZERA PRE SDK, hr. 25	- PAROZÁBRANA, FÓLIA S VÝSTUŽNOU SIEŤKOU
SADROKARTON, hr.12,5mm –	- SDK HR. 12,5 mm

Obr. 79: Porovnanie skladby strechy z projektovej dokumentácie (vľavo) a realizovanej (vpravo)



Obr. 80: Trvalý priehyb degradovanej OSB dosky hr. 15 mm bol nameraný max. cca 20 mm. Vďaka tomu bolo zrejmé, kde sú stropnice a znížilo sa riziko prepadnutia počas pohybu po streche.

Pre zistenú skladbu a takisto pre projektové riešenie bolo vykonané jednoduché posúdenie podľa platných požiadaviek u nás v programe Teplo z balíka Svoboda software. Výsledky sú v tab. 11.

Konštrukcia strechy	tepelný odpor	súčiniteľ prechodu tepla	vnútorná povrchová teplota	kondenzácia vodnej pary v konštrukcií		Počet dní v roku s vlhkosťou v dreve nad 80 % rel. vlhkosti
	R_o ((m ² K)/W)	U_{max} (W/(m ² K))	θ_{si} (°C)	STN 73 0540-2	STN EN ISO 13788	
podľa projektu	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje	214 nevyhovuje
realizovaná skladba	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje	365 nevyhovuje
realizovaná skladba – perforácia parozábrany	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje	365 nevyhovuje

Tab. 11: Sumarizácia výsledkov z posúdenia jednotlivých skladieb

Z výsledkov je zrejmé, že pokiaľ sa kondenzácia nepočíta pre stacionárny stav a okrajové podmienky ale robí sa podľa európskej normy, kde sa počíta po jednotlivých mesiacoch ale pre priaznivejšie teploty tak je v rámci súčtovej bilancie záporná, tzn. skladba v rámci modelového roku nevyschne.

Dôležité je aj to čo bolo zdôraznené v štúdiu bytového domu a to je vyhodnotenie pre každú vrstvu, v ktorom pásme relatívnej vlhkosti sa počas roka nachádza najviac. V tomto prípade sa OSB doska nachádza v zóne nad 80 % relatívnej vlhkosti počas celého roka, čo je jasný degradačný ukazovateľ, ktorý nemôže prežiť. Je možno škoda, že takéto hodnotenie je skryté vo výslednom protokole o výpočte a nie je aj v hodnotiacom dialógu kde sa ukazujú iba normové kritériá.

Vzhľadom na stav dosky s výskytom drevokazných húb bola do posúdenia zapojená aj Mendelova univerzita v Brne, ktorá sa zaoberá drevom a drevenými konštrukciami. Výsledkom analýzy, ktorú realizoval Dr. Jan Baar [7], bolo prekvapivé zistenie, že sa jedná o drevokaznú hubu hnojník mrvový. K jej výskytu sa autor vyjadruje nasledovne:

Vzhľadom k druhu identifikovanej houby, ktorá není typickou drevokaznou houbou, není nutně dané, že by byla konstrukce její činností nějak výrazněji poškozena. Tato houba typicky roste na hnoji, kompostech, trávě a jiných rostlinných zbytcích, na místech bohatých na dusík, je tedy schopna poškozovat svou činností polysacharidickou složku rostlin i dřeva. Její růst na OSB deskách mohl být podpořen přítomností močoviny (látkou obsahující dusík) z močovino-formaldehydového lepidla, které se běžně používá pro lepení těchto desek.

Detail dosky s hubou a mikroskopický snímok je na obr. 81.



Obr. 81: Odoberatá vzorka huby pre zisťovanie druhu a výtrusy plodnice zisteného hnojníka, rozmer výtrusov $9,99\text{--}13,1 \times 6,1\text{--}8,1 \mu\text{m}$ [1]

Vzhľadom na stav konštrukcie aj po ôsmich mesiacoch od otvorenia a meraniu vlhkosti v jednotlivých prvkoch (stropnice 16–50 %, OSB dosky 12–20 %) bolo rozhodnutie o sanácii zrejmé a to formou kompletného odstránenia povlakovej krytiny, OSB dosiek a dôkladná kontrola stropníc. Fotky z opravy sú na obr. 82.

Aby sa neopakoval nedostatok zabudovania dreva do nevetranej skladby, nová skladba strešného plášťa bola navrhnutá výhradne nad záklopom, ktorý bol v tomto prípade realizovaný z klasických dosiek. Vhodnejšie riešenie s viditeľnými trámami v interiéri bolo majiteľom zamietnuté, takže sa znovu realizoval podhľad. Takáto výmena prináša dodatočné náklady, ako je napríklad nutnosť zvýšenia atiky, keďže nová skladba je nad záklopom navýšená o hrúbku tepelnej izolácie, ktorá sa dnes bežne pohybuje okolo 300 mm.



Obr. 82: Postupné otváranie strechy a realizácia nového záklopu ako podkladu pre novú skladbu strešného plášťa. Pôvodné stropnice boli dodatočne ohobľované pre odstránenie poškodených a napadnutých povrchov. Vpravo detail hniloby stropnice, ktorá zasiahla drevo do väčšej hĺbky.

