

Seminář portálu TZB-info na veletrhu For Arch 2011

Principy návrhu střech s opačným pořadím izolačních vrstev

Ing. Vladimír Vymětalík

MONTAKO s.r.o., vedoucí střediska technické podpory

Předpisy a normy

- **ČSN 73 1901** Navrhování střech – základní ustanovení
- **ČSN 73 0540** Tepelná ochrana budov
- **ČSN EN ISO 6946** Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda
- **ČSN EN ISO 10456** Stavební materiály a výrobky – Tepelně vlhkostní vlastnosti – Tabelované návrhové hodnoty a postupy pro stanovení deklarovaných a návrhových tepelných hodnot
- **ČSN 72 7221** Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Část 3: Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS)

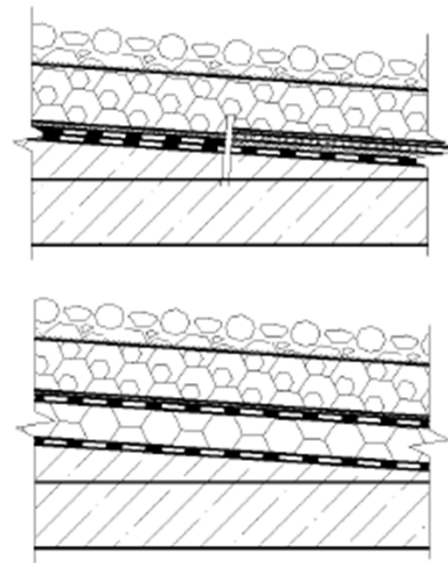
Obecné požadavky na střešní konstrukce

- mechanická odolnost
- požární bezpečnost
- hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí – vyloučení výskytu plísní, průsaku vody a vyloučení vlhnutí stavebních konstrukcí a následného zhoršení vnitřního prostředí vlhkostí
- ochrana prostředí proti hluku
- bezpečnost při užívání
- úspora energie a tepelná ochrana
- další požadavky investora – vzhled střechy, trvanlivost a spolehlivost

Definice jednoplášťové ploché střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

střecha s opačným pořadím izolačních vrstev, s vodotěsnicí vrstvou umístěnou pod vrstvou tepelněizolační. Tepelněizolační vrstva je přímo vystavena vlivu atmosferických srážek, změnám teplot atd.

- jednoplášťová střecha inverzní
- jednoplášťová střecha kombinovaná (DUO střecha)



Výhody inverzní skladby střechy

- předpoklad dobrých tepelně technických vlastností - při vhodné dimenzi souvrství vylučuje kondenzaci vodních par ve střešní konstrukci
- ochrana hydroizolační vrstvy
- provozní spolehlivost
- nižší přetížení skladby (rekonstrukce)

Tepelná izolace střech s opačným pořadím izolačních vrstev

- dlouhodobá nasákavost
- tepelná vodivost
- mrazuvzdornost
- dlouhodobá tepelná stabilita
- délková tepelná roztažnost
- faktor difuzního odporu

Návrh střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 91.060.20

Únor 2011

Navrhování střech – Základní ustanovení

ČSN 73 1901

8.23 Vlhkostní režim konstrukce

8.23.2 Příznivého vlhkostního režimu střech se z hlediska difúze a kondenzace vodní páry dosáhne volbou vhodného řazení vrstev s ohledem na směr difúzního toku skrz skladbu střechy, popřípadě vhodným nastavením poměrů mezi tepelným odporem tepelněizolačních vrstev pod a nad parotěsnicí vrstvou a pod a nad vodotěsnicí vrstvou.

8.23.4 U inverzních střech musí tepelněizolační vlastnosti vrstev pod vodotěsnicí vrstvou zajistit po dobu průsaku vody z tajícího sněhu nebo z deště skladbou střechy takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby nedocházelo k povrchové kondenzaci.

Návrh střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

8.27 Vzájemné ovlivňování materiálů v konstrukci střechy, korozní namáhání

8.27.6 Konstrukce střechy musí být navržena z takových materiálů, které odolají působení UV záření. Materiály neodolávající UV záření musí být zabudovány tak, aby na ně po celou dobu životnosti konstrukce nemohlo dopadat přímé ani odražené sluneční záření.

POZNÁMKA Ochranu proti UV záření je třeba řešit i v průběhu výstavby. Postup výstavby je třeba navrhnout tak, aby doba, po kterou bude materiál nezakryt, nepřesáhla maximální hodnotu uváděnou výrobcem.

9.1.7 Hlavní vodotěsnicí konstrukce

9.1.7.2 Doporučuje se, aby pro vodotěsnicí konstrukci (vrstvu) inverzní střechy byl použit materiál s prokázanou odolností proti prorůstání kořenů.

9.1.7.3 Umístění hlavní vodotěsnicí konstrukce pod další vrstvy nebo souvrství (vrstvy inverzní střechy, vrstvy střechy s provozem, stabilizační vrstva, pěstebné souvrství) přispívá k potlačení některých rizik mechanického poškození a některých korozních činitelů vnějšího prostředí.

POZNÁMKA Souvrství nad vodotěsnicí konstrukcí se doporučuje navrhovat demontovatelné, umožňující opravu, údržbu nebo výměnu vodotěsnicí konstrukce.



Návrh střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

9.5 Tepelněizolační vrstva (termoizolační vrstva)

9.5.10 Tepelněizolační vrstva inverzních střech musí být z materiálu odolného působení vody, u kterého výrobce deklaruje tepelněizolační vlastnosti při očekávaném namáhání vodou. Vhodné jsou materiály s nízkou nasákavostí.

9.18 Stabilizační a provozní vrstvy ve skladbách střech

9.18.6 Při návrhu střechy musí být zohledněn vliv souvrství nad tepelněizolační vrstvou inverzní střechy, především na únosnost a stlačení vrstev střechy a na šíření vlhkosti střešní skladbou.

9.18.7 Při návrhu pěstebného souvrství na inverzní skladbě střechy je třeba posoudit vliv kořenů plánované vegetace na trvanlivost a kvalitu tepelněizolační vrstvy.

9.18.8 Při návrhu skladby střechy je třeba posoudit difúzní vlastnosti vrstev nad tepelněizolační vrstvou.

POZNÁMKA Nevhodné je například použití plastové fólie na deskách tepelné izolace.



