

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Bakalářská práce



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pospíchal Jméno: Tomáš Osobní číslo: 424320  
Zadávací katedra: K124 -- Katedra konstrukcí pozemních staveb  
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství  
Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Tepelně vlhkostní analýza skladeb a detailů systému Elegohouse  
Název bakalářské práce anglicky: Hygrothermal analysis of the Elegohouse system details and constructions  
Pokyny pro vypracování:  
Provedení detailních 1D a 2D tepelně vlhkostních analýz skladeb a detailů doporučených výrobcem, návrh úprav a jejich posouzení, výkresová dokumentace k detailům, zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)



Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího doc. Dr. Ing. Zbyňka Svobody.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

podpis



Děkuji panu doc. Dr. Ing. Zbyňku Svobodovi za odborné vedení, rady týkající se zpracování bakalářské práce a vstřícnost při konzultacích.





# Tepelně vlhkostní analýza skladeb a detailů systému Elegohouse

Hygrothermal analysis of the Elegohouse  
system details and constructions



## **Anotace:**

Bakalářská práce je zaměřena na posouzení typových skladeb a detailů systému Elegohouse, který využívá ve stropních konstrukcích tepelně izolační tvárnice z EPS. Součástí posouzení je i návrh opatření pro nevyhovující skladby a detaily tak, aby splňovaly požadavky na tepelnou ochranu budov dle ČSN 73 0540-2. Posouzení se týká základových, stropních konstrukcí v běžném podlaží a také střešních konstrukcí. Cílem práce je také návrh nových detailů střešní konstrukce a následné zhodnocení.

**Klíčová slova:** EPS, Elegohouse, stavební detail, tepelně vlhkostní analýza, tepelná ochrana budov.

## **Abstract:**

The bachelor thesis is focused on the assessment of typical constructions and details of the Elegohouse system which uses thermal insulating blocks made of EPS in the ceiling constructions. Part of the assessment is also the design of adjustment for unsatisfactory structures and details to meet the requirements for thermal protection of buildings according to ČSN 73 0540-2. The assessment concerns foundation structures, ceiling structures and also roof structures. The goal of the thesis is also the design of new details of the roof structure and subsequent evaluation.

**Keywords:** EPS, Elegohouse, construction detail, hygrothermal analysis, thermal protection of buildings.



## Obsah:

<b>1 Úvod</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Základní pojmy a výpočetní metody</b> .....	<b>5</b>
2.1 Fourierův zákon.....	5
2.2 1. Fickův zákon.....	5
2.3 Součinitel tepelné vodivosti.....	5
2.4 Tepelný odpor .....	6
2.5 Součinitel prostupu tepla.....	6
2.6 Difuzní odpor a faktor difuzního odporu .....	6
2.7 Teplotní faktor vnitřního povrchu.....	7
2.8 Teplota vzduchu v mezeře pod zvýšenou podlahou.....	8
<b>3 Popis vstupních údajů</b> .....	<b>9</b>
3.1 Návrhové teploty a vlhkosti pro danou lokalitu.....	9
3.2 Tepelné odpory při přestupu tepla .....	10
<b>4 Požadavky</b> .....	<b>11</b>
4.1 Součinitel prostupu tepla .....	11
4.2 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce .....	11
4.3 Kondenzace vodních par .....	12
<b>5 Ověření posouzení nosné konstrukce s EPS vložkami</b> .....	<b>13</b>
5.1 Tepelně technické vlastnosti z technického listu výrobce:.....	14
5.2 Vypočtené tepelně technické vlastnosti:.....	14
5.3 Úprava skladby.....	16
<b>6 Posouzení typových detailů Elegohouse</b> .....	<b>19</b>
6.1 Původní detail Elegohouse (A).....	19
6.1.1 Posouzení skladeb:.....	21
6.1.2 Optimalizace detailu Elegohouse (A).....	22
6.2 Původní detail Elegohouse (B).....	24
6.2.1 Posouzení skladeb:.....	25
6.2.2 Optimalizace detailu Elegohouse (B).....	25
6.3 Původní detail Elegohouse (C, C') .....	27
6.3.1 Posouzení skladeb:.....	30
6.3.2 Posouzení původního detailu C, C':.....	32



6.3.2.1	Detail s tvarovkami S180–20.....	32
6.3.2.2	Detail s tvarovkami S240–20.....	35
6.3.2.3	Detail s tvarovkami S400–20.....	38
6.4	Optimalizace detailu Elegohouse (C, C').....	41
6.4.1	Skladby .....	44
6.5	Původní detail Elegohouse (D, D') .....	49
6.5.1	Skladby .....	49
6.5.2	Detail s tvarovkami S180–20 .....	50
6.5.3	Detail s tvarovkami S240–20 .....	53
6.5.4	Detail s tvarovkami S400–20 .....	56
6.6	Optimalizace detailu Elegohouse (D, D').....	59
6.7	Původní detail Elegohouse (E, E') .....	60
6.7.1	Základová konstrukce s EPS tvarovkami S180–20 .....	61
6.7.2	Základová konstrukce s EPS tvarovkami S240–20 .....	64
6.7.3	Základová konstrukce s EPS tvarovkami S400–20 .....	67
6.8	Optimalizace detailu Elegohouse (E, E').....	71
6.9	Založení na XPS.....	72
<b>7</b>	<b>Návrh skladeb a detailů střešní konstrukce.....</b>	<b>74</b>
7.1	Posouzení stropní konstrukce bez dodatečného zateplení .....	74
7.1.1	Výsledky posouzení pro stropní konstrukci tl. 240 mm .....	74
7.1.2	Výsledky posouzení pro stropní konstrukci tl. 280 mm .....	75
7.1.3	Výsledky posouzení pro stropní konstrukci tl. 330 mm .....	75
7.2	Návrh nových skladeb a detailů.....	76
7.2.1	Skladba č. 1 s klasickým pořadím vrstev .....	76
7.2.2	Skladba č. 2 s klasickým pořadím vrstev .....	79
7.2.3	Skladba č. 3 – duo střecha .....	82
7.2.4	Skladba č. 4 s obráceným pořadím vrstev.....	85
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>89</b>
	<b>Bibliografie.....</b>	<b>90</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>91</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>93</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>96</b>

**Seznam použitých symbolů**

$q$	$[\text{W m}^{-2}]$	hustota tepelného toku
$q_{cd}$	$[\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}]$	hustota difuzního toku
$c$	$[\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}]$	měrná tepelná kapacita
$\lambda$	$[\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti
$R$	$[\text{m}^2 \text{K W}^{-1}]$	tepelný odpor
$U$	$[\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
$H$	$[\text{W K}^{-1}]$	měrný tepelný tok
$Q$	$[\text{W}]$	tepelný tok
$E$	$[\text{J}]$	energie
$\mu$	$[-]$	faktor difúzního odporu
$p$	$[\text{Pa}]$	částečný tlak vodní páry
$p_{sat}$	$[\text{Pa}]$	částečný tlak nasycené vodní páry
$v$	$[\text{kg m}^{-3}]$	koncentrace vodní páry
$v_{sat}$	$[\text{kg m}^{-3}]$	koncentrace nasycené vodní páry
$\varphi$	$[-]$	relativní vlhkost
$G$	$[\text{kg s}^{-1}]$	vlhkostní tok
$M$	$[\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}]$	vlhkostní tok konstrukcí
$\rho$	$[\text{kg m}^{-3}]$	objemová hmotnost materiálu
$t$	$[\text{s}]$	čas
$T$	$[\text{K}]$	teplota
$\Theta$	$[\text{°C}]$	teplota
$f_{Rsi}$	$[-]$	teplotní faktor vnitřního povrchu
$\xi_{Rsi}$	$[-]$	poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu
$d$	$[\text{m}]$	mocnost
$A$	$[\text{m}^2]$	plocha
$V$	$[\text{m}^3]$	objem
$V_a$	$[\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$	objemový tok přiváděného vzduchu
$n$	$[\text{h}^{-1}]$	intenzita výměny vzduchu
$b$	$[-]$	činitel teplotní redukce



## 1 Úvod

---

Práce se zabývá provedením tepelně vlhkostní analýzy skladeb a detailů systému Elegohouse, který, jako jeden z mála systémů pro hrubé stavby, nahrazuje stropní vložky z běžně používaných materiálů, jako např. keramika, beton, pórobeton, tepelně izolačním EPS. Cílem práce je posouzení typových detailů a skladeb a zhodnocení zda vyhovují požadavkům na tepelnou ochranu budov dle ČSN 73 0540-2. Pro detaily, které tyto požadavky nesplní, budou navržena opatření a následně jsou opět posouzeny. Dalším cílem práce je navrhnout skladby a detaily střešní konstrukce. Výsledkem bude zhodnocení systému jako celku a zjištění pro které stropní konstrukce je vhodný a pro které nikoli.



## 2 Základní pojmy a výpočetní metody

---

### 2.1 Fourierův zákon

Fourierův zákon popisuje vektor hustoty tepelného toku, ten je úměrný gradientu teploty tj. teplotnímu spádu. Záporné znaménko značí opačný směr, gradient teploty směřuje naproti tepelnému toku.

$$q = -\lambda * \text{grad}(\Theta) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (1)$$

### 2.2 1. Fickův zákon

1. Fickův zákon popisuje vektor hustoty difuzního toku, ten je úměrný gradientu parciálního tlaku vodní páry. Záporné znaménko značí opačný směr, gradient částečných tlaků vodní páry směřuje naproti vlhkostnímu toku.

$$q_{cd} = J = -\delta * \text{grad}(p) \text{ [kg/m}^2\text{s]} \quad (2)$$

Kde  $\delta$  [s] je součinitel difuzní vodivosti materiálu.

### 2.3 Součinitel tepelné vodivosti

Vyjadřuje schopnost látek vést teplo. Značí se  $\lambda$  [W/mK]. Součinitel tepelné vodivosti není nikdy konstantní. Je závislý na homogenitě materiálu, objemové hmotnosti, teplotě a vlhkosti ad. Zejména vlhkost dokáže zásadním způsobem ovlivnit tepelně izolační vlastnosti materiálů. Např. expandovaný polystyren má běžně  $\lambda = 0,040$  W/mK, zatímco voda má  $\lambda = 0,560$  W/mK. Při nasycení vodou se tedy zvýší tepelná vodivost cca 14x. Proto je potřeba zajistit, aby v konstrukci nedocházelo ke kondenzaci a tepelně izolační materiál byl schopen plnit svoji funkci.



## 2.4 Tepelný odpor

Vyjadřuje plochu 1 m<sup>2</sup> vrstvy konstrukce a rozdíl teplot 1 K na površích této vrstvy, kdy dojde k přenosu jednotkového množství energie za jednotku času. Značí se R [m<sup>2</sup> K/W].

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad (3)$$

## 2.5 Součinitel prostupu tepla

Vyjadřuje jednotkové množství energie, které za jednotku času projde 1 m<sup>2</sup> konstrukce při rozdílu teplot povrchů 1 K. Značí se U [W/m<sup>2</sup> K]. Při výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukcí je nutno zohlednit součet tepelných odporů jednotlivých vrstev  $\Sigma R_i$  a také odpory při přestupu tepla z vnitřního prostředí a do vnějšího prostředí.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \Sigma R_i + R_{se}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (4)$$

## 2.6 Difuzní odpor a faktor difuzního odporu

Značí se Z<sub>p</sub> [m/s] a vypovídá o schopnosti materiálu propouštět vodní páru.

$$Z_p = \frac{d}{\delta} = \mu * d * N \text{ [m/s]} \quad (5)$$

Kde N [s<sup>-1</sup>] je teplotní difuzní funkce. Obvykle N = 5,312 \* 10<sup>9</sup> s<sup>-1</sup>.

Faktor difuzního odporu  $\mu$  [-] je veličina, která popisuje jak je daný materiál schopný propustit vodní páru difuzí. Vypočítá se:

$$\mu = \frac{\delta_a}{\delta} \text{ [-]} \quad (6)$$





Kde  $\delta_a$  [s] je součinitel difuzní vodivosti ve vzduchu a  $\delta$  [s] je součinitel difuzní vodivosti materiálu. Faktor difuzního odporu nám tedy říká, kolikrát je vzduch schopen propustit vodní páru difuzí než daný materiál. Pokud sloučíme 1. Fickův zákon (2) se vzorcem na výpočet difuzního odporu (5), tak lze také vyjádřit faktor difuzního odporu ve tvaru:

$$\mu = - \frac{\delta_a}{q_{cd}} * \text{grad}(p) [-] \quad (7)$$

Tento vzorec je dále použit pro výpočet faktoru difuzního odporu u stropních konstrukcí, kde se vychází ze znalosti hustoty difuzního toku, který je zjištěn pomocí softwaru Area 2015.

## 2.7 Teplotní faktor vnitřního povrchu

Nejnižší hodnota vnitřní povrchové teploty slouží k vyhodnocení, zda jsou vnitřní konstrukce ohroženy vlivem kondenzace. Teplota v místnosti je schopna pojmout koncentraci vodní páry obsaženou ve vnitřním vzduchu, ale pokud teplota na vnitřních površích dosahuje výrazně nižších hodnot, může dojít až plnému nasycení vodní parou při daném povrchu konstrukce a nastává kondenzace. K samotné kondenzaci ale ani nemusí dojít, konstrukce ohrožují i relativní vlhkosti vzduchu, které nedosahují  $\varphi = 100\%$ . Už při  $\varphi = 80\%$  hrozí vážné riziko vzniku plísní, které působí negativně na člověka i samotnou konstrukci. Pro snazší popis daného problému slouží poměrná veličina  $f_{Rsi}$  [-] tj. teplotní faktor vnitřního povrchu, který se vypočte dle ČSN 73 0540-2:

$$f_{Rsi} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_e}{\Theta_{ai} - \Theta_e} = 1 - \xi_{Rsi} [-] \quad (8)$$

Kde  $\Theta_{si}$  [°C] je teplota vnitřního povrchu,  $\Theta_e$  [°C] je teplota vnějšího vzduchu a  $\Theta_{ai}$  [°C] je teplota vnitřního vzduchu.



## 2.8 Teplota vzduchu v mezeře pod zvýšenou podlahou

Pro výpočet teploty ve vzduchové mezeře budeme potřebovat bilanci tepelných zisků a ztrát, proto využijeme princip výpočtu dle ČSN EN ISO 13370, která popisuje výpočet potřeby tepla na vytápění.

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} * Q_{H,gn} \text{ [MJ, kWh]} \quad (9)$$

Kde  $Q_{H,nd}$  [MJ, kWh] je potřeba tepla na vytápění,  $Q_{H,ht}$  [MJ, kWh] je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty,  $\eta_{H,gn}$  [-] je faktor využitelnosti tepelných zisků a  $Q_{H,gn}$  [MJ, kWh] je celkový tepelný zisk. Ve vzduchové mezeře nemáme vnitřní tepelné zisky ani solární tepelné zisky, proto  $Q_{H,gn} = 0$  MJ. Pro výpočet se tedy uvažuje jen potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty  $Q_{H,ht}$  [MJ, kWh].

$$Q_{H,nd} = (H_T + H_V) * (\Theta_i - \Theta_e) * t \text{ [MJ, kWh]} \quad (10)$$

Kde  $H_T$  [W/K] je měrný tepelný tok postupem,  $H_V$  [W/K] je měrný tepelný tok větráním,  $\Theta_i$  [°C] je stanovená vnitřní teplota za daný časový úsek,  $\Theta_e$  [°C] je průměrná vnější teplota za daný časový úsek a  $t$  [hod] je daný časový úsek.

Měrný tepelný tok prostupem se vypočítá jako:

$$H_T = \Sigma(A * U) \text{ [W/K]} \quad (11)$$

Měrný tepelný tok větráním se vypočítá jako:

$$H_V = \rho_a * c_p * V_a \text{ [W/K]} \quad (12)$$

Kde  $\rho_a$  [kg/m<sup>3</sup>] je objemová hmotnost přiváděného vzduchu,  $c_p$  [J/kgK] je měrná tepelná kapacita vzduchu a  $V_a$  [m<sup>3</sup>/h] je objemový tok přiváděného vzduchu dle:

$$V_a = V * n \text{ [m}^3 \text{ h}^{-1}\text{]} \quad (13)$$

Kde  $n$  [h<sup>-1</sup>] je intenzita výměny vzduchu a  $V$  [m<sup>3</sup>] je objem větraného prostoru.



### 3 Popis vstupních údajů

#### 3.1 Návrhové teploty a vlhkosti pro danou lokalitu

Posudky jsou provedeny pro město Tábor. Pro většinu případů platí návrhová vnitřní teplota a relativní vlhkost je  $\Theta_i = 21 \text{ °C}$  a  $\varphi_i = 50 \%$ , návrhový parciální tlak vodní páry je  $P_i = 1243 \text{ Pa}$ .

Návrhová venkovní teplota a relativní vlhkost je  $\Theta_e = -15 \text{ °C}$  a  $\varphi_i = 84 \%$ . Návrhový parciální tlak vodní páry je  $P_e = 117 \text{ Pa}$ .

Délka otopného období je 250 dní, průměrná venkovní teplota přes otopné období je  $\Theta_e = 3,5 \text{ °C}$ . Průměrné měsíční teploty, relativní vlhkosti a parciální tlaky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 1: Tabulka průměrných měsíčních teplot, relativních vlhkostí a parciálních tlaků pro město Tábor

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Počet dnů	31	28	31	30	31	30
$\Theta_e \text{ [°C]}$	-2,8	-1,3	2,4	7,0	12,1	15,3
$\varphi_e \text{ [%]}$	81,3	81,0	79,7	77,8	74,9	72,5
$P_e \text{ [Pa]}$	394	445	579	780	1 058	1 261
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Počet dnů	31	31	30	31	30	31
$\Theta_e \text{ [°C]}$	16,8	16,2	12,6	7,6	2,4	-1,2
$\varphi_e \text{ [%]}$	71,1	71,7	74,6	77,5	79,7	80,8
$P_e \text{ [Pa]}$	1 361	1 321	1 089	810	579	448



### 3.2 Tepelné odpory při přestupu tepla

Pro výpočty jsou uvažovány smluvní hodnoty tepelných odporů při přestupu tepla pro běžné podmínky dle ČSN EN ISO 6946.

Tab. 2: Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN EN ISO 6946

Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce (povrch)	Tepelný odpor při přestupu tepla $R_{se}$ , $R_{si}$ [ $m^2K/W$ ]
Vnější	Součinitel prostupu tepla, povrchové teploty	Jednoplášťová	0,04
		Dvouplášťová	Stejně jako $R_{si}$
Zemina		Styk se zeminou	0,00
Vnitřní	Součinitel prostupu tepla, tepelné toky	Horizontální tep. tok	0,13
		Tepelný tok vzhůru	0,10
		Tepelný tok dolů	0,17



## 4 Požadavky

### 4.1 Součinitel prostupu tepla

Součástí posouzení detailů a skladeb i ověření, zda je dodržena požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla  $U_n$  [W/m<sup>2</sup>K] dle ČSN 73 0540–2. Tabulka s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla  $U_{n,20}$  pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\Theta_m = 20$  °C je přidána do příloh.

### 4.2 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Požadavky na teplotní faktor se rozlišují pro výplně otvorů a neprůsvitné konstrukce. Pro výplně otvorů platí, že nesmí docházet k povrchové kondenzaci tj.  $\varphi = 100\%$ . U neprůsvitné konstrukce se musí zamezit vzniku plísní tzn.  $\varphi < 80\%$ .

Požadavky na teplotní faktor se dále dle ČSN 73 0540–2 rozlišují pro vnitřní povrchy s  $\varphi \leq 60\%$  a  $\varphi > 60\%$ .

Tab. 3: Pož. hodnoty kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{Rsi,cr}$  pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $\varphi = 50\%$  dle ČSN 73 0540–2

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\Phi_{ai}$ [°C]	Návrhová teplota venkovního vzduchu $\Phi_e$ [°C]				
		-13	-15	-17	-19	-21
		Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$				
Výplň otvoru	20	0,675	0,693	0,710	0,725	0,738
	21	0,682	0,700	0,715	0,730	0,742
	22	0,689	0,705	0,721	0,734	0,747
Ostatní konstrukce	20	0,776	0,789	0,801	0,811	0,820
	21	0,781	0,793	0,804	0,814	0,823
	22	0,786	0,798	0,808	0,817	0,826

Tab. 4: Požadované hodnoty bezpečnostní přírážky teplotního faktoru  $\Delta f_{Rsi}$  dle ČSN 73 0540-2

Konstrukce		Vytápění s poklesem výsledné teploty $\Delta\Phi_V$ [°C]		
		$\Delta\Phi_V < 2$ °C (nepřerušované)	$2$ °C < $\Delta\Phi_V < 5$ °C (tlumené)	$\Delta\Phi_V > 5$ °C (přerušované)
		Bezpečnostní přírážka teplotního faktoru $\Delta f_{Rsi}$		
Výplň otvoru, otopné těleso pod výplní otvoru	ano	-0,030	-0,015	0
	ne	0	0,015	0,030
Ostatní konstrukce	těžká	0	0,015	0,030
	lehká	0,015	0,030	0,045

### 4.3 Kondenzace vodních par

Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí popisuje ČSN 73 0540-2.

„Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce  $M_c$  [kg/m<sup>2</sup>a], mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy:  $M_c = 0$ .“ (1)

„Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce  $M_c$  [kg/m<sup>2</sup>a] tak, aby splňovalo podmínku:  $M_c \leq M_{c,N}$ “ (1)

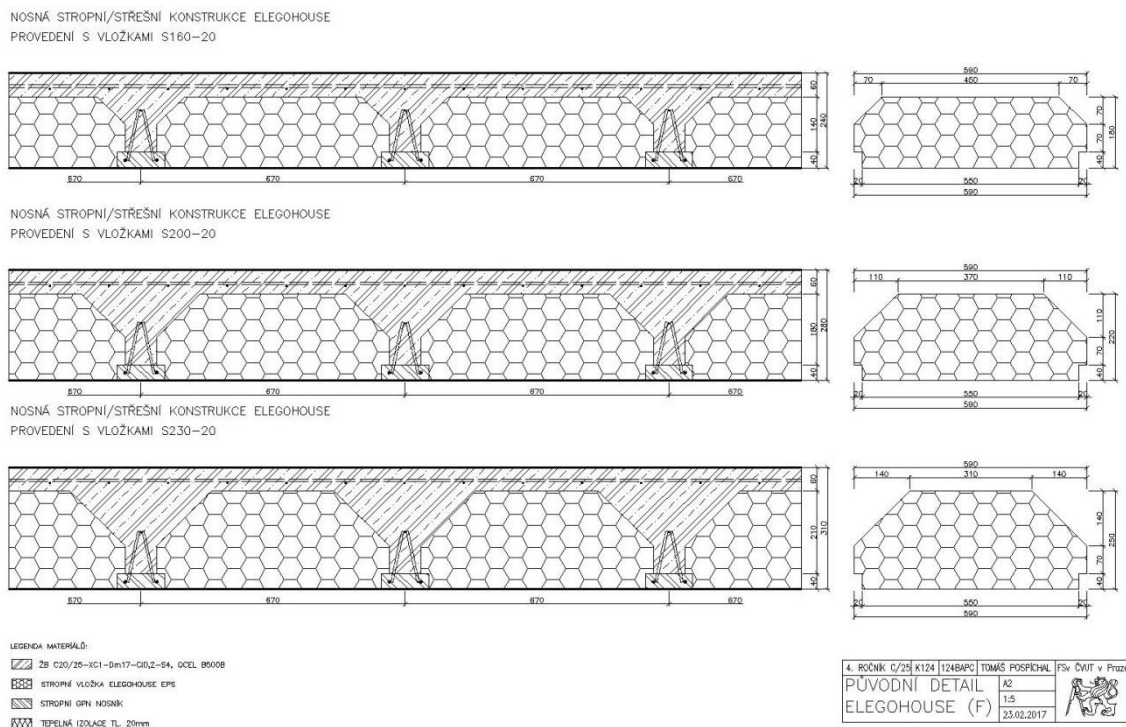
„Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difuzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:  $M_{c,N} = 0,10$  kg/m<sup>2</sup>a nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot  $M_{c,N} = 0,50$  kg/m<sup>2</sup>a nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu.“ (1)

Další popis požadavků se nachází v příloze: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí dle ČSN 73 0540-2.

## 5 Ověření posouzení nosné konstrukce s EPS vložkami

Cílem této kapitoly je ověření správnosti posouzení stropní konstrukce Elegohouse s různými typy vložek. Jsou také vypočteny ekvivalentní hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_{ekv}$  [W/mK] (3), součinitele prostupu tepla  $U_{ekv}$  [W/m<sup>2</sup>K] (4) a faktoru difuzního odporu  $\mu_{ekv}$  [-] (7) pro skladby stropní konstrukce s vrchní vrstvou železobetonu a bez ní. Původní posudek se nachází v příloze: Technický list Cemex Elegohouse – základové konstrukce. Kompletní posudky se nacházejí v příloze a to včetně výkresů – Původní detail Elegohouse F, F'.

Ve výpočtu jsme zachovali materiály se stejnými fyzikálními vlastnostmi, jako uvádí výrobce. Pro spodní i horní povrch jsou použity odpory při přestupu tepla  $R_{si} = 0,17$  m<sup>2</sup>K/W. Součinitel difuzní vodivosti vzduchu  $\delta_a = 1,8 \cdot 10^{-10}$  s.



Obr. 1: Původní detail Elegohouse (F) – náhled



## 5.1 Tepelně technické vlastnosti z technického listu výrobce:

Stropní/střešní konstrukce s vložkami S160-20 ...  $\lambda_{ekv} = 0,114$  [W/mK]

Stropní/střešní konstrukce s vložkami S200-20 ...  $\lambda_{ekv} = 0,126$  [W/mK]

Stropní/střešní konstrukce s vložkami S230-20 ...  $\lambda_{ekv} = 0,136$  [W/mK]

## 5.2 Vypočtené tepelně technické vlastnosti:

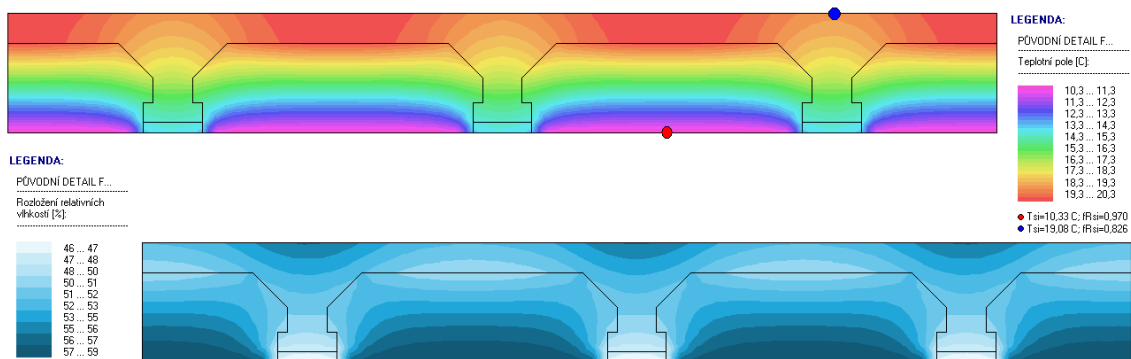
Tab. 5: Výpočet součinitele tep. vodivosti pro str. konstrukci s EPS vložkami

Název skladby	L [W/mK]	l [m]	U [W/m <sup>2</sup> K]	d [m]	$\lambda$ [W/mK]
F S160-20	1,305	2,010	0,649	0,24	<b>0,189</b>
F S160-20 bez ŽB	1,296	2,010	0,645	0,18	0,141
F S200-20	1,247	2,010	0,620	0,28	<b>0,209</b>
F S200-20 bez ŽB	1,260	2,010	0,627	0,22	0,166
F S230-20	1,216	2,010	0,605	0,31	<b>0,224</b>
F S230-20 bez ŽB	1,240	2,010	0,617	0,25	0,185

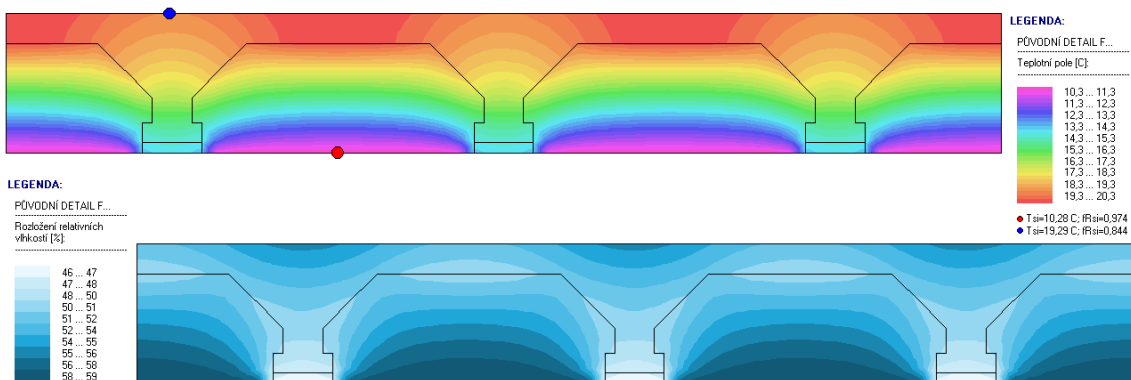
Tab. 6: Výpočet faktoru dif. odporu pro str. konstrukci s EPS vložkami

Skladba/detail	Spád parciálních tlaků grad(p) [Pa]	Hustota toku vodní páry $q_{cd}$ [kg/m <sup>2</sup> s]	Faktor difuzního odporu $\mu$ [-]
F S160-20	-503	1,879E-09	<b>49</b>
F S160-20 bez ŽB	-503	2,090E-09	44
F S200-20	-503	1,891E-09	<b>48</b>
F S200-20 bez ŽB	-503	2,125E-09	43
F S230-20	-503	1,911E-09	<b>48</b>
F S230-20 bez ŽB	-503	2,155E-09	42

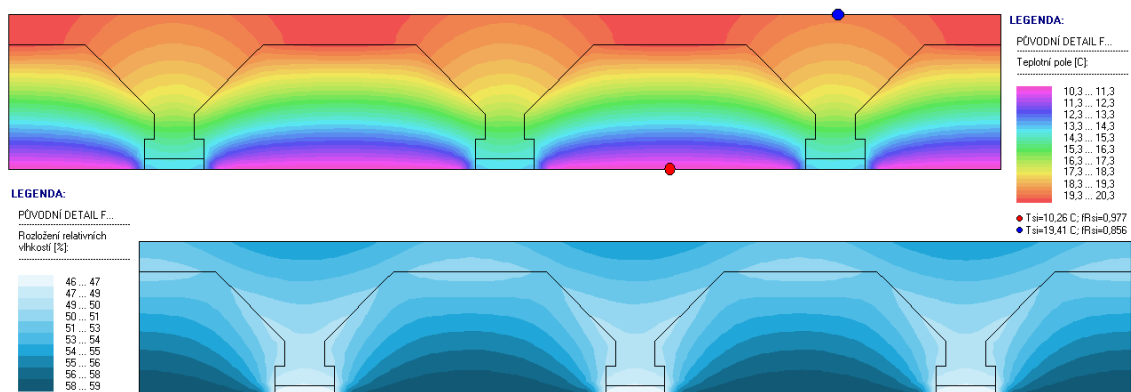




Obr. 2: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S160–20



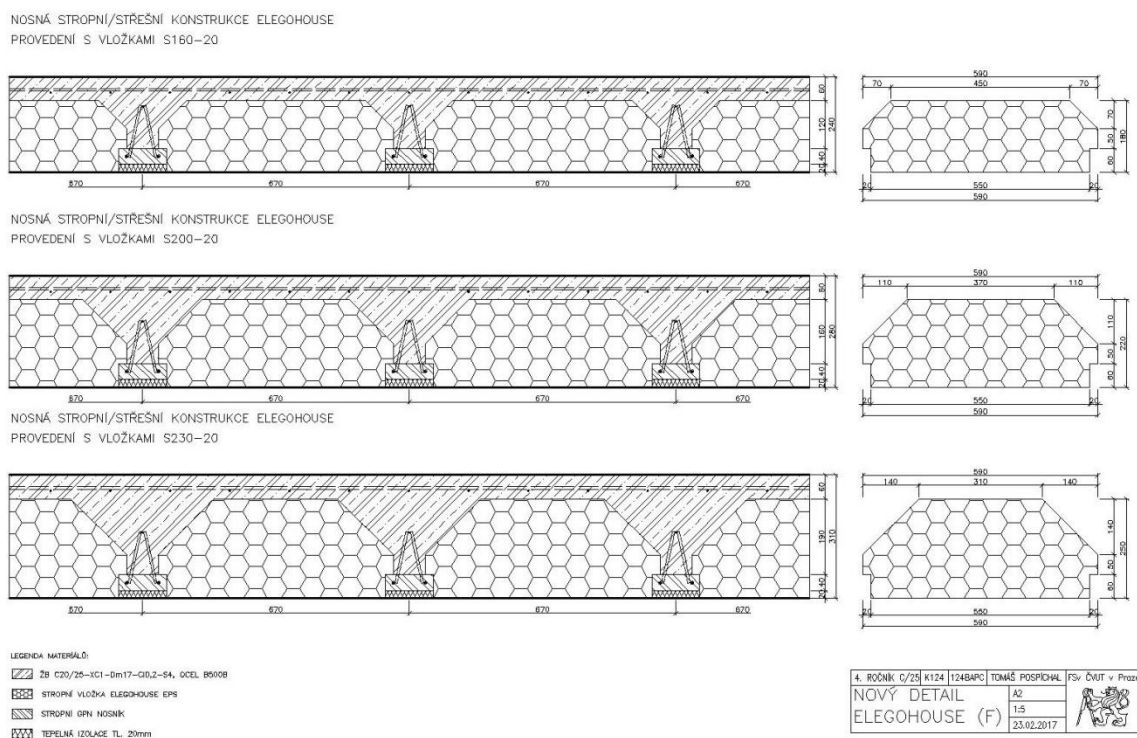
Obr. 3: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S200–20



Obr. 4: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S230–20

### 5.3 Úprava skladby

Pod nosníky je třeba vložit tepelnou izolaci s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi než EPS, aby byla schopna v tloušťce 20mm ovlivnit průběh teplot a efektivně přerušit tepelný most. Oblast je nahrazena XPS o  $\lambda = 0,340 \text{ W/mK}$ .



