

# **VLKOSTNÍ REŽIM V PLOCHÝCH STŘECHÁCH**

Petr Slanina

Ing. Petr Slanina

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Česká Republika

## VLKOSTNÍ REŽIM V PLOCHÝCH STŘECHÁCH

### ABSTRAKT

Při hodnocení střech podle českých a evropských norem na šíření vlhkosti ve stavebních materiálech jsou zanedbány některé vlivy, které mohou výrazně ovlivnit vlhkostní režim plochých jednoplášťových střech. Příspěvek se zaměřuje na popsání těchto vlivů a na možné nepřesnosti, ke kterým dochází v tepelně technických výpočtech při posuzování střešního souvrství. V příspěvku jsou naznačeny problémy způsobené těmito výpočty. Nakonec jsou shrnuta doporučení pro efektivnější navrhování plochých střech.

### ÚVOD

Při navrhování jednoplášťových plochých střech s klasickým pořadím vrstev nad prostory s tepelnými požadavky je nezbytné navrhnout střešní plášť tak, aby se zabránilo nadměrnému transportu vlhkosti z interiéru do střešního souvrství, kde by v důsledku snížení teploty došlo ke kondenzaci vodních par. V současné době je možné množství zkondenzovaných par počítat podle dvou norem: ČSN EN ISO 13788 nebo ČSN 730540-4. Obě tyto normy vycházejí z velmi jednoduchých výpočetních postupů, které se nazývají Glaserovy metody a byly vyvinuty v 60. letech 20-tého století. Tyto metody při výpočtech opomíjejí následující vlivy:

- použití konstantních materiálových charakteristik je přibližné,
- je zanedbán pohyb kapalné vlhkosti,
- je zanedbán pohyb vzduchu trhlinami nebo vzduchovými dutinami,
- skutečné okrajové podmínky neodpovídají normovým okrajovým podmínkám,
- je předpokládáno jednorozměrné šíření vlhkosti,
- jsou zanedbávána působení solárního a dlouhovlnného záření.

Jak ovlivní výše zmíněné vlivy tepelně vlhkostní výpočet podle norem ČSN EN ISO 13788 nebo ČSN 730540-4 je zmíněno v následujících kapitolách.

### VLIVY OVLIVŇUJÍCÍ TEPELNĚ TECHNICKÝ VÝPOČET

#### Použití konstantních materiálových charakteristik

Při posuzování rizika kondenzace uvnitř střešního pláště se ve výpočtech podle norem ČSN EN ISO 13788 nebo ČSN 730540-4 uvažují konstantní vlastnosti materiálů. Ve skutečnosti materiálové charakteristiky (součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)], součinitel difúzní vodivosti materiálu  $\delta$  [kg/(msPa)]) nejsou konstantní a jsou ovlivněny vnějšími faktory – teplotou a relativní vlhkostí.

- Součinitel tepelné vodivosti materiálu

Je známo, že součinitel tepelné vodivosti výrazně roste z množstvím vlhkosti obsaženém v materiálu. To má nepříznivý vliv jak na součinitel prostupu tepla, tak i na snížení teploty uvnitř konstrukce. Tím se zvýší množství zkondenzované vlhkosti uvnitř konstrukce nad úroveň, kterou předpokládají jednoduché výpočetní postupy uvedené v českých i evropských normách.

#### - Součinitel difúzní vodivosti materiálů

V zahraniční odborné literatuře [1] se objevují grafy závislosti součinitele difúzní vodivosti materiálů na relativní vlhkosti i teplotě prostředí, ve kterém je materiál umístěn. Z dosavadních výsledků měření vyplývá, že teplota má minimální vliv na součinitel difúzní vodivosti materiálů. Relativní vlhkost má vliv především na materiály snadno propustné pro vodní páru jako jsou například desky z minerálních vláken, omítky nebo sádrokartony, kde se při vyšší relativní vlhkosti projevuje jejich vyšší prostupnost pro vodní páru. Naopak u materiálů málo propustných pro vodní páru jako jsou asfaltové pásy nebo parotěsnící fólie je součinitel difúzní vodivosti materiálu v závislosti na relativní vlhkosti téměř konstantní. Tyto vlastnosti umožní rychlejší pohyb vzdušné vlhkosti ve střešním plášti při vysokých vnitřních relativních vlhkostech. V případech, kdy ve střešním plášti bude umístěna parotěsnící vrstva, bude vliv minimální.