Vzhľadom na prítomnosť na stavbe aj počas realizácie opravy, čo nebýva zvykom bolo možné podrobne preskúmať aj časti, kde človek bežne počas realizácie malých sond nemá prístup ako je napríklad riešenie a degradácie atiky, ktorá mala takisto nosnú konštrukciu z dreva a nebola tradične murovaná (obr. 83).



Obr. 83: Výrazná degradácia OSB dosiek a drevených hranolov zasiahla aj atiku, ktorá bola z nich vytvorená a podkladnú dosku pod oplechovanie atiky (doska je už otočená, jedná sa o jej pôvodne spodnú stranu)

Záver

Ako ukazuje táto kapitola, téma je stále živá a ešte sa u nás objaví určite mnoho striech s podobným problémom, či už sa jedná o celé developerské projekty v okolí Bratislavy, Trnavy alebo jednotlivé rodinné domy. Načrtnutý problém je rozšírený a podľa skúsenosti mnohých ľudí pôsobiacich v oblasti striech, narastá. Vzhľadom na nevhodný návrh celej skladby je jeho sanácia problematická a nevyhne sa podstatnej zmene skladby strechy vyžadujúcej komplexné úpravy.

V rámci troch analyzovaných prípadov bola sanácia razantná rozobratím celých skladieb a buď zmenou strechy na šikmú s vetranou skladbou (prvý prípad) alebo realizovaním skladby iba s nadkrokvovou izoláciou (tretí prípad), kedy je možné drevené prvky vetrať cez znížený podhľad od interiéru. V tomto prípade je tepelno-vlhkostný režim v tejto uzavretej vzduchovej dutine otáznym.

V druhom prípade došlo k sanácii strechy na niekoľkých domoch ale konečné riešenie je v ne-dohľadne z dôvodu súdneho sporu a likvidácii podieľajúcich sa firiem na výstavbe.

Takto navrhnutá strecha popiera princípy správneho návrhu z hľadiska stavebnej tepelnej techniky (správne radenie vrstiev z hľadiska difúzneho odporu) a takisto hľadiska použitia organického materiálu v skladbe, kde nemôže „dýchať“. Výsledkom je totálna degradácia materiálu v krátkom čase, ktorú môže ešte urýchliť napríklad realizácia strešného plášťa na mokré/vlhké OSB dosky, čím sa sťažuje ich vyschnutie. Takisto sa môže stav zhoršiť použitím striekaných polyuretánových pien, ktorých materiálové parametre závisia od aplikátora [4]. Aplikácia na vlhké povrchy spôsobuje ďalšie zhoršenie stavu a aj keď je v rozpore s technickými listami výrobcu, často sa tento fakt ignoruje. Posledným problémom býva etapa realizácie vnútorných omietok a následného vysychania. V tejto fáze je realizovaná buď iba skladba strechy nad OSB doskou, to znamená, že vďaka vysokej relatívnej vlhkosti v interiéri OSB doska ešte viac navlhne, alebo je už realizovaná striekaná izolácia, ktorá takisto navlhne.

Z hľadiska posúdenia životnosti, resp. funkčnosti je ponúkané nové vyhodnotenie programu z hľadiska rizika vzniku hniloby aj s odkazom na českú normu ČSN 730540-2/Z1, ktorá predpisuje maximálnu hmotnostnú vlhkosť dreva na úrovni 18 % výborné. Z uvedeného posúdenia je teda zrejmé, že navrhnutá skladba fungovať nebude, čo sa nakoniec ukázalo aj v praxi.

Preto je potrebné zdôrazniť, že navrhovanie takýchto skladieb nie je vhodné a vedie k vzniku defektov, následkom čoho je potrebné neskôr realizovať sanáciu strešného plášťa s kompletnou výmenou, v závislosti od doby exploatácie možno aj s výmenou samotných drevených stropníc.

Použitá literatúra

- [1] STN 73 1901. 2005. *Navrhovanie striech. Základné ustanovenia*. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie.
- [2] KRAJČOVIČ, P. 2018. *Prednáška na Sympóziu Strechy 2018*. Sympózium Strechy 2018.
- [3] Dokument US000003164511A. *DEPATISnet*. Deutsches Patent- und Markenamt.
- [4] KESZEGH, M. 2019. Čo nevieme o striekaných PUR izoláciách. O čom realizátori striekaných PUR izolácií nehovoria. In: Zborník z 26. Bratislavského sympózia strechy 2019. Bratislava 19.–20. 11. 2019. ISBN 978-80-227-4958-9
- [5] SVOBODA SOFTWARE. 2017. *Teplo 2017.3* [software].
- [6] STN 730540-2 + Z1 + Z2: 2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie
- [7] BAAR, J. 2021. *Znalecký posudek č. 146/2021 ve věci posouzení přítomnosti a identifikace dřevokazné houby ve střešní konstrukci rodinného domu*. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno

Kontakty

Ing. Peter Juráš, PhD.: peter.juras@uniza.sk