

# Parozábrany v plochých střeších

Součástí souvrství téměř každé ploché střechy s klasickým pořadím vrstev nebo spodního pláště dvouplášťové ploché střechy je parozábrana, někdy nazývaná jako „parotěsná vrstva“, „parotěsná zábrana“, nebo dokonce „parotěsnicí vrstva“. Název „parotěsná vrstva“ uváděný například v normě ČSN 73 1901:1999 „*Návrhování střech – Základní ustanovení*“ není zcela výstižný, protože difúzní parametry výrobků používaných na vytvoření parozábrany v plochých a šikmých střeších se liší, a to v řádů i více než desetinásobků jejich hodnoty. Výběr vhodné parozábrany v ploché střeše by měl být stanoven tepelně technickým výpočtem konkrétní ploché střechy v závislosti na zadaných hodnotách tepelně technických parametrů vnitřního a venkovního prostředí (v zimě), druhu nosné konstrukce střešního pláště a skladbě střešního pláště. Je však třeba upozornit také na to, že požadované difúzní parametry parozábrany jsou jen jedním z hlavních technických parametrů pro výběr správného výrobku na konkrétní střešinu. Tak například při stejných difúzních parametrech mohou mít jednotlivé výrobky různé mechanické či jiné vlastnosti, které je předurčují nebo vylučují pro použití v konkrétních případech. Relativně nejměkčí požadavky na technické parametry parozábrany má zpravidla podklad, který tvoří betonová mazanina, zatímco trapézový plech nebo dřevěné bednění vyžadují kvalitnější výrobky, případně i speciální výrobky. V řadě případů zajišťuje ve střešním plášti parozábrana i vzduchotěsnost střešního pláště – tento požadavek je například podstatnou podmínkou správné funkce větrané dvouplášťové ploché střechy. U nevhodně provedené nebo dokonce vynechané parozábrany střechy s difúzní otevřenou nosnou konstrukcí, například z trapézového plechu a s kotvenou vodotěsnou izolací z hydroizolační fólie, může docházet při mimořádném sání větru i k nasávání teplého, relativně vlhkého vzduchu z interiéru do tepelné izolace střechy. Nejchoulostivější a nejrizikovější bude z tohoto pohledu nejen výběr, ale zejména provedení parozábrany u lehké větrané dvouplášťové ploché střechy se spodním pláštěm z tepelné izolace z minerálních vln, fóliové parozábrany a sádkartonového podhledu.

Již citovaná norma ČSN 73 1901:1999 uvádí v čl. 5.6.1, že parotěsná vrstva „se navrhuje jen v odůvodněných případech s cílem potlačit difúzní tok vodní páry spárovou propustností do konstrukce střechy, hrozí-li ve skladbě střechy nebezpečí nepříznivých důsledků kondenzace vodní páry“.

V předběžné technické normě ČSN P 73 0600:2000 *Hydroizolace staveb – Základní ustanovení* je parotěsná vrstva definována jako „hydroizolační vrstva podstatně omezuující či téměř zamezující pronikání vodní páry do stavební konstrukce nebo do vnitřního či vnějšího prostředí“.

Novější evropská norma ČSN EN 13970:2005 *Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové parozábrany – Definice a charakteristiky* definuje zase parozábranu v čl. 3.1 jako „opat-

ření pro kontrolu nebo zamezení průniku vodní páry z jednoho prostředí budovy do druhého nebo mezi interiérem a exteriérem budovy“.

Všechny tři zde uvedené technické normy jsou platné (listopad 2007) a definují „parozábranu“ nebo „parotěsnou vrstvu“ svými způsobem. V budoucnosti jistě dojde ke sjednocení používaného názvosloví i definice. Předmětem diskuze může být i formulace „... difúzní tok vodní páry **spárovou propustností** do konstrukce střechy...“, uvedená v základní normě ČSN 73 1901:1999. I při zcela bezesparové nosné monolitické železobetonové střešní konstrukci je totiž nutné pro splnění základních normových požadavků ČSN 73 0540-2:2007 provedení parozábrany v jednoplášťové ploché střeše, například nad obytnými místnostmi s běžnými parametry vnitřního prostředí (návrhová vnitřní teplota v zimním období +20°C a relativní vlhkost vnitřního vzduchu 50 %) – jak se lze snadno přesvědčit tepelně technickým výpočtem.