Obr. 5: Nový detail Elegohouse (F) – náhled

Tab. 7: Výpočet součinitele tep. vodivosti pro str. konstrukci s EPS vložkami

Název skladby	L [W/mK]	l [m]	U [W/m <sup>2</sup> K]	d [m]	$\lambda$ [W/mK]
F S160-20	0,789	2,010	0,392	0,240	<b>0,105</b>
F S160-20 bez ŽB	0,794	2,010	0,395	0,180	0,080
F S200-20	0,752	2,010	0,374	0,280	<b>0,116</b>
F S200-20 bez ŽB	0,761	2,010	0,379	0,220	0,093
F S230-20	0,778	2,010	0,387	0,310	<b>0,134</b>
F S230-20 bez ŽB	0,745	2,010	0,371	0,250	0,103

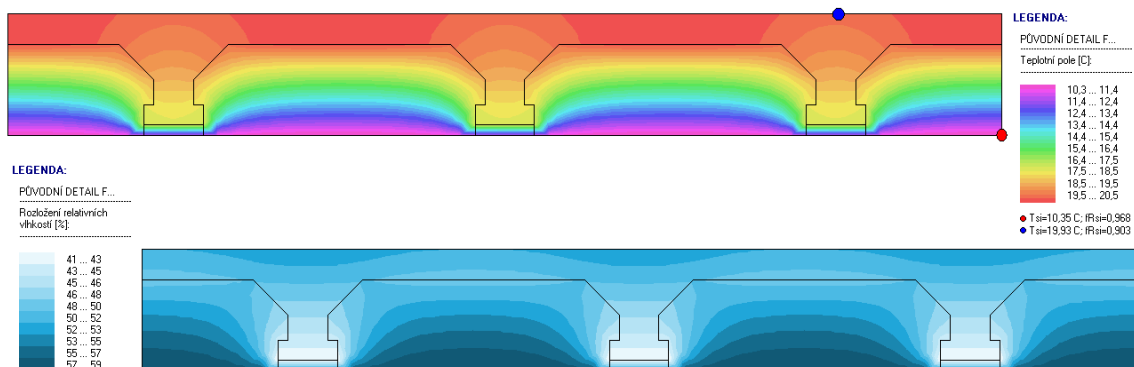
Výsledné součinitele tepelné vodivosti s použitím XPS pod nosníky se přibližují výsledkům z technického listu. Lze tedy předpokládat, že výrobce také vyplňuje



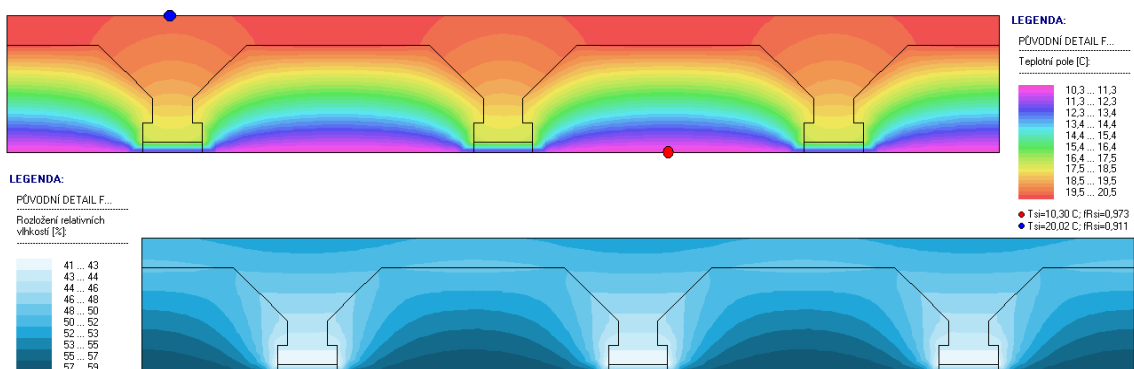
prostor mezi vložkami tepelně izolačním materiálem. Původní předpoklad, že výrobce nechává nosníky odhalené, je nesprávný.

Tab. 8: Výpočet faktoru dif. odporu pro str. konstrukci s EPS vložkami

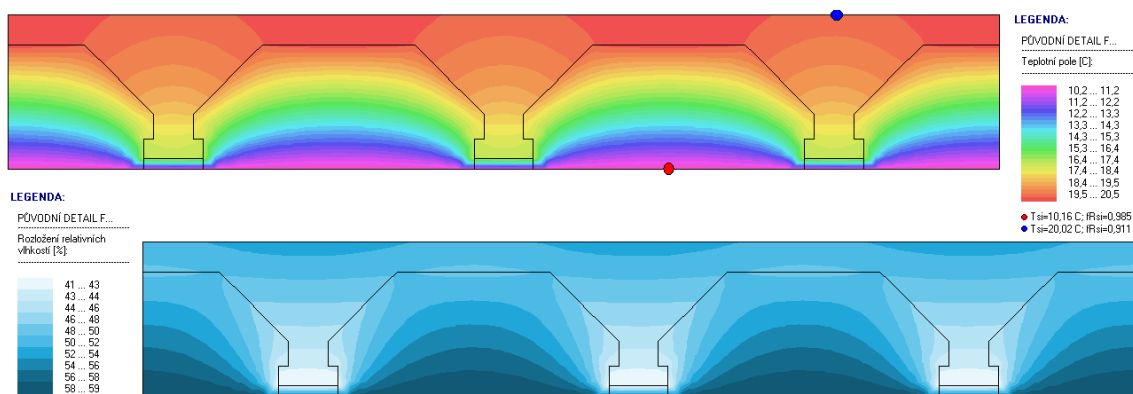
Skladba/detail	Spád parciálních tlaků grad(p) [Pa]	Hustota toku vodní páry $q_{cd}$ [kg/m <sup>2</sup> s]	Faktor difuzního odporu $\mu$ [-]
F S160-20	-503	1,804E-09	47
F S160-20 bez ŽB	-503	2,009E-09	42
F S200-20	-503	1,824E-09	47
F S200-20 bez ŽB	-503	2,054E-09	41
F S230-20	-503	1,848E-09	46
F S230-20 bez ŽB	-503	2,091E-09	41



Obr. 6: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S160-20



Obr. 7: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S200-20



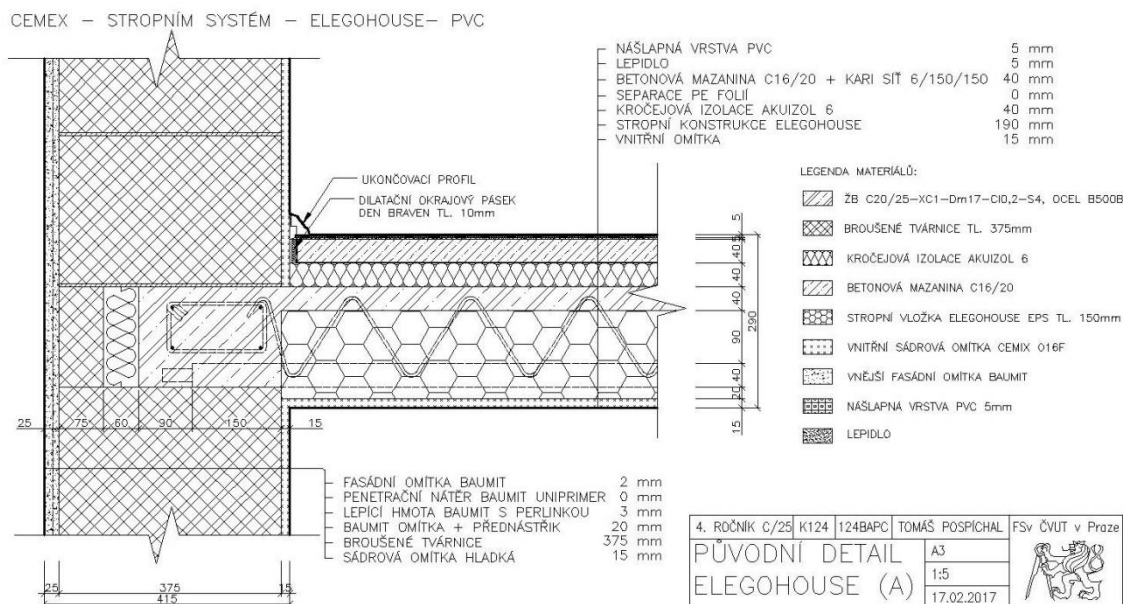
Obr. 8: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S230-20

## 6 Posouzení typových detailů Elegohouse

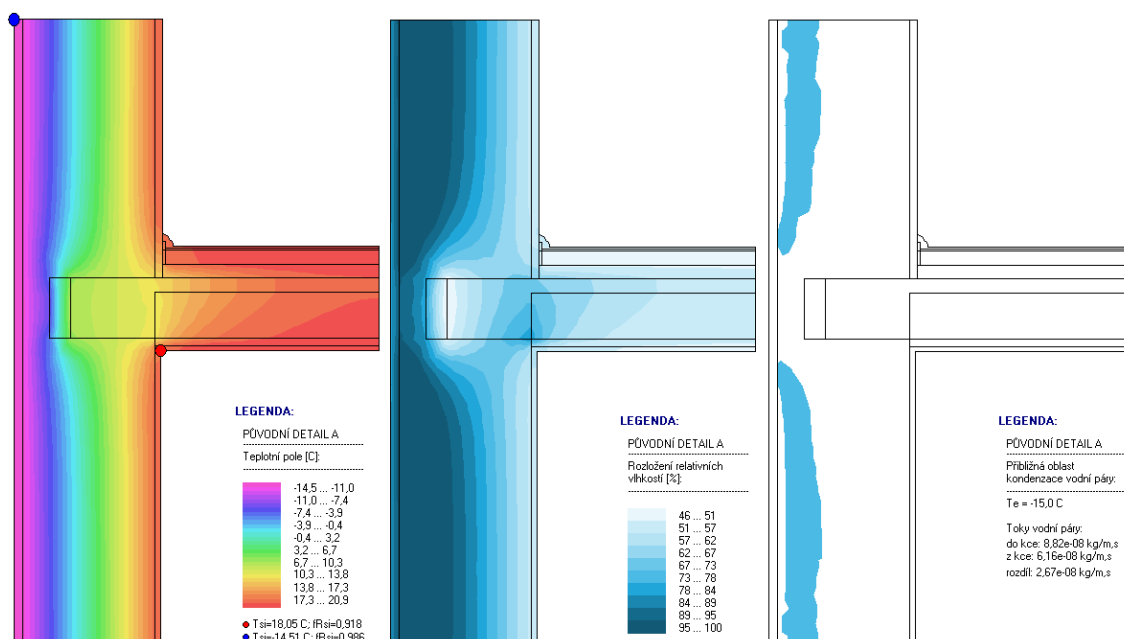
Posudky a pomocné výpočty jsou provedeny pomocí softwaru Area 2015, Teplo 2015, Mezera 2015 a výpočtových metod z kapitoly 2. Údaje vstupující do výpočtu se nacházejí v kapitole 3. Cílem posouzení je ověření, zda původní detaily splňují požadavky dle kapitoly 4. Výstupní protokoly z výpočetních programů, které obsahují kompletní data z posouzení, jsou součástí příloh.

Cílem bylo posoudit všechny detaily, které jsou ke stažení z webu Elegohouse.

### 6.1 Původní detail Elegohouse (A)



Obr. 9: Původní detail Elegohouse (A) – náhled



Obr. 10: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní detail (A)

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,918 [-] \dots$  Požadavek je splněn.

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách při vnější teplotě  $\Theta_e = -15\text{ °C}$  po výšce nosné stěny. **Požadavek je splněn.**



### 6.1.1 Posouzení skladeb:

Tab. 9: Posouzení skladby vnější stěny u původního detailu A

Obvodová stěna (i-e):

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$l_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Cemix sádrová omítka	0,015	0,550	0,027
Porotherm 36,5 Profi	0,365	0,140	2,607
Omítka vnější + přednástrík	0,020	0,700	0,029
Lepící hmota s perlínkou	0,003	0,600	0,005
Fasádní omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 2,671 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = 0,352 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu:

$$U_{N,20} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{st} = 0,352 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek není splněn.}$$

Tab. 10: Posouzení skladby podlahy u původního detailu A

Podlaha (směrem dolů):

$$R_{si,h} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si,d} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$l_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Desky z PVC	0,005	0,160	0,031
Potěr cementový	0,005	1,160	0,004
Betonová mazanina	0,040	1,360	0,029
PE folie	0,000	0,350	0,001
Kročejová izolace	0,040	0,034	1,176
Železobeton	0,040	1,740	0,023
EPS vložka + železobeton	0,130	0,800	0,163
EPS	0,020	0,036	0,556
Cemix sádrová omítka	0,015	0,550	0,027

$$\Sigma R_i = 2,010 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = 0,425 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$



Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro strop s rozdílem teplot do 10 °C včetně:

$$U_{N,20} = 1,050 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,425 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro strop s rozdílem teplot do 10 °C včetně:

$$U_{\text{rec},20} = 0,700 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,425 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

### 6.1.2 Optimalizace detailu Elegohouse (A)

U tohoto detailu výrobce nespécifikuje, jaké zdivo používá. Detail se asi používá pro více druhů zdiva podle požadavků investora. My jsme do výpočtu použili broušené tvárnice Porotherm. U těchto tvárníc je potřeba zajistit, aby betonová zálivka neprotekla skrz svislé dutiny v tvárnici. Proto je potřeba přidat separaci, např. asfaltový pás. Dále musíme změnit skladbu obvodové stěny, která nevyhovuje při posouzení na součinitel prostupu tepla. Můžeme zvolit tlustší zdivo nebo naopak tenčí zdivo v kombinaci s kontaktním zateplovacím systémem.

Tab. 11: Posouzení nové skladby vnější stěny u detailu A

Obvodová stěna (i-e):

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Cemix sádrová omítka	0,015	0,550	0,027
Porotherm 30 Profi	0,300	0,175	1,714
Stěrkový tmel QWARTZ	0,005	0,300	0,002
Tep. izol. EPS	0,080	0,038	2,105
Stěrkový tmel QWARTZ	0,003	0,300	0,010
Weber pas podklad UNI	0,000	0,700	0,000
Weber pas ex. clean sil. omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 3,893 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

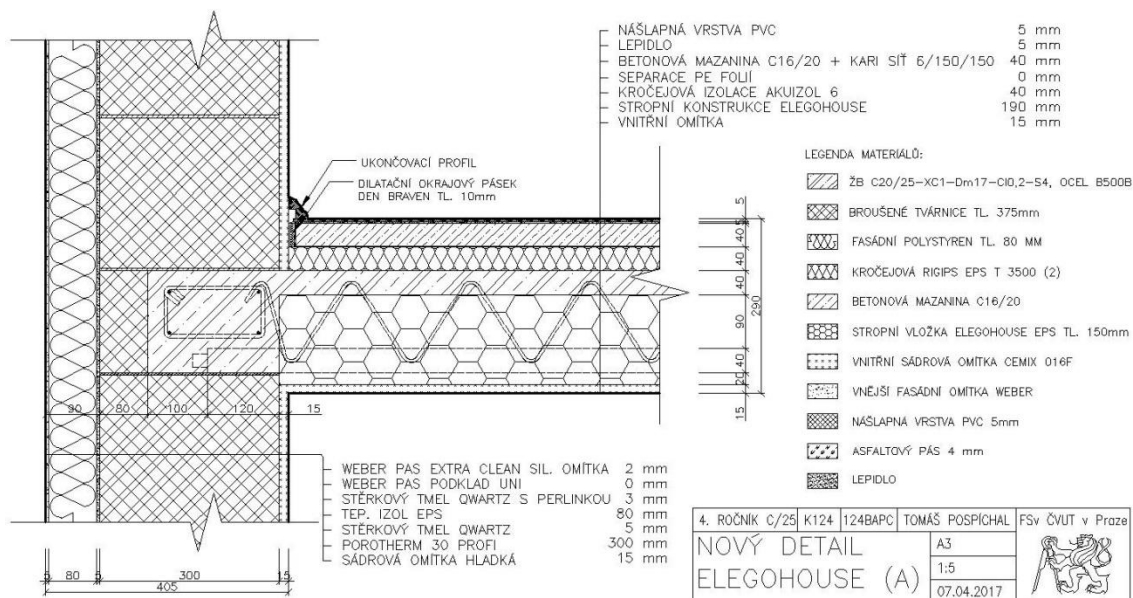
$$U = 0,246 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$



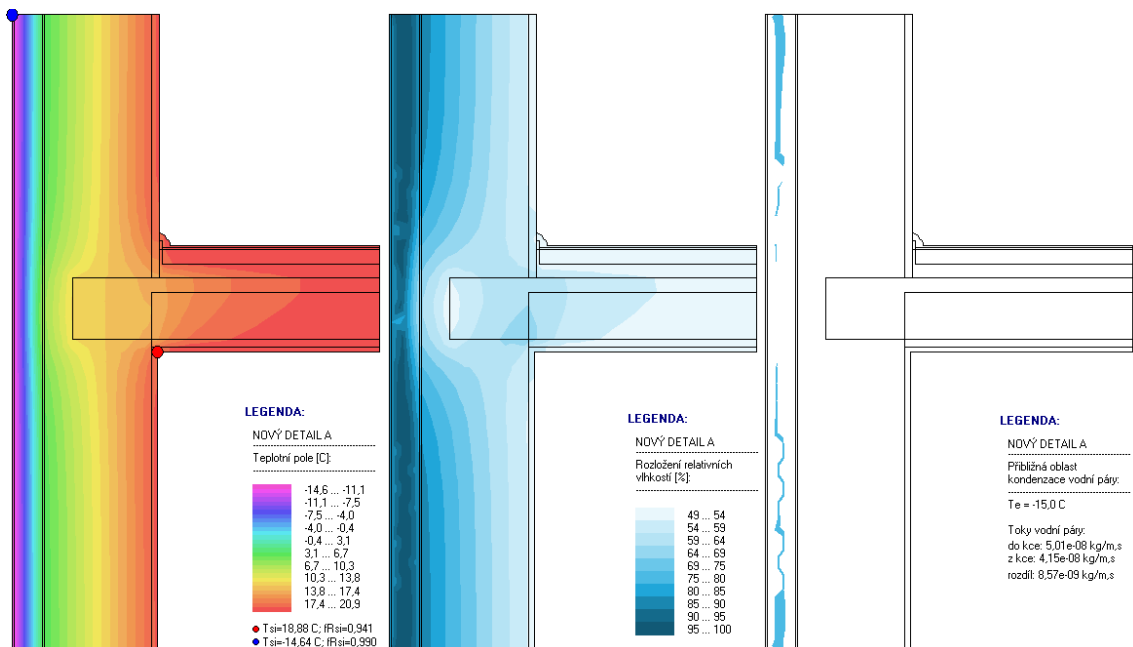


Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu:

$U_{rec,20} = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{st} = 0,246 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.



Obr. 11: Nový detail Elegohouse (A) – náhled



Obr. 12: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (A)

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

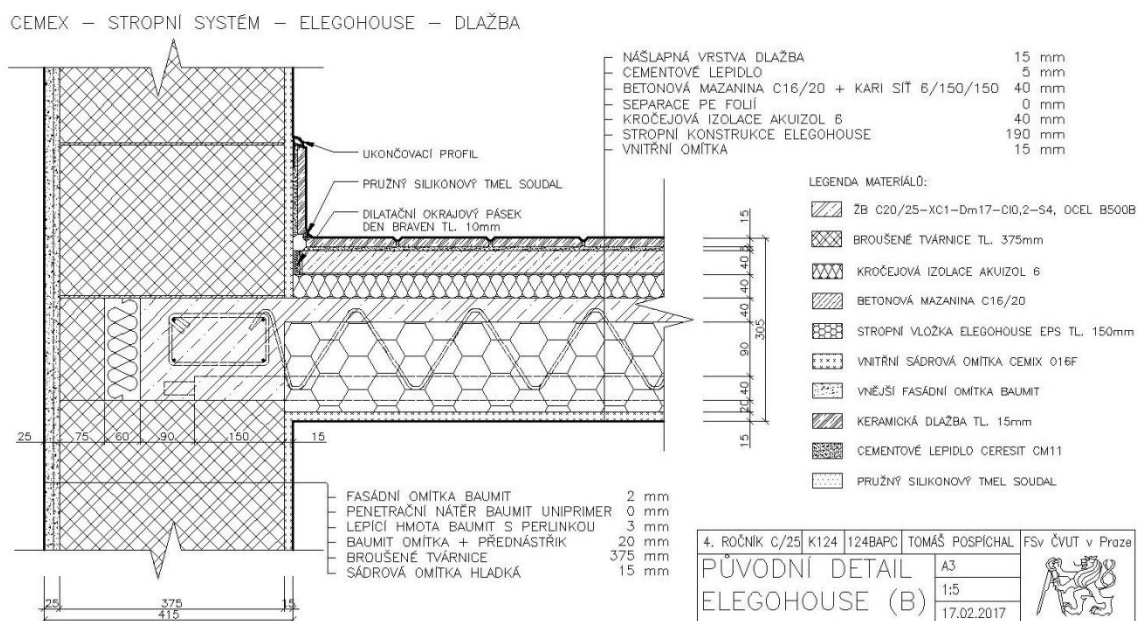
$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,941 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

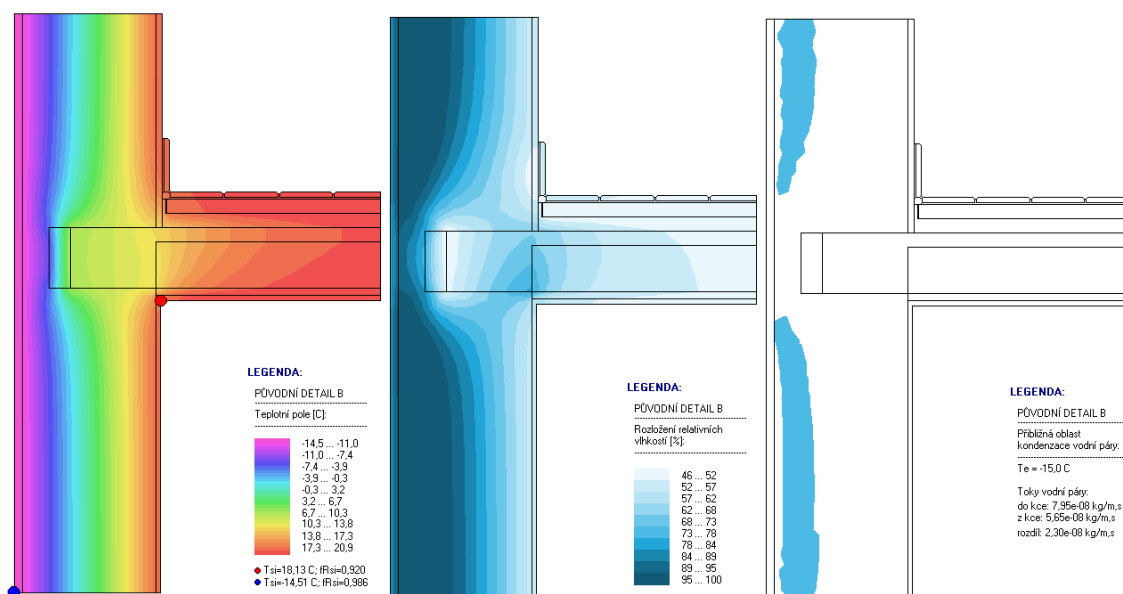
**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách při vnější teplotě  $\Theta_e = -15\text{ °C}$  po výšce tepelné izolace. **Požadavek je splněn.**

## 6.2 Původní detail Elegohouse (B)



Obr. 13: Původní detail Elegohouse (B) – náhled



Obr. 14: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní detail (B)

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{R_{si,cr}} = 0,793 [-] < f_{R_{si}} = 0,920 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

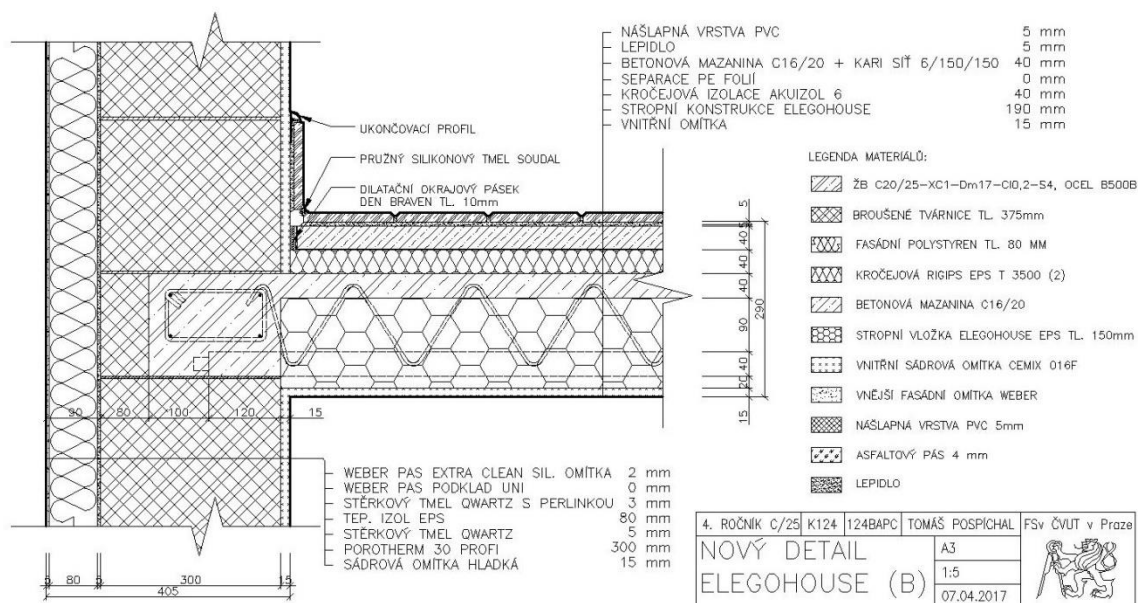
Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách při vnější teplotě  $\Theta_e = -15 \text{ °C}$  po výšce nosné stěny. **Požadavek je splněn.**

### 6.2.1 Posouzení skladeb:

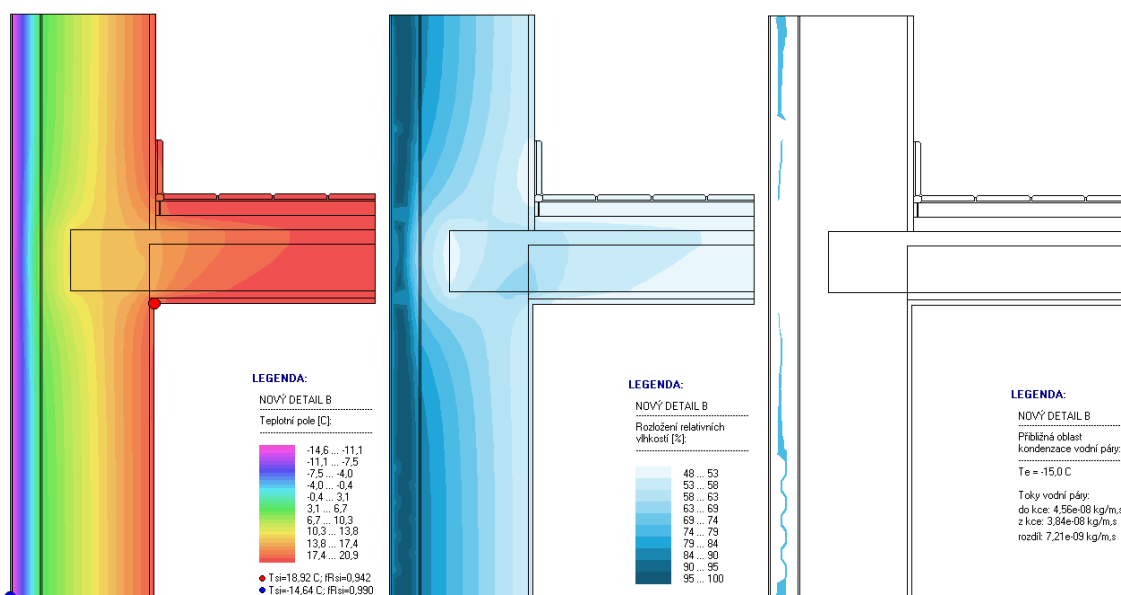
Skladba podlahy u původního detailu B se od původního detailu A liší pouze nášlapnou vrstvou. Ta nebude mít zásadní vliv na výsledný součinitel prostupu tepla. **Požadovaná i doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro strop s rozdílem teplot do 10 °C včetně je splněna.** Skladba vnější stěny se neliší ničím. **Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu není splněna.**

### 6.2.2 Optimalizace detailu Elegohouse (B)

Opatření jsou stejná jako u detailu A.