Návrh střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

- hydroizolace s odolností proti prorůstání kořenů
- vhodná tepelná izolace z extrudovaného polystyrenu
- tepelná izolace v jedné vrstvě
- eliminace vrstev nad XPS s vysokým difúzním odporem
- tepelný odpor střešního pláště pod hydroizolací - pozor na nosné konstrukce s nižší tepelnou setrvačností
- uvažování vlivu proudění srážkové vody mezi XPS a hydroizolací – součinitel prostupu tepla, součinitel tepelné vodivosti

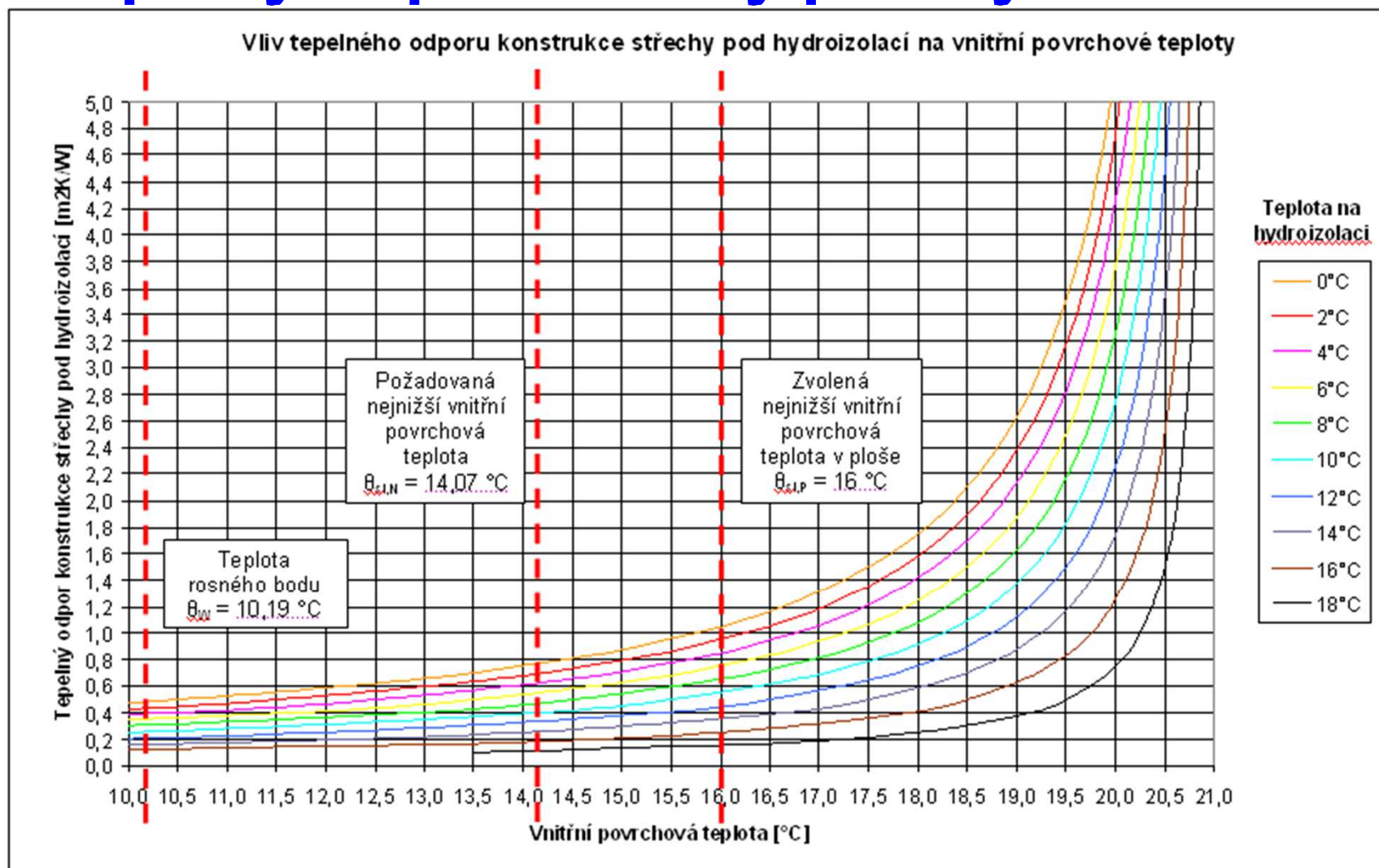
Návrh střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

- tepelný odpor střešního souvrství pod hydroizolací
- korekce součinitele prostupu tepla vlivem proudění srážkové vody mezi XPS a hydroizolací ΔU_r
- korekce součinitele tepelné vodivosti XPS vlivem vlhkosti $\Delta \lambda_r$

Tepelný odpor střechy pod hydroizolací

- pro eliminaci významného snížení vnitřních povrchových teplot je vhodné, aby tepelný odpor střešního souvrství pod hydroizolací byl **min. 0,75 m².K/W**
- v nejnepříznivějším případě je možno uvažovat s teplotou srážek 0 °C (pokles pod 0 °C v závislosti na stupni nasycení vody solemi lze pravděpodobně na většině míst zanedbat).

Tepelný odpor střechy pod hydroizolací



Korekce součinitele prostupu tepla vlivem proudění srážkové vody mezi XPS a hydroizolací ΔU_r

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 91.060.01; 91.120.10

Prosinec 2008

**Stavební prvky a stavební konstrukce –
Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla –
Výpočtová metoda**

**ČSN
EN ISO 6946**

73 0558

D.4 Korekční postup pro obrácené střechy

D.4.1 Všeobecně

Korekce uvedená pro obrácené střechy zohledňuje proudění dešťové vody mezi tepelnou izolací a hydroizolační vrstvou. Používá se pro vytápěné budovy, pro chlazené budovy se korekce nepoužívá.

Postup popsany v tomto článku je použitelný pouze pro tepelnou izolaci vyrobenou z extrudovaného polystyrenu (XPS).

Korekce součinitele prostupu tepla vlivem proudění srážkové vody mezi XPS a hydroizolací ΔU_r

D.4.2 Korekce zohledňující proudění vody mezi tepelnou izolací a hydroizolační vrstvou

Korekce vypočteného součinitele prostupu tepla výseku střechy ΔU_r , ve $W/(m^2 \cdot K)$, zohledňující mimořádné tepelné ztráty způsobené dešťovou vodou proudící spárami v tepelné izolaci a dosahující až k hydroizolační vrstvě, se stanoví ze vztahu

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (D.6)$$

kde p je průměrná intenzita srážek během otopné sezóny, založená na údajích příslušných pro dané místo, např. meteorologickou stanicí, nebo daná místními, oblastními nebo národními předpisy, nebo jinými národními dokumenty nebo normami, v mm/den;

f odtokový činitel, udávající podíl p , který dosahuje k hydroizolační vrstvě;

x činitel zvýšení tepelné ztráty způsobené prouděním dešťové vody po hydroizolační vrstvě, ve $(W \cdot \text{den})/(m^2 \cdot K \cdot \text{mm})$;

R_1 tepelný odpor tepelně izolační vrstvy nad hydroizolační vrstvou, v $m^2 \cdot K/W$;

R_T odpor při prostupu tepla konstrukce před uplatněním korekce, v $m^2 \cdot K/W$.

