

Parotěsná vrstva – terminologie, rozdělení, navrhování

Ing. Petr Slanina

recenzoval: Ing. Jiří Šála

1. Úvod

Při navrhování střešních konstrukcí je třeba zabránit nadměrnému šíření vlhkosti do skladby střešního pláště, kde vlivem poklesu teploty dochází ke kondenzaci vodních par uvnitř souvrství. Nadměrné množství zkondenzované vlhkosti uvnitř jednotlivých vrstev střešního pláště může snížit vnitřní povrchovou teplotu konstrukce tak, že dojde ke vzniku plísní. Současně může dojít k výraznému zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu nebo ke zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálů zabudovaných ve střešním plášti na úroveň nepřijatelnou a způsobující jejich degradaci. Aby se zabránilo nadměrnému šíření vlhkosti do skladby střešní konstrukce, a tím ke zkrácení životnosti celého střešního souvrství, je nutné navrhovat vždy u jednoplášťových střech s klasických pořadím vrstev vrstvu parotěsnicí. Další možností je navržení střechy s obráceným pořadím vrstev, kde při vhodně zvolené tloušťce tepelné izolace je kondenzace vodních par obvykle zcela vyloučena.

2. Terminologie

V poslední době se objevilo mnoho různých termínů (parotěsná zábrana, parobrzdá, parozábrana apod.), které se snaží popsat a rozlišit vlastnosti výrobků, které se používají právě pro parotěsnicí vrstvu. V praxi se stává, že dochází k záměně těchto pojmů a tudíž i k nesprávnému použití výrobků, což může vést až k poškození celé střešní konstrukce.

Proto bych vymezil některé pojmy, které jsou si podobné a často se zaměňují. Jsou jimi:

Parotěsnicí vrstva - je vrstva stavební konstrukce omezující pronikání vodní páry obvykle z vnitřního prostředí do stavební konstrukce, kde by v důsledku poklesu teploty došlo ke kondenzaci vodních par. Zkondenzované množství vodní páry by mohlo následně ohrozit požadovanou funkci nebo zkrátit životnost stavební konstrukce.

Omezením pronikání vodní páry se rozumí omezení difúze (pohyb vodní páry vyvolaný gradientem částečného tlaku vodní páry) a proudění vlhkosti (pohyb vodní páry vyvolaný prouděním vzduchu).

Parotěsná vrstva - je nevhodný termín pro parotěsnicí vrstvu, který se bohužel objevuje v řadě odborných publikací a norem. Vede k domnění, že vrstva zcela zabraňuje prostupu vodních par (obdobně jako je to s termíny vodotěsný nebo vzduchotěsný, tedy zajišťující 100% těsnost). Přitom vždy dojde k jistému pohybu vlhkosti skrz tuto vrstvu.

Parozábrana – je výrobek, který se používá pro parotěsnicí vrstvu. Parozábrana může být asfaltový pás, fólie apod.

Parobrzdá – je výrobek, který se používá pro parotěsnicí vrstvu, ale který má nižší hodnotu ekvivalentní difúzní tloušťky než parozábrana (viz rozdělení výrobků)

Parotěsná zábrana – je nevhodný termín pro výrobek, který by se použil pro parotěsnicí vrstvu, protože vede k milnému domnění, že jde o výrobek 100% nepropustný pro vodní páru, což není možné, protože vždy bude docházet k jistému transportu vlhkosti byť za velmi dlouhou dobu.

Poznámka k terminologii: Termín „parobrzdá“ pochází z doslovného německého překladu slova „dampfbremse“ a není uveden v žádné německé ani české normě, ale je stále častěji používán v české i v německé odborné literatuře. Je používán i některými výrobci a distributory k rozlišení vlastností svých výrobků.

3. Rozdělení výrobků používaných pro parotěsnící vrstvu

V české odborné literatuře [1,2] se můžeme setkat s dělením výrobků pro parotěsnící vrstvu podle jejich hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky a podle materiálů.