Obr. 15: Nový detail Elegohouse (F) – náhled



Obr. 16: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (B)

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

**$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,942 [-] \dots$  Požadavek je splněn.**

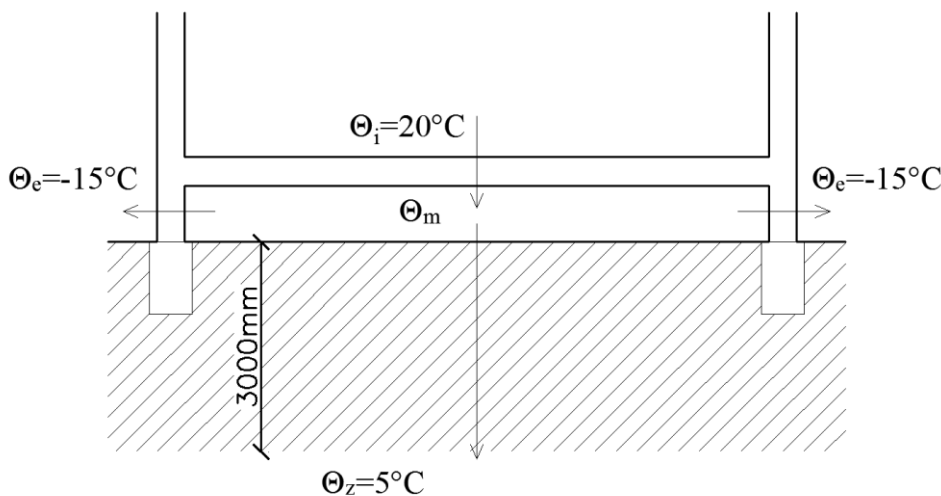
Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách při vnější teplotě  $\Theta_e = -15\text{ °C}$  po výšce tepelné izolace. **Požadavek je splněn.**

### 6.3 Původní detail Elegohouse (C, C')

Na detailu C, C' je znázorněno napojení základové konstrukce na vnější stěnu s použitím tvarovek S180–20, S240–20 a S400–20. Oproti předcházejícím detailům nám přibyly další okrajové podmínky – zemina a uzavřená vzduchová mezera. Pro zeminu v hloubce  $d = 3\text{ m}$  uvažujeme následující:  $\Theta = 5\text{ °C}$ ,  $\varphi = 100\%$ . Pro uzavřenou vzduchovou mezera volíme rovněž  $\varphi = 100\%$  a to z důvodu možného vzlínání vlhkosti a kondenzace. Je potřeba tedy určit jen výpočtovou teplotu ve vzduchové mezeře. Uplatníme princip rovnosti tepelných zisků a ztrát. Obecný postup výpočtu je vysvětlen v kapitole 2.8.



Obr. 17: Schéma pro výpočet teploty  $\Theta_m$  v uzavřené vzduchové mezeře

Pro výpočet jsou přiřazeny koeficienty: (s)stěna, (st)strop, (m)mezera, (z)země.

$$A_s * U_s * (\Theta_m - \Theta_e) + A_z * U_z * (\Theta_m - \Theta_z) = A_{st} * U_{st} * (\Theta_i - \Theta_m)$$

Z rovnice o jedné neznámé vyjádříme vztah pro výpočet teploty vzduchové mezery:



$$\Theta_m = \frac{(A_{st} * U_{st} * \Theta_i + A_z * U_z * \Theta_z + A_s * U_s * \Theta_e)}{(A_s * U_s + A_z * U_z + A_{st} * U_{st})} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Pomocí tohoto vzorce snadno vypočteme teploty vzduchové mezery pro různé skladby základové konstrukce. Skladby se liší pouze tloušťkou EPS vložek. Princip výpočtu součinitelů prostupu tepla je popsán v kapitole 2.5.

Tab. 12: Výpočet součinitele prostupu tepla obvodovou stěnou

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Betonový základ	0,300	1,100	0,273
Tepelná izolace XPS	0,080	0,038	2,105
Omítka + přednástřík	0,020	0,700	0,029
Lepící hmota s perlíčkou	0,003	0,600	0,005
Fasádní omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 2,415 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\mathbf{U = 0,387 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Tab. 13: Výpočet součinitele prostupu tepla 3 m zeminy

$$R_{si} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Vlhká písčitá půda	3,000	2,300	1,304

$$\Sigma R_i = 1,304 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\mathbf{U = 0,767 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Výpočet součinitele prostupu tepla stropních konstrukcí, lišící se pouze tloušťkou EPS vložek, je proveden pomocným výpočtem v programu Area 2015 viz příloha: „Posudek původních skladeb pro ověření součinitele prostupu tepla“.



Tab. 14: Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S180-20

Název konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Phi_i$ [°C]
Obvodová stěna	22,63	0,387	-15
Zemina	100,53	0,767	5
Základová konstrukce tl. 460mm	100,53	0,184	20

Teplota vzduchové mezery pro základovou kci 460mm:  $\Phi_m = 6,0$  °C

Tab. 15: Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S240-20

Název konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Phi_i$ [°C]
Obvodová stěna	19,91	0,387	-15
Zemina	100,53	0,767	5
Základová konstrukce tl. 520mm	100,53	0,125	20

Teplota vzduchové mezery pro základovou kci 520mm:  $\Phi_m = 5,4$  °C

Tab. 16: Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S400-20

Název konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Phi_i$ [°C]
Obvodová stěna	12,67	0,387	-15
Zemina	100,53	0,767	5
Základová konstrukce tl. 680mm	100,53	0,081	20

Teplota vzduchové mezery pro základovou kci 680mm:  $\Phi_m = 5,3$  °C

Pro dané okrajové podmínky se teploty provětrávané vzduchové mezery pohybují v rozmezí 6–5,3 °C. Pro následující výpočty budeme uvažovat bezpečných 5 °C. Výpočty roční bilance vodních par pro všechny tloušťky základových konstrukcí budou provedeny pro průměrné měsíční teploty vzduchové mezery pod základovou konstrukcí s vložkami S400-20, kde budou vycházet nejnižší teploty.





Tab. 17: Průměrné měsíční teploty neprovětrávané vzduchové mezery

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
$\theta_e$ [°C]	-2,8	-1,3	2,4	7,0	12,1	15,3
$\theta_m$ [°C]	5,9	6,0	6,2	6,5	6,7	6,9
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
$\theta_e$ [°C]	16,8	16,2	12,6	7,6	2,4	-1,2
$\theta_m$ [°C]	7,0	7,0	6,8	6,5	6,2	6,0

### 6.3.1 Posouzení skladeb:

Tab. 18: Posouzení skladby vnější stěny u původního detailu C, C'

Obvodová stěna (i-e):

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Cemix sádrová omítka	0,010	0,550	0,018
Porotherm 30 Profi	0,300	0,175	1,714
Cementové lepidlo Cemix	0,005	0,570	0,009
Tep. izol. EPS	0,160	0,039	4,103
Omítka vnější + přednástřík	0,020	0,700	0,029
Lepící hmota s perlíčkem	0,003	0,600	0,005
Fasádní omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 5,881 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = 0,165 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu:

$$U_{N,20} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{st} = 0,165 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu:

$$U_{rec,20} = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{st} = 0,165 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$





Tab. 19: Posouzení skladby soklové stěny u původního detailu C, C'

Sokl (i-e):

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Betonový základ	0,300	1,230	0,244
Cementové lepidlo Cemix	0,005	0,570	0,009
Tep. izol. EPS	0,080	0,034	2,353
Omítka vnější + přednáštřík	0,020	0,700	0,029
Lepící hmota s perlínkou	0,003	0,600	0,005
Fasádní omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 2,643 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = 0,359 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Posouzení skladeb základové konstrukce je součástí příloh. Každá ze skladeb se liší pouze druhem použitých EPS tvarovek.

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

a) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S180–20 tl. 200mm:

$$U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

b) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S240–20 tl. 260mm:

$$U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,125 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

c) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S400–20 tl. 420mm:

$$U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

a) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S180–20 tl. 200mm:

$$U_{rec,20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

b) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S240–20 tl. 260mm:

$$U_{rec,20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,125 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

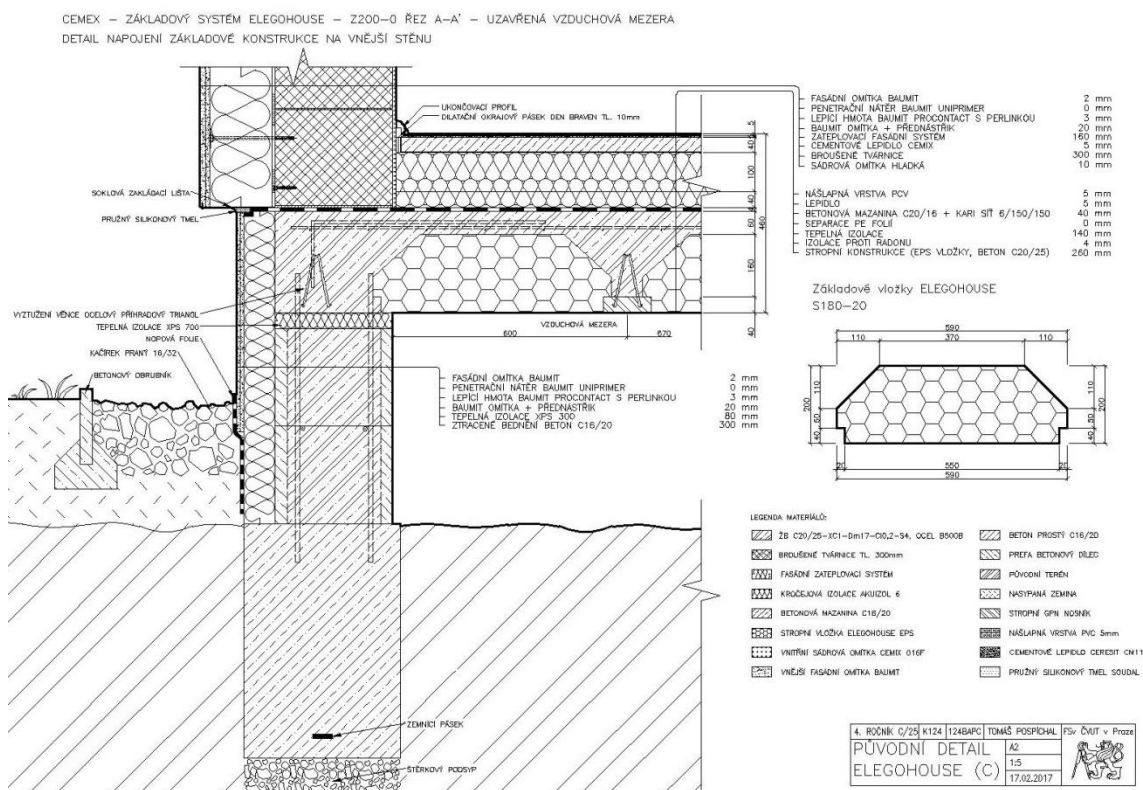
c) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S400–20 tl. 420mm:

$$U_{rec,20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

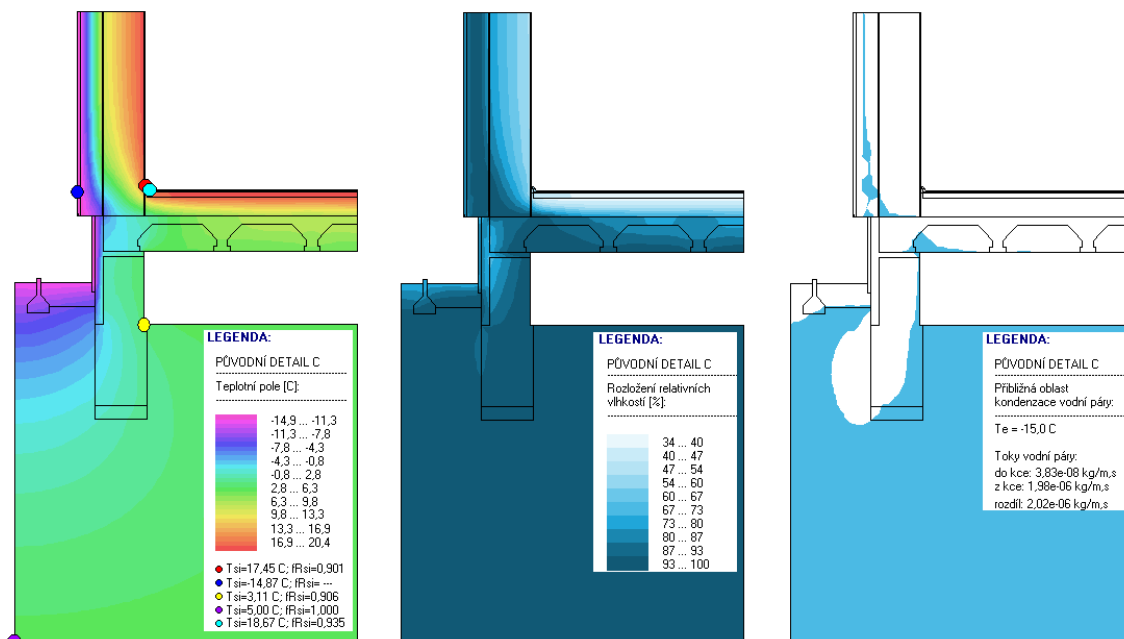
### 6.3.2 Posouzení původního detailu C, C':

Výpočet bilance je proveden zjednodušeným způsobem. Stávající model obsahuje příliš neznámých. Okrajové podmínky v interiéru a exteriéru jsou zachovány. Vliv zeminy zanedbáváme a ve vzduchové mezeře uvažujeme stejné podmínky jako v exteriéru. Výsledky bilance vodních par jsou na straně bezpečnosti.

#### 6.3.2.1 Detail s tvarovkami S180-20



Obr. 18: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S180-20 – náhled



Obr. 19: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S180–20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,901 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od října do dubna v EPS vložkách, EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému a v rohu nosné stěny.

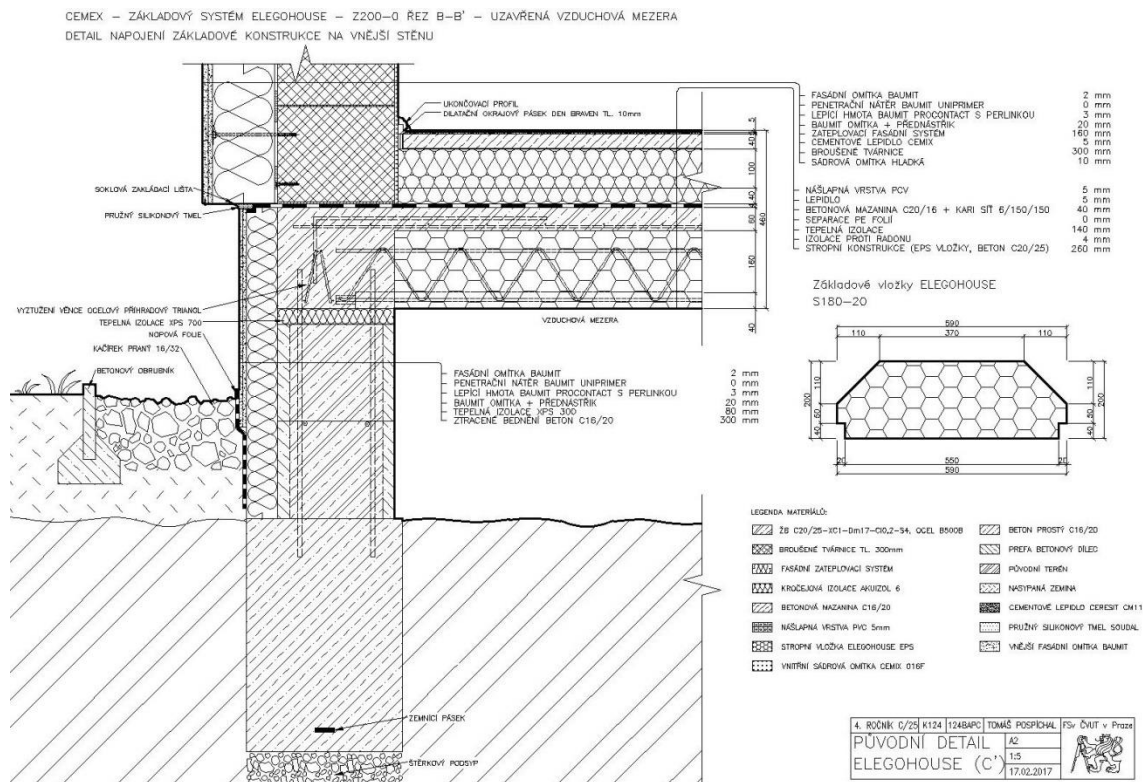
Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,073 \text{ kg/m}$ .

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,207 \text{ kg/m}$ .

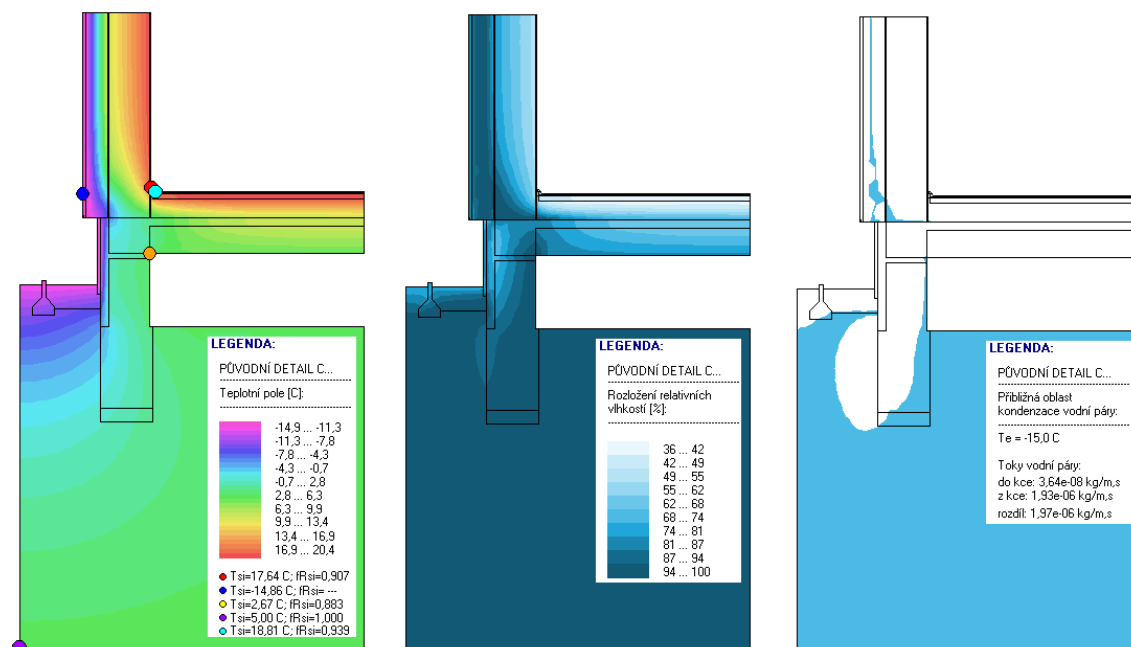
**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**



# Tepeľne vlhkoštní analýza skladeb a detailů systému Elegohouse



*Obr. 20: Původní detail Elegohouse (C') s tvarovkami S180-20 – náhled*



*Obr. 21: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C') s vložkami S180-20*



Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,907 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

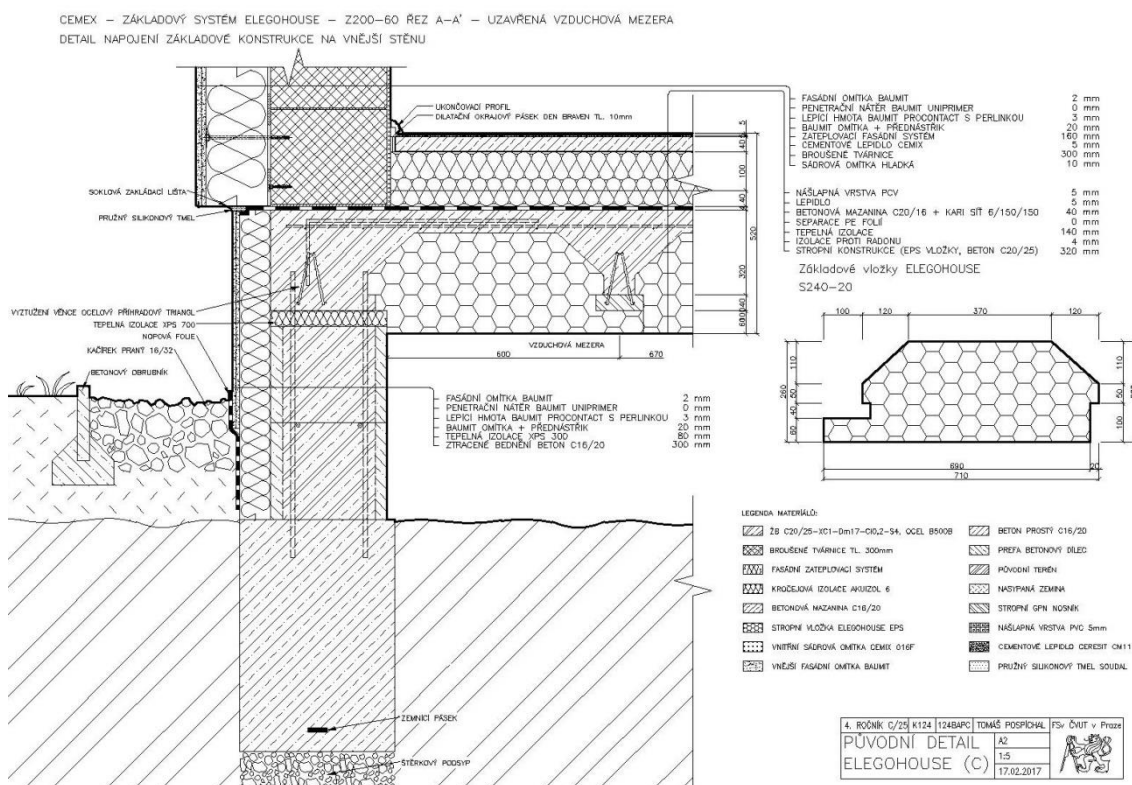
Ke kondenzaci dochází od října do dubna v EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému a v rohu nosné stěny.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,112 \text{ kg/m}$ .

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,233 \text{ kg/m}$ .

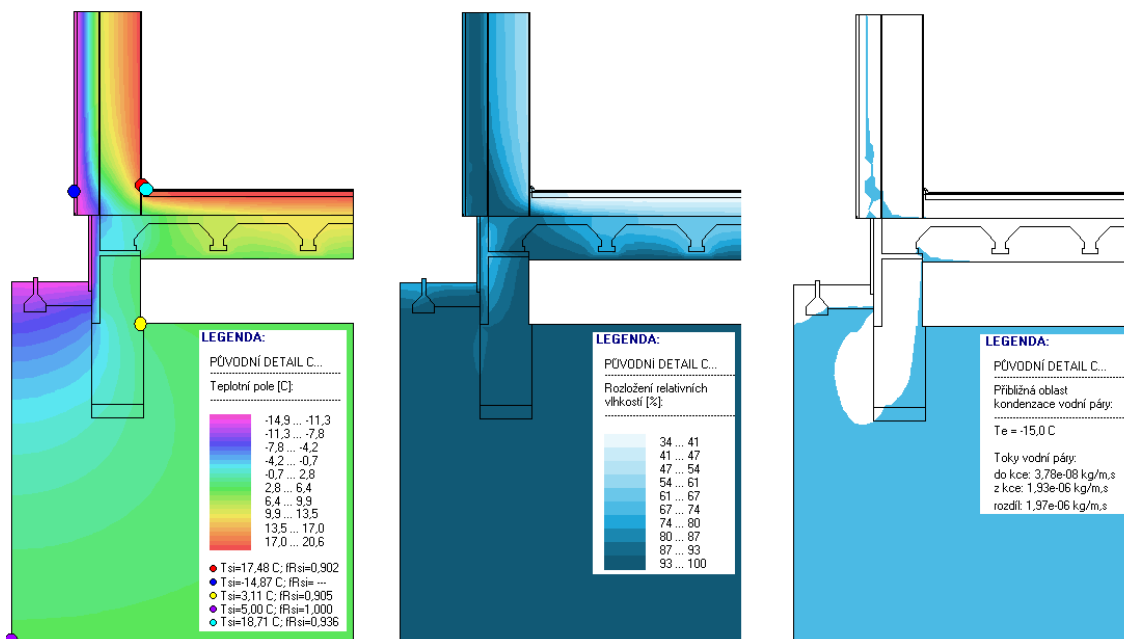
**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**

### 6.3.2.2 Detail s tvarovkami S240-20



Obr. 22: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S240-20 – náhled





Obr. 23: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S240–20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,902 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od října do dubna v EPS vložkách, EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému a v rohu nosné stěny.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000$  kg/m.

Jediným suchým měsícem je září, kdy dojde k vypaření zbytku kondenzátu.

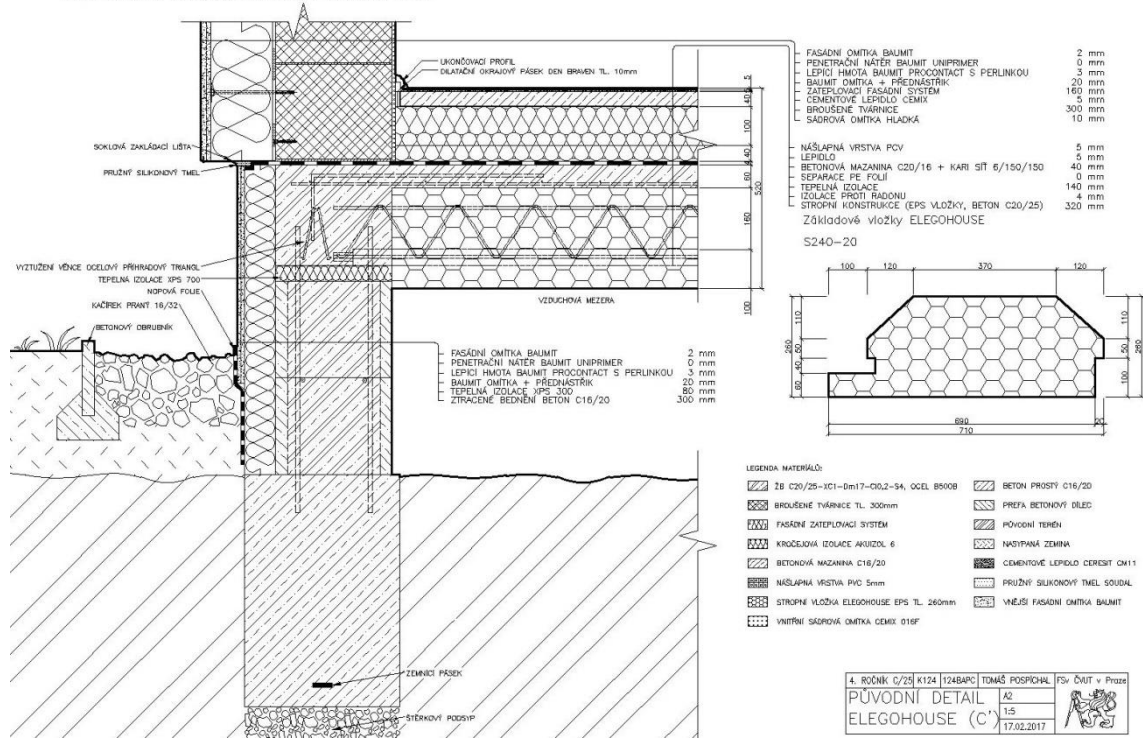
Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,147$  kg/m.