#### **Zanedbání pohybu kapalně vlhkosti**

Při výpočtu množství zkondenzované vlhkosti uvnitř střešního pláště je podle norem ČSN EN ISO 13788 nebo ČSN 730540-4 zanedbán vliv šíření kapalně vlhkosti. Vlivem gravitaci se bude množství zkondenzované vlhkosti pohybovat směrem zemské tíhy a negativně tak ovlivní vlastnosti materiálů, které jsou prostupné pro kapalnou vlhkost. To má negativní vliv na součinitel prostupu tepla i na součinitel difúzní vodivosti materiálů a změní se tak rozložení vlhkosti a teploty ve střešním plášti.

#### **Zanedbání pohybu vzduchu**

Proudění vzduchu má velmi negativní vliv na transport tepla a vlhkosti především u lehkých obalových konstrukcích. U těžkých konstrukcích je většinou provedena masivní vrstva, která je pro proudění vzduchu téměř nepropustná.

#### - Vliv na tepelnou ztrátu

Podle [2] vliv proudění vzduchu netěsnostmi na tepelnou ztrátu je jedním z nejvýznamnějších důsledků netěsné obálky objektu. Netěsná konstrukce může mít v důsledku proudění skrze spáry až o stovky procent vyšší součinitel prostupu tepla a tudíž i vyšší tepelnou ztrátu.

#### - Vliv na šíření vlhkosti

Podle [2] proudění vzduchu spárami a trhlinami v konstrukcích ovlivňuje šíření vodní páry konstrukcí ještě více než šíření tepla. Netěsnostmi tak může prouděním pronikat do souvrství až o několik řádů více vodní páry než difúzí přes celý zbytek konstrukce.

#### **Skutečné okrajové podmínky neodpovídají normovým okrajovým podmínkám**

V následující kapitole se zaměřím pouze na vliv vnějších okrajových podmínek na vlhkostní režim ve střešním souvrství.

Pro lepší analýzu vlivu vnějších okrajových podmínek na normový výpočet zkondenzovaného množství ve střešním plášti je zapotřebí se věnovat zvlášť výpočtu podle české normy ČSN 730540-4 a zvlášť podle evropské normy ČSN EN ISO 13788. Je zapotřebí i oddělit požadavky na nulovou kondenzaci vlhkosti

ve střešním plášti, na omezené množství zkondenzované vlhkosti a na roční bilanci zkondenzovaného množství vlhkosti.

- Požadavek na nulovou kondenzaci vlhkosti uvnitř konstrukce

V případě ohrožení funkčnosti střešního pláště, nesmí dojít ke kondenzaci uvnitř konstrukce. Většinou se jedná o konstrukce, ve kterých jsou dřevěné prvky nebo prvky na bázi dřeva.

Tento požadavek se prokazuje pouze výpočtem podle české normy ČSN 730540-4. Pro vnější okrajové podmínky se bere návrhová teplota venkovního vzduchu pro zimní období podle normy 730540-3. Norma rozděluje území České Republiky do čtyř oblastí se základní návrhovou teplotou venkovního vzduchu, ke které se připočte přírůstek za vliv nadmořské výšky a výsledná návrhová teplota vzduchu se zaokrouhlí směrem dolů.

Díky tomu, že základní návrhová teplota venkovního vzduchu byla určena jako maximální hodnota z 20-ti hodnot nejnižších dvoudenních průměru, denních minimálních teplot v zimním období za období 20 let, může dojít ke vzniku kondenzace v extrémně mrazivých dnech. Navíc může dojít k cyklické kondenzaci a vypařování, neboť denní minimální teploty jsou stanoveny jako průměr ze čtyř hodnot měření v 7 hodin ve 14 hodin a 2x v 21 hodin tj. v noci bude docházet ke kondenzaci ve dne k vypařování, což může mít negativní vliv především na konstrukce, ve kterých jsou právě zabudovány dřevěné prvky nebo prvky na bázi dřeva. Tento jev nebude postižen v tepelně technickém výpočtu podle normy ČSN 730540-4.