3.1. Rozdělení podle hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky

Hodnota ekvivalentní tloušťky s_d [m] vyjadřuje ekvivalentní difúzní tloušťku vrstvy vzduchu, která by kladla stejný difúzní odpor jako tloušťka vrstvy konstrukce. V české literatuře [1,2] se výrobky pro parotěsnící vrstvu rozlišují na:

- parobrzdy je-li $100 \text{ m} \leq s_d < 1500 \text{ m}$
- parotěsné zábrany je-li $s_d \geq 1500 \text{ m}$

Toto rozdělení je nesprávné, neboť znamená, že pokud hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky výrobku bude menší než 100 m už se nejedná o výrobek pro parotěsnící vrstvu. Přitom existuje mnoho výrobků, které mají hodnotu ekvivalentní difúzní tloušťky menší než 100 m a jsou označovány buď za parobrzdy nebo za parozábrany. Například výrobek s hodnotou ekvivalentní difúzní tloušťkou $s_d = 40 \text{ m}$ může dostatečně omezit pronikání vlhkosti do stavební konstrukce takovým způsobem, že nebude docházet k nadměrné kondenzaci vodních par a konstrukce vyhoví tepelně technickým požadavkům normy ČSN 730540-2.

Můžeme se setkat i s nesmyslným tvrzením v [1,3], že parotěsné zábrany se rozdělují na parobrzdy a parotěsné zábrany. Bylo by jednodušší používat pouze termínů parobrzda a parozábrana, které lépe odpovídají skutečnosti než výraz parotěsná vrstva, protože vždy bude docházet k jistému pronikání vlhkosti daným výrobkem byť za velmi dlouhou dobu.

S dalším rozdělením výrobků podle hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky se můžeme setkat v německé normě DIN 4108-3:2001, kde se materiály rozlišují podle ekvivalentní difúzní tloušťky do tří kategorií:

- I. kategorie – difúzně propustné materiály $s_d \leq 0,5 \text{ m}$
- II. kategorie – difúzně málo propustné materiály $0,5 \text{ m} < s_d < 1500 \text{ m}$
- III. kategorie – difúzně nepropustné materiály $s_d \geq 1500 \text{ m}$

Další rozdělení podle hodnoty ekvivalentní tloušťky bylo provedeno v [4], kde bylo posouzeno 30 skladeb plochých jednoplášťových střešních konstrukcí s klasickým pořadím vrstev tak, aby byla zachována materiálová rozmanitost výrobků používaných pro jednotlivé vrstvy střešního pláště i jejich způsob stabilizace vůči sání větru. Posouzení bylo provedeno pro různé vnější a vnitřní okrajové podmínky vyskytující se na území České Republiky. Na základě těchto posouzení byly rozděleny výrobky pro parotěsnící vrstvu do čtyř kategorií.

- I. kategorie $0,5 < s_d \leq 100 \text{ m}$
- II. kategorie $100 < s_d \leq 600 \text{ m}$
- III. kategorie $600 < s_d \leq 1500 \text{ m}$
- IV. kategorie $s_d > 1500 \text{ m}$

- I. kategorie** – (parobrzdy). Výrobky nesnadno propustné pro vodní páru. Navrhovaly by se především kvůli omezení velikosti hmotnostního toku vodních par při malém vnitřním a vnějším klimatickém zatížení. U lehkých střešních konstrukcí by se navrhovaly z důvodu zvýšení neprůvzdušnosti střešní konstrukce.
- II. kategorie** – (mírné parozábrany). Výrobky těžko propustné pro vodní páru. Navrhovaly by se pro běžné občanské a bytové objekty při běžných klimatických poměrech.
- III. kategorie** – (parozábrany). Výrobky velmi těžko propustné pro vodní páru. Navrhovaly by se pro velké vlhkostní zatížení vnitřních prostorů nebo pro vnější

nepříznivé klimatické podmínky (objekty umístěné v lokalitě s nadmořskou výškou vyšší než 600 m.n.m.).