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na 1 m<sup>2</sup> nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10$  kg/m<sup>2</sup>. Požadavek je splněn.**

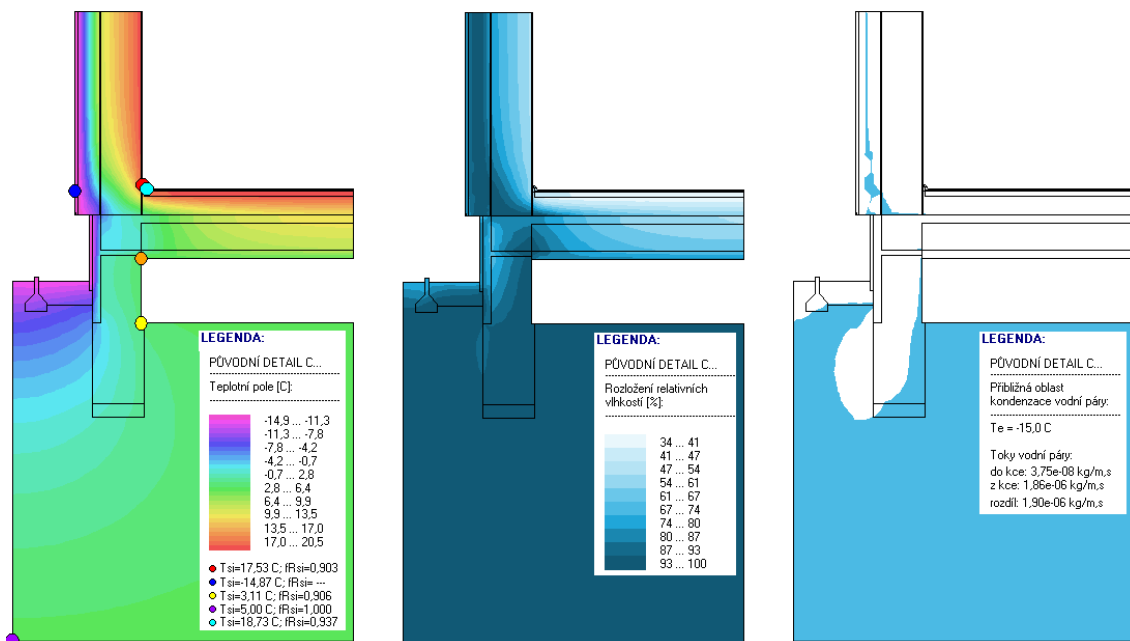


## Tepeľne vlhkosťní analýza skladeb a detailů systému Elegohouse

CEMEX – ZÁKLADOVÝ SYSTÉM ELEGOHOUSE – Z200-60 REZ B-B' – UZAVŘENÁ VZDUCHOVÁ MEZERA  
 DETAIL NÁPOJENÍ ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE NA VNĚJŠÍ STĚNU



*Obr. 24: Původní detail Elegohouse (C') s tvarovkami S240-20 – náhled*



*Obr. 25: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C') s vložkami S240-20*

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,903 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

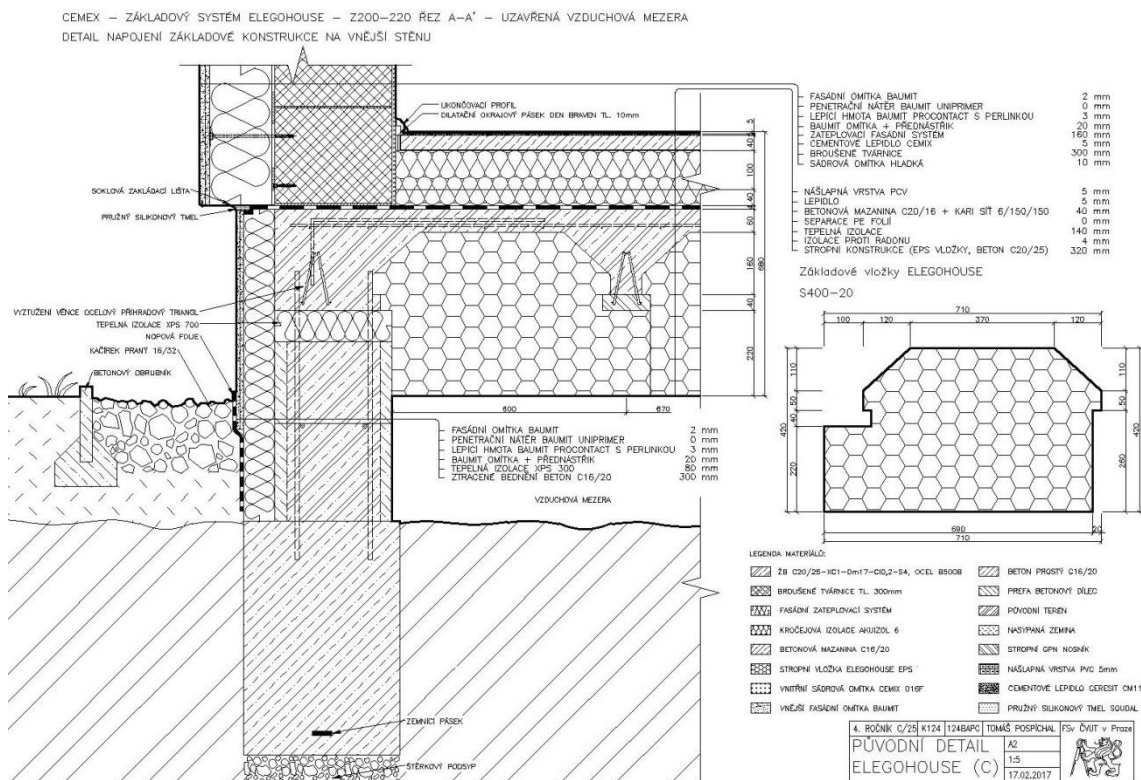
Ke kondenzaci dochází od října do dubna v EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému a v rohu nosné stěny.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,019 \text{ kg/m}$ .

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,164 \text{ kg/m}$ .

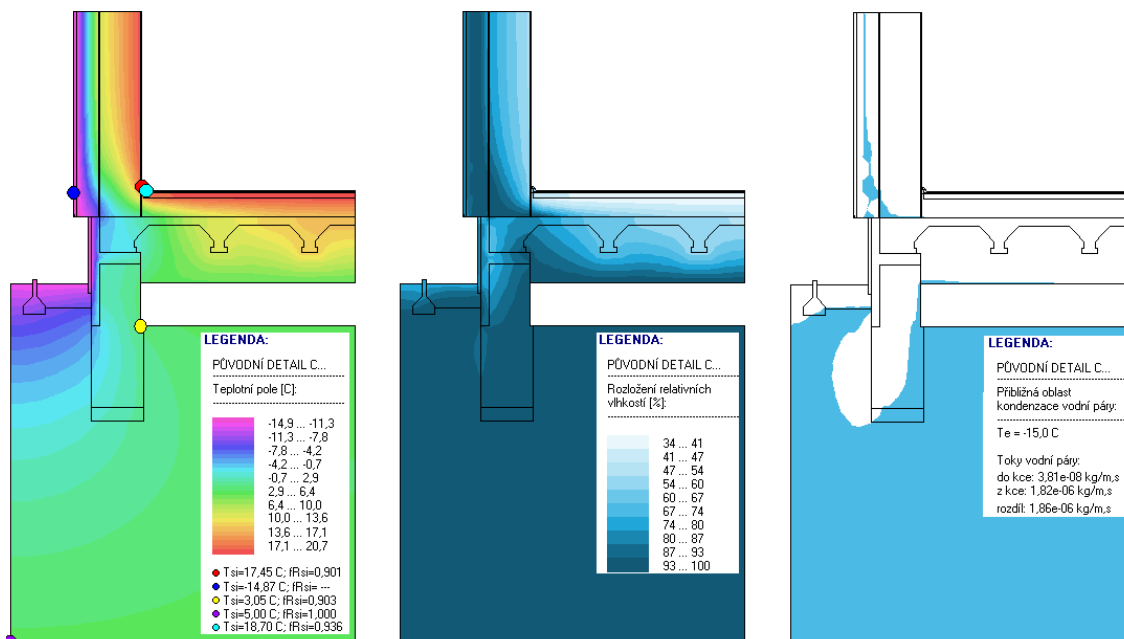
**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**

### 6.3.2.3 Detail s tvarovkami S400-20



Obr. 26: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S400-20 – náhled





Obr. 27: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S400–20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,901 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od října do března v EPS vložkách, EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému a v rohu nosné stěny.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000\text{ kg/m}$ .

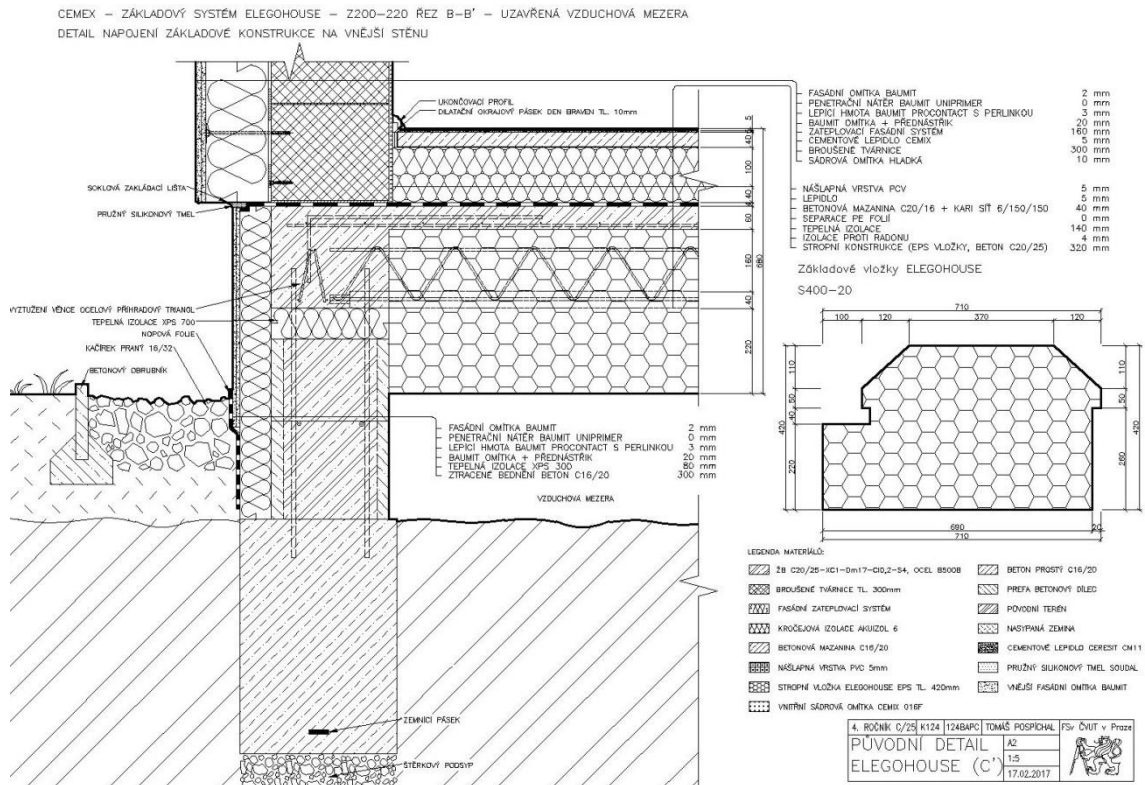
Suchými měsíci jsou srpen a září. V srpnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,119\text{ kg/m}$ .

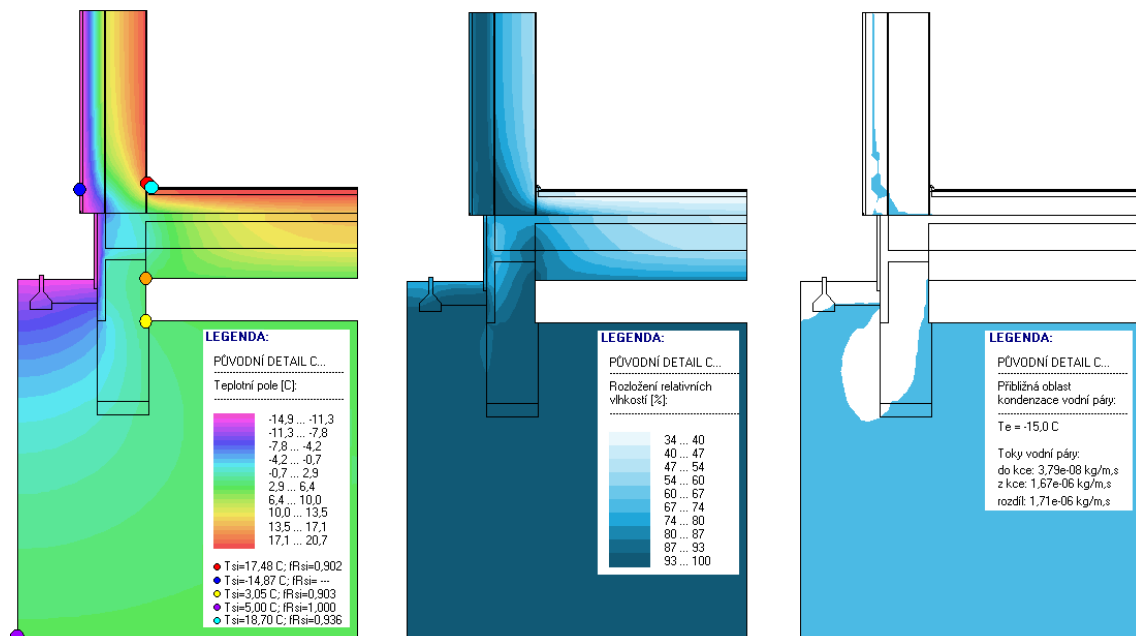
**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na  $1\text{ m}^2$  nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10\text{ kg/m}^2$ . Požadavek je splněn.**



## Tepeľne vlhkoštná analýza skladeb a detailů systému Elegohouse



*Obr. 28: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S400–20 – náhled*



*Obr. 29: Pole 2D teplot, rel. vlhkoštností a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S400–20*



Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{R_{si,cr}} = 0,793 [-] < f_{R_{si}} = 0,902 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od října do března v EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému a v rohu nosné stěny.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000 \text{ kg/m}$ .

Suchými měsíci jsou srpen a září. V srpnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,123 \text{ kg/m}$ .

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na  $1 \text{ m}^2$  nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2$ . Požadavek je splněn.**

## 6.4 Optimalizace detailu Elegohouse (C, C')

U neprovětrávané vzduchové mezery musíme zajistit trvalé větrání, které nám sice sníží teplotu v mezeře, ale také sníží částečný tlak vodní páry. Větrání musí mít takovou intenzitu, aby se nám dostatečně snížila relativní vlhkost v mezeře. Prostor nesmí ale být větrán příliš, jinak by došlo k velkému poklesu teploty a s ní by se relativní vlhkost mohla opět navýšit. Uvažujeme přirozené větrání s intenzitou  $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$ . Do výpočtu detailů nám opět vstupuje neznámá hodnota teploty ve vzduchové mezeře. Uplatníme princip rovnosti tepelných zisků a ztrát. Tento výpočet navazuje na výpočet teploty v kapitole 6.3.

$$A_s * U_s * (\Theta_m - \Theta_e) + A_z * U_z * (\Theta_m - \Theta_z) + \rho * c * V_v * (\Theta_m - \Theta_e) = A_{st} * U_{st} * (\Theta_i - \Theta_m)$$

Z rovnice o jedné neznámé vyjádříme vztah pro výpočet teploty vzduchové mezery:

$$\Theta_m = \frac{(A_{st} * U_{st} * \Theta_i + A_s * U_s * \Theta_e + A_z * U_z * \Theta_z + \rho * c * V_v * \Theta_e)}{(A_s * U_s + A_z * U_z + A_{st} * U_{st} + \rho * c * V_v)} \text{ [}^\circ\text{C]}$$



Pomocí tohoto vzorce snadno vypočteme teploty vzduchové mezery pro různé skladby základové konstrukce. Hodnoty součinitelů prostupu tepla byly vypočteny v kapitole 6.3. Skladby se liší pouze tloušťkou EPS vložek.

Tab. 20: Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S180-20

Název konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Phi_i$ [°C]
Obvodová stěna	22,63	0,387	-15
Zemina	100,53	0,767	5
Základová konstrukce tl. 460 mm	100,53	0,184	20

Objem vzduchové mezery:	$V = 50,3 \text{ m}^3$
Intenzita výměny vzduchu:	$n = 0,3 \text{ h}^{-1}$
Objemový tok přiváděného vzduchu:	$V_v = 15,1 \text{ m}^3/\text{h}$
Objemová hmotnost vzduchu při $\Phi_e = -15^\circ\text{C}$ :	$\rho = 1,35 \text{ kg/m}^3$
Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\Phi_e = -15^\circ\text{C}$ :	$c = 1007 \text{ J/kgK}$
	$c = 0,28 \text{ Wh/kgK}$

Teplota vzduchové mezery pro základovou kci 460mm:  $\Phi_m = 4,9 \text{ }^\circ\text{C}$

Tab. 21: Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S240-20

Název konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Phi_i$ [°C]
Obvodová stěna	19,91	0,387	-15
Zemina	100,53	0,767	5
Základová konstrukce tl. 520 mm	100,53	0,125	20

Objem vzduchové mezery:	$V = 44,2 \text{ m}^3$
Intenzita výměny vzduchu:	$n = 0,3 \text{ h}^{-1}$
Objemový tok přiváděného vzduchu:	$V_v = 13,3 \text{ m}^3/\text{h}$
Objemová hmotnost vzduchu při $\Phi_e = -15^\circ\text{C}$ :	$\rho = 1,35 \text{ kg/m}^3$
Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\Phi_e = -15^\circ\text{C}$ :	$c = 1007 \text{ J/kgK}$
	$c = 0,28 \text{ Wh/kgK}$

Teplota vzduchové mezery pro základovou kci 520mm:  $\Phi_m = 4,4 \text{ }^\circ\text{C}$



Tab. 22: Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S400-20

Název konstrukce	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Phi_i$ [°C]
Obvodová stěna	12,67	0,387	-15
Zemina	100,53	0,767	5
Základová konstrukce tl. 680 mm	100,53	0,081	20

Objem vzduchové mezery:	$V = 28,1 \text{ m}^3$
Intenzita výměny vzduchu:	$n = 0,3 \text{ h}^{-1}$
Objemový tok přiváděného vzduchu:	$V_v = 8,44 \text{ m}^3/\text{h}$
Objemová hmotnost vzduchu při $\Phi_e = -15^\circ\text{C}$ :	$\rho = 1,35 \text{ kg/m}^3$
Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\Phi_e = -15^\circ\text{C}$ :	$c = 1007 \text{ J/kgK}$
	$c = 0,28 \text{ Wh/kgK}$

Teplota vzduchové mezery pro základovou kci 680 mm:  $\Phi_m = 4,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Pro dané okrajové podmínky se teploty provětrávané vzduchové mezery pohybují v rozmezí 4,4–4,9 °C. Pro následující výpočty budeme uvažovat bezpečně 4 °C. Výpočty roční bilance vodních par pro všechny tloušťky základových konstrukcí budou provedeny pro průměrné měsíční teploty vzduchové mezery pod základovou konstrukcí s vložkami S400-20, kde budou vycházet nejnižší teploty.

Tab. 23: Průměrné měsíční teploty provětrávané vzduchové mezery

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
$\theta_e$ [°C]	-2,8	-1,3	2,4	7,0	12,1	15,3
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,31	1,30	1,28	1,26	1,24	1,22
$\theta_m$ [°C]	5,6	5,8	6,1	6,5	6,9	7,2
Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
$\theta_e$ [°C]	16,8	16,2	12,6	7,6	2,4	-1,2
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,21	1,21	1,24	1,26	1,28	1,30
$\theta_m$ [°C]	7,3	7,2	7,0	6,5	6,1	5,8



### 6.4.1 Skladby

Součinitel prostupu tepla pro skladbu vnější stěny splňuje doporučené hodnoty pro pasivní budovy  $U_{\text{pas},20}$ . Nám stačí, když bude splňovat doporučenou hodnotu  $U_{\text{rec},20} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dalším změnou je druh a tloušťka omítky. Stávající omítka tl. 25 mm je nahrazena tenkovrstvou silikonovou omítkou Weber pas extra clean tl. 5 mm, která má nízký faktor difuzního odporu a zároveň velmi málo propouští vodu. Tato skladba je totožná s novou skladbou vnější stěny z detailu A.

U soklové stěny použijeme stejnou omítku, jako u minulé skladby. V původním detailu také není zakresleno lepidlo nebo kotvící prvek pro kontaktní zateplení. Použijeme stejné lepidlo jako v minulé skladbě.

Skladbu zvýšené podlahy upravíme tak, aby součinitel prostupu tepla splňoval požadované hodnoty pro ploché střechy  $U_{\text{N},20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a to z důvodu provětrávání. Do podlahy použijeme méně tepelné izolace, aby EPS vložky měly největší tepelný odpor a v podlaze nedocházelo ke kondenzaci.

Tab. 24: Posouzení nové skladby vnější stěny u detailu C

Obvodová stěna (i-e):

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Cemix sádrová omítka	0,015	0,550	0,027
Porotherm 30 Profi	0,300	0,175	1,714
Stěrkový tmel QWARTZ	0,005	3,000	0,002
Tep. izol. EPS	0,080	0,038	2,105
Stěrkový tmel QWARTZ	0,003	0,300	0,010
Weber pas podklad UNI	0,000	0,700	0,000
Weber pas ex. clean sil. omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 3,862 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = 0,248 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu:

$$U_{\text{rec},20} = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{st}} = 0,248 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$



Tab. 25: Posouzení nové skladby soklové stěny u detailu C

Soklová stěna (i-e):

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Název vrstvy:	$d_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/mK]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]
Betonový základ	0,300	1,000	0,400
Stěrkový tmel QWARTZ	0,005	0,300	0,002
Tep. izol. XPS	0,070	0,033	2,727
Stěrkový tmel QWARTZ	0,003	0,300	0,010
Weber pas podklad UNI	0,000	0,700	0,000
Weber pas ex. clean silikonová omítka	0,002	0,600	0,003

$$\Sigma R_i = 2,451 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = 0,376 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Skladba základové konstrukce je upravena tak, aby byl splněn požadavek na součinitel prostupu tepla  $U_{N,20}$  pro plochou střechu a to kvůli vlivu provětrávání vzduchové mezery. Hodnota součinitele je převzata z výpočtu v Area 2015, který je součástí příloh. Skladba se liší pouze výškou tepelné/kročejové izolace. Stávajících 140 mm je nahrazeno 30 mm izolace s použitím EPS tvarovek S240-20. Důvodem je, aby EPS tvarovky měly několikanásobně větší tepelný odpor než kročejová izolace v podlaze a nedocházelo ke kondenzaci.

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro plochou střechu:

$$U_{N,20} = 0,240 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{str} = 0,211 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$









Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Na konci modelového roku je detail suchý. Během roku dochází k akumulaci kondenzátu. Nejvíce kondenzátu v konstrukci je v měsíci únoru.**

**$M_{C,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2\text{a} < M_a = 0,003 \text{ kg/m}^2\text{a}$  ... Požadavek je splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

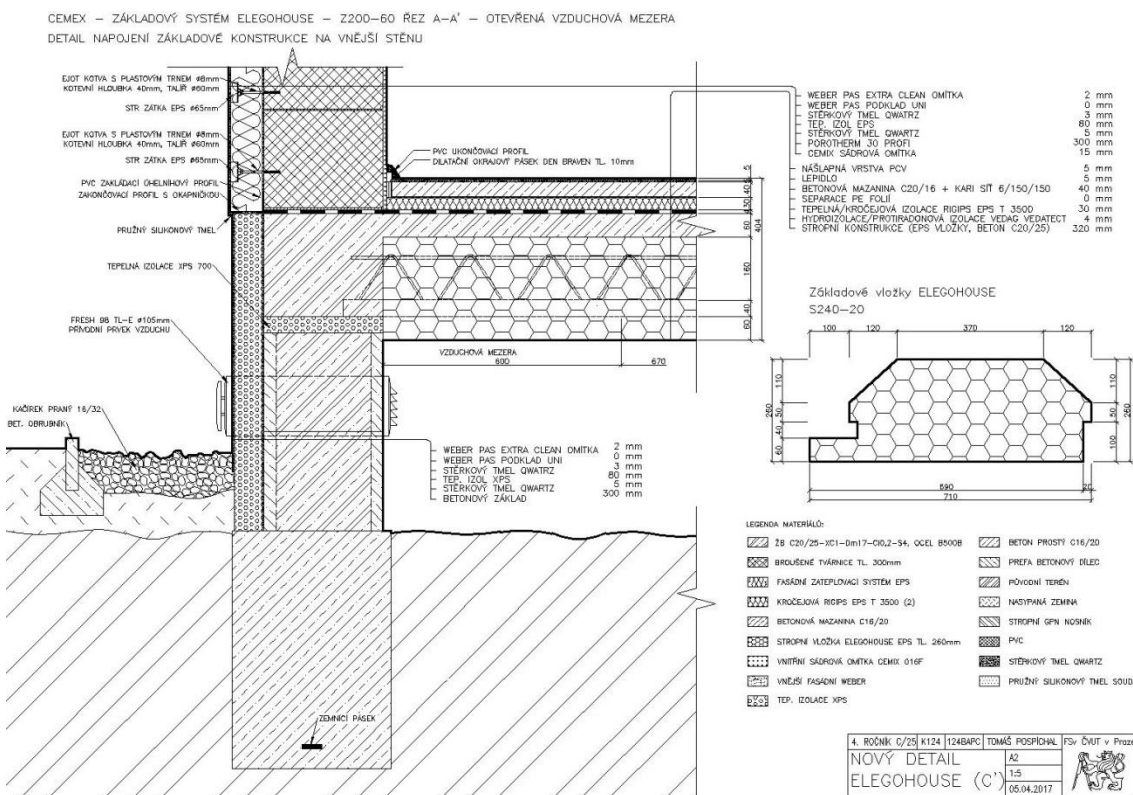
Ke kondenzaci dochází od prosince do února v EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000 \text{ kg/m}$ .

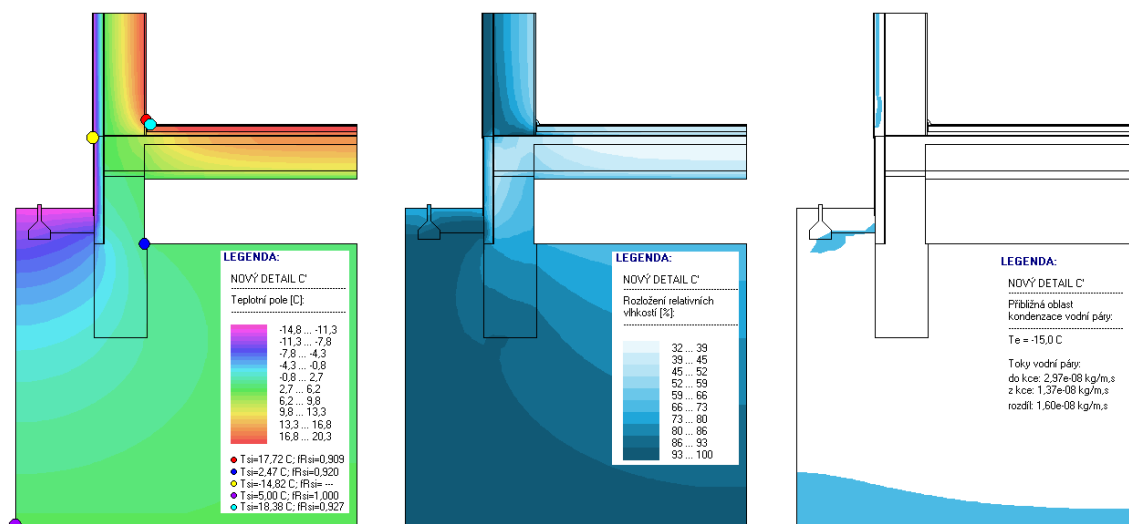
Suchými měsíci jsou duben až listopad. V březnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,003 \text{ kg/m}$ .

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na  $1 \text{ m}^2$  nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{C,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2$ . Požadavek je splněn.**



Obr. 32: Nový detail Elegohouse (C) – náhled



Obr. 33: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (C)

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,909 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od prosince do března v EPS deskách ve vnějším zateplovacím systému.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000 \text{ kg/m}$ .

Suchými měsíci jsou duben až listopad. V březnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,011 \text{ kg/m}$ .

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na  $1 \text{ m}^2$  nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2$ . Požadavek je splněn.**

### Další úpravy:

Zakládací hliníkový profil výrazně ovlivňuje tepelné toky v detailu. Můžeme ho nahradit jiným kovovým profilem, který bychom kotvili pouze lokálně. Využijeme ale zakládací sadu ETICS, která se skládá ze zakládacího úhelníkového profilu z PVC s výztužnou sítovinou a ze zakončovacího profilu s okapničkou a tkaninou pod omítku. Tyto profily spolu nejsou v kontaktu, prostor pod EPS je přestěrkován lepicí hmotou. Tento systém také vyhověl zkoušce podle ČSN ISO 13785-1 a vyhovuje požadavkům dle ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb.



U minulého detailu byla hydroizolační vrstva přetažena přes XPS soklové zateplení. Nyní bude SBS zakončen na okraji stropní desky.

Okraj spáry mezi XPS a EPS bude zatmelen pružným silikonovým tmelem. Nopová folie, která má sloužit jako ochranná vrstva XPS, nebude použita.

## 6.5 Původní detail Elegohouse (D, D')

### 6.5.1 Skladby

Na detailu D, D' můžeme vidět napojení vnitřní stěny na základovou konstrukci. Posouzení skladeb základové konstrukce je součástí příloh. Každá ze skladeb se liší pouze druhem použitých EPS tvarovek.

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

- a) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S180–20 tl. 200mm:

$$U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

- b) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S240–20 tl. 260mm:

$$U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,125 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

- c) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S400–20 tl. 420mm:

$$U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

- a) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S180–20 tl. 200mm:

$$U_{\text{rec},20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

- b) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S240–20 tl. 260mm:

$$U_{\text{rec},20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,125 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

- c) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S400–20 tl. 420mm:

$$U_{\text{rec},20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Vnitřní stěna Porotherm 30 Profi:

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně:



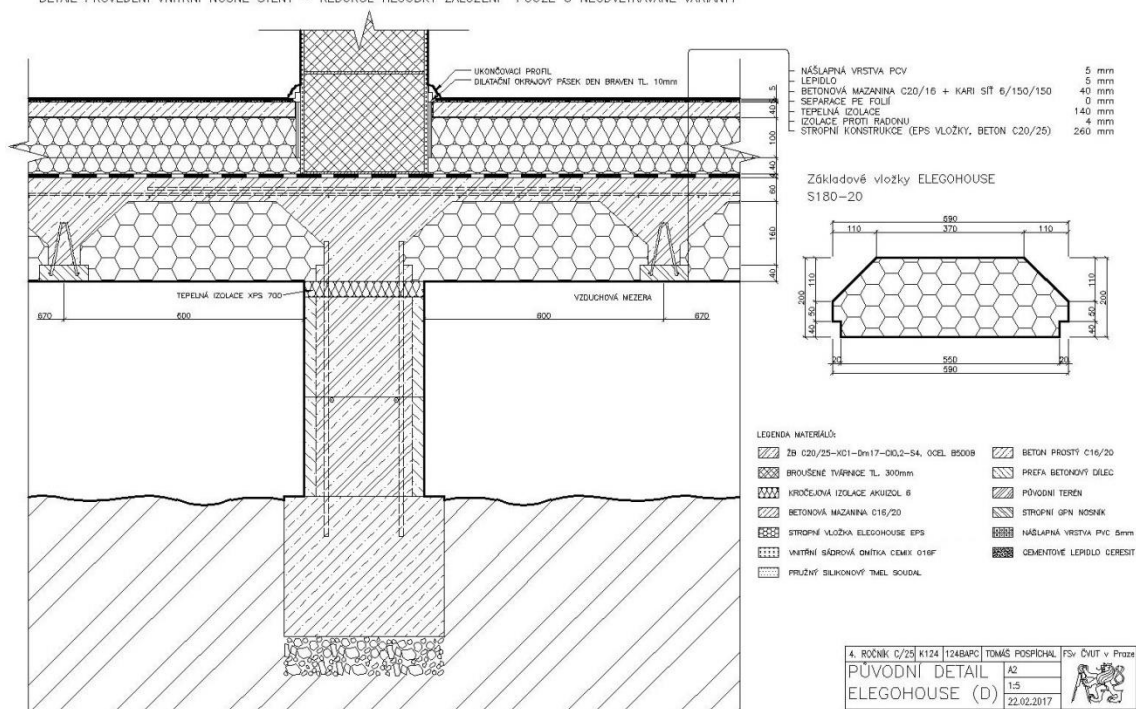
$U_{N,20} = 1,300 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{st} = 0,500 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně:

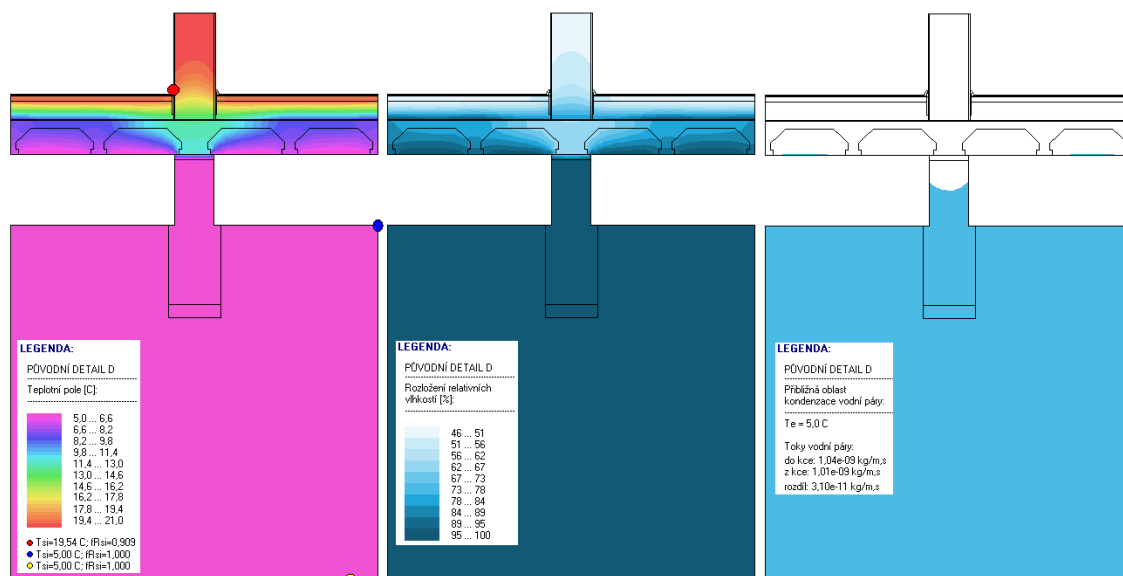
$U_{N,20} = 0,900 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{st} = 0,500 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.