Hodnoty p se mohou předepsat na národních úrovních.

Korekce součinitele prostupu tepla vlivem proudění srážkové vody mezi XPS a hydroizolací ΔU_r

Pro jednovrstvou tepelnou izolaci nad hydroizolační vrstvou, s tupými spárami a otevřenou ochrannou vrstvou jako je kamenivo, je $(f \cdot x) = 0,04$.

POZNÁMKA Jednovrstvá tepelná izolace s tupými spárami a otevřenou ochrannou vrstvou se považuje za uspořádání s nejvyšší hodnotou ΔU_r ^{NP7)}

NÁRODNÍ POZNÁMKA V poznámce opravena tisková chyba z originálu, kde zřejmým nedopatřením u veličiny ΔU chybí index „r“, neboť tato poznámka je přes předchozí odstavec jednoznačně svázána se vztahem (D.6), tedy s veličinou ΔU_r .

Nižší hodnoty $(f \cdot x)$ se mohou uplatnit pro střešní konstrukce, přes jejichž tepelnou izolaci méně prosakuje. Příklady jsou rozmanitá uspořádání spár (jako jsou přeplátované spáry, na pero a drážku), nebo různé druhy skládaných střeš. V těchto případech, jsou-li účinky opatření doloženy nezávislými posudky, se mohou pro $(f \cdot x)$ použít hodnoty menší než 0,04.



bez požadavků na těsnost styčných spár



s vyššími požadavky na těsnost styčných spár



s vysokými požadavky na těsnost styčných spár

Korekce součinitele prostupu tepla vlivem proudění srážkové vody mezi XPS a hydroizolací ΔU_r

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 91.120.10

Listopad 2005

**Tepelná ochrana budov –
Část 3: Návrhové hodnoty veličin**

ČSN 73 0540-3

7.13 Průměrná intenzita srážek za otopné období

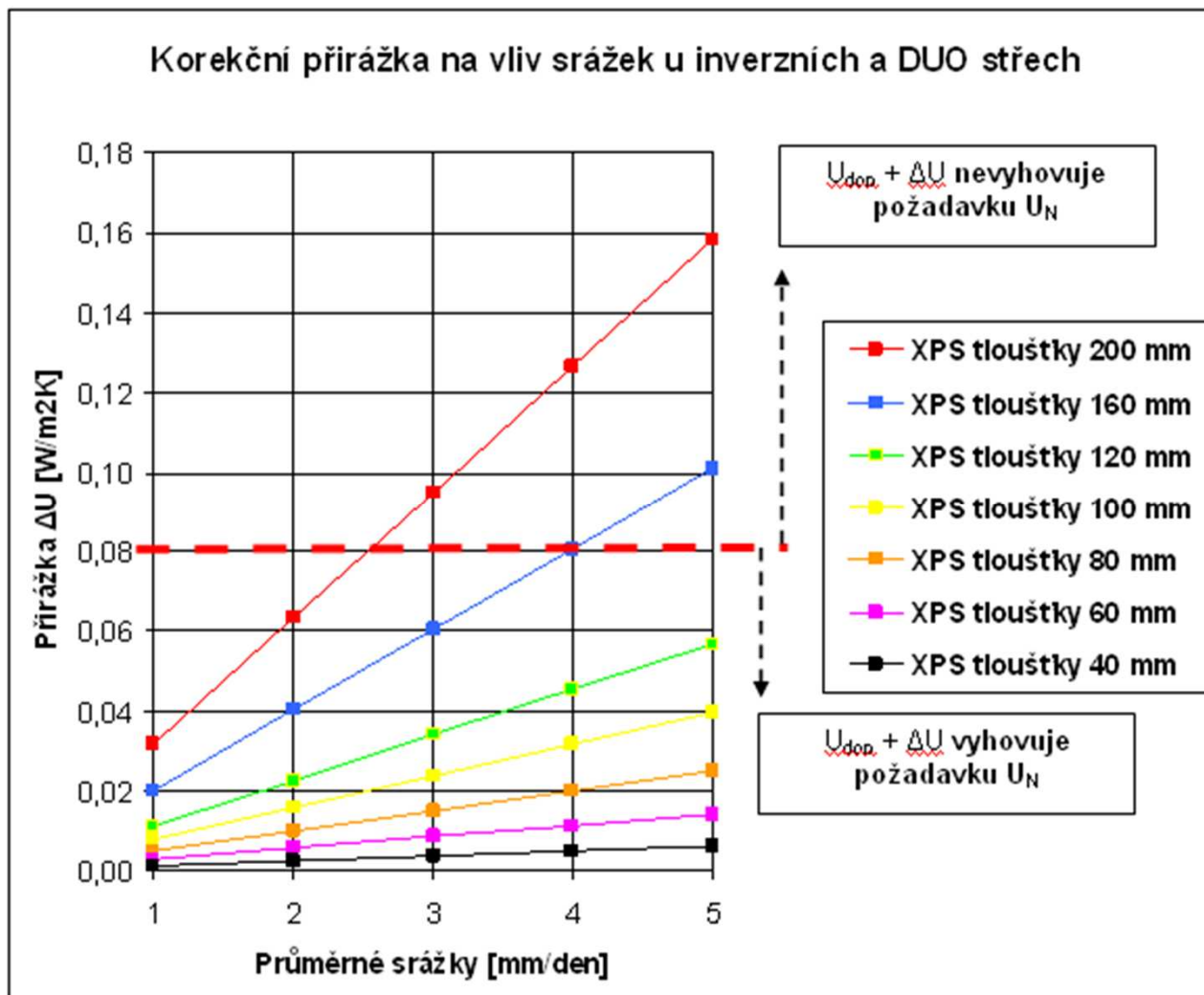
7.13.1 Návrhová průměrná intenzita srážek za otopné období pro potřeby stanovení korekce proudění vody mezi tepelnou izolací a hydroizolací obrácené střechy podle ČSN EN ISO 6946, p_u , v mm/den, je stanovena orientačním rozmezím hodnot

$$p_u = 1,2 \text{ mm/den} \div 4,0 \text{ mm/den},$$

není-li k dispozici přesnější údaj, např. z pozorování místní meteorologické stanice.

POZNÁMKA Větší intenzita srážek je obvykle v místech s vyšší nadmořskou výškou.