IV. kategorie – (výrazné parozábrany). Výrobky téměř nepropustné pro vodní páru. Navrhovaly by se v extrémních klimatických podmínkách a tam, kde by hrozilo velké riziko ztráty funkčnosti a snížení životnosti střešní konstrukce z důvodu možné kondenzace vodních par ve střešní konstrukci.

3.2. Rozdělení výrobků pro parotěsnicí vrstvu podle materiálů

Parotěsnicí vrstva je tvořena hydroizolačními materiály s velkým difúzním odporem. Nejčastěji je užito asfaltových pásů a fólií, ale používají se i další materiály.

Asfaltové pásy se používají tytéž jako pro hydroizolační vrstvu, pokud mají dostatečný difúzní odpor. Nebo se používají asfaltové oxidované a modifikované pásy, které obsahují speciální hliníkovou fólii. Jejich tloušťka se obvykle pohybuje kolem 2 – 5 mm a hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky od 350 do cca 2000 m.

Fólie se nejčastěji používají termoplastické fólie na bázi PE nebo měkčeného PVC. Mohou být vyztuženy PP vlákny a s ochranou hliníkovou vrstvou na jejím povrchu. Tloušťka fólií se obvykle pohybuje mezi 0,1 – 0,3 mm a hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky od 40 m do 800 m.

Pěnové sklo je tepelná izolace, která současně tvoří i parotěsnicí vrstvu. Parotěsnicí vrstva vytvořená z pěnového skla o tloušťce několika centimetrů je pro vodní páru téměř nepropustná. Hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky však závisí i na důkladném slepení spár mezi jednotlivými dílci.

Další materiály (např. tenké hliníkové plechy) se mohou použít pro parotěsnicí vrstvu pouze v případě, kdy bude parotěsně zajištěna vzájemná návaznost jednotlivých dílců mezi sebou.

4. Navržení parotěsnicí vrstvy

Hlavní funkcí parotěsnicí vrstvy je zabránit nadměrnému šíření vlhkosti z interiéru do dalších vrstev střešního pláště, kde by v důsledku poklesu teploty došlo ke kondenzaci vodní páry. Parotěsnicí vrstva se proto umísťuje co nejbližší k vnitřnímu prostředí. Nesmí se umísťovat pod vrstvy se zabudovanou vlhkostí (například monolitické spádové vrstvy), neboť vypařování vlhkosti by bylo problematické a v některých případech i nemožné. Pro spolehlivou funkci musí být tato vrstva parotěsně napojena na všechny prostupující obvodové konstrukce a prvky. Použitím parotěsnicí vrstvy se snižuje průvzdušnost konstrukce, což se kladně projeví hlavně u lehkých střešních konstrukcí. Parotěsnicí vrstva může taktéž plnit funkci dočasné hydroizolace například v průběhu výstavby objektu, ale pouze pokud materiály na ní použité odolají povětrnostním vlivům.

Parotěsnicí vrstva by se měla navrhovat nad prostorem s tepelnými požadavky tak, aby byly splněny požadavky normy ČSN 730540-2:2002, vyhlášek 291/2001 Sb., 137/1998 Sb. a zákona 406/2000 Sb. na množství zkondenzované vlhkosti uvnitř konstrukce.

Zkondenzované množství vodní páry se prokazuje výpočtem po měsících podle normy ČSN EN ISO 13788. Pokud nejsou dostatečně známy návrhové klimatické hodnoty může se výpočet provést podle normy ČSN 730540-4.

