

# ZALOŽENÍ PASIVNÍHO DOMU

## V EKONOMICKÝCH SOUVISLOSTECH

ČLÁNEK MÁ ZA CÍL INFORMOVAT O MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ CELKOVÉ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PASIVNÍHO DOMU OMEZENÍM TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU PŘES ZÁKLADOVOU KONSTRUKCI A POSODIT JI Z EKONOMICKÉHO HLEDISKA, A TO ZEJMÉNA Z POHLEDU NÁKLADŮ NA REALIZACI ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE.

Volba způsobu založení je u výstavby pasivního rodinného domu velmi důležitým momentem nejen z pohledu statiky, ale také z pohledu výsledné energetické náročnosti domu. Nejčastějším způsobem založení pasivního rodinného domu je v současnosti založení na betonových pasech se zateplením podlahy v ploše a s eliminací vzniklého tepelného mostu v místě detailu soklu pomocí přídavné svislé okrajové izolace.

V poslední době se však stále častěji objevují alternativní realizace založení pasivního rodinného domu na terénu. Jedná se hlavně o založení na drceném pěnoskle, případně na deskách XPS a založení na pilotách s větranou vzduchovou vrstvou pod podlahou. Nejčastějším argumentem pro volbu některého z těchto alternativních způsobů založení je eliminace výše zmiňovaného tepelného mostu „u soklu“, který vzniká při standardním způsobu založení domu na betonových pasech.

Alternativní metody založení budou posouzeny i z ekonomického hlediska.

### KLASICKÝ ZPŮSOB ZALOŽENÍ

V první části článku jsou uvedeny výsledky výpočtového hodnocení klasického způsobu založení na betonových obvodových pasech se svislou okrajovou izolací. Výpočet byl proveden v programu AREA na modelu jednoduchého rodinného domu v pasivním standardu (podrobněji viz tabulka /01/) postupem dle ČSN EN ISO 13 370 [1]. Výsledný součinitel prostupu tepla mezi interiérem a exteriérem je  $U = 0,127 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

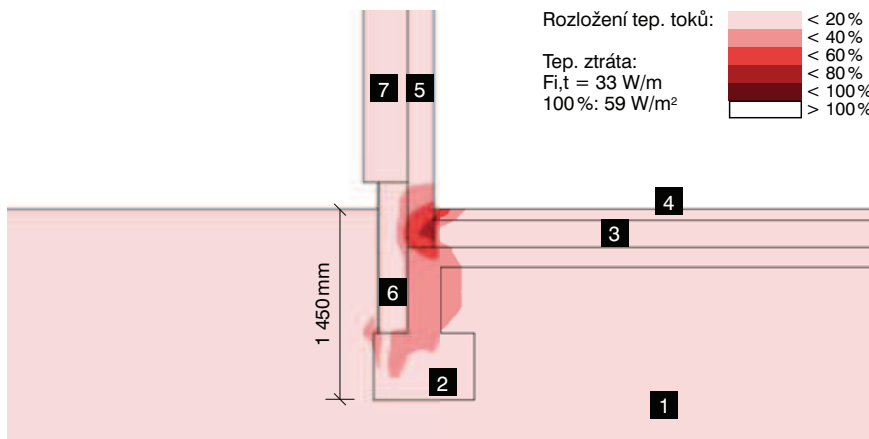
Na grafickém výstupu modelu tepelných toků detailem /obr. 01a/ je patrný zvýšený tepelný tok do zeminy přes obvodovou stěnu a betonový základ – vzniká výrazný tepelný most, který se projeví ohříváním zeminy pod základem. Nulová izoterma nezasahuje do konstrukce základu /obr 01b/.

Pro zmírnění vlivu tepelného mostu klasického založení stavby je možno použít tepelněizolační blok umístěný



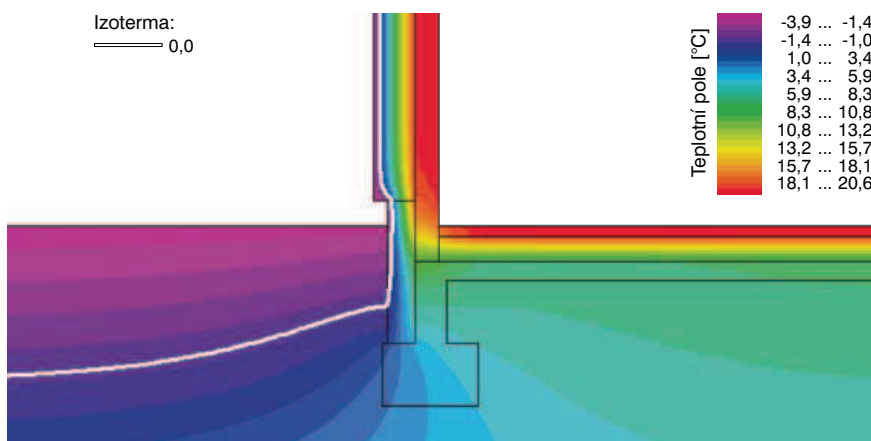
Tabulka 01 Okrajové podmínky pro výpočetní posouzení jednotlivých variant založení modelu RD