## 6.5.2 Detail s tvarovkami S180-20

CEMEX – ZÁKLADOVÝ SYSTÉM ELEGOHOUSE – Z200-0 REZ A-A' – UZAVŘENÁ VZDUCHOVÁ MEZERA  
DETAIL PROVEDENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY – REDUKCE HLoubKY ZALOŽENÍ POUZE U NEODVĚTRÁVANÉ VARIANTY



Obr. 34: Původní detail Elegohouse (D) s tvarovkami S180-20 – náhled



Obr. 35: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D) s vložkami S180–20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,909 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází po celý rok v EPS vložkách.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,110 \text{ kg/m}$ .

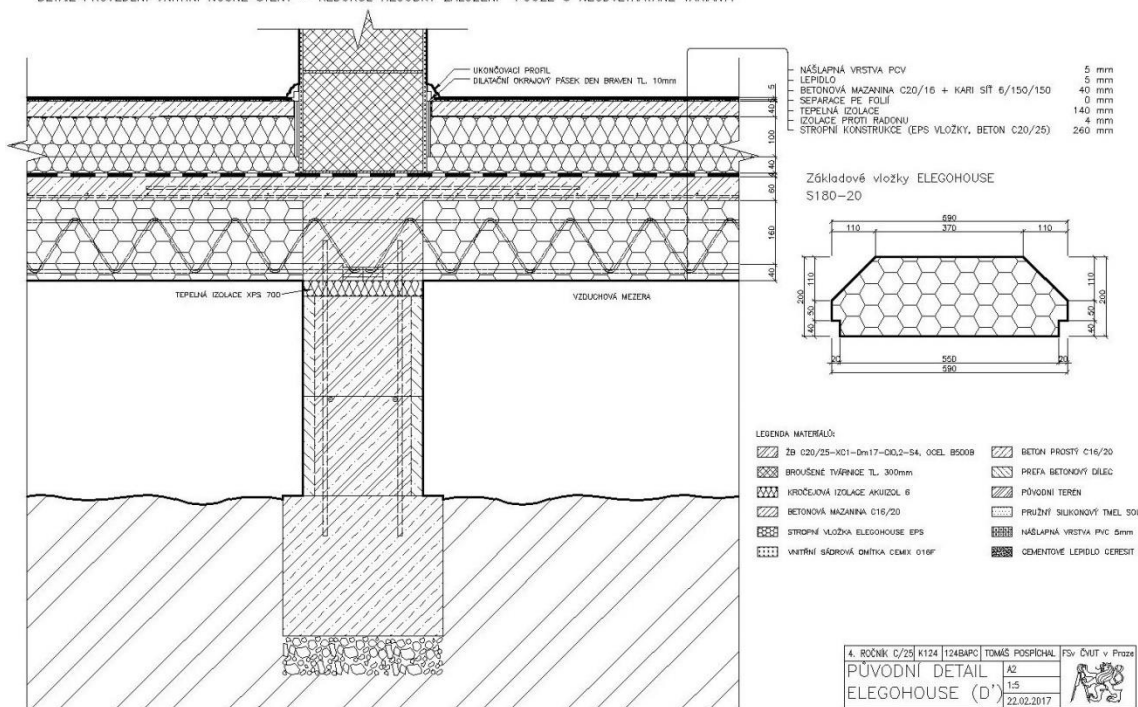
Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,110 \text{ kg/m}$ .

**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**

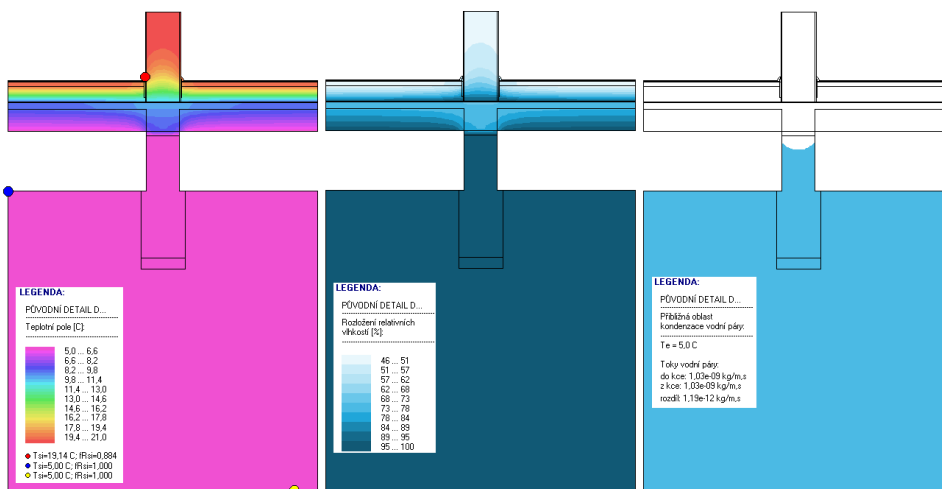


## Tepelně vlhkoštní analýza skladeb a detailů systému Elegohouse

CEMEX – ZÁKLADOVÝ SYSTÉM ELEGOHOUSE – Z200-0 ŘEZ B-B' – UZAVŘENÁ VZDUCHOVÁ MEZERA  
 DETAIL PROVEDENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY – REDUKCE HLoubKY ZALOŽENÍ POUZE U NEODVĚTRÁVANÉ VARIANTY



*Obr. 36: Původní detail Elegohouse (D') s tvarovkami S180-20 – náhled*



*Obr. 37: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D') s vložkami S180-20*

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

**$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,884 [-] \dots$  Požadavek je splněn.**



Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

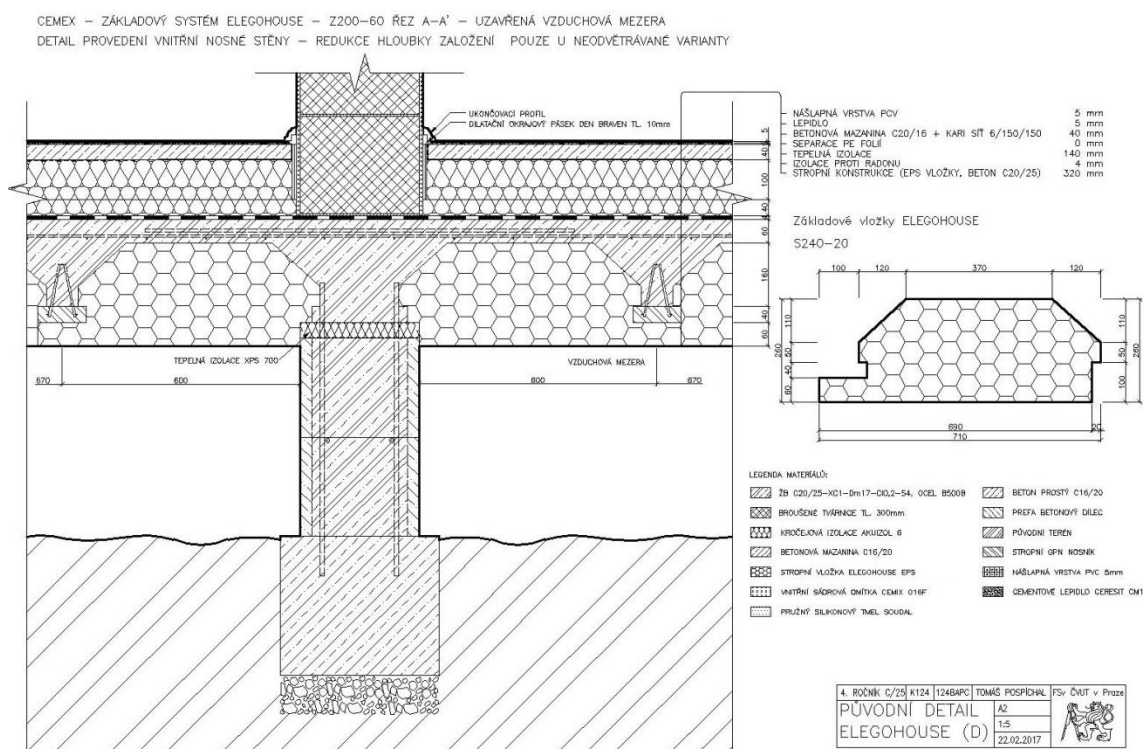
Ke kondenzaci dochází po celý rok v EPS vložkách.

Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,266 \text{ kg/m}$ .

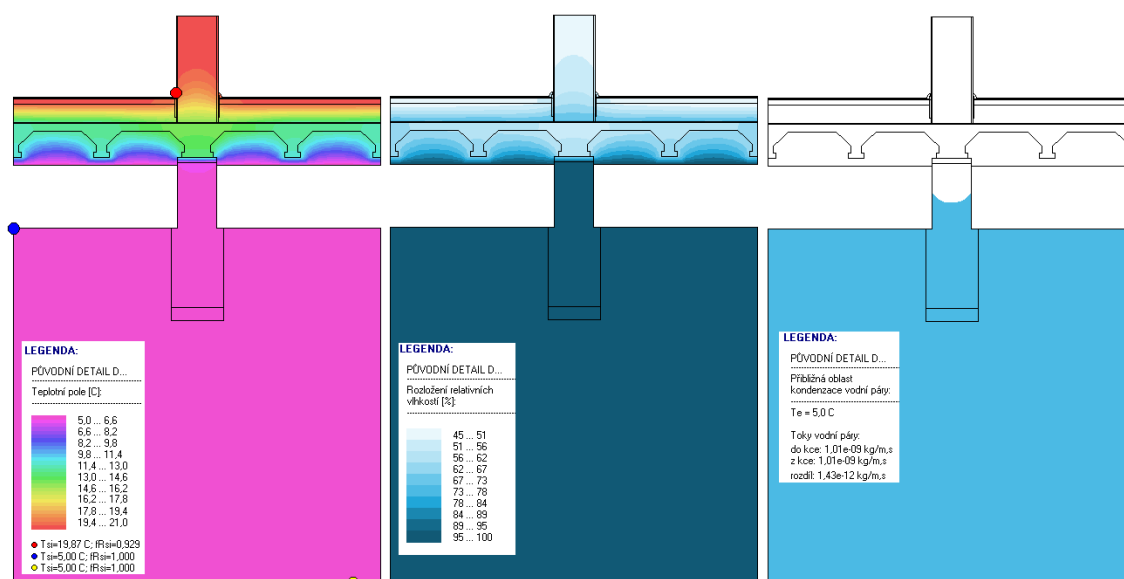
Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,266 \text{ kg/m}$ .

**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**

### 6.5.3 Detail s tvarovkami S240-20



Obr. 38: Původní detail Elegohouse (D) s tvarovkami S240-20 – náhled



Obr. 39: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D) s vložkami S240-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,929 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

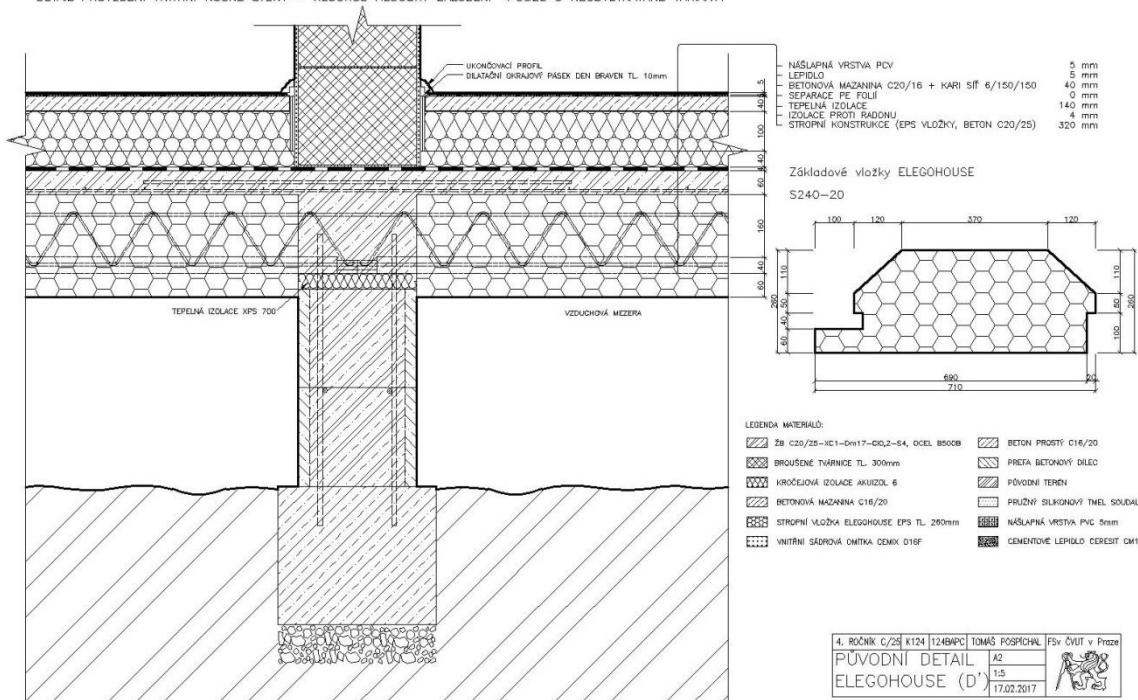
**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . **Požadavek je splněn.**

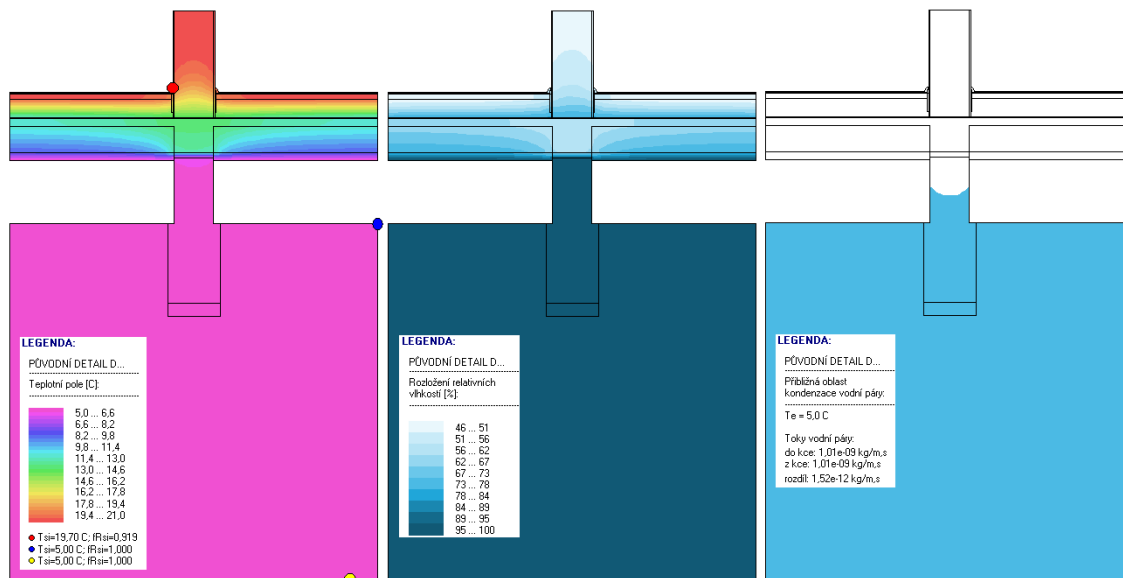




CEMEX – ZÁKLADOVÝ SYSTÉM ELEGOHOUSE – Z200–60 ŘEZ B–B' – UZAVŘENÁ VZDUCHOVÁ MEZERA  
 DETAIL PROVEDENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY – REDUKCE HLUBOKY ZALOŽENÍ POUZE U NEODVĚTRÁVANÉ VARIANTY



Obr. 40: Původní detail Elegohouse (D') s tvarovkami S240–20 – náhled



Obr. 41: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D') s vložkami S240–20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,919 [-] \dots$  Požadavek je splněn.



Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

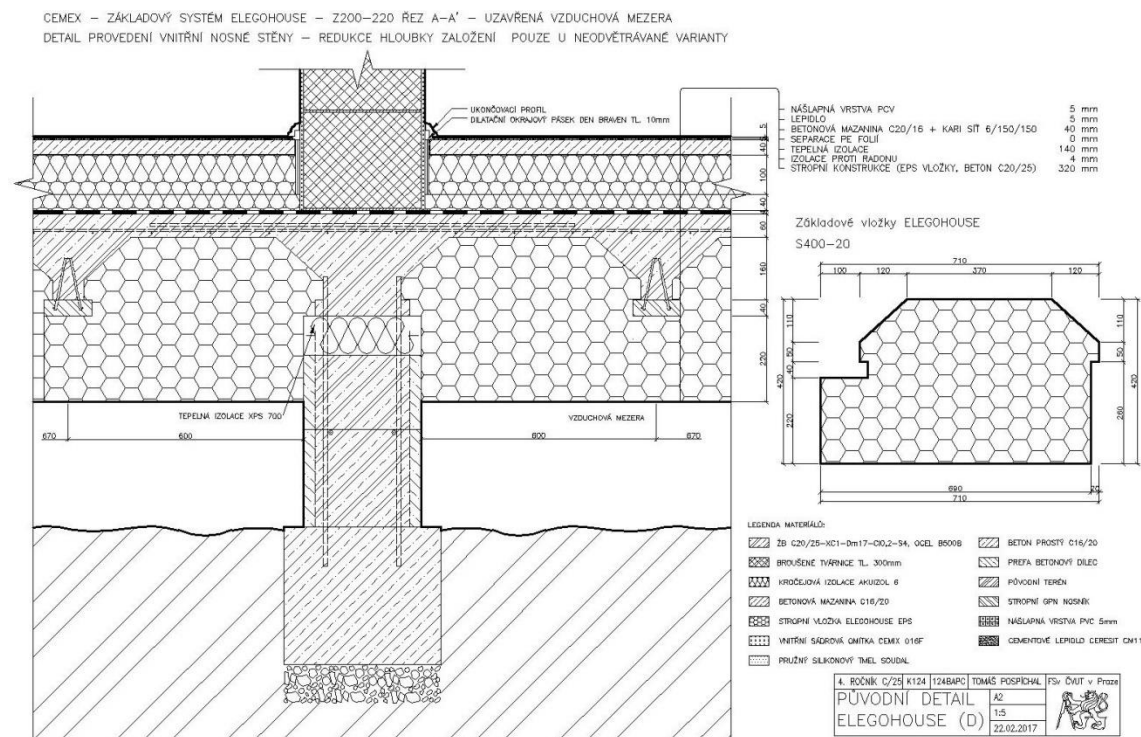
Ke kondenzaci dochází po celý rok v EPS vložkách.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,006 \text{ kg/m}$ .

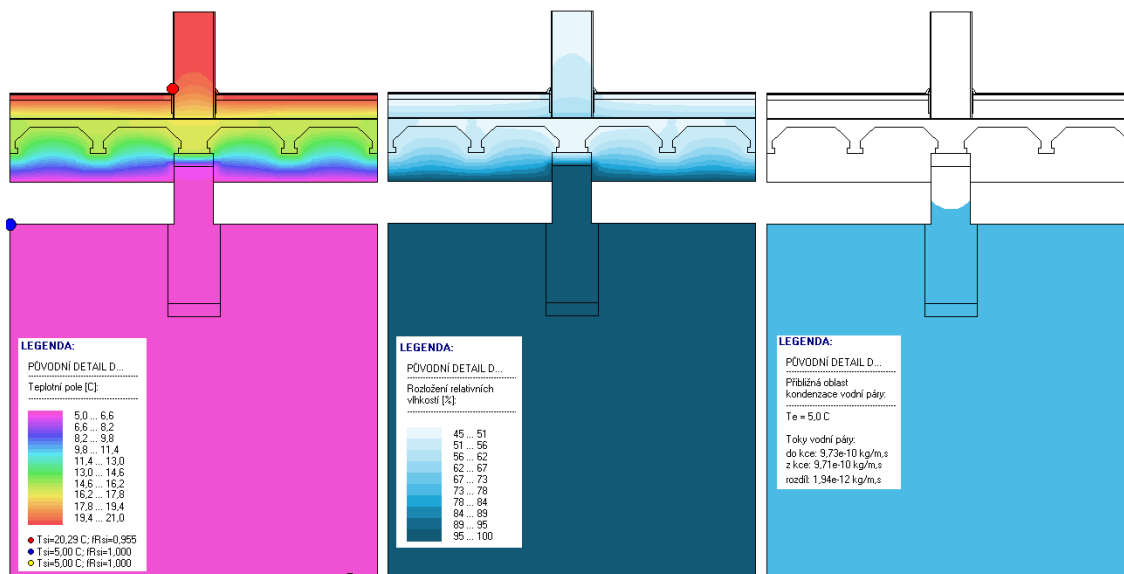
Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,006 \text{ kg/m}$ .

**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**

### 6.5.4 Detail s tvarovkami S400-20



Obr. 42: Původní detail Elegohouse (D) s tvarovkami S400-20 – náhled



Obr. 43: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D) s vložkami S400-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,955 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

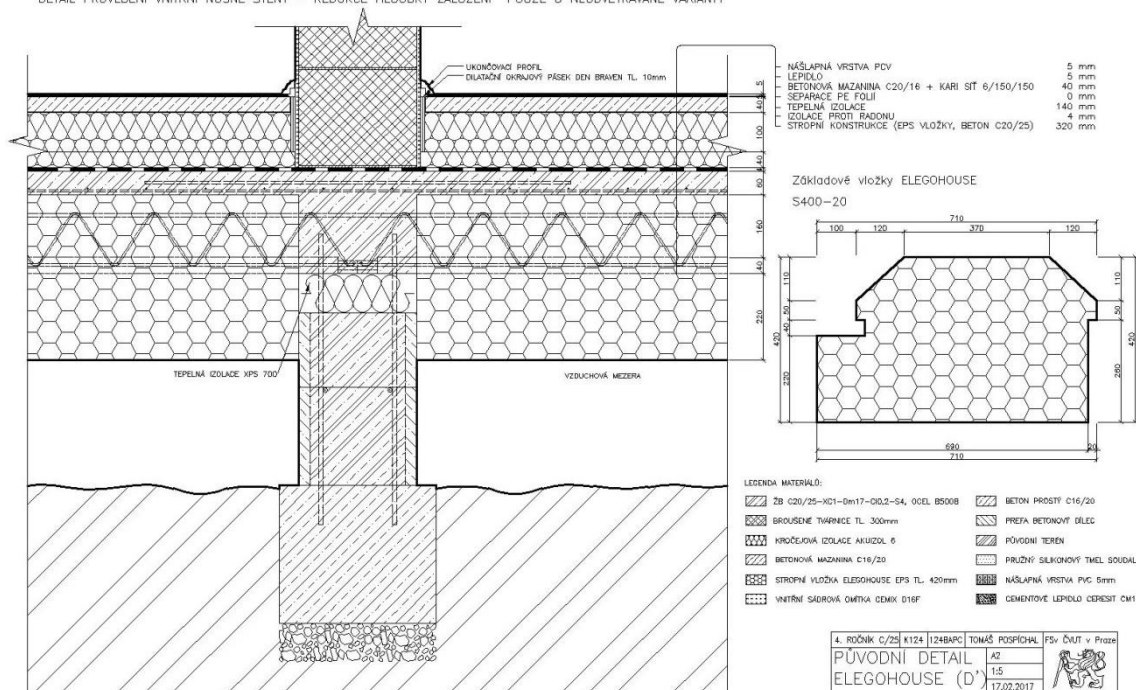
**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . **Požadavek je splněn.**

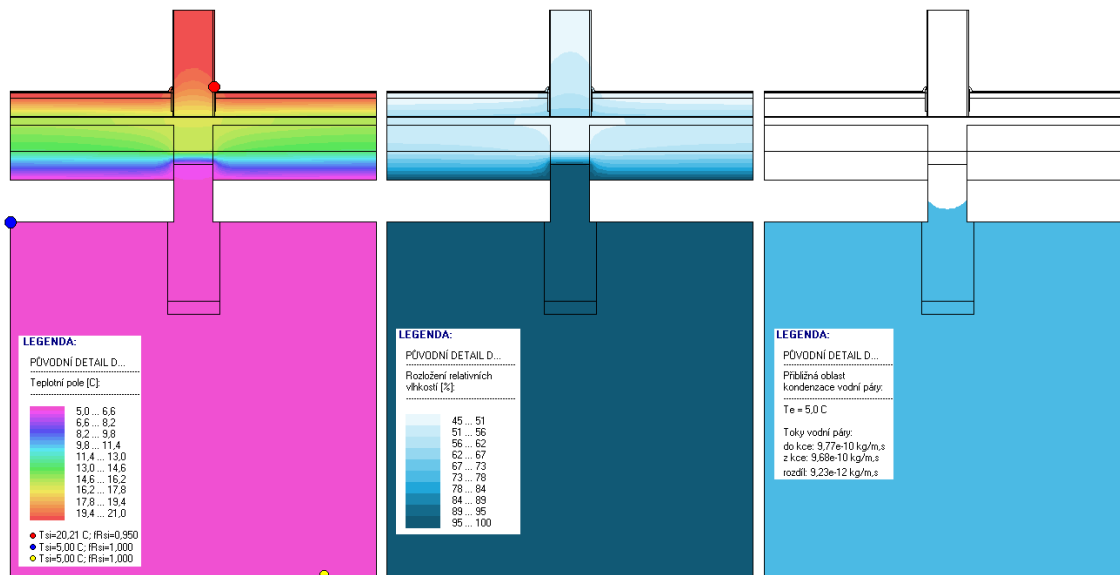


## Tepelně vlhkoštní analýza skladeb a detailů systému Elegohouse

CEMEX – ZÁKLADOVÝ SYSTÉM ELEGOHOUSE – Z200–220 ŘEZ B–B' – UZÁVĚRNÁ VZDUCHOVÁ MEZERA  
 DETAIL PROVEDENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY – REDUKCE HLUBOKY ZALOŽENÍ POUZE U NEODVĚTRÁVĚNÉ VARIANTY



*Obr. 44: Původní detail Elegohouse (D') s tvarovkami S400–20 – náhled*



*Obr. 45: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D') s vložkami S400–20*

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

**$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,950 [-] \dots$  Požadavek je splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

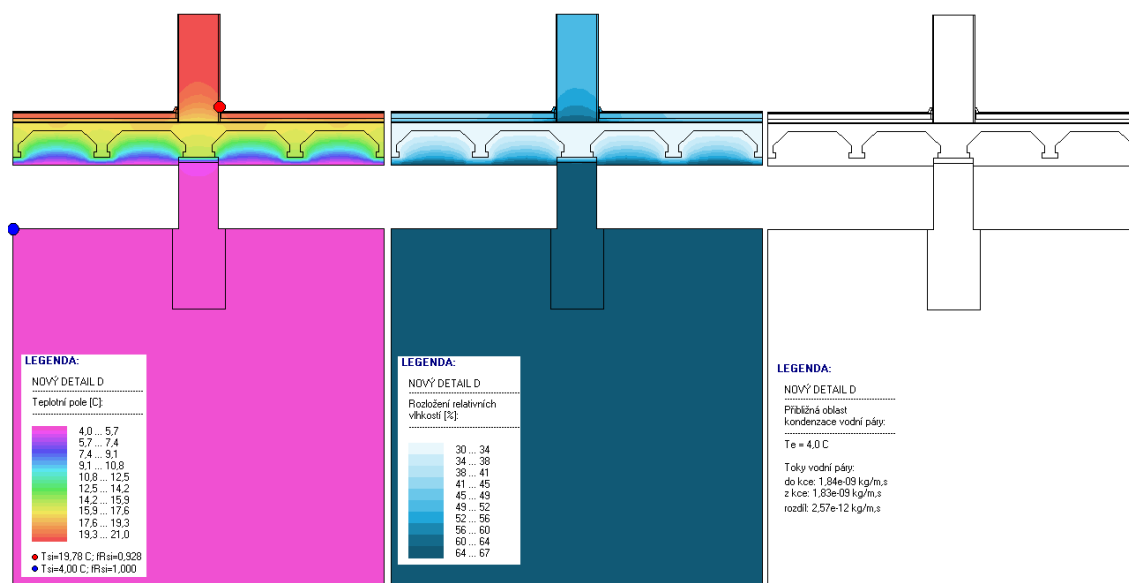
Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5\text{ °C}$ . **Požadavek je splněn.**

## 6.6 Optimalizace detailu Elegohouse (D, D')

Jedinou změnou je skladba podlahy, která je stejná jako v kapitole 6.4.