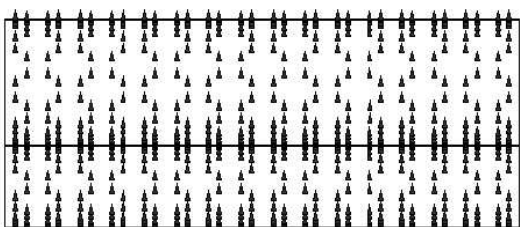
Výpočet podle ČSN EN ISO 13788 lépe simuluje chování vlhkosti v průběhu roku, než výpočet podle původní české normy ČSN 730540-4. Přesto je počítáno s jednoduchým výpočetním modelem a dosažené výsledky často neodpovídají reálnému stavu. Je to dáno zanedbáním několika vlivů, které norma opomíjí:

- a) Skutečné okrajové podmínky nejsou během měsíce konstantní.
- b) Jsou zanedbávána působení solárního a dlouhovělného záření.
- c) Déšť nebo tající sníh mohou také ovlivnit vlhkostní podmínky v konstrukci.

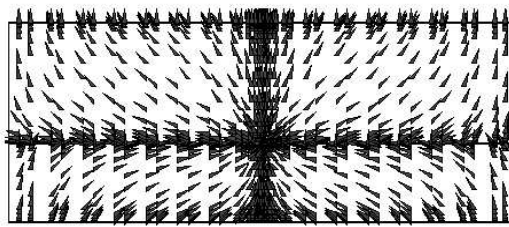
- d) Použití konstantních vlastností materiálů je přibližné.
- e) Je uvažováno s jednorozměrným šířením vlhkosti.
- f) Součinitel tepelné vodivosti závisí na obsahu vlhkosti a teplo je uvolňováno/akumulováno při kondenzaci/vypařování. To mění rozložení teplot v konstrukci, což má vliv na zkondenzované/vypařené množství.
- g) Pohyb vzduchu trhlinami nebo ve vzduchových dutinách může způsobovat rozložení vlhkosti podle proudění vzduchu.

Vlivy a) až c) jsou zpravidla na straně bezpečnosti. Ostatní vlivy vedou ke zvýšení vlhkosti, která se dostane do střešního pláště, kde pak dochází k vyšší kondenzaci než předpokládá jednoduchý výpočtový model podle normy.

Nejvýraznější přírůstek vlhkosti ve střešním plášti oproti výpočetnímu modelu je díky nehomogenním vlastnostem materiálů, kdy dochází v místě porušení materiálů (hlavně u materiálů s velkým difúzním odporem jako jsou parotěsnící fólie a asfaltové pásy) k vícerozměrnému šíření vlhkosti. Vznikají tak „vlhkostní mosty“, které jsou analogické k tepelným mostům. Na následujících obrázcích je znázorněna skladba jednoplášťové střešní konstrukce s klasickým pořadím vrstev. V jednom případě je parozábrana homogenní a dochází tak k jednorozměrnému šíření vlhkosti. Ve druhém případě je v parozábraně otvor a tudíž dochází k dvojrozměrnému šíření vlhkosti ve střešním plášti.



Obr.1 Jednorozměrné šíření vlhkosti – parozábrana je neporušena



Obr.2 Dvojrozměrné šíření vlhkosti – parozábrana je perforována a vzniká tak „vlhkostní most“

K nehomogenitě materiálů zabudovaných ve střešním souvrství může dojít s několika příčin:

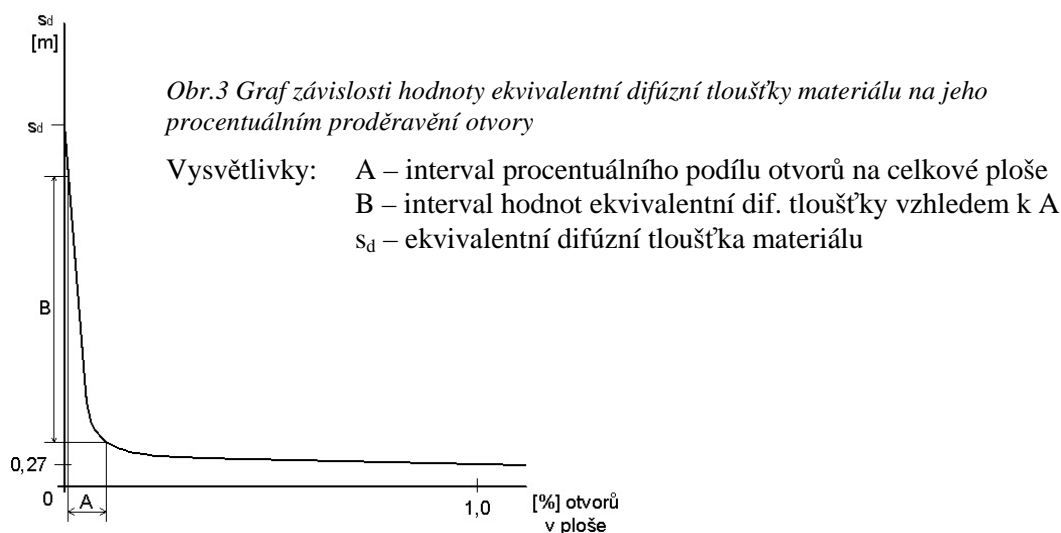
- technologickou nekázní při výstavbě,
- nedokonalým spojením jednotlivých materiálů a napojením na prostupy,
- mechanickým kotvením střešního pláště,
- stárnutím spojů.

Norma ČSN 13788 uvádí, že může dojít k poklesu ekvivalentní difúzní tloušťky u takto poškozených materiálů s velkým difúzním odporem až o několik řádů. Podle [1] se doporučuje odborným odhadem snížit podle procenta poškození faktor difúzního odporu až na 10% jeho původní hodnoty. V [5] je dokonce uvedeno, že se hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky takto poškozených materiálů může snížit až 100krát, tedy až na 1% své původní hodnoty. Hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky např. proděravěné parozábrany kotvenými prvky nebyly doposud v České Republice stanoveny. Výjimkou jsou výsledky uveřejněné v [6], kde byla stanovena hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky PE fólie, která byla proděravěna kancelářskými sponkami.

Množství vlhkosti, která pronikne do střešního souvrství díky vícerozměrnému šíření vlhkosti, se nedá stanovit analytickým výpočtem a je zapotřebí použít numerických metod nebo laboratorní měření difúze.

Dosavadní laboratorní měření, které byly prováděny ve VÚPS Zlín a v poslední době i v laboratořích FSv-ČVUT, prokazují výrazné zvýšení hmotnostního toku již při velmi malém porušení vrstev s velkým difúzním odporem. Z výsledků měření prof. Dr. W. Bauera (Stavební Akademie NDR), které byly publikovány v [6], je zřejmá závislost hodnoty ekvivalentní tloušťky parotěsnící vrstvy na procentuálním podílu otvorů k celkové ploše vzorku. Z grafu plyne problematické stanovení hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky

parotěsnicí vrstvy při velmi malém procentu proděravěné plochy vzorku, neboť poměrně malý interval podílů otvorů na celkové ploše vzorku způsobuje několikanásobně větší interval hodnot ekvivalentní difúzní tloušťky. Tento jev bude zřetelnější především u tenkých vrstev z materiálů s velkým difúzním odporem.



Z dosavadních výsledků měření plyne, že hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky klesá v závislosti na velikosti proděravěné plochy procentuálně rychleji u materiálů s větším difúzním odporem.

V laboratořích FSv v rámci [4] bylo provedeno měření hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky proděravěných parozábran. V následující tabulce 1 jsou uvedeny výsledky měření pomocí metody Wet-Cup parozábran, jejichž proděravěná plocha byla 0,125% z celkové plochy vzorku.