- Požadavek na omezené množství zkondenzované vlhkosti uvnitř konstrukce

V případě, že zkondenzovaná vlhkost v konstrukci neohrozí požadovanou funkčnost střešního pláště norma připouští, pro jednoplášťovou střechu omezené celoročního množství zkondenzované vodní páry  $G_k = 0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ . Tento požadavek se prokazuje buď výpočtem podle evropské normy ČSN EN ISO 13788 nebo podle české normy ČSN 730540-4. V současné době se oba výpočty považují za rovnocenné.

a) Výpočet podle normy ČSN EN ISO 13788 počítá zkondenzovanou vlhkost uvnitř konstrukce po jednotlivých měsících viz například [3]. Návrhové průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu jsou uvedeny pro danou nadmořskou výšku v normě ČSN 730540-3. V normě ČSN 730540-3 je napsáno, že „Návrhové průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu byly určeny pro jednotlivé měsíce jako maximální z 20-ti hodnot nejnižších měsíčních průměrů za období 20 let“. To by znamenalo, že byla pro hodnoty návrhové průměrné měsíční teploty vzata nejvyšší průměrná měsíční teplota za 20 let. Pak by tepelně technický výpočet nebyl na straně bezpečnosti a došlo by k podceňování rizika kondenzace. S největší pravděpodobností se však jedná o chybnou formulaci v normě ČSN 730540-3.

Vzhledem k tomu, že výpočet zkondenzované/vypařené vlhkosti je hodnocen po jednotlivých měsících, výpočet podle ČSN EN ISO 13788 dává ucelenější představu o vlhkovním režimu v konstrukci v průběhu roku než norma ČSN 730540-4.

b) Výpočet podle normy ČSN 730540-4 počítá zkondenzovanou vlhkost uvnitř konstrukce z návrhové venkovní teploty vzduchu, která je odstupňovaná po  $5^\circ\text{C}$  a

k jednotlivým stupňům je v normě ČSN 730540-3 uvedena četnost výskytu dané teploty v roce. Tato metoda neumožňuje zjistit vlhkostní režim uvnitř konstrukce v jednotlivých měsících případně dnech, a tak může dojít ke kondenzaci větší než připouští norma ČSN 730540-2. S dlouhodobého pohledu - několika let - je tato metoda správná ale jen v případě, že nebude vlhkostní režim ve střešním plášti ovlivněn dalšími vlivy, o kterých je pojednáno v této kapitole (například nedojde ke změně materiálových charakteristik zabudovaných materiálů vlivem nadměrné kondenzace vlhkosti v extrémně chladném roce).

- Požadavek na roční bilanci zkondenzovaného množství vlhkosti

Tento požadavek se prokazuje stejnými výpočty, o kterých jsem se zmínil v předchozí kapitole a tyto výpočty vycházejí ze stejných vnější parametrů, proto se více nebudu tímto požadavkem dále zabývat.

**Je uvažováno pouze jednorozměrné šíření vlhkosti**

Při hodnocení šíření vlhkosti v konstrukcích podle evropské a české normy je uvažováno pouze s jednorozměrným šířením vzdušné vlhkosti. Toto zjednodušení je opodstatněné pouze pokud materiály zabudované ve střešní konstrukci budou homogenní a konstrukce bude mít rovinný charakter. V případě, že materiály zabudované do konstrukce budou s četnými nehomogenitami (spáry mezi jednotlivými dílci, otvory apod.), nebo střešní plášť nebude mít rovinný charakter (stavební detaily), dojde k vícerozměrnému šíření vlhkosti a do střešního pláště se dostane výrazně vyšší množství vlhkosti než předpokládají jednoduché výpočetní postupy podle norem. Podrobněji viz[4].

**Je zanedbáno působení solárního a dlouhovlnného záření**

- Solární záření

Solární záření je zcela opomenuto ve výpočtu zkondenzované vlhkosti uvnitř konstrukce podle ČSN EN ISO 13788. Ve výpočtu podle normy ČSN 730540-4 je zahrnut vliv solárního záření v podobě četnosti zatažených a jasných dnů tj. v podobě četnosti ekvivalentní teploty venkovního vzduchu při jasné obloze a při zatažené obloze. Podle normy je možno použít vliv solárního záření pouze v případě, kdy na střešní konstrukci bude po celou dobu životnosti nerušeně dopadat sluneční záření.