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro plochou střechu:

$U_{N,20} = 0,240\text{ W/m}^2\text{K} < U_{str} = 0,211\text{ W/m}^2\text{K} \dots$  **Požadavek je splněn.**



Obr. 46: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový det. (D)

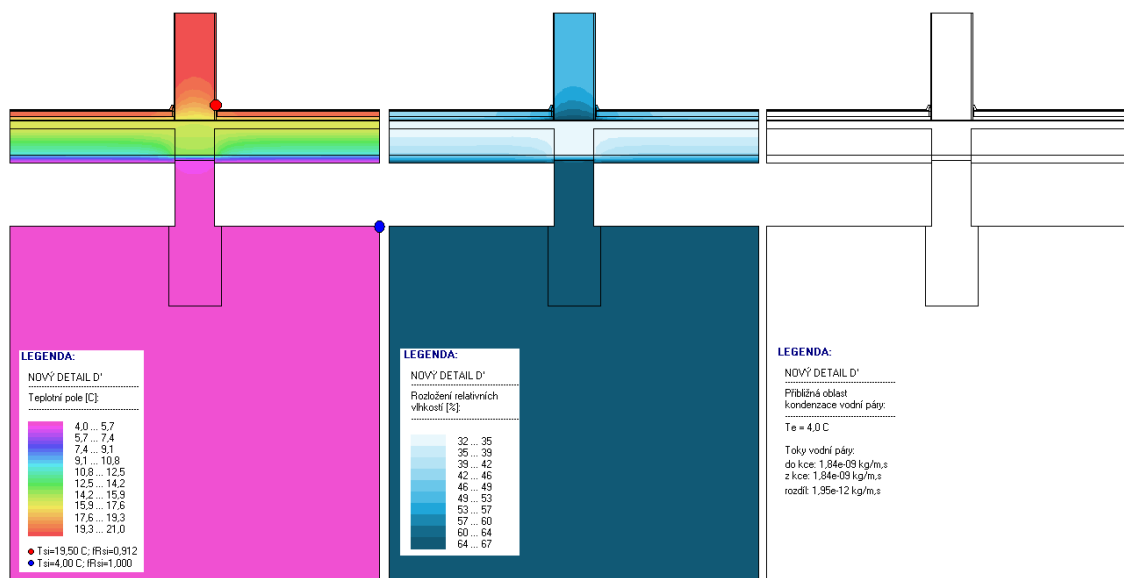
Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,928 [-] \dots$  **Požadavek je splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

**Požadavek je splněn.**



Obr. 47: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový det. (D')

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,912 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

**Požadavek je splněn.**

## 6.7 Původní detail Elegohouse (E, E')

Na detailu E můžeme vidět základovou konstrukci, která je v kontaktu se vzduchovou mezerou. Jedná se o stejné konstrukce jako u detailů C, C' a D, D'. Výrobce nabízí 3 varianty provedení, lišící se typem vložek. Jako první jsou ověřeny požadavky na součinitel prostupu tepla. Součinitelé jsou vypočítány v programu Area 2015, protokoly s výpočtem se nacházejí v příloze. Další požadavky se nacházejí v podkapitolách daných detailů. Posouzení se týká pouze skladby z detailu D, betonový základ a latě podpírající stropní konstrukci nebyly ve výpočtu uvažovány. Jedná se totiž jen o pomocnou konstrukci, která má za úkol podpírat strop před zmonolitněním a nebude mít vliv na posouzení.

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

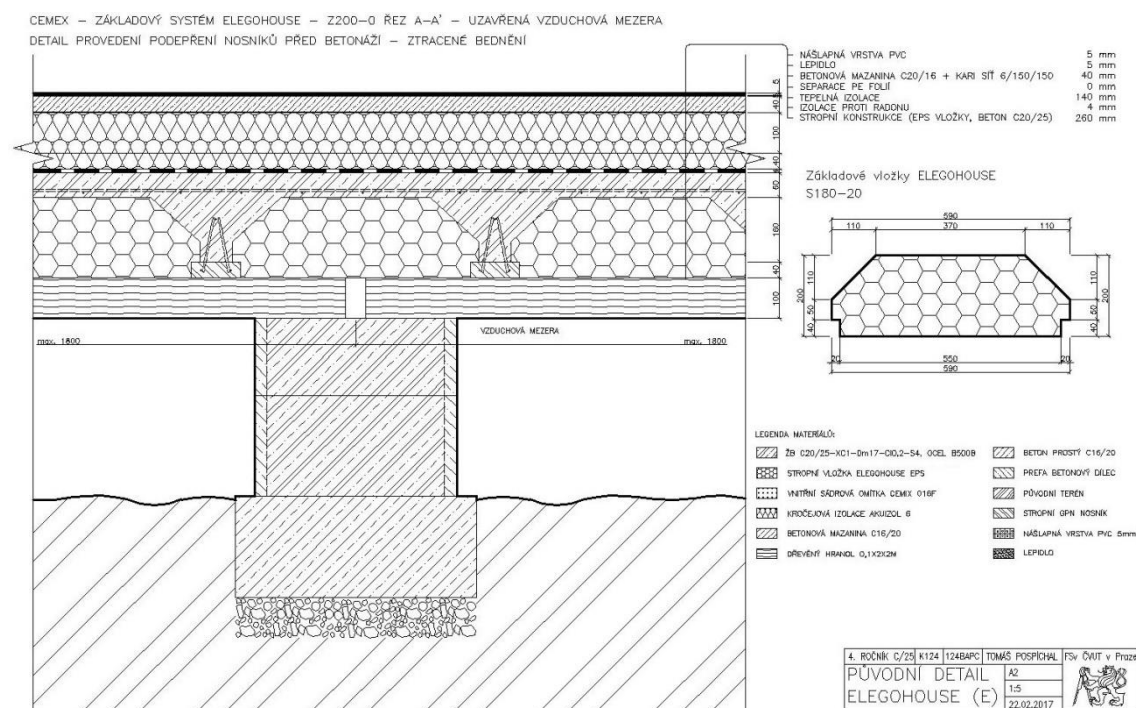


- a) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S180–20 tl. 200mm:  
 $U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.
- b) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S240–20 tl. 260mm:  
 $U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,125 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.
- c) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S400–20 tl. 420mm:  
 $U_{N,20} = 0,600 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.

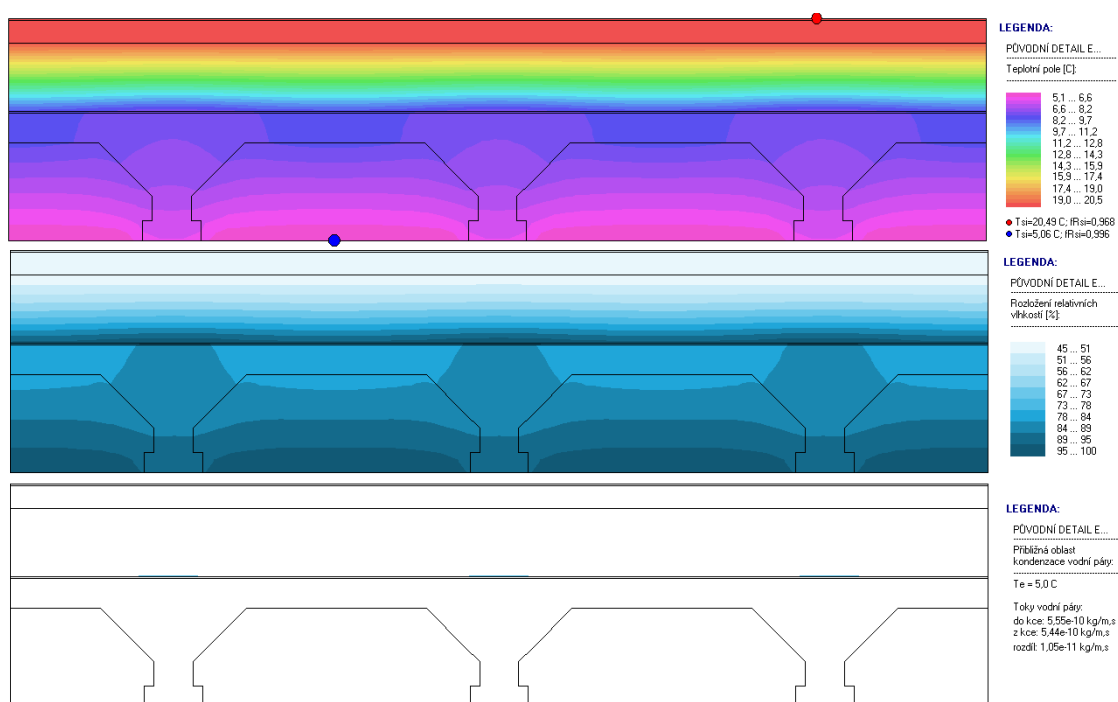
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru:

- d) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S180–20 tl. 200mm:  
 $U_{\text{rec},20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,184 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.
- e) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S240–20 tl. 260mm:  
 $U_{\text{rec},20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,125 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.
- f) pro základovou konstrukci s použitím tvarovek S400–20 tl. 420mm:  
 $U_{\text{rec},20} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{str}} = 0,081 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.

### 6.7.1 Základová konstrukce s EPS tvarovkami S180–20



Obr. 48: Původní detail Elegohouse (E) s tvarovkami S180–20 – náhled



Obr. 49: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S180-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,968 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

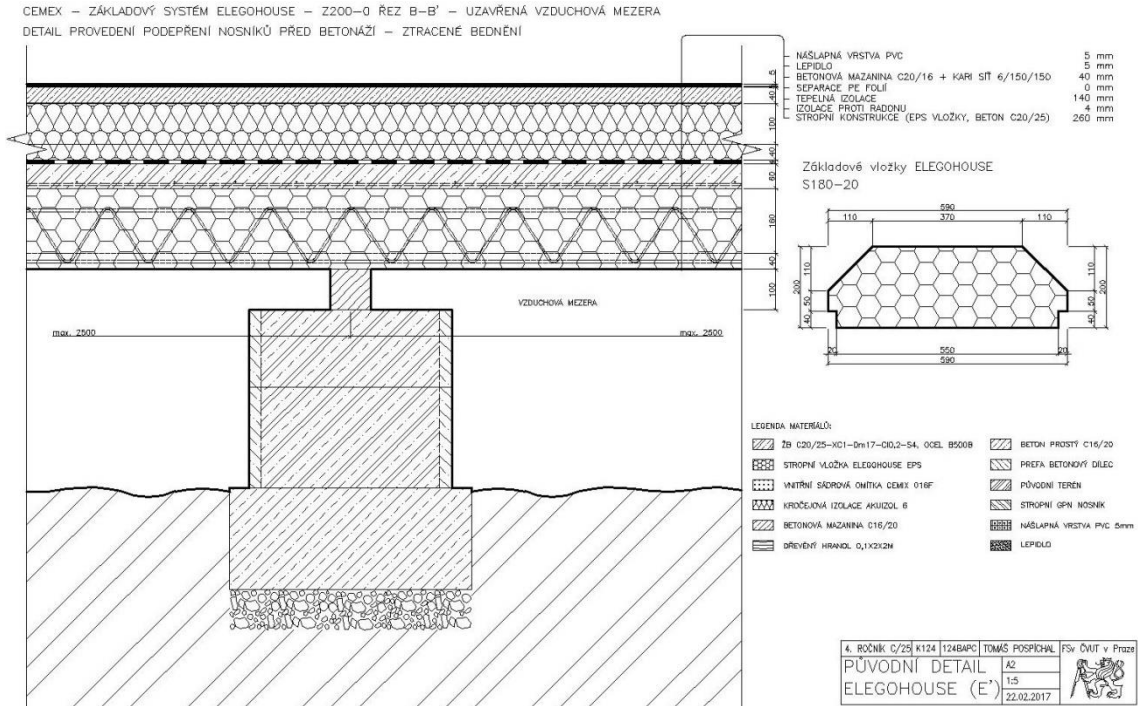
Ke kondenzaci dochází po celý rok v EPS vložkách.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,029$  kg/m.

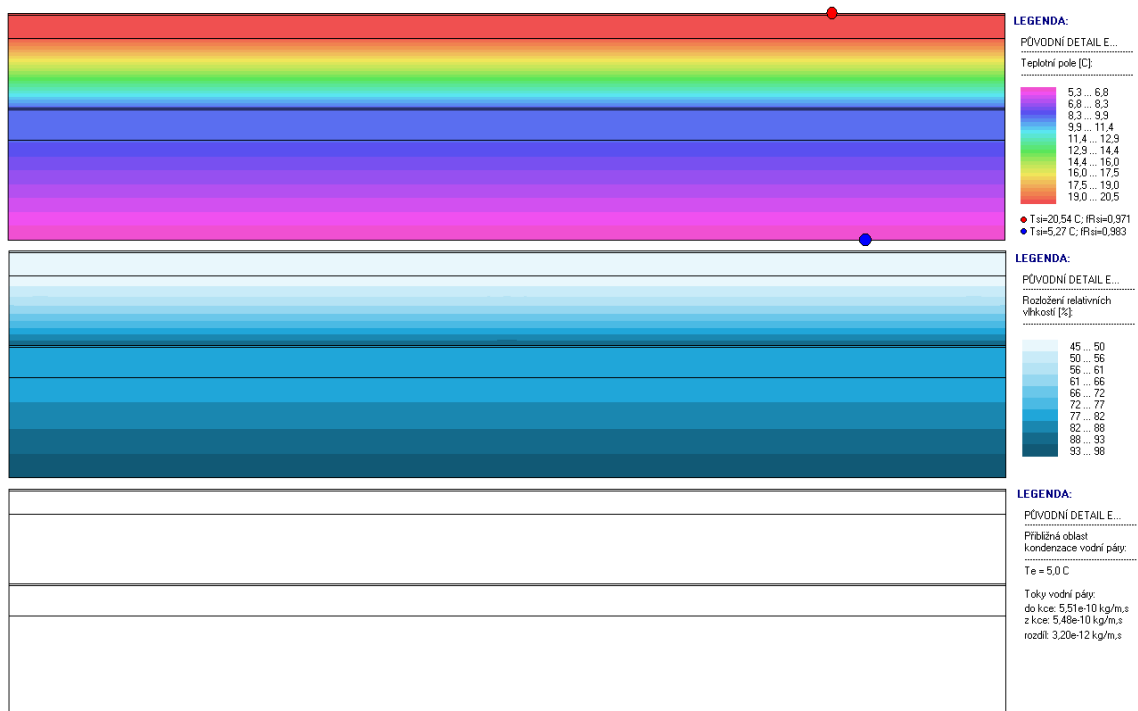
Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,029$  kg/m.

**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**





Obr. 50: Původní detail Elegohouse (E') s tvarovkami S180-20 – náhled



Obr. 51: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S180-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,971 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

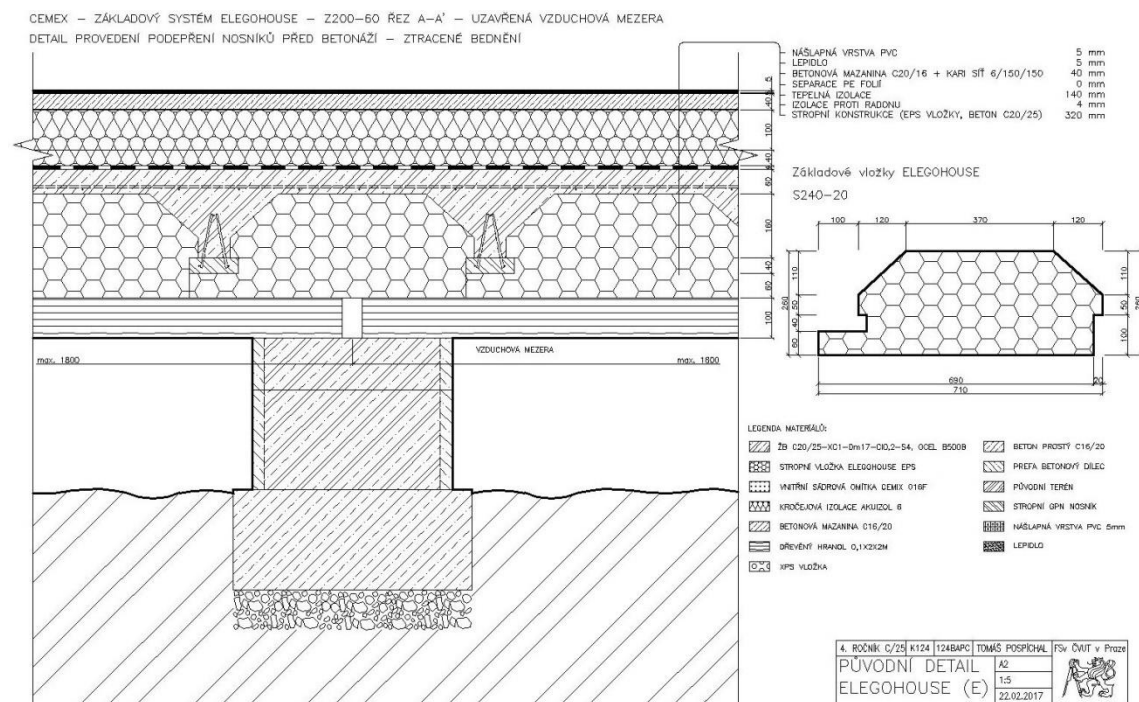
Ke kondenzaci dochází po celý rok v EPS vložkách.

Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,017 \text{ kg/m}$ .

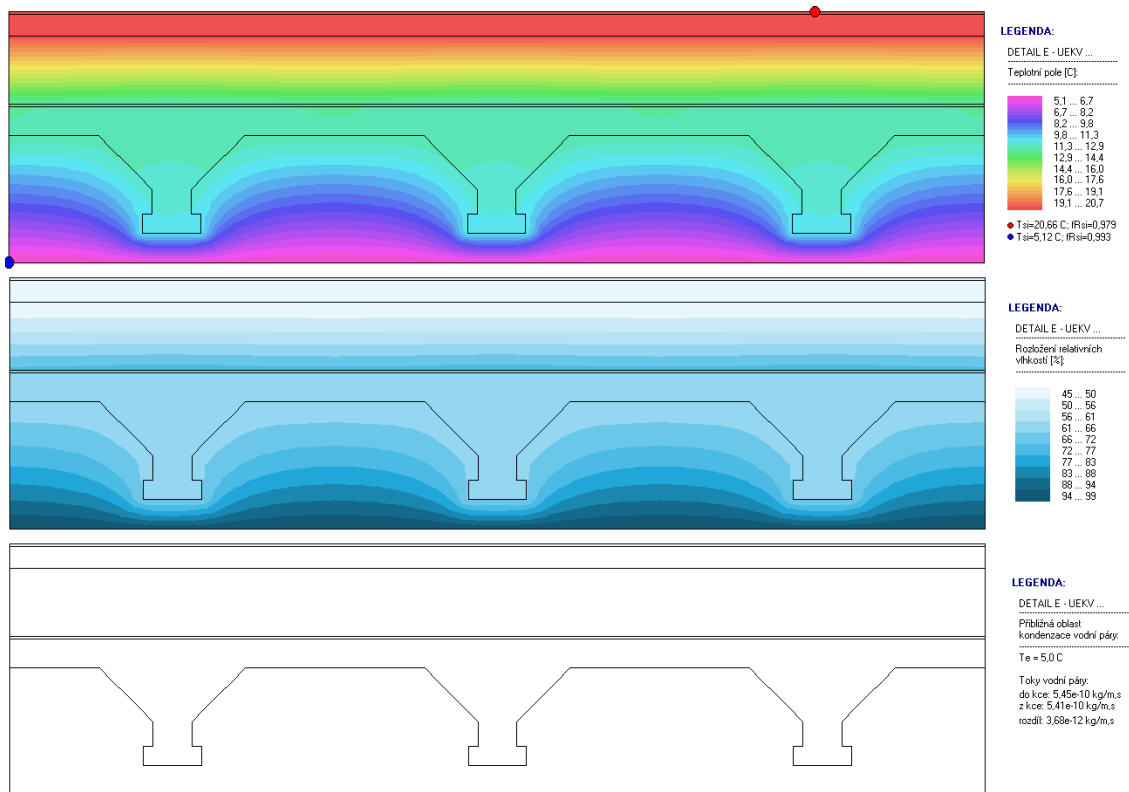
Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,017 \text{ kg/m}$ .

**Na konci modelového roku je detail stále vlhký. Požadavek není splněn.**

### 6.7.2 Základová konstrukce s EPS tvarovkami S240-20



Obr. 52: Původní detail Elegohouse (E) s tvarovkami S240-20 – náhled



Obr. 53: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S240-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

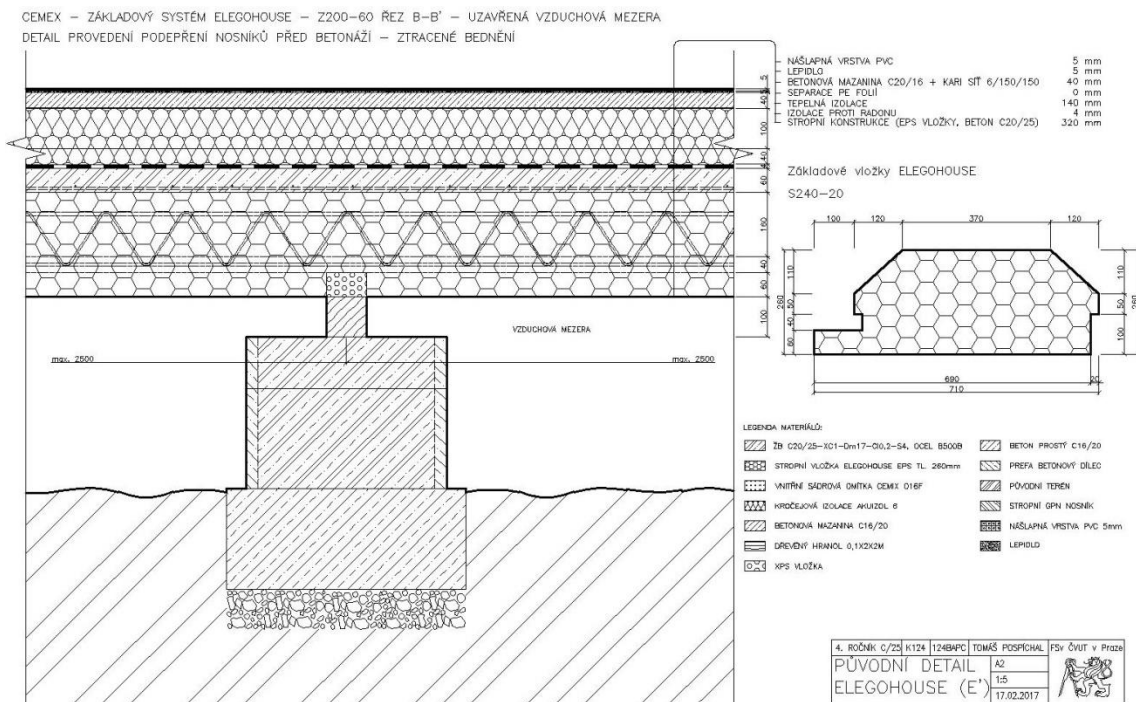
**$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,979 [-] \dots$  Požadavek je splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5\text{ °C}$ . **Požadavek je splněn.**



Obr. 54: Původní detail Elegohouse (E') s tvarovkami S240–20 – náhled



Obr. 55: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S240–20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

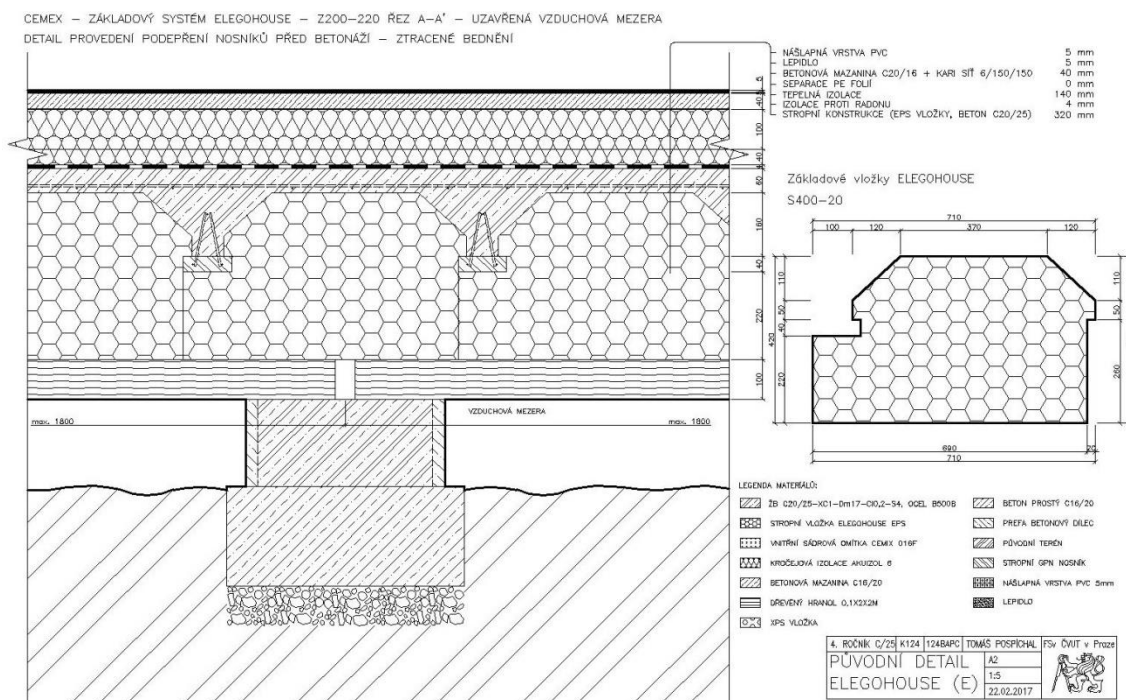
$$f_{R_{si,cr}} = 0,793 [-] < f_{R_{si}} = 0,977 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

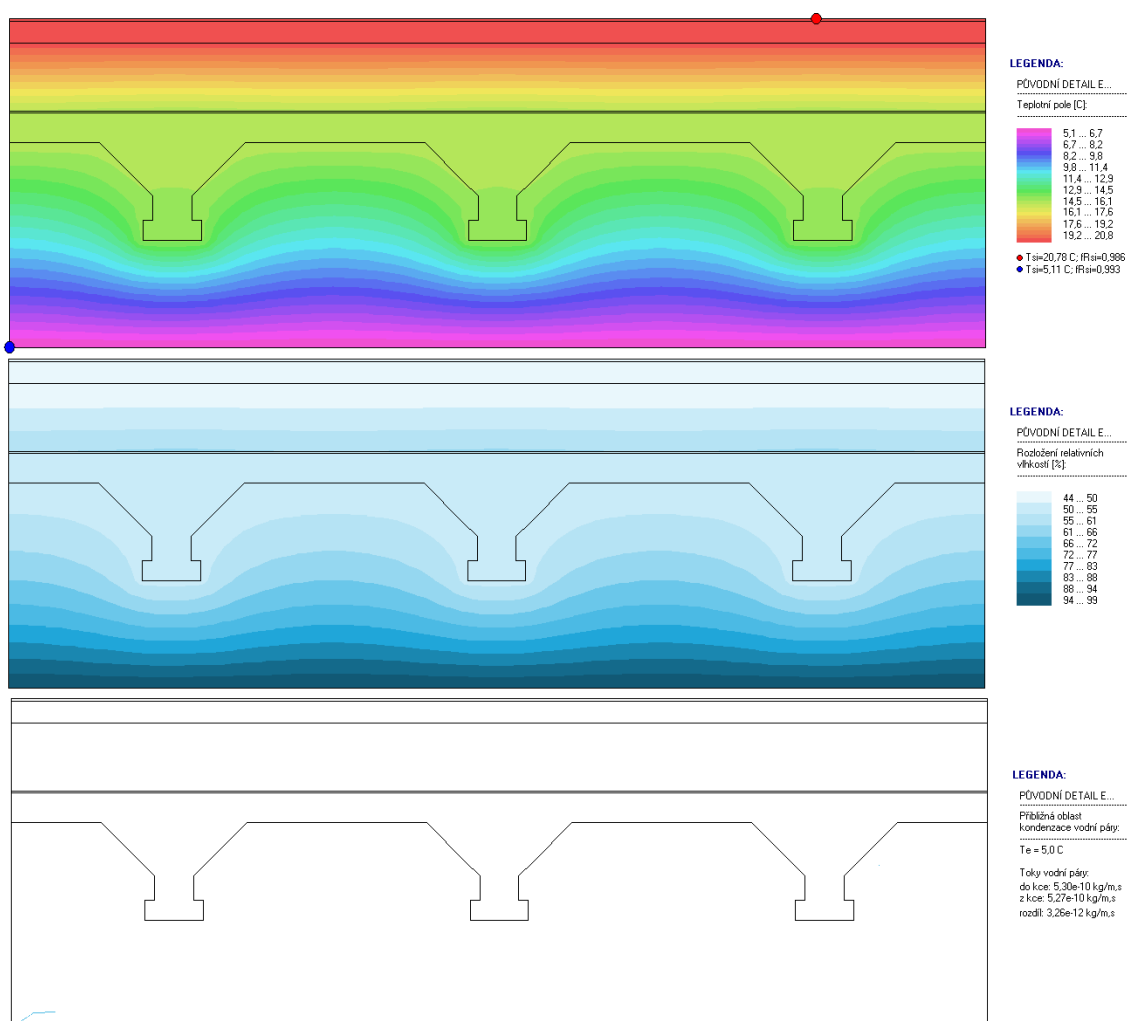
Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . **Požadavek je splněn.**

### 6.7.3 Základová konstrukce s EPS tvarovkami S400-20



Obr. 56: Původní detail Elegohouse (E) s tvarovkami S400-20 – náhled





Obr. 57: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S400-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,986 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