K vysvětlení, proč dochází k pronikání vodní páry obalovými konstrukcemi budov (střešním pláštěm nebo obvodovým pláštěm) a k případným technickým a následně i uživatelským problémům, je nutné si připomenout několik informací z fyziky:

Atmosféra, která obklopuje naši planetu je v podstatě směsí několika plynů (78 % dusík + 21 % kyslík +1 % ostatní, zejména vzácné plyny). Atmosférický vzduch je možno z hlediska stavební fyziky považovat za směs suchého vzduchu a vodní páry. Vodní pára je sloučenina vodíku a kyslíku a může jí být ve vzduchu (objemově) až 4%. Dostává se do vzduchu různými cestami – především meteorologickými srážkami (u venkovního vzduchu), nebo jako provozní vlhkost v souvislosti s provozem budov (u vzduchu v interiéru), případně jako vlhkost technologická způsobená buď výrobním zařízením (u výrobních objektů) nebo jako důsledek stavební činnosti (omítky, zdivo nebo jiné mokré procesy u novostavby). Vzduch jako směs plynů působí na své okolí atmosférickým tlakem, který je nejvyšší u hladiny moře, kde má hodnotu cca 100 000 Pa (= 10 tun/m<sup>2</sup>). Fyzikálně lze zjednodušeně říci, že celkový atmosférický tlak vzduchu jako směsi plynů je dán součtem částečných, tzv. parciálních tlaků jednotlivých plynů, které jej tvoří. Parciální tlak vodní páry (jako jednoho z plynů ve směsi vzduchu) se pohybuje v závislosti na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu v hodnotách  $p = 50$  až 5800 Pa.

Množství vodní páry, které je schopen vzduch pojmout, závisí na teplotě vzduchu. Teplý vzduch pojme více vodní páry než chladný vzduch. Když se teplý vzduch náhle ochladí, musí proto přebytečná vodní pára zkondenzovat – vytvoří mlhu, při kontaktu s chladným povrchem na něm vodní pára zkondenzuje a je-li tento povrch podchlazen, vytvoří se z kondenzátu jinovatka. Teplota, při které jsou vodní páry ve vzduchu právě nasyceny a začínají se srážet, se nazývá **rosný bod**. Ve stavební praxi se zpravidla uvádí **relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$  (%)**, která vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu

vodní párou. Výpočtové hodnoty rosného bodu jsou pro konkrétní teplotu a relativní vlhkost vzduchu uvedeny v tabulce K.4 normy ČSN 73 0540-3:2005. Tak například pro teplotu  $\Theta = +20^\circ\text{C}$  a relativní vlhkost vzduchu  $\varphi = 50\%$  je teplota rosného bodu  $\Theta_{\text{w}} = +9,27^\circ\text{C}$ .

V této souvislosti bych rád upozornil na málo známou skutečnost, že při stejné hodnotě relativní vlhkosti vzduchu a jeho různé teplotě je **skutečné množství vody ve vzduchu významně jiné**. V bytě s teplotou vzduchu +20°C a s jeho relativní vlhkostí 50 % je ve vzduchu skutečně 12 x více vody než například ve stejnou dobu ve venkovním vzduchu s teplotou -15°C při stejné (tj. 50 %) relativní vlhkosti vzduchu a 7,3 x více vody oproti výpočtovým parametrům venkovního prostředí (-15°C a 84% relativní vlhkosti vzduchu) – viz *tabulka*:

teplota vzduchu	relativní vlhkost vzduchu	množství vody ve vzduchu (v gramech/kg suchého vzd.)
+20°C	50%	7,3
+15°C	50%	5,3
+10°C	50%	3,8
± 0°C	50%	1,9
-10°C	50%	0,9
-15°C	50%	0,6
-15°C	84%	1,0

V obytných a kancelářských místnostech je návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\Theta = +20^\circ\text{C}$  a relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $\varphi = 50\%$ , zatímco návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období je například  $\Theta = -15^\circ\text{C}$  s relativní vlhkostí vzduchu 84 %. Tomu odpovídá částečný (tzv. parciální) tlak vodní páry uvnitř  $p = 1168,5$  Pa a venku  $p = 138,6$  Pa. Ve stavební konstrukci, která odděluje tato dvě prostředí s různým částečným tlakem vodní páry (a s různou teplotou vzduchu) dochází zákonitě k **difúzi vodní páry** = difundující vodní pára se pohybuje z prostoru s vyšším částečným tlakem vodní páry do prostoru s nižším částečným tlakem vodní páry. V podstatě dochází k pronikání molekul vodní páry skrz obvodový a střešní plášť budovy směrem do vnějšího prostředí. Zároveň pochopitelně dochází k šíření tepla vedením skrz obvodové konstrukce.