Název výrobku	Výrobce	Druh vzorku	Naměřená ekvivalentní dif. tloušťka s_d [m]		%
			bez otvorů	s otvory	
Menitex	Sarnafil	fólie – proděr.	52,41	2,86	5,3
PE-LD	Sarnafil	fólie – proděr.	52,41	2,45	4,7

Tab. 1 Naměřené hodnoty ekvivalentní dif. tloušťky proděravěných parotěsnících fólií.

Dále byly měřeny parozábrany proděravěné nasimulovaným kotevním prvkem. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Název výrobku	Výrobce	Druh vzorku	Ekvivalentní dif. tloušťka s_d [m]		%
			dle výrobce	naměřené	
Parafor Solo S/4	Siplast	A. pás SBS + kotva	200	min 91,9	46,0
Sklobit	Icopal	A. pás ox + kotva	140	46,0	32,9
Sarnavap 2000	Sarnafil	fólie + kotva.	306	2,31	0,8
Menitex	Sarnafil	fólie + kotva.	154	1,17	0,8
PE-LD	Sarnafil	fólie + kotva	108	2,31	2,1

Tab.2 Naměřené hodnoty ekvivalentní dif. tloušťky proděravěných asfaltových pásů kotevním prvkem.

Z výsledků plyne výrazný pokles hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky proděravěných parozábran. Větší pokles hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky u parotěsnících fólií než u asfaltových pásů může být způsoben lepším zatažením asfaltového pásu kolem dřívku kotvy a nebo vznikem většího otvoru při provrtání příklepovou vrtačkou u parotěsnících fólií. Měření probíhalo na vzorcích o velikosti plochy 0,002 m² respektive 0,008m². Při této malé ploše zkušebních vzorků se vícerozměrné šíření vlhkosti zcela neprojeví.

Výše uvedené výsledky měření mohou být zatíženy chybou, neboť měření hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky probíhalo v rámci řešení diplomové práce pouze jednou pro každý výrobek. V dalším výzkumu difúzních vlastností parozábran, které upřesní dosavadní měření, se bude pokračovat v rámci doktorandského studijního plánu.

5. Závěr

- 1) Doporučuji zjednodušení terminologie vypuštěním termínů „parotěsná vrstva/zábrana“, které nepřesně popisují vlastnost výrobků/vrstev vůči propustnosti vodních par.
- 2) Doporučuji rozdělení parozábran do logických kategorií, tak aby se usnadnil výběr kvalitních výrobků. Tím se sníží možnost volby nevhodných materiálů a prodlouží se životnost nejen střešních konstrukcí.
- 3) Při proděravění výrobků s vysokým difúzním odporem (např. parozábran) bude ve střešní konstrukci docházet k vícerozměrnému šíření vlhkosti. Budou tak vznikat „vlhkostní mosty“ a hmotnostní tok vlhkosti směřující do stavební konstrukce se výrazně zvýší.
- 4) Vzhledem k naměřeným hodnotám ekvivalentní difúzní tloušťky proděravěných parozábran je důležité, zajistit vysokou technologickou kázeň při pokládání a napojování jednotlivých pásů parozábran.
- 5) Při navrhování plochých jednoplášťových střech s klasickým pořadím vrstev používat ke stabilizaci střešního pláště přitěžovací vrstvy nebo jednotlivé střešní vrstvy lepit mezi sebou a vyhnout se tak kotvení střešního souvrství, které by perforovalo parozábranu.
- 6) Zvážit návrh střechy s obráceným pořadím vrstev, která při vhodně zvolené tloušťce tepelné izolace obvykle zcela vylučuje kondenzaci vodních par ve střešním plášti. (Není vždy konstrukčně možné)