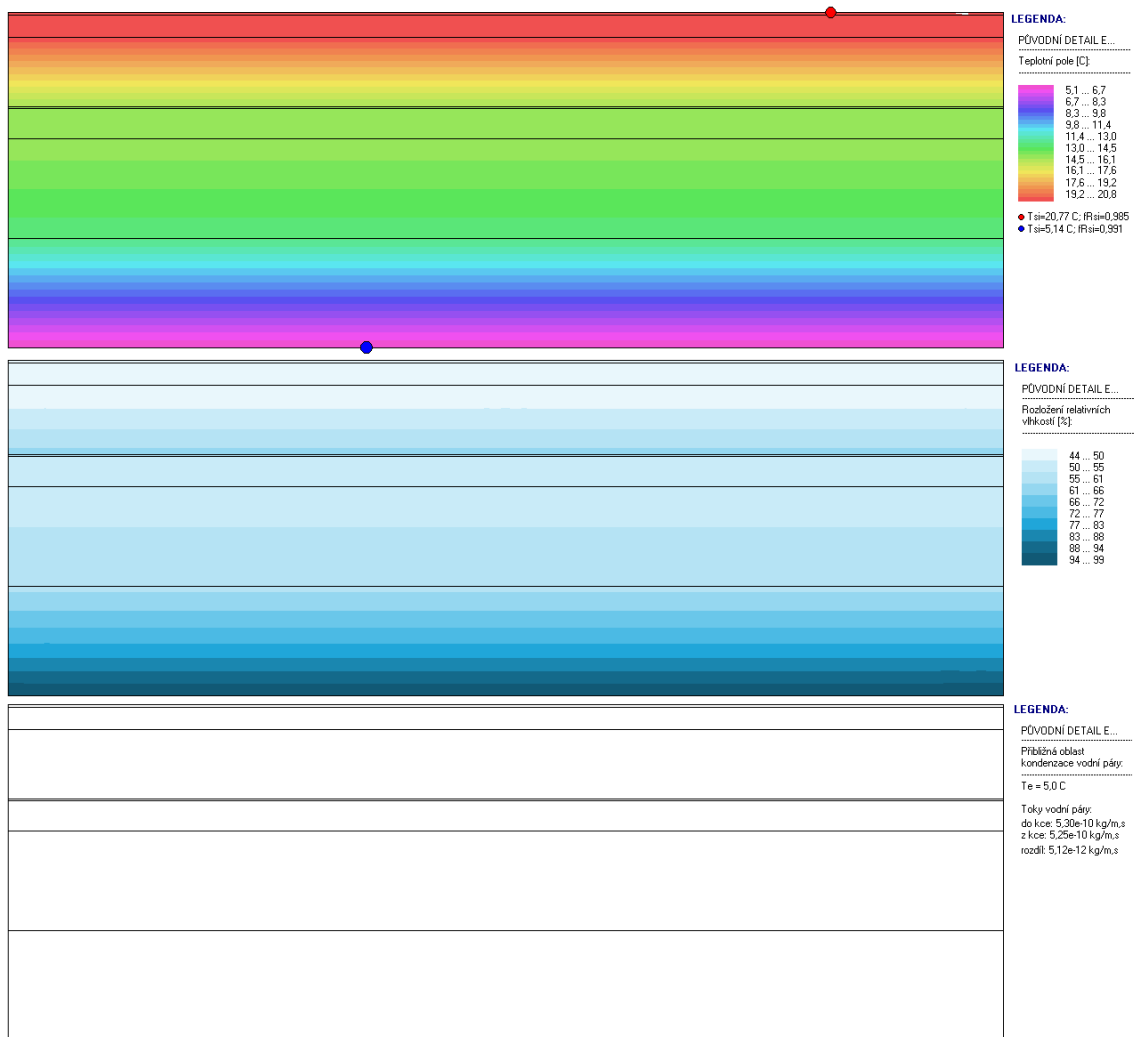
Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5 \text{ °C}$ . **Požadavek je splněn.**







Obr. 59: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S400-20

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,985 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

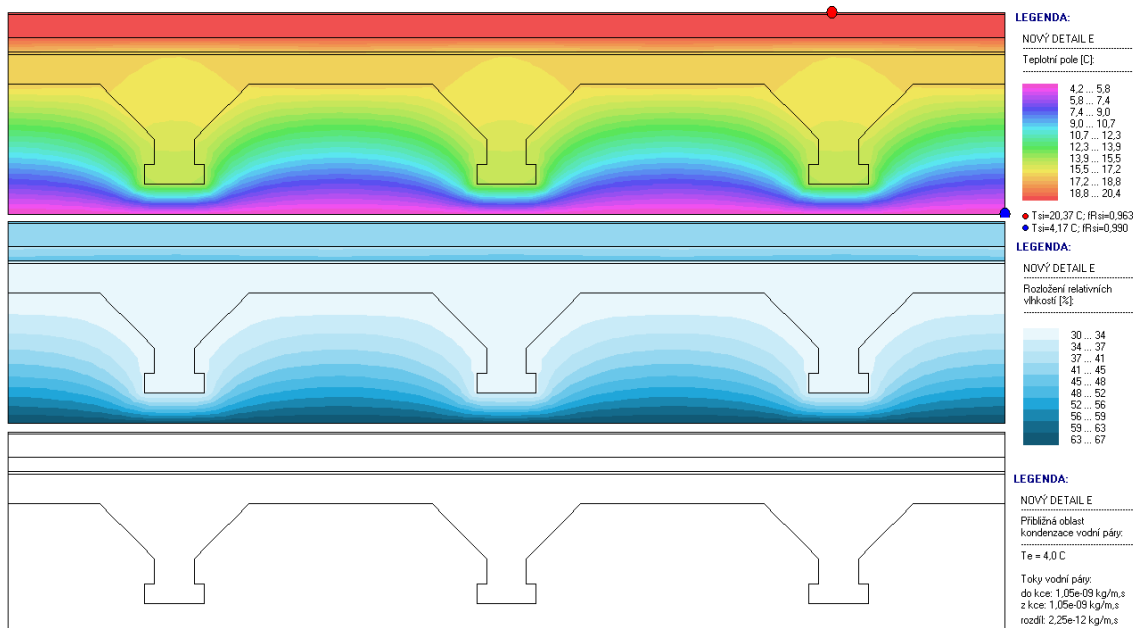
Ke kondenzaci dochází pouze v extrémních návrhových podmínkách v EPS vložkách při teplotě ve vzduchové dutině  $\Theta_m = 5 \text{ °C}$ . **Požadavek je splněn.**

## 6.8 Optimalizace detailu Elegohouse (E, E')

Změna skladby je stejná jako v kapitole 6.4.

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro plochou střechu:

$U_{N,20} = 0,240 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{str}} = 0,211 \text{ W/m}^2\text{K} \dots$  Požadavek je splněn.



Obr. 60: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kond. pro skladbu zvýš. podlahy

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,963 [-] \dots$  Požadavek je splněn.

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

**Požadavek je splněn.**



Obr. 61: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kond. pro skladbu zvýš. podlahy

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,959 [-] \dots$  Požadavek je splněn.

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

**Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.**

**Požadavek je splněn.**

## 6.9 Založení na XPS

U každého detailu základové konstrukce si můžeme všimnout, že stropní nosníky nejsou kladeny přímo na betonový základ, ale na vrstvu extrudovaného polystyrenu o různých tloušťkách z důvodu přerušení tepelných mostů. XPS tedy přebírá veškeré napětí od horní stavby. Je třeba ověřit, jakou tíhu je prvek schopen přenést a při jakém stlačení. Výrobce používá polystyreny s pevností v tlaku  $\sigma_n = 700$  kPa při stlačení 10%, to odpovídá tíze  $70$  t/m<sup>2</sup>. Základový pas z předchozích posudků je široký 300 mm, takže maximální zatížení z horní stavby musí činit 21 t/m' tj. 210 kN/m'. Následujícím orientačním výpočtem pro náš půdorys zjistíme, kolik pater by musel dům mít, abychom překročili návrhové



zatížení a nemohli XPS použít. Z užitného zatížení na střechu a zatížení sněhem uvažujeme pouze vyšší z obou hodnot.

Tab. 26: Přehled stálých zatížení

Veličina	l	w	h	n	$\rho$	V	m	$g_k$	$\gamma_k$	$g_d$
Jednotky	m	m	m	-	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg	kN/m'	-	kN/m'
Str. kce ŽB+EPS	3,6	1,0	0,2	8	900	0,86	180	<b>53,9</b>	1,35	<b>72,7</b>
Stěna Porotherm 30	1,0	0,3	2,8	7	850	0,83	701	<b>42,1</b>	1,35	<b>56,8</b>
Věnc + věncovka	1,0	0,3	0,3	8	2000	0,08	150	<b>10,5</b>	1,35	<b>14,2</b>
Stěna Por. 30 Profi - atika	1,0	0,3	0,8	1	850	0,23	191	<b>1,9</b>	1,35	<b>2,6</b>
Skladba podlahy odhad	3,6	1,0	0,1	7	1000	0,36	356	<b>21,4</b>	1,35	<b>28,9</b>
Skladba střechy odhad	3,6	1,0	0,3	1	1000	0,89	891	<b>8,9</b>	1,35	<b>12,0</b>
								<b>138,6</b>		<b>187,2</b>

Tab. 27: Přehled proměnných zatížení

Veličina	l	n	Výpočet	$q_k$	$\gamma_k$	$q_d$
Jednotky	m	-	kN/m <sup>2</sup>	kN/m'	-	kN/m'
Užitné v běžném podlaží	3,6	7	Kategorie A: $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$	<b>26,7</b>	1,5	<b>40,1</b>
Sníh	3,6	1	$\mu^*c_e^*c_t^*s_k = 0,8*1*1*1 = 0,8$	<b>2,9</b>	1,5	<b>4,3</b>
Vítr na střechu - tlak	3,6	1	$c_{pe10} = 0,51$	<b>1,8</b>	1,5	<b>2,7</b>
				<b>31,4</b>		<b>47,1</b>

**Celk. zatížení v patě stěny v 1NP v kN/m':** **170,0** **234,3**

Návrhového zatížení 210 kN/m' dosáhneme, pokud by budova měla 6 nadzemních podlaží. Náš rodinný dům má 2 nadzemní podlaží, takže XPS můžeme v detailech ponechat.



## 7 Návrh skladeb a detailů střešní konstrukce

Dle tvrzení výrobce již není potřeba na střešní konstrukci dávat další vrstvu tepelné izolace. Střecha se tedy má skládat pouze ze stropní konstrukce, spádové vrstvy a hydroizolace. V této kapitole je ověřeno, zda bude zaručena funkčnost střechy za daných podmínek. Bohužel nejsou k dispozici skutečně realizovatelné skladby nebo detaily střech. Proto je posouzení provedeno pro všechny typy stropních konstrukcí z kapitoly 5, u kterých máme zjištěné jejich ekvivalentní vlastnosti.

### 7.1 Posouzení stropní konstrukce bez dodatečného zateplení

Skladby jsou posouzené v pro tři typy stropních konstrukcí. Každá stropní konstrukce je posouzena v místě s minimální tloušťkou spádové vrstvy. Podrobné výsledky s popisem skladeb jsou součástí příloh. Posouzení je provedeno v programu Teplo 2014 EDU.

#### 7.1.1 Výsledky posouzení pro stropní konstrukci tl. 240 mm

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro jednoplášťovou střechu:

$$U_{N,20} = 0,240 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{stř}} = 0,443 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek není splněn.}$$

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{R_{si,cr}} = 0,804 [-] < f_{R_{si}} = 0,896 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v nadbetonávce stropní konstrukce:

Ke kondenzaci dochází od září do května. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,266 \text{ kg/m}^2$ . Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,292 \text{ kg/m}^2$ . **Na konci modelového roku je zóna stále vlhká. Požadavek není splněn.**



Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry ve spádové vrstvě keramzitbetonu.

Ke kondenzaci dochází po celý rok. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,125 \text{ kg/m}^2$ . Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,125 \text{ kg/m}^2$ . **Na konci modelového roku je zóna stále vlhká. Požadavek není splněn.**

### 7.1.2 Výsledky posouzení pro stropní konstrukci tl. 280 mm

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro jednoplášťovou střechu:

$$U_{N,20} = 0,240 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{stř} = 0,385 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek není splněn.}$$

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,804 [-] < f_{Rsi} = 0,909 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v nadbetonávce stropní konstrukce:

Ke kondenzaci dochází od září do května. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,191 \text{ kg/m}^2$ . Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,212 \text{ kg/m}^2$ . **Na konci modelového roku je zóna stále vlhká. Požadavek není splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry ve spádové vrstvě keramzitbetonu.

Ke kondenzaci dochází po celý rok. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,106 \text{ kg/m}^2$ . Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,106 \text{ kg/m}^2$ . **Na konci modelového roku je zóna stále vlhká. Požadavek není splněn.**

### 7.1.3 Výsledky posouzení pro stropní konstrukci tl. 330 mm

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro jednoplášťovou střechu:

$$U_{N,20} = 0,240 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{stř} = 0,376 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek není splněn.}$$



Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,804 [-] < f_{Rsi} = 0,911 [-] \dots$  **Požadavek je splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v nadbetonávce stropní konstrukce:

Ke kondenzaci dochází od září do května. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,158 \text{ kg/m}^2$ . Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,179 \text{ kg/m}^2$ . **Na konci modelového roku je zóna stále vlhká. Požadavek není splněn.**

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry ve spádové vrstvě keramzitbetonu.

Ke kondenzaci dochází po celý rok. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,103 \text{ kg/m}^2$ . Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,103 \text{ kg/m}^2$ . **Na konci modelového roku je zóna stále vlhká. Požadavek není splněn.**

## 7.2 Návrh nových skladeb a detailů

Pro návrh skladeb střešní konstrukce jsme použili jednotný typ stropních vložek a to EPS vložky tl. 180 mm v kombinaci se 70 mm nadbetonávkou pro zachování výškového modulu 250 mm. EPS tvarovky nám zvyšují tepelný odpor stropní konstrukce, díky kterému nebudeme muset tolik zateplovat z vnější strany – vhodné například u teras. Přesto je nutné, aby vnější zateplovací systém vykazoval vyšší tepelný odpor než samotná stropní konstrukce, aby nám tvarovky tolik neovlivňovaly vlhkostní toky skladbou střechy. Proto jsme nevolili tlustší tvarovky, kde bychom pro zajištění funkčnosti konstrukce museli přidat parozábranu z interiéru, což by bylo náročnější na provádění.

Všechny skladby střešní konstrukce jsou navrženy s použitím asfaltových pásů jako nepochozí střecha s vrchní vrstvou kačírku 50 mm.

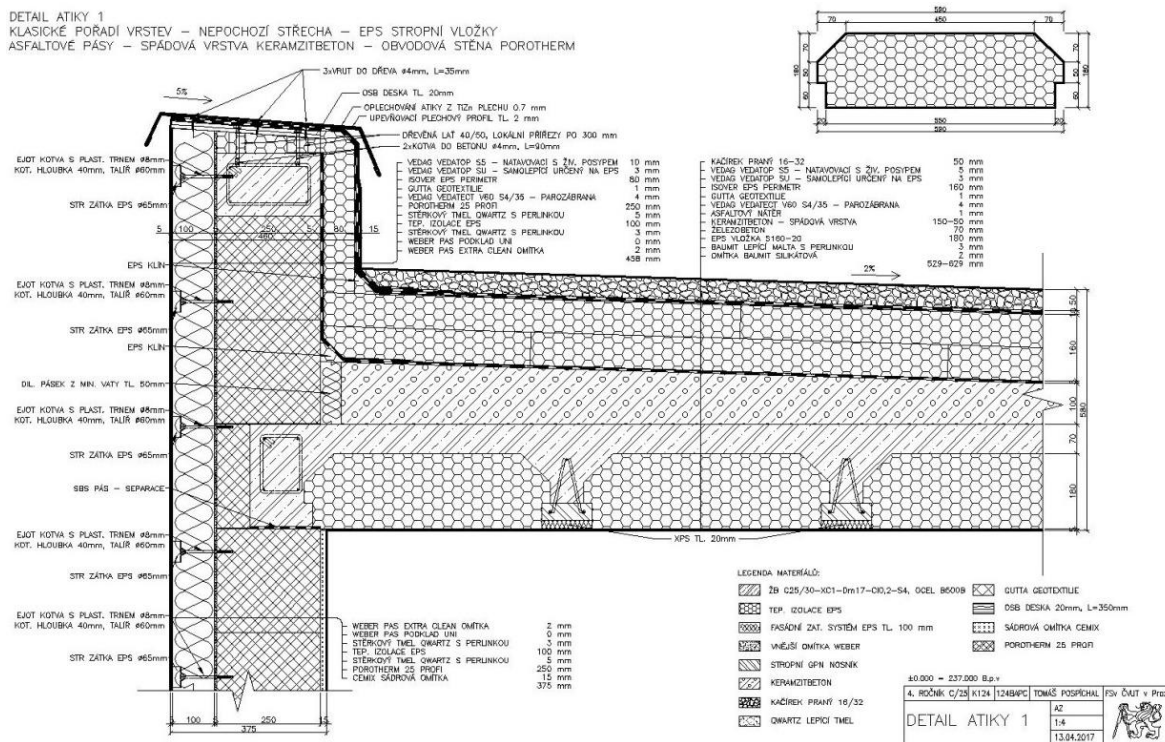
### 7.2.1 Skladba č. 1 s klasickým pořadím vrstev

Posouzení skladby je provedeno v programu Teplo 2015 a je součástí příloh.

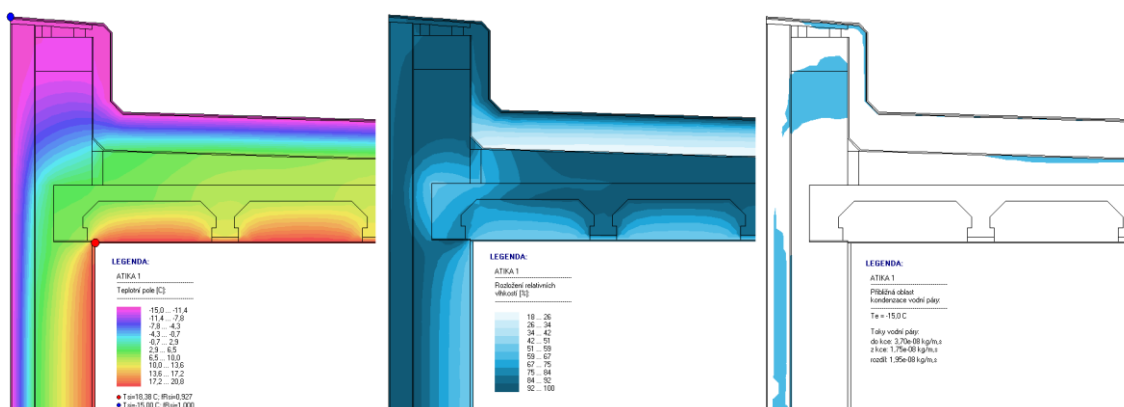


Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro jednoplášťovou střechu:

$$U_{rec,20} = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{stř} = 0,146 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

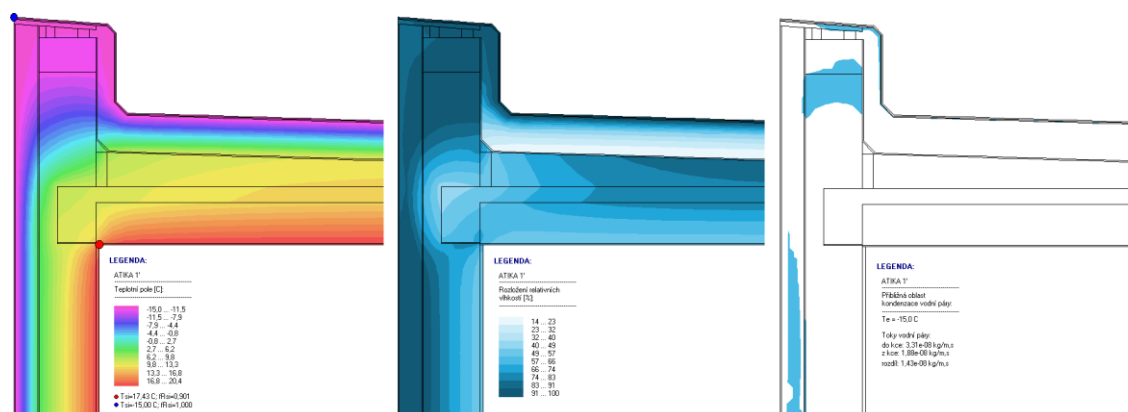


Obr. 62: Detail atiky č. 1 – náhled



Obr. 63: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 1





Obr. 65: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 1'

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,901 [-] \dots$  Požadavek je splněn.

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od listopadu do února. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000$  kg/m. Suchými měsíci jsou květen až říjen. V dubnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu. Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,006$  kg/m.

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na 1 m<sup>2</sup> nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10$  kg/m<sup>2</sup>. Požadavek je splněn.**

## 7.2.2 Skladba č. 2 s klasickým pořadím vrstev

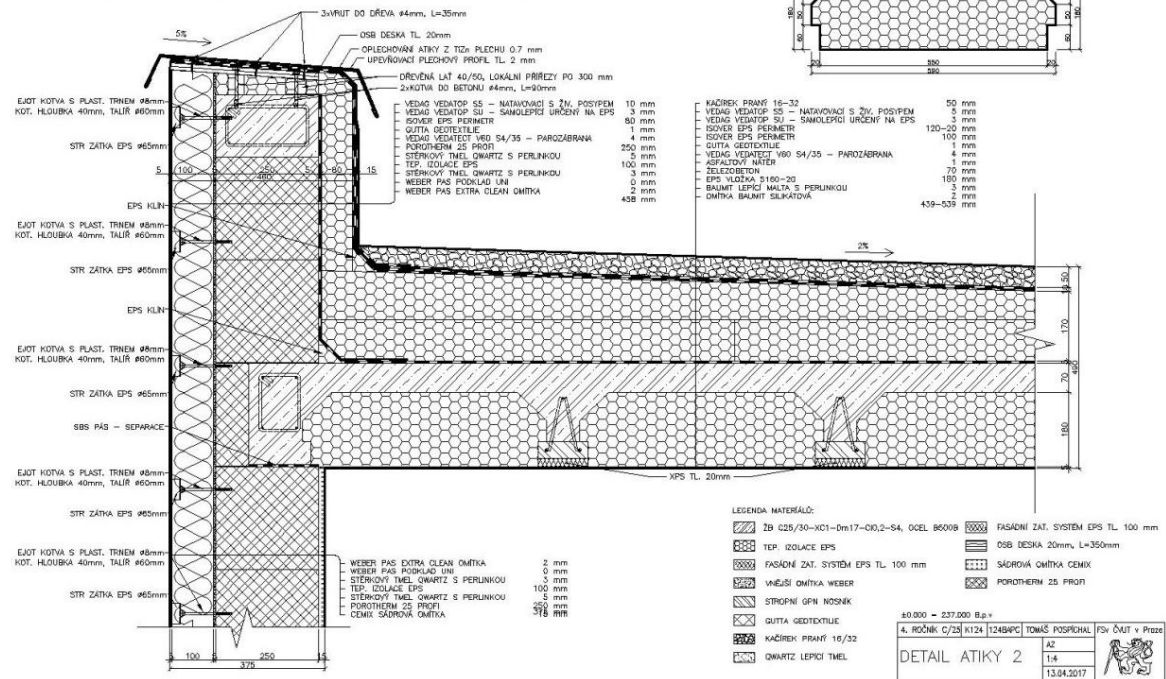
Posouzení skladby je provedeno v programu Teplo 2015 a je součástí příloh. Díky spádovým klínům z EPS se hodnota součinitele prostupu tepla velmi mění. S normovým požadavkem je porovnána průměrná hodnota součinitele prostupu tepla pro naši střechu.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro jednoplášťovou střechu:

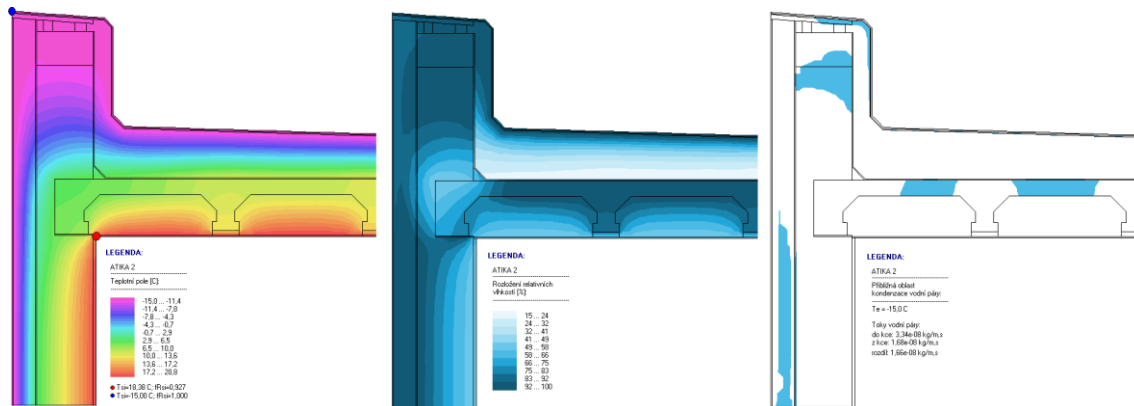
$U_{rec,20} = 0,160$  W/m<sup>2</sup>K  $< U_{stř} = 0,153$  W/m<sup>2</sup>K ... Požadavek je splněn.



DETAIL ATKY 2  
 KLASICKÉ POŘADÍ VRSTEV – NEPOCHOZÍ STŘECHA – EPS STROPNÍ VLOŽKY  
 ASFALTOVÉ PÁSY – SPÁDOVÁ VRSTVA EPS KLÍNY – OBVODOVÁ STĚNA POROTHERM



Obr. 66: Detail atiky č. 2 – náhled



Obr. 67: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 2

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

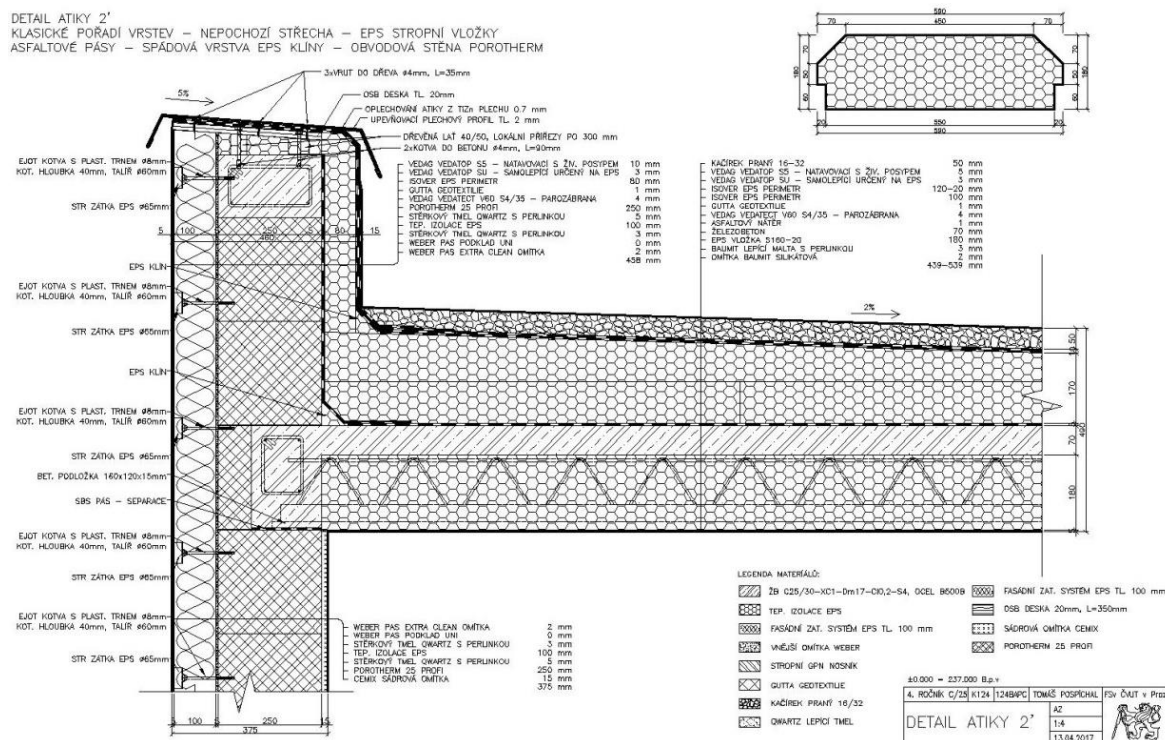
$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,927 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$



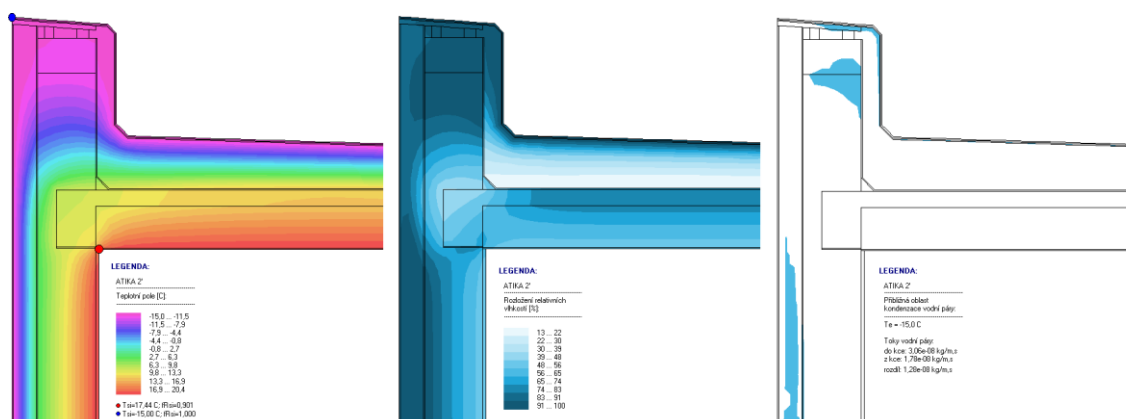
Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od listopadu do února. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000$  kg/m. Suchými měsíci jsou květen až říjen. V dubnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu. Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,002$  kg/m.

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na 1 m<sup>2</sup> nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10$  kg/m<sup>2</sup>. Požadavek je splněn.**



Obr. 68: Detail atiky č. 2' – náhled



Obr. 69: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 2'

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,901 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od listopadu do února. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000 \text{ kg/m}$ . Suchými měsíci jsou květen až říjen. V dubnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu. Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,002 \text{ kg/m}$ .