Korekční přírážka součinitele prostupu tepla ΔU_r



Korekce součinitele tepelné vodivosti XPS vlivem vlhkosti $\Delta\lambda_r$

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 91.120.10

Leden 2004



Stavební prvky a stavební konstrukce –
Tepelný odpor a součinitel prostupu
tepla – Výpočtová metoda

ČSN
EN ISO 6946
ZMĚNA A1

73 0558

D.4.4 Korekce součinitele tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace z XPS musí být opraven zohledněním možného zvýšení obsahu vlhkosti způsobeného difúzí vodní páry. To musí být provedeno v souladu s EN ISO 10456.

Korekce součinitele tepelné vodivosti XPS vlivem vlhkosti $\Delta\lambda_r$

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 91.120.10; 91.100.01

Únor 2009

**Stavební materiály a výrobky – Tepelně vlhkostní
vlastnosti – Tabelované návrhové hodnoty
a postupy pro stanovení deklarovaných
a návrhových tepelných hodnot**

**ČSN
EN ISO 10456**

73 0574

7 Přepočet tepelných hodnot

7.1 Všeobecně

Přepočty tepelných hodnot z jednoho souboru podmínek (λ_1, R_1) na jiný soubor podmínek (λ_2, R_2) se provádějí podle následujících rovnic:

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T F_m F_a \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{F_T F_m F_a} \quad (2)$$

Korekce součinitele tepelné vodivosti XPS vlivem vlhkosti $\Delta\lambda_r$

7.3 Přepočet na vlhkost

Převodní vlhkostní faktor F_m se stanoví takto:

a) přepočet na hmotnostní obsah vlhkosti:

$$F_m = e^{f_u(u_2 - u_1)} \quad (4)$$

kde f_u je převodní součinitel pro hmotnostní vlhkost;

u_1 hmotnostní vlhkost v prvním souboru podmínek;

u_2 hmotnostní vlhkost v druhém souboru podmínek.

b) přepočet na objemový obsah vlhkosti:

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)} \quad (5)$$

kde f_ψ je převodní součinitel pro objemovou vlhkost;

ψ_1 objemová vlhkost v prvním souboru podmínek;

ψ_2 objemová vlhkost v druhém souboru podmínek.

Hodnoty převodního vlhkostního součinitele vlhkosti pro izolační a zdicí materiály jsou uvedeny v tabulce 4.

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 91.100.60

Září 2006

**Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví –
Průmyslově vyráběné výrobky z extrudované
polystyrenové pěny (XPS) – Specifikace**

**ČSN
EN 13164
OPRAVA 1
72 7203**

Tabulka 6 – Stupně nasákavosti při dlouhodobém úplném ponoření

Úroveň	Požadavek objem %
WL (T)3	≤ 3
WL (T)1,5	≤ 1,5
WL (T)0,7	≤ 0,7

Tabulka 7 – Stupně dlouhodobé navlhavosti při difúzi

Úroveň	Požadavek ^a objem %		
	$d_N = 50 \text{ mm}$	$d_N = 100 \text{ mm}$	$d_N = 200 \text{ mm}$
WD (V)5	≤ 5	≤ 3	≤ 1,5
WD (V)3	≤ 3	≤ 1,5	≤ 0,5

^a Mezilehlé hodnoty tloušťky lze získat interpolací.

Ukázka chování konkrétní střechy s opačným pořadím izolačních vrstev

- teploty působící na hydroizolaci a vrstvy nad hydroizolací
- vliv srážek na vnitřní povrchové teploty – déšť, tání sněhu a kombinace obou jevů