Půdorys	12m×8m
Obvodové stěny	VPC tl. 175 mm, EPS 70F 300mm; U = 0,14 W/m²K
Podlaha na terénu	EPS 100S tl. 200 mm, betonová mazanina 85mm; U = 0,18 W/m²K
Svislá okrajová izolace u základu	XPS tl. 200 (85 cm pod terén)
Zemina	součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 2,0$ W/mK podle Tab. 1 ČSN EN ISO 13 370 (písky a štěrk)



Obr. 01a | Klasické založení – tepelné toky

- 1 | zemina
- 2 | betonové konstrukce
- 3 | EPS 100
- 4 | betonová mazanina
- 5 | vápenopískové zdivo
- 6 | extrudovaný polystyren
- 7 | EPS 70 F



Obr. 01b | Klasické založení – teplotní pole a průběh nulové izotermy

## STATIKA

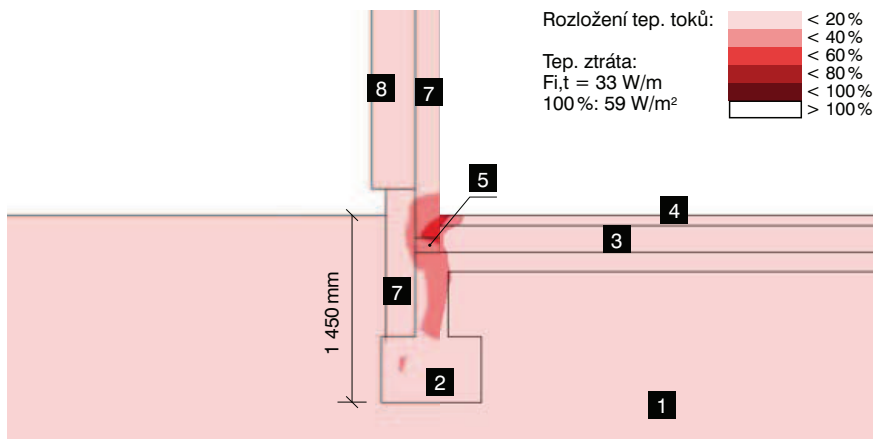
Variety založení, v článku posuzované z ekonomického hlediska, byly zkoumány také z hlediska možného působení vody obsažené v zemině základové spáry při působení mrazu. Obecně se požaduje založit objekt do tzv. nezámrazné hloubky.

Starší ČSN stanovovaly hloubku založení objektů především empiricky, v myslích je zakotvena hloubka základu 800 mm až 1200 mm. V případech, kdy byl základ chráněn proti promrzání, mohla být hloubka menší, nejméně však 400 mm. S příchodem Eurokódů, byly používané ČSN zrušeny a nahrazeny

ČSN EN 1997-1 [2]. Tento Eurokód obsahuje obecné požadavky na posouzení vlivu promrzání zeminy a až v některé z poznámek uvádí možnost použití mezinárodní normy ČSN EN ISO 13793 [3], která je v ČR zavedena v anglickém originále. Původ normy je ve Skandinávii. Norma uvádí vzorec pro výpočet nezámrazné hloubky  $H_0$ , který však poskytuje pro podmínky ČR neobvyklé výsledky (např. nezámraznou hloubku 2,5 m).

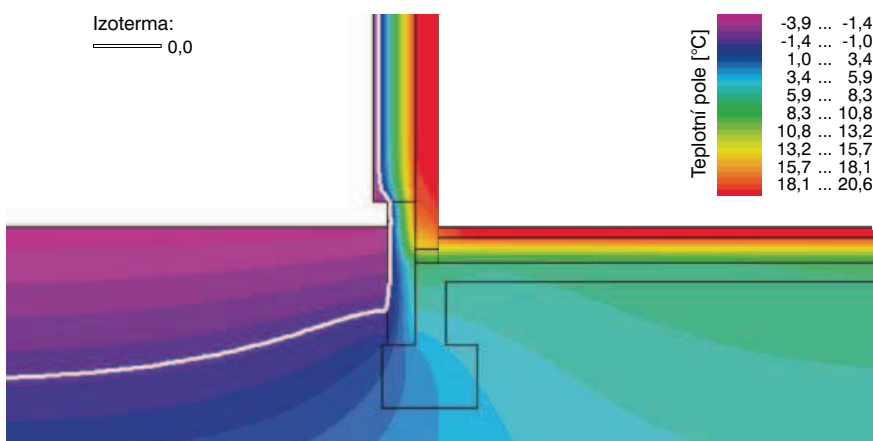
Ve snaze vypořádat se s hloubkou založení v souladu s požadavky platného eurokódu, byla v hodnocení v článku posuzovaných variant zvolena metoda sledování průběhu nulové izotermy zeminou. Výpočet se provádí