V níže uvedené *tabulce* jsou informativně uvedeny parametry vybraných místností zes-

Název místnosti	Teplota °C	Relativní vlhkost (%)	Částečný tlak vodní páry (Pa)
předšň bytu	15	50	852,0
obytné místnosti	20	50	1168,5
tělocvična	15	70	1192,8
strojírenské haly	18	60	1237,8
učebny	20	55	1285,4
nemocniční pokoje	22	55	1453,1
kuchyně v hotelu	24	80	2385,6
bazénová hala (dospělí)	28	85	3209,6

tupně sestavené dle částečného tlaku vodní páry  $p$ . Jak lze z uvedeného přehledu vyčíst, liší se tyto hodnoty částečného tlaku téměř o 300 %.

Pokud není ve střešním plášti provedena parozábrana, proniká proto snadno vodní pára v zimě z interiéru budovy difuzí do souvrství střešního pláště až k vodotěsné izolaci střechy. Vodotěsná izolace, která má obvykle velký difuzní odpor (a tedy také velkou hodnotu ekvivalentní difuzní tloušťky  $s_d$ ), významně omezí únik difundující vodní páry do vnějšího prostředí. Proto dochází ve vrstvách pod vodotěsnou izolací k postupnému hromadění difundující vlhkosti ve střešním plášti a v místech s teplotou pod hodnotou rosného bodu ke kondenzaci této vlhkosti. Takto nahromaděná vlhkost však nepříznivě ovlivňuje fyzikální vlastnosti stavebních materiálů, ze kterých je vytvořen střešní plášť. Dochází ke zvyšování hodnoty součinitele tepelné vodivosti mokřých nebo vlhkých vrstev střešního pláště – zejména tepelné izolace, jejíž účinnost se tím významně snižuje. V extrémních případech může proto dojít i k povrchové kondenzaci na spodním povrchu střechy (na stropě, nebo na sádrokartonovém podhledu). Důsledkem tohoto stavu bývá i poškození některých vrstev střešního pláště jak vlhkostí jako takovou, tak mrazem. Průvodním jevem tohoto stavu může být také přetížení nosné konstrukce střechy provlhkými vrstvami střechy. V létě naopak dochází v důsledku přehřátí střešního pláště a s ohledem na obrácený tok difuze vodní páry k postupnému vysoušení vlhkosti do interiéru objektu.

Abyste se předešlo problémům s difundující vlhkostí v zimě, případně aby se tyto problémy minimalizovaly, měla by být na vhodném místě střešního pláště provedena **parozábrana**. Obvykle se umísťuje pod tepelně izolační vrstvu poblíž vnitřního povrchu střešní konstrukce, je-li užita silikátová spádová vrstva ve skladbě střešního pláště, umísťuje se na ni.

Je však také nutné objektivně upozornit na skutečnost, že parozábrana sice pozitivně omezuje difuzní tok vlhkosti do střešního pláště v zimě, ale také negativně snižuje možnost vysychání vlhkosti v létě – vlhkosti, která se do střeš-

vedeno že „parotěsné vrstvy se zpravidla navrhuji z pásových povlaků podle ČSN P 73 0606“. Mohou to tedy být jak vybrané asfaltové pásy, tak hydroizolační fólie, používají se i polyetylenové fólie, zesílené hliníkové fólie a další výrobky. Základním parametrem difuzních vlastností parozábrany je tzv. **faktor difuzního odporu** označovaný řeckým písmenem  $\mu$ , a z něj vypočtená **ekvivalentní difuzní tloušťka**  $s_d$ . Uvedené dva parametry jsou definovány normou ČSN 73 0540-1:2005 takto:

**Faktor difuzního odporu** je definován jako relativní schopnost vrstvy materiálu propouštět vodní páru difuzí, je poměrem difuzního odporu materiálu a difuzního odporu vrstvy vzduchu o téže tloušťce, při smluvních podmínkách. Je to bezrozměrná veličina.

**Ekvivalentní difuzní tloušťka**  $s_d$  je definována jako tloušťka nehybné vrstvy vzduchu, mající stejný difuzní odpor jako předmětná vrstva materiálu. Udává se v metrech.