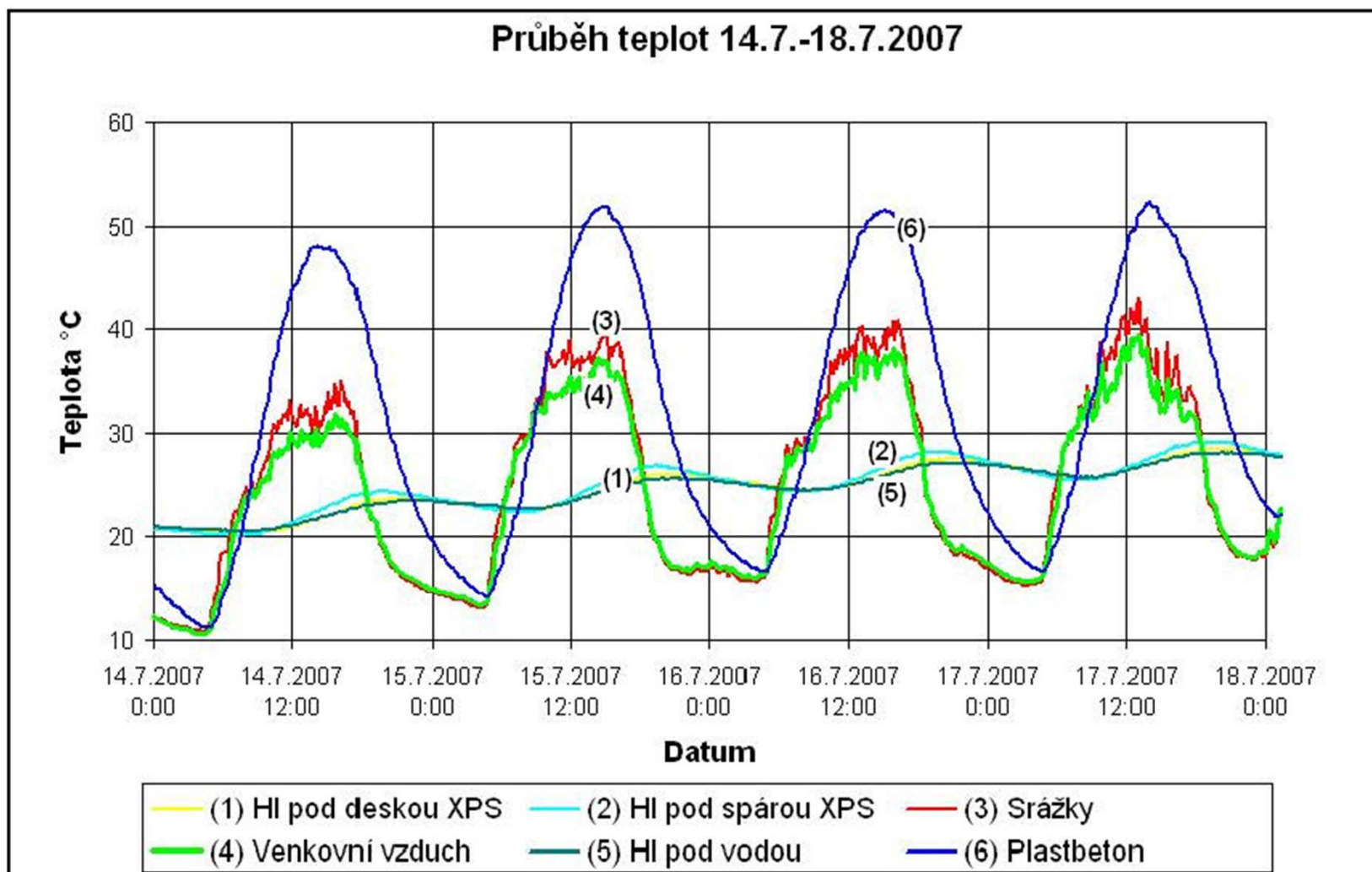
Skladba střechy

Skladba (od interiéru)	Funkce vrstvy	Tloušťka vrstvy
Podhled	-	-
Vzduchová vrstva (není vzduchotěsně oddělena od interiéru)	-	1200 - 1500 mm
Trapézové plechy, vlny vyplněny betonem	Nosná	-
Cementový potěr	Vyrovnávací	30 mm
Expandovaný pěnový polystyren – POLSID	Tepelněizolační	100 mm
Betonová mazanina	Podkladní	40 mm
Souvrství asfaltových oxidovaných pásů	Hydroizolační	15 mm
Asfaltový modifikovaný pás	Hydroizolační	5 mm
Extrudovaný polystyren s povrchovou vrstvou z plastbetonu	Tepelněizolační, ochranná	100+10 mm

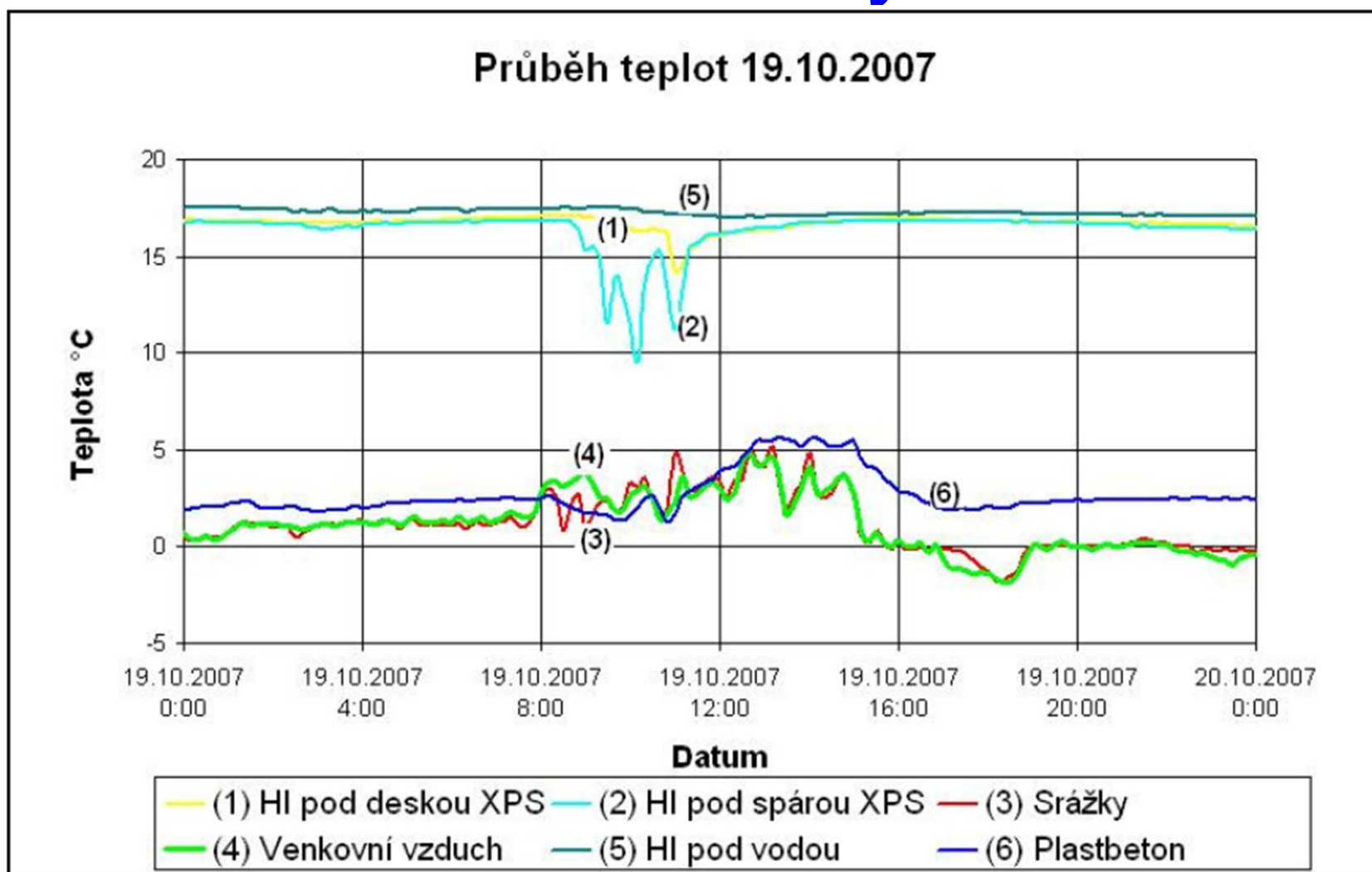
Umístění teplotních sond

- teplota venkovního vzduchu (sonda zakryta nádobou bez dna opatřenou hliníkovou páskou s nízkou emisivitou),
- teplota srážek (sonda vložena do plastového trychtýře s přepadem vody),
- teplota ve vrstvě plastbetonu,
- teplota na hydroizolaci pod spárou desek XPS,
- teplota na hydroizolaci pod plochou desky XPS,
- teplota na hydroizolaci pod deskou XPS u vtoku
- vnitřní povrchová teplota na horní vlně trapézového plechu ve vertikální ose k teplotní sondě umístěné na hydroizolaci pod spárou desek XPS,
- vnitřní povrchová teplota na horní vlně trapézového plechu ve vertikální ose k teplotní sondě umístěné na hydroizolaci pod plochou desky XPS,
- vnitřní povrchová teplota na horní vlně trapézového plechu ve vertikální ose k teplotní sondě umístěné na hydroizolaci pod deskou XPS u vtoku,
- teplota vzduchu v podhledové části (sonda umístěna cca 500 mm pod spodní líc trapézového plechu) – teplota vnitřního vzduchu.