V případě nezapočítání slunečního záření do tepelně technického výpočtu podle normy ČSN 730540-4 a při výpočtu podle normy ČSN EN ISO 13788 budou výpočty na straně bezpečnosti z dlouhodobého horizontu. Sluneční záření však může působit i negativně, a to v případech kdy po dlouhotrvajících mrazech se nahromadí zkondenzované množství vlhkosti pod hydroizolačním souvrstvím. Díky slunečním paprskům dojde k rychlému zahřátí teploty a ke změně skupenství vlhkosti a tedy k rychlému zvětšení objemu. Může tak dojít k porušení hydroizolačního souvrství.

- Dlouhovlnné záření

Dlouhovlnné záření působí tak, že dochází k výměně energie zvýšeným tepelným tokem mezi střešním pláštěm a oblohou. Výsledkem je výrazně nižší vnější povrchová teplota, což zapříčiní zvýšení zkondenzované vlhkosti uvnitř střešního pláště. Tento negativní vliv není zahrnut ani v české normě ČSN 730540-4 ani v evropské normě ČSN EN ISO 13788. Podrobněji viz[5].

## DISKUZE

V předchozí kapitole bylo pojednáno o vlivech, které nejsou zahrnuty v tepelně technických výpočtech, ale které výrazně ovlivňují vlhkostní režim ve střešním plášti. Až na sluneční záření se jedná o vlivy, které negativně ovlivňují výpočet. Ke kompenzaci jednotlivých vlivů dojde použitím vnitřním parametrům, které jsou stanoveny s jistou bezpečnostní přírážkou. Problémy vlhkostního rázu ve střešním plášti nastávají především v těch případech, kdy působí více vlivů najednou. Například může nastat následující situace:

Při pokládání parotěsnicí vrstvy nedojde k napojení jednotlivých pásů mezi sebou, a tak se do střešního pláště bude dostávat výrazně vyšší množství vlhkosti. Dojde ke zvýšené kondenzaci ve střešním plášti, díky čemuž se změní vlastnosti použitých materiálů. Zvýší se celkový součinitel prostupu tepla konstrukce v daném místě, což povede k ještě větší kondenzaci vodní páry. Může pak dojít k porušení hydroizolačního souvrství z důvodu objemových změn kondenzátu vlivem slunečního záření nebo ke vzniku plísní na vnitřní straně konstrukce z důvodu poklesu minimálních vnitřních povrchových teplot nebo zatékání zkondenzované vlhkosti ze střešního pláště.

Samozřejmě kombinací negativních vlivů je možné vymyslet více typů negativních příkladů.

## ZÁVĚR

Z příspěvku plynou následující doporučení pro navrhování střešních pláštů.

1. Použití tepelně technických výpočtů podle norem ČSN EN ISO 13788 a ČSN 730540-4 je pouze přibližné, nedává ucelenou představu o vlhkostním režimu ve střešním plášti, ale může dobře sloužit k porovnání jednotlivých variant použitých materiálů.
2. Při tepelně technických výpočtech je nezbytné zadat do výpočtu správné vnitřní i vnější okrajové podmínky a charakteristiky materiálů.
3. Při realizaci střešního pláště je nezbytné zajistit vysokou technologickou kázeň při pokládání a spojování jednotlivých pásů parozábran a jejich důkladnému napojení na prostupující prvky.

## LITERATURA

- [1] TRECHSEL, H.P. *Manual on Moisture Control in Buildings*, Series ASTM manual series, MNL 18. 1994
- [2] SVOBODA, Z. Výpočtové modelování infiltrace do obalových konstrukcí. *In Kongres Střechy 2003*. s. 29 - 37
- [3] HANZALOVÁ, L., ŠILAROVÁ, Š. *Ploché střechy*. Informační centrum ČKAIT, Praha 2005. 328 s. ISBN 80-86769-71-2
- [4] SLANINA, P., ŠILAROVÁ Š. Difúzní mosty. *Střechy, fasády, izolace*, 2006, roč. 13, č. 4 s.66,67
- [5] FICENEC, J. Tepelně vlhkostní režim povrchového souvrství kontaktně zateplovacího systému. *In Juniorstav 2006. 8. Odborná konference doktorského studia*, Brno, 2006. s.93 - 98. ISBN 80-214-3107-5
- [6] ČSN 730540-1-4 : 2005 *Tepelná ochrana budov – Část 1 až Část 4*.
- [7] 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*.