Ekvivalentní difuzní tloušťka  $s_d$  se vypočítá ze vztahu:

$$s_d = \mu \cdot d$$

kde je  $\mu$  faktor difuzního odporu daného výrobku

$d$  – tloušťka výrobku v metrech

Obecně je mezi odbornou veřejností vžita představa, že čím větší hodnotu faktoru difuzního odporu  $\mu$  má daný výrobek, tím je méně propustný pro vodní páru (snad lze zjednodušene říci, že je „parotěsnější“). Kromě tohoto fyzikálního parametru má však na difuzní propustnost každého výrobku (tedy i parozábrany) dominantní vliv jeho tloušťka. Jinou hodnotu ekvivalentní difuzní tloušťky bude mít z tohoto pohledu polyetylenová fólie s tloušťkou 0,4 mm a jiná asfaltová pás tloušťky 4 mm. **Porovnatelným parametrem výrobků používaných jako parozábrany je tedy jejich ekvivalentní difuzní tloušťka  $s_d$ .**

V níže uvedené *tabulce* jsou pro ilustraci seřazeny vybrané výrobky (většinou používané jako parozábrany) vzestupně dle jejich hodnoty ekvivalentní difuzní tloušťky  $s_d$  (v metrech):

Název výrobku	Tloušťka (mm)	Faktor difuzního odporu ( $\mu$ )	Ekvivalentní difuzní tloušťka $s_d$ (m)
Trapézový plech s netěsněnými spárami	1	770	1
Trapézový plech s utěsněnými spárami	1	3 172	3
Pás z SBS modifikovaného asfaltu	4	30 000	120
Polyetylenová fólie Dampfsperre fk	0,4	300 000	120
Parozábrana DELTA-REFLEX (Dörken)	0,25	600 000	150
Pás z oxidovaného asfaltu SKLOBIT 40	4	40 000	160
Pás z oxidovaného asfaltu BITALBIT	3,5	300 000	1 050
Pás z SBS mod. asfaltu Bauder THERM DS 2	4	375 000	1 500
Pás s oxidovaného asfaltu Bauder AG 4	4	375 000	1 500
Pěnové sklo v jedné vrstvě	160	70 000	11 200

ního pláště nemusela dostat jen difuzí. U střech s parozábranou je proto nezbytnou podmínkou pro dlouhodobě spolehlivou funkci střešního pláště **minimalizovat zabudovanou nebo zateklou vodu** do střešního pláště.

V českých předpisech a technických normách však nejsou definovány požadované vlastnosti parozábrany. V ČSN 73 1901:1999 je

horkého asfaltu ve dvou vrstvách se vzájemně vystřídáními a slepenými spárami, je možno uvažovat faktor difuzního odporu několikanásobně vyšší. S ohledem na větší tloušťku tohoto výrobku tvořícího zároveň ve střešním plášti velmi kvalitní tepelnou izolaci se ekvivalentní difuzní tloušťka dvouvrstvého pěnového skla potom pohybuje v řádu několika desítek kilometrů!

Výrobky použitelné ve skladbě střešního pláště ploché střechy pro vytvoření parozábrany jsou někdy rozdělovány z hlediska jejich hodnoty ekvivalentní difuzní tloušťky  $s_d$  do různých kategorií, například na „parobrzdy“ ( $s_d \leq 130$  m) a „parotěsné zábrany“ ( $s_d > 130$  m, často i více než 1500 m). Z dnešního pohledu je toto rozdělování jen formální. Z hlediska vhodnosti jejich použití v konkrétním případě totiž vždy rozhodují nejen výsledky tepelné technického výpočtu – splnění normativních požadavků bilance vlhkosti, ale také možnost spolehlivého provedení.

Hodnota faktoru difuzního odporu  $\mu$  by měla být pro jednotlivé výrobky uváděna v technických podkladech výrobců hydroizolačních výrobků a parozábran (dnes v tzv. Technických listech výrobců), pro běžné výrobky je možné ji vyhledat i v české normě ČSN 73 0540-3:2005 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Hodnoty uváděné v tabulce A.3 této normy pro asfaltové pásy však v řadě případů dle mého názoru, neodpovídají dnešním reálným hodnotám. Tak například faktor difuzního odporu asfaltového pásu s nosnou vložkou z hliníkové fólie typu FOALBIT S má dle citované tabulky hodnotu jen  $\mu = 28 900$ , tedy téměř stejnou jako klasické asfaltové pásy s běžnými nosnými vložkami. Téměř identické asfaltové pásy s nosnými vložkami z hliníkové fólie (dnes nabízené pod různými obchodními názvy) mají hodnotu faktoru difuzního odporu výrazně větší. Překvapující je také, že dle ČSN EN 13070:2005 *Hydroizolační pásy a fólie-Asfaltové parozábrany – Definice a charakteristiky* není předepsáno uvádět v Technickém listu výrobku kromě propustnosti vodní páry v  $g/m^2 \cdot s$ . Pa také hodnotu faktoru difuzního odporu  $\mu$ . Propustnost vodní páry se zkouší dle ČSN EN 1931:2001 *Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – Stanovení propustnosti vodní páry*. V Protokolu o zkoušce dle citované normy přitom musí být hodnota faktoru difuzního odporu vždy uvedena. Porovnání hodnot faktoru difuzního odporu u vybraných asfaltových pásů je uvedeno v tabulce na vedlejší straně.