Text byl zpracován za podpory MSM 210000001

Literatura

- [1] HANZALOVÁ, L., ŠILAROVÁ, Š. a kolektiv. *Ploché střechy - navrhování a sanace*. Praha: Public History, 2001. 397s. ISBN 80-86445-08-9.
- [2] NOVOTNÝ, M., MISAR, I. *Ploché střechy*. Praha: Grada, 2003. 180s. ISBN 80-7169-530-0
- [3] CHALOUPKA, K. *Jak parotěsná je parozábrana v ploché střeše?* [online]. 2004, poslední revize 10.12.2003. Dostupné z: <<http://www.strechaspecial.cz/text13.html>>
- [4] SLANINA, P. *Definování parotěsné vrstvy u plochých jednoplášťových střech*. Praha: ČVUT – FSv, 2003. 180s.
- [5] ŠÁLA, J. , CHALOUPKA, K. *Ploché střechy a pěnový polystyren, Izolační praxe 3*. Praha: Sdružení EPS, 2002
- [6] MRLÍK, F. *Vlhkostné problémy stavebních materiálů a konstrukcí*. Bratislava: Alfa,

1985. 269s.

- [7] SLANINA, P., ŠILAROVÁ, S. Vliv kotvení parotěsné vrstvy na její vlastnosti. In *Tepelná ochrana budov 2004*. 11. Mezinárodní konference, Praha, 2004. s.99–103.
- [8] ČSN 730540-1-4 : 2002 *Tepelná ochrana budov – Část 1 až Část 4*
- [9] ČSN 731901 : 1999. *Navrhování střech – Základní ustanovení*.
- [10] ČSN EN ISO 13788 : 2002 *Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody*.
- [11] ČSN 0606 : 2000 *Hydroizolace staveb. Povlakové izolace. Základní ustanovení*.

Poznámky lektora:

1. Parotěsná vrstva a parotěsná zábrana jsou zavedené termíny, které se dlouhodobě používají zejména v praxi navrhování střech. Byly bohužel převzaty i do řady odborných publikací a norem. Je na místě upozornění, že se jedná o termíny nepřesně popisující jim přisuzovaný obsah, který je uveden výše v kapitole o terminologii. Uvedené vrstvy a zábrany, jak je i popsáno, totiž nejsou dokonale parotěsné, jsou částečně paropropustné. Dokonavost přídavného jména parotěsná v češtině jednoznačně určuje prakticky 100 % těsnost, což neplatí. Dokonce by se dalo hovořit o klamavém účinku tohoto termínu. Skutečnost je správně popsána nedokonavým výrazem parotěsnicí, tj. zajišťující jistou těsnost, ale ne nutně úplnou. Tento termín, na rozdíl od předchozího, bezchybně popisuje reálné částečně propustné materiály a výrobky. Zavedený zkrácený termín parozábrana umožňuje přehlednější, čitelnější texty a je věcně v pořádku (lze jej odvodit také od termínu parotěsnicí). Je výhodný i pro používání v odborné praxi - s výjimkou vrstev s nízkou parotěsnicí účinností (viz pozn. 2), kde se významově příliš nehodí. Osobně bych se k němu přikláněl i proto, abychom se vyhnuli sporům při nahrazování nepřesného termínu parotěsná přesnějším parotěsnicí.
2. Termín parobrzdá není používán jen výrobci a distributory, tedy stavební praxí, jak se zde píše. S ohledem na významovou jasnost, výstižnost, názornost a krátkost je stále častěji používán pro málo parotěsnicí vrstvy i v české odborné literatuře, obdobně jako v německé. Za používání tohoto slova se nemusíme stydět, jasnost a výstižnost vyjádření není u odborných textů na závadu, právě naopak. Tento termín je přitom intuitivně chápán správně i veřejností, včetně jeho vztahu k parozábranám, což považuji za obrovské plus. Konstatování, že jde o doslovný překlad z němčiny přitom není na závadu, v tomto případě se alespoň jedná o zdařilý převod do češtiny, na rozdíl od přejímání různých anglikanismů v jiných případech.
3. Přikláním se tedy k používání jasněji vymezených termínů parobrzdá a parozábrana (druhý termín klidně se stupňováním, jak je navrhováno v článku). Zároveň se velmi přimlouvám za ukončení používání „termínů“ parotěsná vrstva či zábrana.