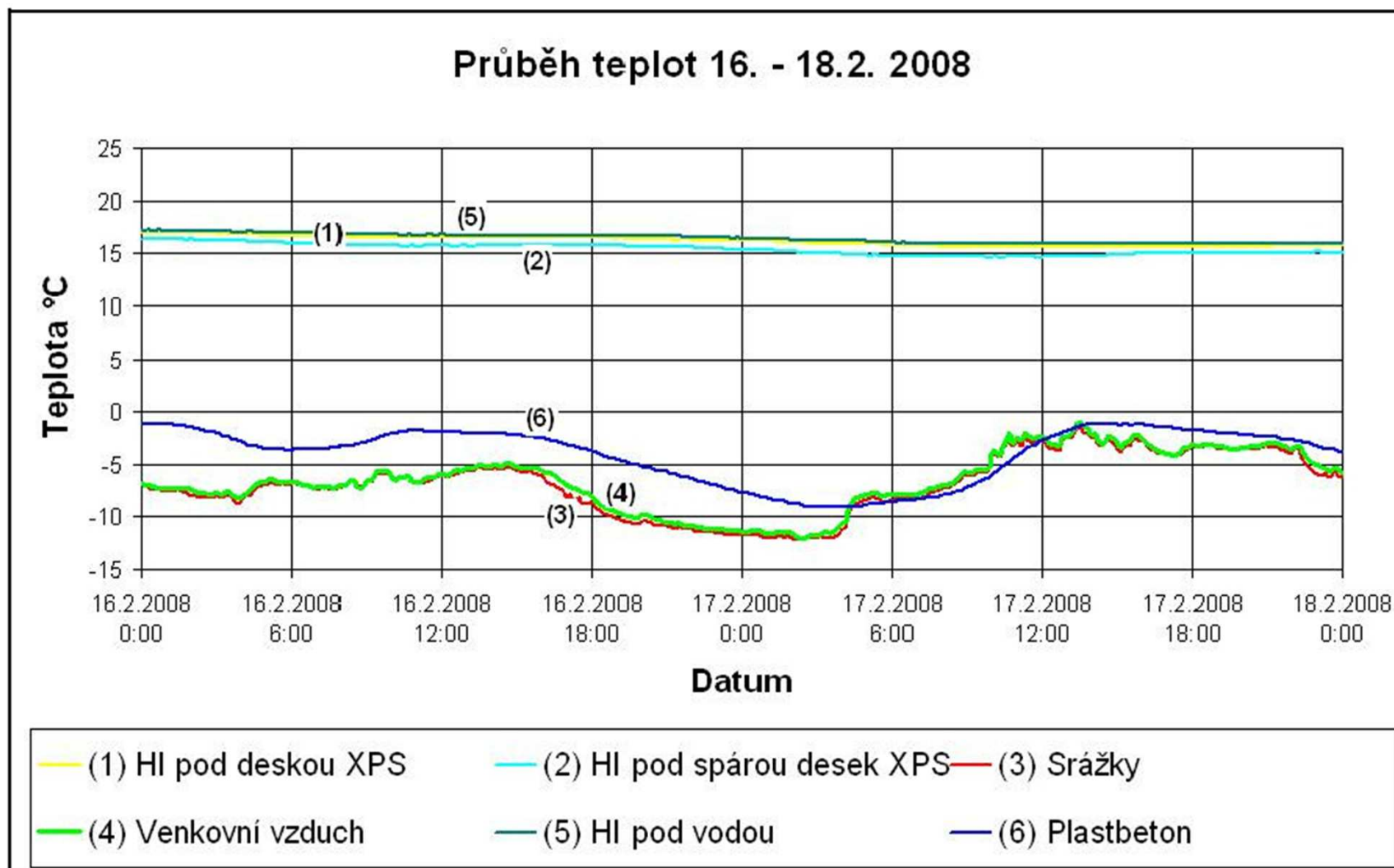
Léto – působení slunečního záření



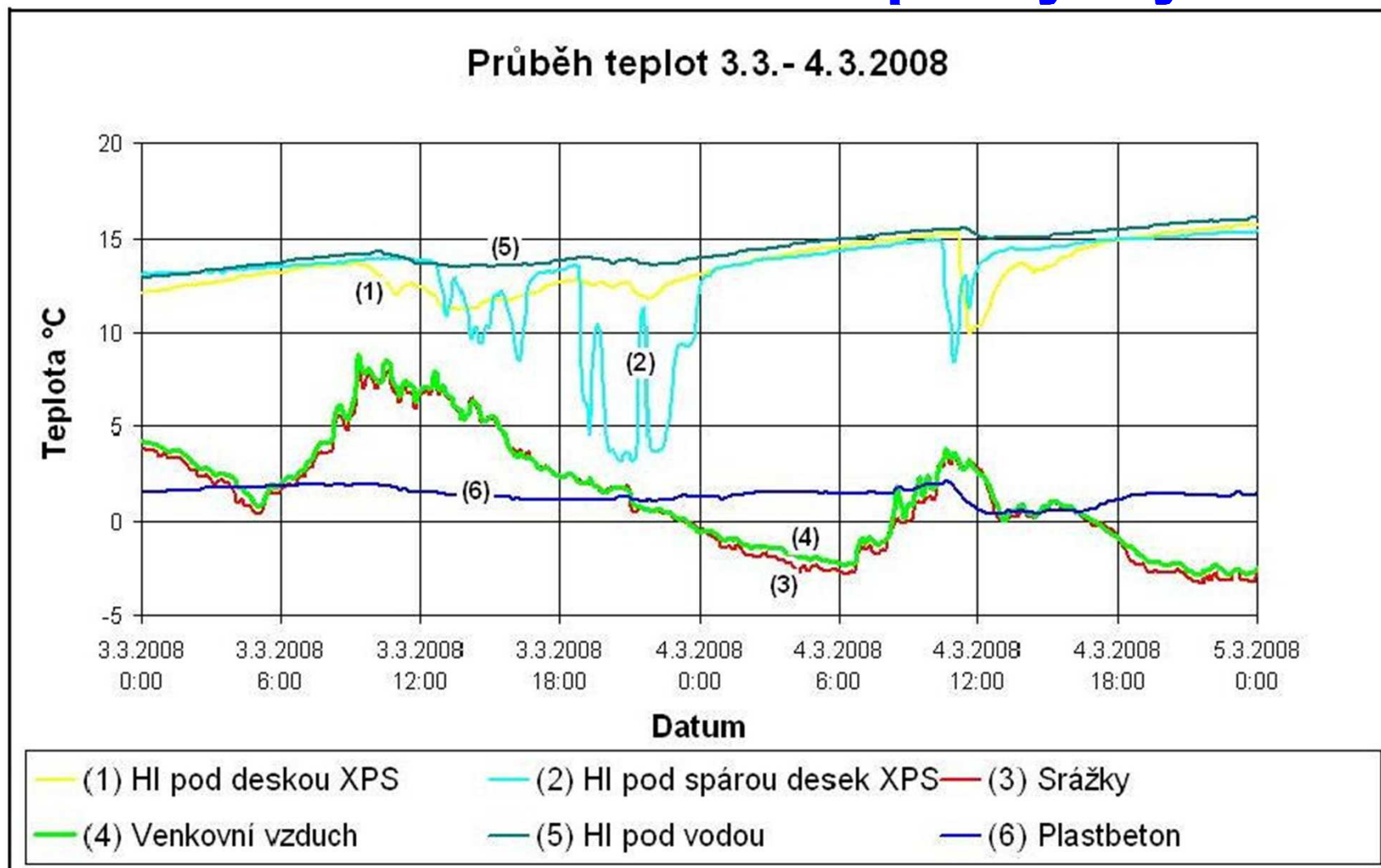
Podzim – vliv dešťových srážek



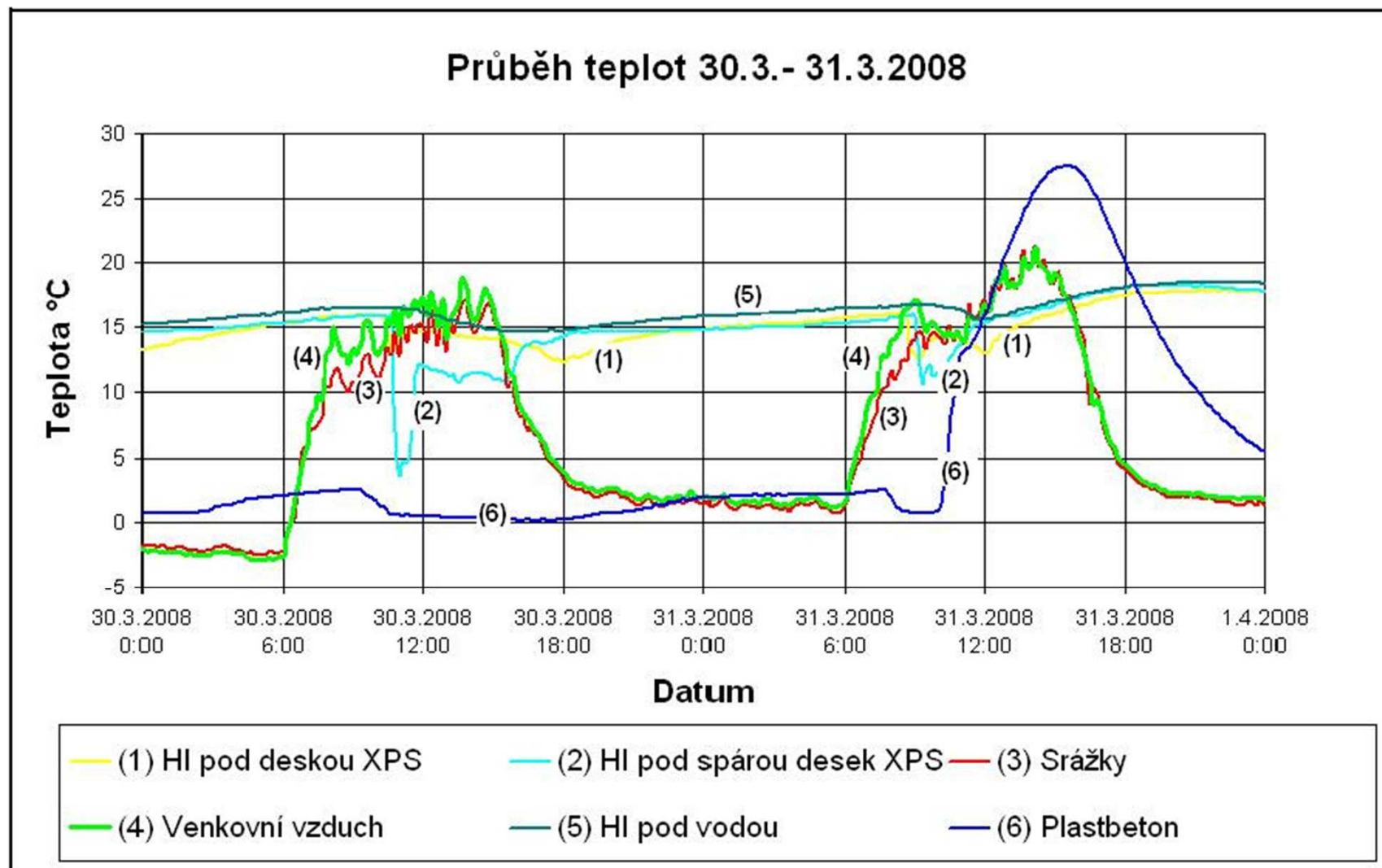
Zima – vrstva sněhu na střeše



Jaro – tání sněhové pokrývky



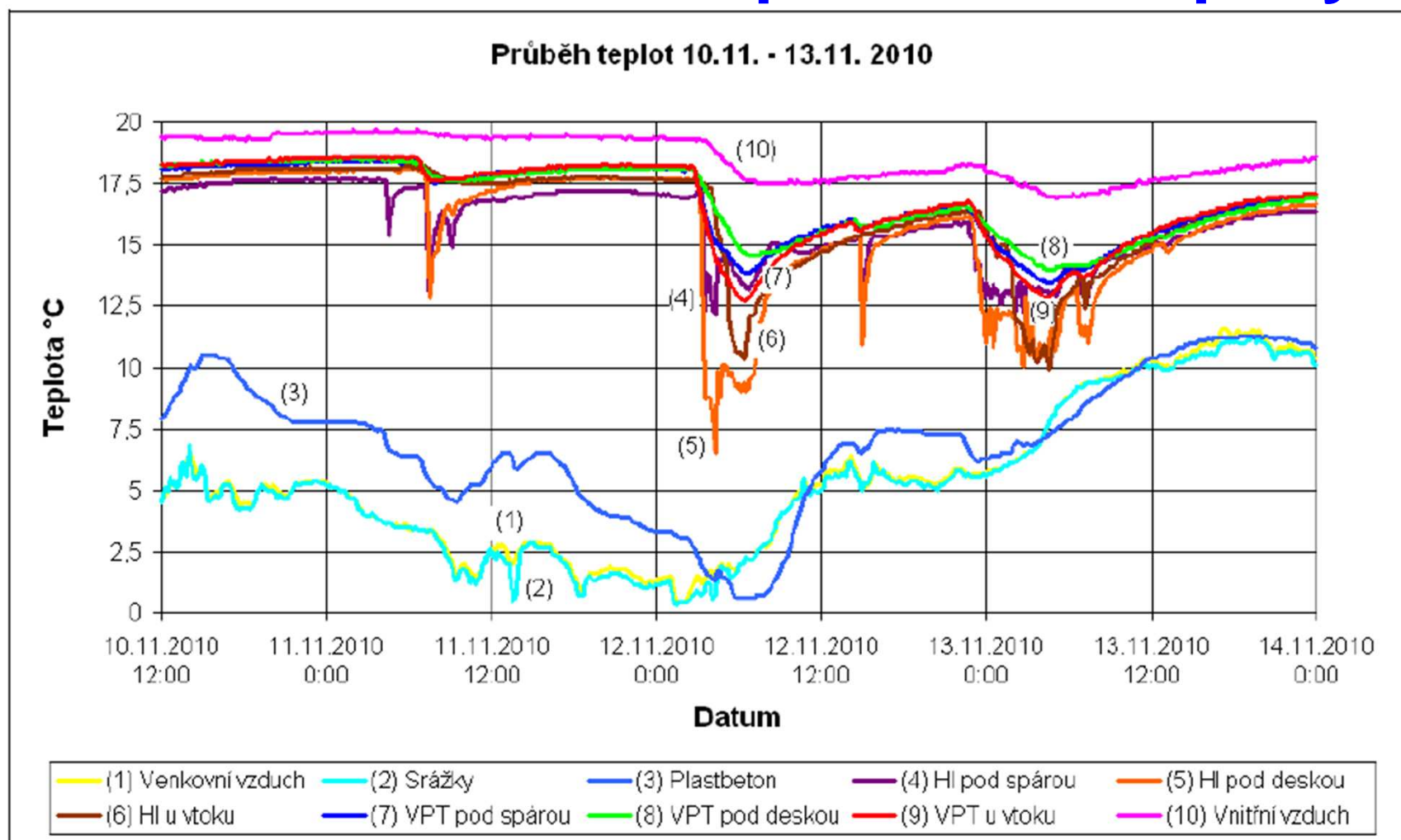
Jaro – kombinace deště a tání sněhu