Jen pro zajímavost – v článku 5.2.9 normy ČSN EN 13707:2005 *Hydroizolační pásy a fólie-Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech – Definice a charakteristiky* se uvádí „Pokud je to nezbytné, stanoví se podle EN 1931 faktor difuzního odporu  $\mu$  vyztužených asfaltových pásů. Pokud není faktor  $\mu$  stanoven, může se pro účely výpočtu použít hodnota od 20 000“. Z toho by bylo možné odvodit, že faktor difuzního odporu stávajícího hydroizolačního souvrství ploché střechy vytvořený z vyztužených asfaltových pásů má také hodnotu alespoň 20 000. Domnívám se však, že takto relativně nízká hodnota faktoru difuzního odporu stávajícího souvrství asfaltových pásů by nebyla z hlediska tepelné technického výpočtu bezpečná.

Porovnání hodnot faktoru difuzního odporu u vybraných asfaltových pásů:

Název výrobku	Provedení	Nosná vložka	Zdroj (norma,výrobce)	Faktor difuzního odporu $\mu$
BITAGIT S	Oxidovaný asfalt	Skelná rohož	ČSN 730540-3:2005	14 400
FOALBIT S	Oxidovaný asfalt	AL fólie	ČSN 730540-3:2005	28 900
ELASTEK 40 SPECIAL	SBS modifikovaný asfalt	Polyesterová rohož	DEKTRADE	35 000
SKLOBIT 40 mineral	Oxidovaný asfalt	Skelná tkanina	DEKTRADE	40 000
SKLOBIT S	Oxidovaný asfalt	Skelná tkanina	ČSN 730540-3:2005	49 250
BITALBIT S35	Oxidovaný asfalt	AL fólie+ skelná rohož	Dehtochema-Bitumat	300 000
RADONELAST 35	SBS modifikovaný asfalt	AL fólie	Dehtochema-Bitumat	300 000
Bauder AG 4	Oxidovaný asfalt	AL fólie + skelná tkanina	Bauder	375 000 <sup>*)</sup>
Bauder THERM DS 2	SBS modifikovaný asfalt	AL fólie+PV+skelná rohož	Bauder	375 000 <sup>*)</sup>
ALU VILLATHERM	SBS modifikovaný asfalt	AL fólie +PV	ICOPAL	375 000 <sup>*)</sup>

Poznámka \*): Faktor difuzního odporu takto označených výrobků byl přepočten z výrobcem uváděné hodnoty ekvivalentní difuzní tloušťky.

V souvislosti s parozábranou je také nutné upozornit na jedno ze **závažných ustanovení** normy ČSN 73 0540-2:2007 *Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky*, které se v článku 6.1 zabývá **zkondenzovaným množstvím vodní páry uvnitř konstrukce**. V případě plochých střech jde v podstatě o to, aby množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce ploché střechy  $M_c$  (kg/m<sup>2</sup>.a) splňovalo normou předepsanou podmínku, a to:

– **v jednoplášťové ploché střeše** (včetně konstrukce se zabudovanými dřevěnými prvky) smí zkondenzovat maximálně:

$M_c \leq 0,10$  kg/m<sup>2</sup>.a vodní páry, ale zároveň méně než 3% plošné hmotnosti materiálu nacházejícího se v kondenzační zóně.

– **ve dvouplášťových plochých střeších** smí zkondenzovat maximálně:

$M_c \leq 0,50$  kg/m<sup>2</sup>.a vodní páry, ale zároveň méně než 5% plošné hmotnosti materiálu nacházejícího se v kondenzační zóně.

U větraných dvouplášťových plochých střech se musí ověřit průběh relativní vlhkosti vzduchu proudícího ve větrané vzduchové vrstvě – musí být vždy menší než 90 %, a to i při bezvětří.

Zároveň však musí být celoroční množství vodní páry zkondenzované uvnitř konstrukce

ploché střechy nižší, než celoroční vypařitelné množství vodní páry. Roční bilance vlhkosti tedy musí být kladná.

Požadavek na vytvoření parozábrany je tedy vyvolán jednak fyzikálními parametry vnitřního prostředí v objektu a parametry venkovního prostředí (danými teplotou a relativní vlhkostí vzduchu v zimě) a materiálovým provedením souvrství střešního pláště. Z tohoto pohledu ovlivňuje nutnost provedení parozábrany především druh nosné konstrukce střechy (železobeton – trapézový plech – dřevěné bednění) a výběr tepelné izolace (například expandovaný polystyren nebo izolace z minerální vlny). Často se zapomíná na ještě jeden důležitý faktor, který může významně ovlivnit požadavky na provedení kvalitní parozábrany – a tím je případné provozní souvrství střešního pláště (střešní zahrada, terasa, parkoviště na střeše). Z tohoto pohledu bude jistě extrémním případem střešní zahrada nad bazénem.

## ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ PAROZÁBRAN

Návrh nebo ověření výběru vhodného výrobku pro vytvoření parozábrany ve střešním plášti plochých střech by měl vycházet z tepelně technického výpočtu, který zohlední:

- parametry vnějšího i vnitřního prostředí ve vztahu k návrhu vrstev střešního pláště
- vlastnosti uvažované parozábrany z hlediska její tloušťky a faktoru difuzního odporu
- prověří hodnotu součinitele prostupu tepla  $U_n$  a bilanci vlhkosti ve vztahu k požadavkům ČSN 73 0540-2:2007

Při realizaci střechy nesmí dojít k zabudování technologické nebo srážkové vlhkosti ve vrstvách mezi parozábranou a vlastní vodotěsnou izolací střechy. Vypařování této vlhkosti je vždy problematické a dlouhodobé, někdy i nemožné.

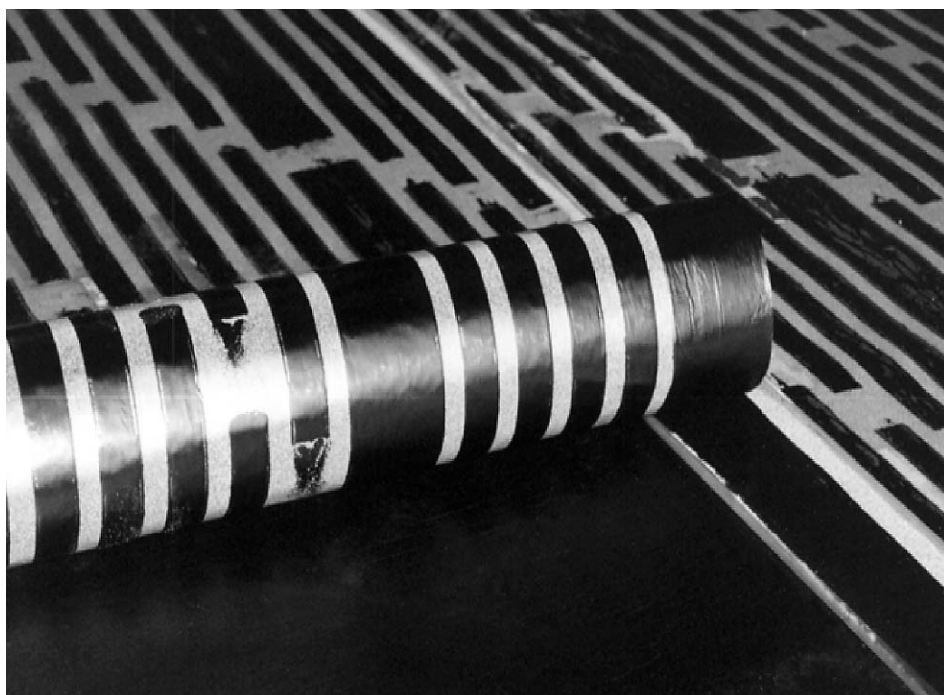
Parozábrana musí být parotěsně napojena na všechny propustující a obvodové konstrukce a prvky. Ve svých důsledcích to znamená, že parozábrana musí být důsledně vyvedena na atiku, nadstřešní zdivo a na všechny trubní i jiné prostupy střešním pláštěm. To se však týká i dodatečných propustů střešním pláštěm – se kterými se běžně setkáváme jak u novostaveb, tak zejména u rekonstrukcí střešních plášťů průmyslových staveb.

Spolehlivou funkci parozábrany je proto nutné zajistit jak při návrhu, tak při následné realizaci jednotlivých detailů střešního pláště. Tak například nesmí dojít k přerušení parozábrany v místě setkávané jak u novostaveb, tak zejména u rekonstrukcí střešních plášťů průmyslových staveb.

Parozábrana musí být vždy vyvedena nad úroveň tepelné izolace, nejlépe až do úrovně vlastní vodotěsné izolace střechy. U asfaltových vodotěsných izolací s přechodem na svislé zdivo pomocí náběhových klínů musí být proto parozábrana vyvedena do vrchní úrovně náběhového klínu.

Parozábrana se obvykle umísťuje pod tepelně izolační vrstvu poblíž vnitřního povrchu střešní konstrukce. Je-li užitá silikátová spádová vrstva ve skladbě střešního pláště, umísťuje se na ni.