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na  $1 \text{ m}^2$  nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2$ . Požadavek je splněn.**

### 7.2.3 Skladba č. 3 – duo střecha

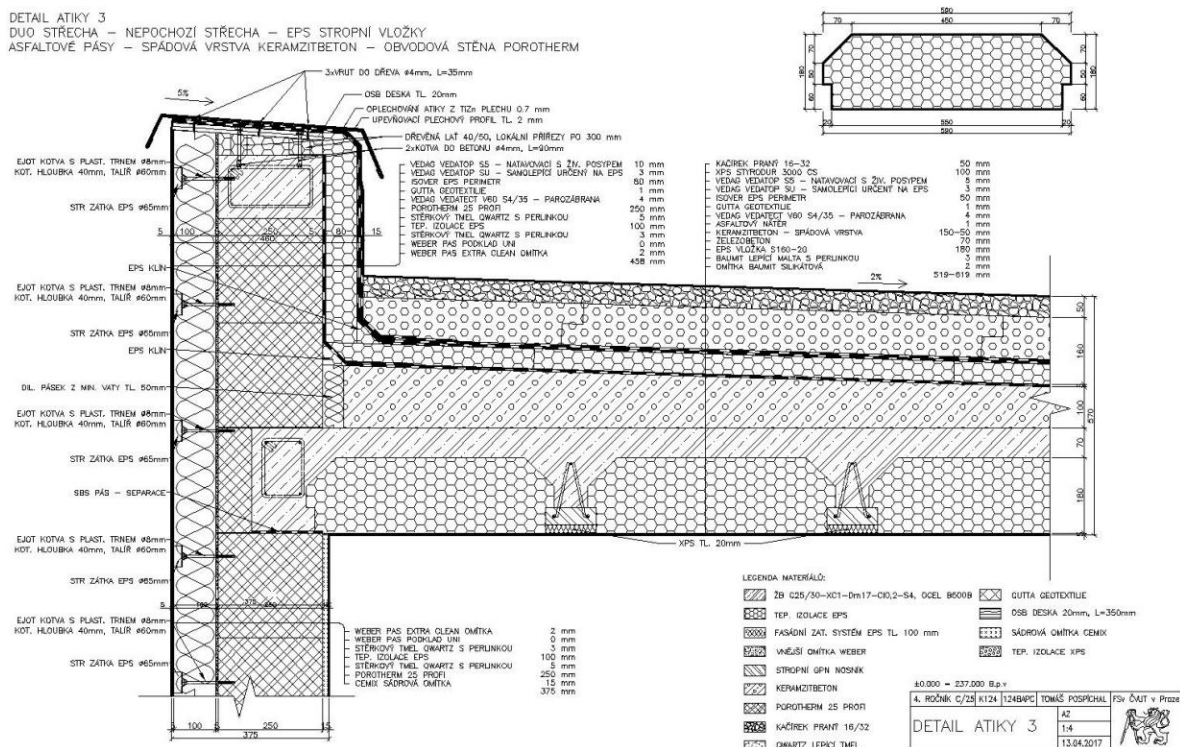
Posouzení skladby je provedeno v programu Teplo 2015 a je součástí příloh.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro jednoplášťovou střechu:

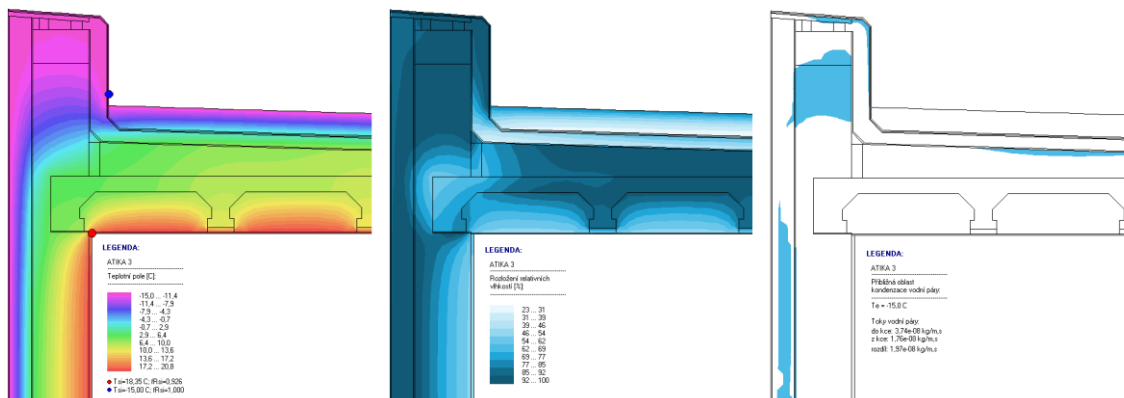
$$U_{rec,20} = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{stř} = 0,151 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$



DETAIL ATIKY 3  
DUO STŘECHA – NEPOCHOZÍ STŘECHA – EPS STROPNÍ VLOŽKY  
ASFALTOVÉ PÁSY – SPÁDOVÁ VRSTVA KERAMZITBETON – OBVODOVÁ STĚNA POROTHERM



Obr. 70: Detail atiky č. 3 – náhled



Obr. 71: Pole 2D teplot, rel. vlhkoštní a oblast kondenzace pro atiku č. 3

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

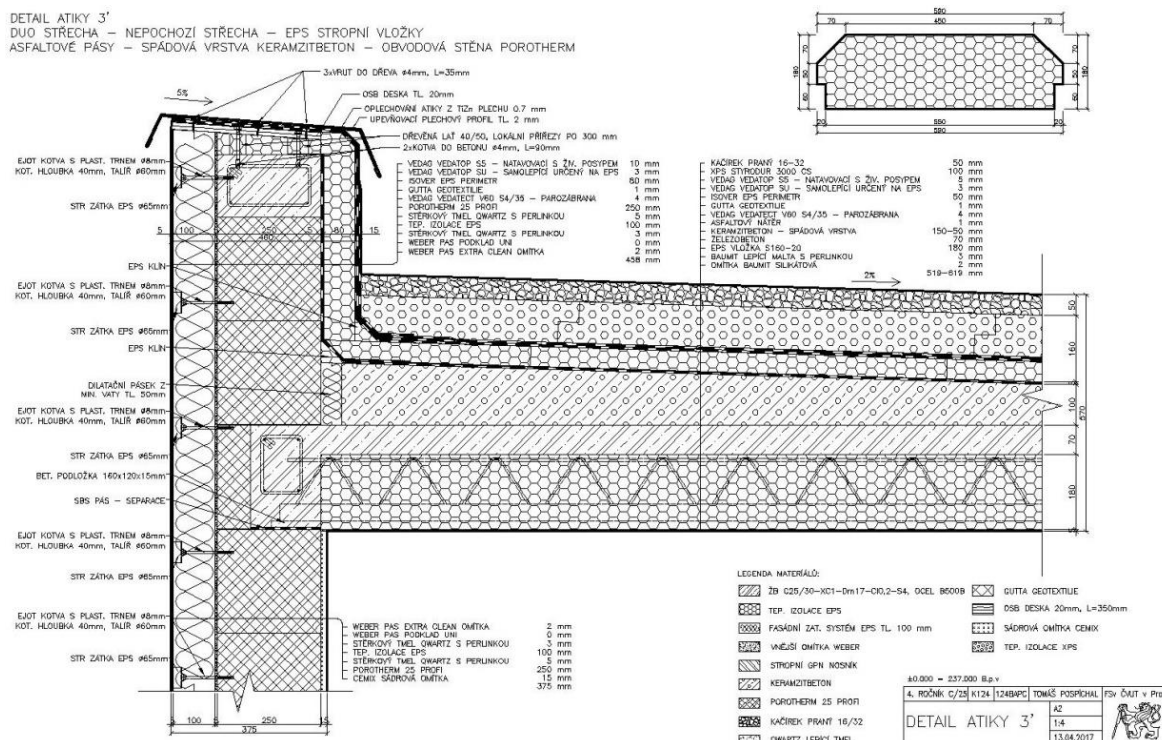
$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,926 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$



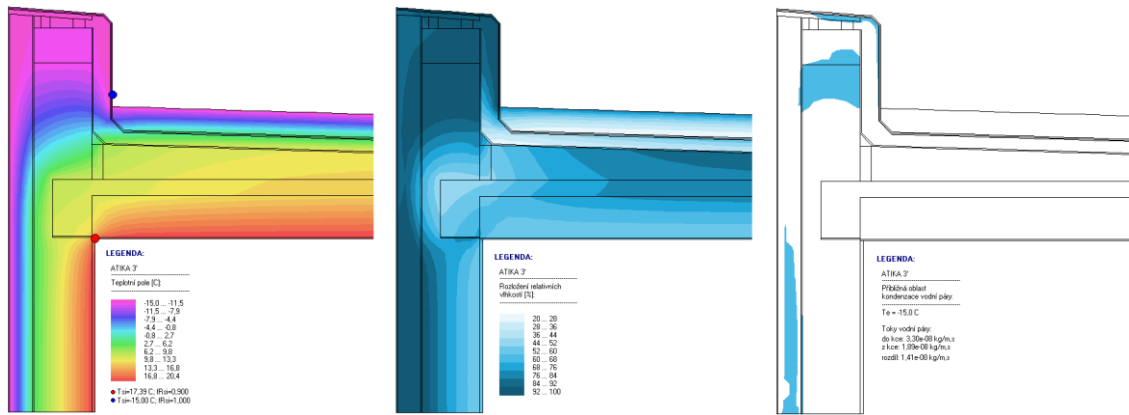
Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od prosince do února. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000$  kg/m. Suchými měsíci jsou květen až listopad. V dubnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu. Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,005$  kg/m.

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na 1 m<sup>2</sup> nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10$  kg/m<sup>2</sup>. Požadavek je splněn.**



Obr. 72: Detail atiky č. 3' – náhled



Obr. 73: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 3'

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{R_{si,cr}} = 0,793 [-] < f_{R_{si}} = 0,900 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od prosince do února. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000 \text{ kg/m}$ . Suchými měsíci jsou květen až listopad. V dubnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu. Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,005 \text{ kg/m}$ .

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na  $1 \text{ m}^2$  nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2$ . Požadavek je splněn.**

#### 7.2.4 Skladba č. 4 s obráceným pořadím vrstev

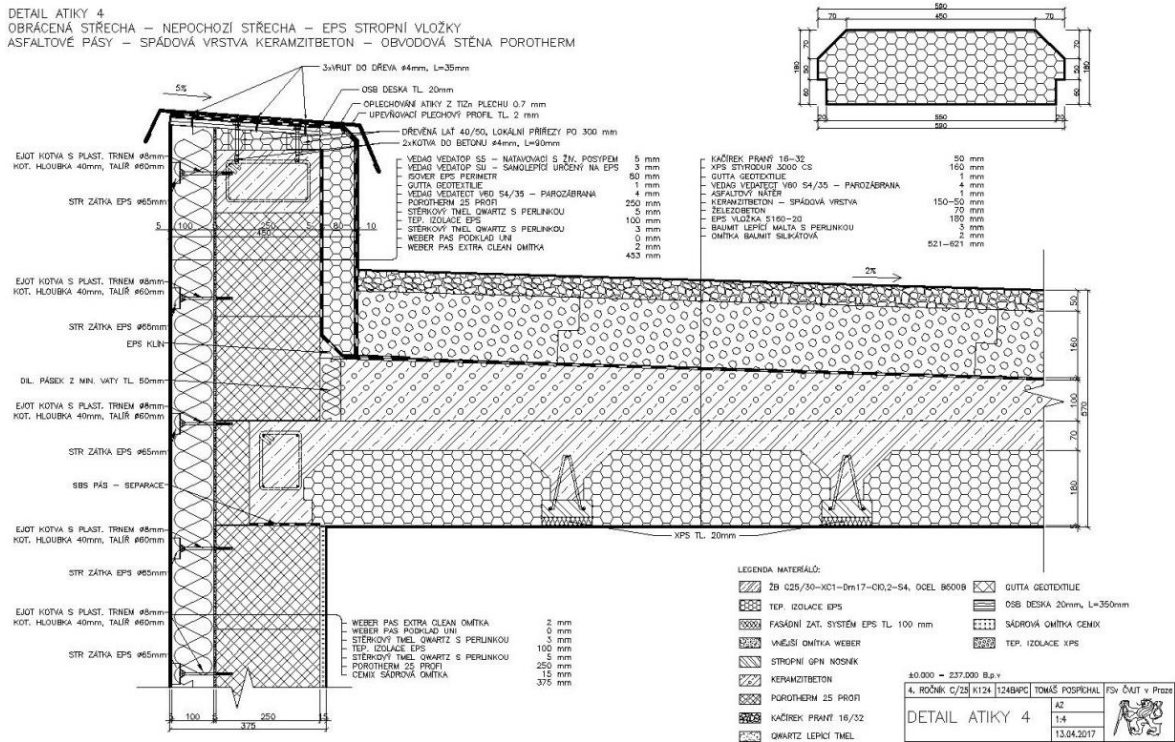
Posouzení skladby je provedeno v programu Teplo 2015 a je součástí příloh.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro jednovrstevnou střechu:

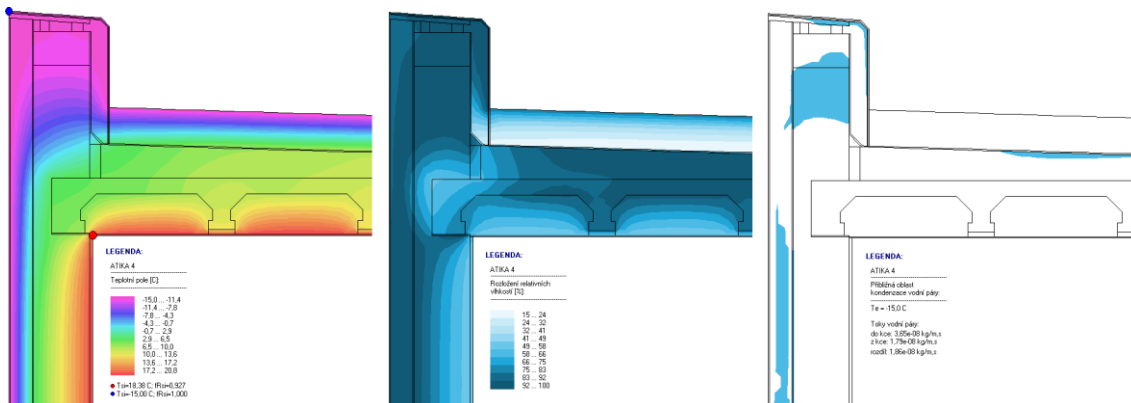
$$U_{rec,20} = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{stř} = 0,153 \text{ W/m}^2\text{K} \dots \text{Požadavek je splněn.}$$



DETAIL ATKY 4  
 OBRÁCENÁ STŘECHA – NEPOCHOZÍ STŘECHA – EPS STROPNÍ VLOŽKY  
 ASFALTOVÉ PÁSY – SPÁDOVÁ VRSTVA KERAMZITBETON – OBVODOVÁ STĚNA POROTHERM



Obr. 74: Detail atiky č. 4 – náhled



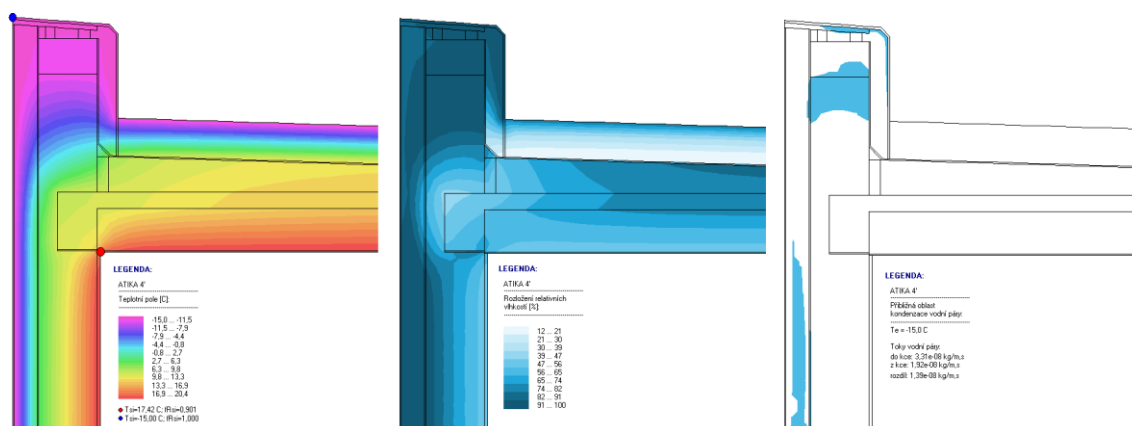
Obr. 75: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 4

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{Rsi,cr} = 0,793 [-] < f_{Rsi} = 0,927 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$







Obr. 77: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 4'

Požadovaný kritický teplotní faktor vnitřního povrchu:

$$f_{R_{Si,cr}} = 0,793 [-] < f_{R_{Si}} = 0,901 [-] \dots \text{Požadavek je splněn.}$$

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Ke kondenzaci dochází od prosince do února. Množství naakumulovaného kondenzátu na konci model. roku  $M_a = 0,000$  kg/m. Suchými měsíci jsou květen až listopad. V dubnu dojde k vypaření zbytku kondenzátu. Maximální množství kondenzátu v detailu  $M_a = 0,004$  kg/m.

**Maximální množství kondenzátu  $M_a$  vztažené na 1 m<sup>2</sup> nepřesáhne požadovanou hodnotu  $M_{c,N} = 0,10$  kg/m<sup>2</sup>. Požadavek je splněn.**



## 8 Závěr

---

Dle výsledků posouzení bylo zjištěno, že většina detailů, které jsou ke stažení z webových stránek výrobce tj. [www.elegohouse.cz](http://www.elegohouse.cz), nevyhovuje. Nesplňují požadavky na součinitel prostupu tepla nebo požadavky na kondenzaci vodních par uvnitř konstrukce.

U detailů napojení stropní konstrukce na vnější stěnu nesplňovala vnější stěna požadavek na součinitel prostupu tepla. U detailů soklu největší problémy způsobovala neodvětrávaná zvýšená podlaha nad průlezným prostorem. Následný výpočet prokázal, že větrání o intenzitě  $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$  sníží dostatečně relativní vlhkost ve vzduchové mezeře i přes mírný pokles teplot. Pro tento detail byly také upraveny skladby, aby splnily požadavky na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Posouzením v Area 2015 bylo zjištěno, že detaily vyhovují i z hlediska kondenzace vodních par. Problémy s kondenzací u detailu napojení podlahy na základový pas také odstranilo větrání vzduchové dutiny.

Následně byly posouzeny skladby střešní konstrukce, která se skládala pouze ze stropní konstrukce, spádové vrstvy a hydroizolace. Tyto skladby nevyhovují požadavkům dle ČSN 73 0540-2. Proto byly navrženy nové skladby a detaily stropní konstrukce s přídatnou tepelnou izolací, které již vyhoví všem požadavkům.

Přesto ale EPS vložky nezpůsobují takové problémy, jaké jsme očekávali. I ve střešních konstrukcích lze navrhnout běžné typy skladeb, které budou splňovat všechny požadavky na tepelnou ochranu budov. Funkčnost systému je podmíněna výpočtem pro dané okrajové podmínky.



## Seznam použitých zdrojů a programů

1. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
2. ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
3. ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
4. ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
5. ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.
6. ČSN EN ISO 13370. *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
7. ČSN EN ISO 13789. *Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním - Výpočtová metoda*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
8. ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
9. ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
10. <http://www.elegohouse.cz/>. *CEMEX Elegohouse s.r.o.* [Online] 2017.
11. Autodesk – AutoCad 2017
12. Microsoft office 2010 – Word, Excel
13. Svoboda software – Area 2015, Teplo 2015, Mezera 2015, Meshgen Area 2011
14. Adobe Systems – Adobe Acrobat 2017





## Seznam příloh

1. Technický list Cemex Elegohouse – základové konstrukce
2. Prospekt Cemex Elegohouse – základové a stropní desky
3. Půdorys rodinného domu, formát A3, měřítko 1:50
4. Řez A–A' rodinným domem, formát A3, měřítko 1:50
5. Řez B–B' rodinným domem, formát A3, měřítko 1:50
6. Původní detail Elegohouse (A), formát A3, měřítko 1:5
7. Původní detail Elegohouse (B), formát A3, měřítko 1:5
8. Původní detail Elegohouse (C), vložka tl. 200 mm, formát A2, měřítko 1:5
9. Původní detail Elegohouse (C), vložka tl. 260 mm, formát A2, měřítko 1:5
10. Původní detail Elegohouse (C), vložka tl. 420 mm, formát A2, měřítko 1:5
11. Původní detail Elegohouse (D), vložka tl. 200 mm, formát A2, měřítko 1:5
12. Původní detail Elegohouse (D), vložka tl. 260 mm, formát A2, měřítko 1:5
13. Původní detail Elegohouse (D), vložka tl. 420 mm, formát A2, měřítko 1:5
14. Původní detail Elegohouse (E), vložka tl. 200 mm, formát A2, měřítko 1:5
15. Původní detail Elegohouse (E), vložka tl. 260 mm, formát A2, měřítko 1:5
16. Původní detail Elegohouse (E), vložka tl. 420 mm, formát A2, měřítko 1:5
17. Původní detail Elegohouse (F), formát A2, měřítko 1:5
18. Nový detail Elegohouse (A), formát A2, měřítko 1:5
19. Nový detail Elegohouse (B), formát A2, měřítko 1:5
20. Nový detail Elegohouse (C), formát A2, měřítko 1:5
21. Nový detail Elegohouse (D), formát A2, měřítko 1:5
22. Nový detail Elegohouse (E), formát A2, měřítko 1:5
23. Nový detail Elegohouse (F), formát A2, měřítko 1:5
24. Detail atiky 1, formát A2, měřítko 1:5
25. Detail atiky 2, formát A2, měřítko 1:5
26. Detail atiky 3, formát A2, měřítko 1:5
27. Detail atiky 4, formát A2, měřítko 1:5
28. Detail terasy, formát A2, měřítko 1:5
29. Posudek původního detailu (A) z programu Area 2015
30. Posudek původního detailu (B) z programu Area 2015
31. Posudek původního detailu (C, C') s vložkami S180–20 z programu Area 2015
32. Posudek původního detailu (C, C') s vložkami S240–20 z programu Area 2015
33. Posudek původního detailu (C, C') s vložkami S400–20 z programu Area 2015



34. Posudek původního detailu (D, D') s vložkami S180–20 z programu Area 2015
35. Posudek původního detailu (D, D') s vložkami S240–20 z programu Area 2015
36. Posudek původního detailu (D, D') s vložkami S400–20 z programu Area 2015
37. Posudek původního detailu (E, E') s vložkami S180–20 z programu Area 2015
38. Posudek původního detailu (E, E') s vložkami S240–20 z programu Area 2015
39. Posudek původního detailu (E, E') s vložkami S400–20 z programu Area 2015
40. Posudek původního detailu (F) s vložkami S180–20 z programu Area 2015
41. Posudek původního detailu (F) s vložkami S240–20 z programu Area 2015
42. Posudek původního detailu (F) s vložkami S400–20 z programu Area 2015
43. Posudek původního detailu (F) s vl. S180–20 bez ŽB vrstvy z prog. Area 2015
44. Posudek původního detailu (F) s vl. S240–20 bez ŽB vrstvy z prog. Area 2015
45. Posudek původního detailu (F) s vl. S400–20 bez ŽB vrstvy z prog. Area 2015
46. Posudek nového detailu (A) z programu Area 2015
47. Posudek nového detailu (B) z programu Area 2015
48. Posudek nového detailu (C, C') z programu Area 2015
49. Posudek nového detailu (D, D') s vložkami S180–20 z programu Area 2015
50. Posudek nového detailu (E, E') s vložkami S180–20 z programu Area 2015
51. Posudek nového detailu (F) s vložkami S180–20 z programu Area 2015
52. Posudek nového detailu (F) s vložkami S240–20 z programu Area 2015
53. Posudek nového detailu (F) s vložkami S400–20 z programu Area 2015
54. Posudek nového detailu (F) s vl. S180–20 bez ŽB vrstvy z prog. Area 2015
55. Posudek nového detailu (F) s vl. S240–20 bez ŽB vrstvy z prog. Area 2015
56. Posudek nového detailu (F) s vl. S400–20 bez ŽB vrstvy z prog. Area 2015
57. Posudky skladeb střechy bez dodatečného zateplení z programu Teplo 2014
58. Posudky skladeb střechy s dodatečným zateplením z programu Teplo 2014
59. Posudky skladby terasy z programu Teplo 2014
60. Posudek detailu atiky 1 z programu Area 2015
61. Posudek detailu atiky 2 z programu Area 2015
62. Posudek detailu atiky 3 z programu Area 2015
63. Posudek detailu atiky 4 z programu Area 2015
64. Posudek detailu terasy z programu Area 2015
65. Posudky z programu Mezera 2015 pro zjištění relativních vlhkostí v provětrávané vzduchové mezeře



## Seznam obrázků

Obr. 1: Původní detail Elegohouse (F) – náhled .....	13
Obr. 2: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S160–20..	15
Obr. 3: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S200–20..	15
Obr. 4: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S230–20..	15
Obr. 5: Nový detail Elegohouse (F) – náhled .....	16
Obr. 6: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S160–20..	17
Obr. 7: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S200–20..	17
Obr. 8: Pole 2D teplot a rel. vlhkosti pro stropní konstrukci s vložkami S230–20..	18
Obr. 9: Původní detail Elegohouse (A) – náhled.....	19
Obr. 10: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní detail (A) ..	20
Obr. 11: Nový detail Elegohouse (A) – náhled.....	23
Obr. 12: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (A) .....	23
Obr. 13: Původní detail Elegohouse (B) – náhled .....	24
Obr. 14: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní detail (B) ..	25
Obr. 15: Nový detail Elegohouse (F) – náhled .....	26
Obr. 16: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (B) .....	26
Obr. 17: Schéma pro výpočet teploty $\Theta_m$ v uzavřené vzduchové mezeře .....	27
Obr. 18: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S180–20 – náhled .....	32
Obr. 19: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S180–20.....	33
Obr. 20: Původní detail Elegohouse (C') s tvarovkami S180–20 – náhled .....	34
Obr. 21: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C') s vložkami S180–20.....	34
Obr. 22: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S240–20 – náhled .....	35
Obr. 23: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S240–20.....	36
Obr. 24: Původní detail Elegohouse (C') s tvarovkami S240–20 – náhled .....	37
Obr. 25: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C') s vložkami S240–20.....	37
Obr. 26: Původní detail Elegohouse (C) s tvarovkami S400–20 – náhled .....	38



Obr. 27: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C) s vložkami S400–20.....	39
Obr. 28: Původní detail Elegohouse (C') s tvarovkami S400–20 – náhled .....	40
Obr. 29: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (C') s vložkami S400–20.....	40
Obr. 30: Nový detail Elegohouse (C) – náhled.....	46
Obr. 31: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (C) .....	46
Obr. 32: Nový detail Elegohouse (C') – náhled.....	47
Obr. 33: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový detail (C') .....	48
Obr. 34: Původní detail Elegohouse (D) s tvarovkami S180–20 – náhled.....	50
Obr. 35: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D) s vložkami S180–20.....	51
Obr. 36: Původní detail Elegohouse (D') s tvarovkami S180–20 – náhled.....	52
Obr. 37: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D') s vložkami S180–20.....	52
Obr. 38: Původní detail Elegohouse (D) s tvarovkami S240–20 – náhled.....	53
Obr. 39: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D) s vložkami S240–20.....	54
Obr. 40: Původní detail Elegohouse (D') s tvarovkami S240–20 – náhled.....	55
Obr. 41: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D') s vložkami S240–20.....	55
Obr. 42: Původní detail Elegohouse (D) s tvarovkami S400–20 – náhled.....	56
Obr. 43: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D) s vložkami S400–20.....	57
Obr. 44: Původní detail Elegohouse (D') s tvarovkami S400–20 – náhled.....	58
Obr. 45: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro původní det. (D') s vložkami S400–20.....	58
Obr. 46: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový det. (D).....	59
Obr. 47: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro nový det. (D').....	60
Obr. 48: Původní detail Elegohouse (E) s tvarovkami S180–20 – náhled .....	61
Obr. 49: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S180–20 .....	62
Obr. 50: Původní detail Elegohouse (E') s tvarovkami S180–20 – náhled .....	63



Obr. 51: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S180–20 .....	63
Obr. 52: Původní detail Elegohouse (E') s tvarovkami S240–20 – náhled .....	64
Obr. 53: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S240–20 .....	65
Obr. 54: Původní detail Elegohouse (E') s tvarovkami S240–20 – náhled .....	66
Obr. 55: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S240–20 .....	66
Obr. 56: Původní detail Elegohouse (E) s tvarovkami S400–20 – náhled .....	67
Obr. 57: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S400–20 .....	68
Obr. 58: Původní detail Elegohouse (E') s tvarovkami S400–20 – náhled .....	69
Obr. 59: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro skladbu zvýšené podlahy s vložkami S400–20 .....	70
Obr. 60: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kond. pro skladbu zvýš. podlahy .....	71
Obr. 61: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kond. pro skladbu zvýš. podlahy .....	72
Obr. 62: Detail atiky č. 1 – náhled .....	77
Obr. 63: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 1 .....	77
Obr. 64: Detail atiky č. 1' – náhled .....	78
Obr. 65: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 1' .....	79
Obr. 66: Detail atiky č. 2 – náhled .....	80
Obr. 67: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 2 .....	80
Obr. 68: Detail atiky č. 2' – náhled .....	81
Obr. 69: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 2' .....	82
Obr. 70: Detail atiky č. 3 – náhled .....	83
Obr. 71: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 3 .....	83
Obr. 72: Detail atiky č. 3' – náhled .....	84
Obr. 73: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 3' .....	85
Obr. 74: Detail atiky č. 4 – náhled .....	86
Obr. 75: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 4 .....	86
Obr. 76: Detail atiky č. 4' – náhled .....	87
Obr. 77: Pole 2D teplot, rel. vlhkostí a oblast kondenzace pro atiku č. 4' .....	88



## Seznam tabulek

Tab. 1:	Tabulka průměrných měsíčních teplot, relativních vlhkostí a parciálních tlaků pro město Tábor.....	9
Tab. 2:	Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN EN ISO 6946 .....	10
Tab. 3:	Pož. hodnoty kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi = 50 \%$ dle ČSN 73 0540-2.....	11
Tab. 4:	Požadované hodnoty bezpečnostní přírážky teplotního faktoru $\Delta f_{Rsi}$ dle ČSN 73 0540-2.....	12
Tab. 5:	Výpočet součinitele tep. vodivosti pro str. konstrukci s EPS vložkami .	14
Tab. 6:	Výpočet faktoru dif. odporu pro str. konstrukci s EPS vložkami .....	14
Tab. 7:	Výpočet součinitele tep. vodivosti pro str. konstrukci s EPS vložkami .	16
Tab. 8:	Výpočet faktoru dif. odporu pro str. konstrukci s EPS vložkami .....	17
Tab. 9:	Posouzení skladby vnější stěny u původního detailu A.....	21
Tab. 10:	Posouzení skladby podlahy u původního detailu A .....	21
Tab. 11:	Posouzení nové skladby vnější stěny u detailu A.....	22
Tab. 12:	Výpočet součinitele prostupu tepla obvodovou stěnou .....	28
Tab. 13:	Výpočet součinitele prostupu tepla 3 m zeminy .....	28
Tab. 14:	Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S180-20 .....	29
Tab. 15:	Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S240-20 .....	29
Tab. 16:	Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S400-20 .....	29
Tab. 17:	Průměrné měsíční teploty neprovětrávané vzduchové mezery .....	30
Tab. 18:	Posouzení skladby vnější stěny u původního detailu C, C' .....	30
Tab. 19:	Posouzení skladby soklové stěny u původního detailu C, C' .....	31
Tab. 20:	Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S180-20 .....	42
Tab. 21:	Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S240-20 .....	42
Tab. 22:	Výp. teploty provětrávané vzduchové mezery pro vložky S400-20 .....	43
Tab. 23:	Průměrné měsíční teploty provětrávané vzduchové mezery .....	43
Tab. 24:	Posouzení nové skladby vnější stěny u detailu C .....	44
Tab. 25:	Posouzení nové skladby soklové stěny u detailu C.....	45
Tab. 26:	Přehled stálých zatížení .....	73
Tab. 27:	Přehled proměnných zatížení.....	73