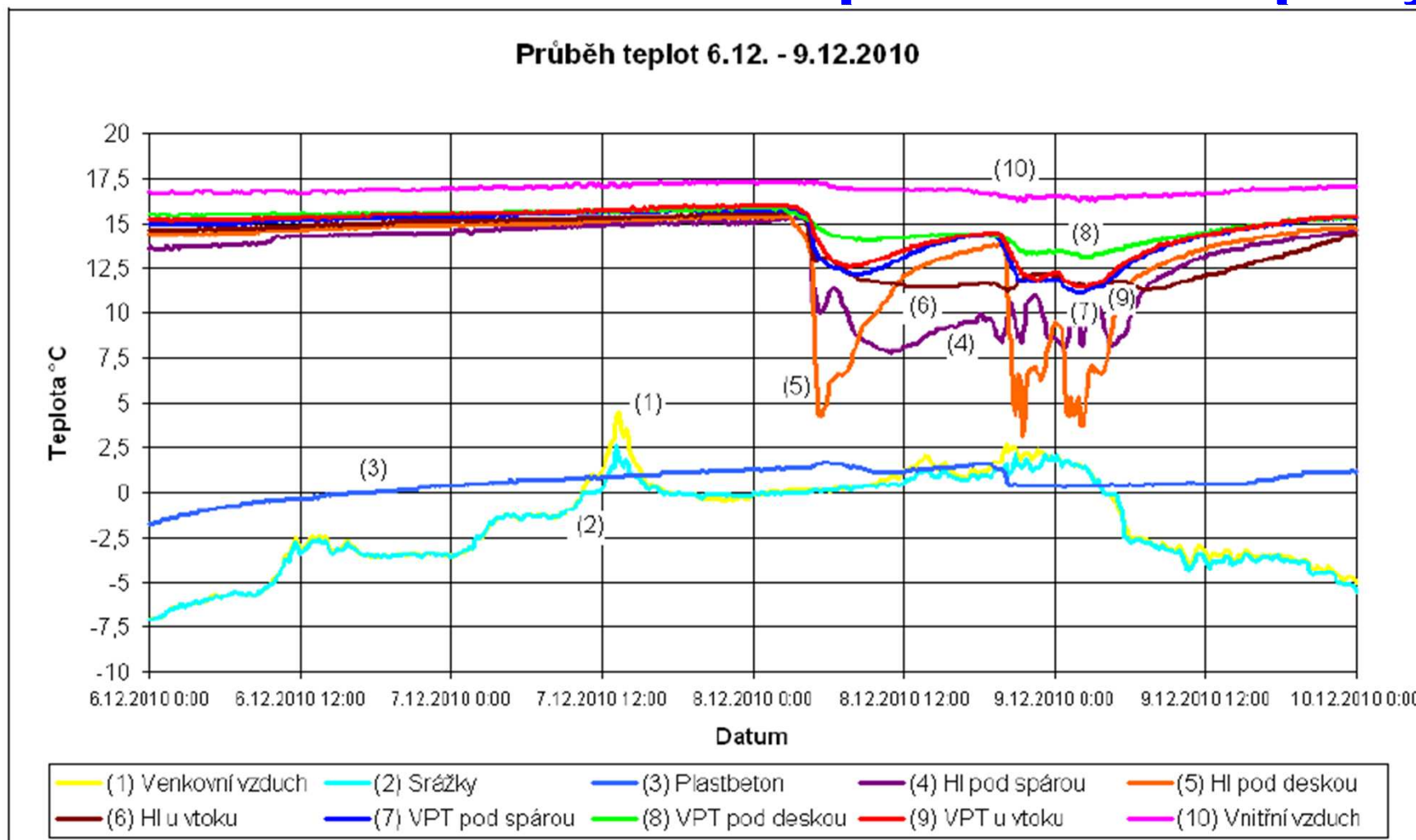
Rozptyl teplot ve skladbě na hydroizolaci

Umístění teplotní sondy	Nejnižší teplota °C	Nejvyšší teplota °C	Rozdíl teplot °C	Průměrná teplota °C
Hydroizolace pod spárou desek XPS	4,1	29,1	25,0	18,9
Hydroizolace pod deskou XPS mimo spáru	9,1	29,1	20,0	19,2
Hydroizolace pod deskou XPS ve vodě	9,3	28,1	18,8	19,7
Venkovní vzduch	-13,3	39,3	52,6	8,1
Plastbeton	-9,1	52,4	61,5	11,9

Vliv deště na vnitřní povrchové teploty



Vliv tání sněhu na vnitřní povrchové teploty



Děkuji za pozornost



Vedoucí střediska technické podpory

Ing. Vladimír Vymětalík

gsm: +420 773 630 792

tel.: +420 315 746 135

fax: +420 315 721 807

e-mail: vymetalik@montako.com