Parozábrana často tvoří po omezenou dobu provizorní krytinu, která chrání interiér před poškozením deštěm v průběhu stavby. Proto by měla být chráněna před proražením či poškozením, měla by být vyspádována k odvodňovacím prvkům a odvodněna. To lze zajistit například u klasické jednoplášťové střechy dvoudílnými střešními vtoky, které dnes dodává na náš trh několik výrobců. Ve většině případů však toto odvodnění parozábrany funguje pouze po dobu výstavby = po tu dobu, kdy je parozábrana, která tvoří provizorní krytinu, odvodněna spodní částí dvoudílného vtoku. Po provedení tepelné izolace střechy a po položení první hydroizolační vrstvy střešního pláště se osazuje vrchní část dvoudílného vtoku s **těsnícím kroužkem**,



Příklad parozábrany z asfaltového pásu s THERM pruhy – pohled

kteří brání proniknutí vody do střešního pláště při vzdušné vodě v odpadním potrubí a zároveň zabraňují pronikání vlhkého vzduchu z tohoto odpadního potrubí do tepelné izolace ploché střechy. Po osazení vrchní části dvoudílného vtoku již parozábrana odvodněna není.

V některých případech může vhodně vybraný vícefunkční výrobek tvořit ve střešním plášti parozábranu i expanzní (mikroventilační) vrstvu. Expanzní vrstva by měla být provedena vždy na silikátových podkladech (betonová mazanina, lehké spádové betony, cementový potěr apod.).

K parozábraně bývá obvykle (u jednoplášňových plochých střech) přilepena tepelná izolace. I k této skutečnosti je proto nutné přihlídnout při volbě vhodného výrobku.

Je nutno si uvědomit, že trapézový plech tvořící nosnou konstrukci střešního pláště není parotěsný. V souvislosti se spárovou difuzí, ke které dochází mezerami mezi jednotlivými tabulemi trapézového plechu se totiž jeho hodnota faktoru difuzního odporu pohybuje orientačně u neutěsněného plechu kolem  $\mu = 770$  do  $\mu = 3200$  u plechu s utěsněnými spárami (tomu odpovídá ekvivalentní difuzní tloušťka kolem 0,77 až 3,2 m pro plech tl. 1 mm). Výpočet byl proveden na základě výsledků spárové difuzní vodivosti trapézového plechu uveřejněných v publikaci Prof. Mrlíka „Difuzní konstanty ...“ v roce 1980. Je vždy otázkou, čím a jak kvalitně a dlouhodobě spolehlivě utěsnit podélné i příčné spáry trapézového plechu. Střecha s nosným trapézovým plechem by proto měla mít téměř vždy parozábranu. Skutečné hodnoty faktoru difuzního odporu by měl uvádět pro jednotlivé typy plechu v závislosti na jeho rozměrech a spárové difuzní vodivosti jeho podélných a příčných spár každý výrobce trapézového plechu.

Ze stejných důvodů není parotěsné dřevěné bednění, které někdy tvoří nosnou konstrukci jednoplášňové ploché střechy. Jeho ekvivalentní difuzní tloušťka se vzhledem ke značné spárové provzdušnosti pohybuje dokonce kolem 0,27 m! I v tomto případě se proto bez kvalitní parozábrany neobejdeme.

Proražení nebo poškození parozábrany otvory má pochopitelně vliv na její difuzní vlast-

nosti, čili vliv na hodnotu její ekvivalentní difuzní tloušťky. Podle profesora Mrlíka „měření ukázalo, že při stejném podílu plochy otvorů jsou u malých otvorů hodnoty ekvivalentní difuzní tloušťky nižší, než u stejně velké plochy vytvořené z několika otvorů. Při podílu plochy otvorů nad 1% klesá hodnota relativní difuzní tloušťky nezávisle na materiálu pod hodnotu  $s_d = 0,27$  m“ (viz publikace Prof. Mrlíka „Difuzní konstanty...“, str. 60). Ve svých důsledcích to znamená, že velké množství malých perforací parozábrany je horší, než několik velkých otvorů o stejné ploše.

Velmi nebezpečné z hlediska následných poruch je proražení parozábrany u trapézového plechu jejím prošlápnutím nad mezerou mezi vlnami trapézového plechu. Při použití levnějších nevhodných výrobků k tomu často dochází při pokládce tepelné izolace, která takto poškozená místa spolehlivě opticky zakryje. Výsledkem je následné poškození tepelné izolace velkou kondenzací vlhkosti. Kondenzát potom úspěšně odkapává do interiéru. Oprava takto nekvalitně provedené střechy bývá obvykle dražší než původní střešní plášť, nehledě na následné škody vyplývající z odstavení výroby nebo provozu v objektu. V tomto případě by proto měly být používány na vytvoření parozábrany jen takové výrobky, které jsou „odolné proti prošlápnutí“.

Z výše uvedených důvodů doporučuji protokolární převzetí parozábrany před jejím zakrytím tepelnou izolací. U trapézového plechu by bylo vhodné, vzhledem k nebezpečí proražení parozábrany nad mezerami trapézového plechu, při pokládce tepelné izolace zajistit trvalý dozor na stavbě.

U lehkých střešních pláštů, jejichž nosnou konstrukci tvoří např. dřevěné bednění nebo trapézový plech, může dojít k velmi razantnímu perforování parozábrany (a tím i vzniku závad střešního pláště) například dodatečně prováděnými rozvody elektroinstalace a při osazování svítidel. V těchto případech by proto měly být tyto rozvody již koncepčně řešeny v projektu tak, aby průrazy parozábrany byly pokud možno vyloučeny. Montéři elektroinstalací by proto

měli být vždy předem poučeni o postupu a provádění prací.

Pokud se jedná o proražení parozábrany kotevními prvky, je možné znovu v souvislosti se závěry profesora Mrlíka uvést, že při perforaci parozábrany nad 1% její plochy nezáleží na materiálovém provedení parozábrany, a ekvivalentní difuzní tloušťka takto „poškozené“ parozábrany klesá vždy pod hodnotu  $s_d = 0,27$  m. Upozorňuji však, že při použití 9 ks kotevních prvků/m<sup>2</sup> v rozích střechy (tento počet kotevních prvků je většinou méně obvyklý případ, bývá jich zpravidla méně než 9), má teoretická perforace parozábrany hodnotu 0,016% plochy (při  $\varnothing$  šroubu 4,8 mm, používaného obvykle do trapézového plechu). Skutečná hodnota perforace bude významně nižší, protože otvory budou zaplněny dřikem kotevního šroubu. Bude se tedy jednat spíše o spárové proražení parozábrany po obvodu kotevního šroubu.

U kotevních šroubů do betonu může být vliv perforace parozábrany vyšší ze tří důvodů:

- kotevní šrouby mají větší průměr, zpravidla od  $\varnothing$  6 mm do  $\varnothing$  8 mm (například pro  $\varnothing$  8 mm má teoretická perforace 9 ks kotevních prvků/m<sup>2</sup> již hodnotu 0,045% plochy)
- otvory jsou předvrtávány přiklepovou vrtačkou, takže může dojít zejména u parozábrany z folií k jejímu roztržení ve větší ploše než je uvažovaný průměr vrtaného otvoru do betonu
- pro zajištění spolehlivého odvodu vyvrtaného materiálu z vrtaného otvoru se obvykle doporučuje při vlastním vrtání vícenásobné vytahování vrtáku až o 20 mm z otvoru! Proto může dojít k většímu poškození parozábrany již při vlastním vrtání otvorů.

Z hlediska materiálového provedení se zdají být u kotveného souvrství střešního pláště do trapézového plechu nebo do dřevěného bednění vhodnější parozábrany z modifikovaných asfaltových pásů, jejichž asfaltová hmota může utěsnit otvor kolem dřívku kotevního šroubu.

U střech nad vlhkými provozy však může perforace parozábrany sehrát významnou negativní roli, takže je spolehlivější se v těchto případech jakékoli perforaci parozábrany raději vyhnout. Pokud už je z jakýchkoliv důvodů nutné použít kotvení do trapézového plechu v prostorách s větší relativní vlhkostí vzduchu, je zde nutné zvážit také nebezpečí kondenzace na hrotech kotevních šroubů. Kotevní šrouby tvoří v souvrství střešního pláště tepelné mosty a jejich povrchová teplota se může dostat pod hodnotu rosného bodu.

Při navrhování nových i rekonstrukčních stávajících střešních pláštů občanských a průmyslových staveb je nutno vždy přihlídnout k očekávané životnosti objektu jako celku a zvážit i případnou změnu v jeho využití. Proto by měl být navržen i střešní plášť univerzálně tak, aby splňoval požadované parametry interiéru, objektu i při změně jeho využití nejen z hlediska požadované hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$ , ale i z hlediska difuze vodní páry (střechu hal s skladovacího objektu může být proto někdy výhodné navrhnout i pro případné využití objektu jako prodejní halu nebo mechanickou dílnu, apod.).



Rozpracovaná střecha s parozábranou Bauder-THERM DS2

Ing. Karel Chaloupka