podle ČSN EN ISO 13 370 [1]. Uvažována byla návrhová vnější teplota  $-3,9$  °C, která odpovídá průměrné lednové teplotě vnějšího vzduchu v nadmořské výšce 800 m n.m. Průběh nulové izotermy a teplotní pole jednotlivých variant založení jsou uvedeny na obrázcích vždy v příslušné kapitole článku. Bylo sledováno, zda v jednotlivých variantách nevstupuje nulová izoterma pod základ domu. Na základě tohoto sledování lze uvažovat, zda je dům založen, při uvažování uvedených okrajových podmínek, v nezámrazné hloubce. Pak lze rozhodnout, zda posuzovaná varianta založení je reálně proveditelná a lze ji uvažovat v souhrnném ekonomickém hodnocení v závěru článku.

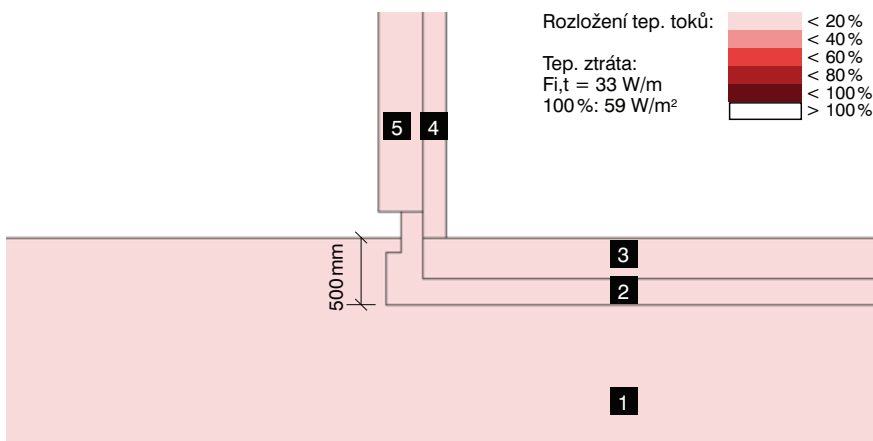


Obr. 02a | Klasické založení s přerušením tepelného mostu v patě zdiva – tepelné toky

- 1 | zemina
- 2 | betonové konstrukce
- 3 | EPS 100
- 4 | betonová mazanina
- 5 | tepelněizolační tvarovka
- 6 | vápenopískové zdivo
- 7 | extrudovaný polystyren
- 8 | EPS 70 F

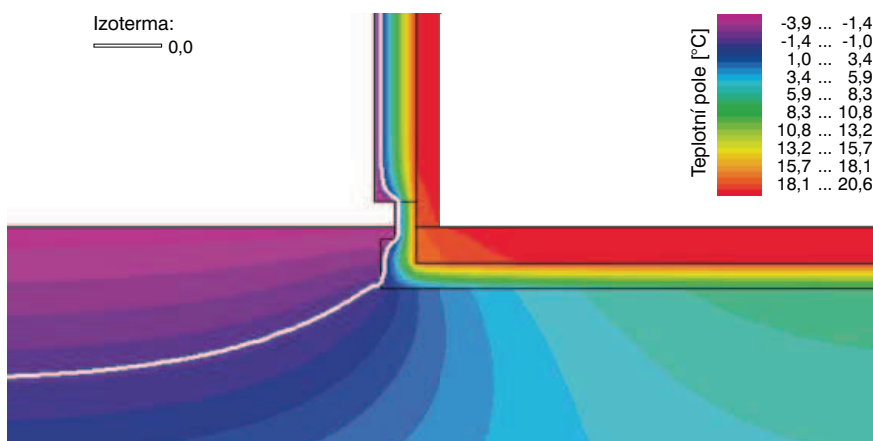


Obr. 02b | Klasické založení s přerušením tepelného mostu v patě zdiva – teplotní pole a průběh nulové izotermy



Obr. 03a | Založení na XPS – tepelné toky

- 1 | zemina
- 2 | extrudovaný polystyren
- 3 | železobetonová deska
- 4 | vápenopískové zdivo
- 5 | EPS 70 F



Obr. 03b | Založení na XPS – teplotní pole a průběh nulové izotermy



pod patu obvodového zdiva. Pro tento účel je možné použít např. speciální tvarovku z lehčeného betonu vyplněného tvrdým polystyrenem nebo blok pěnoskla.

Na obr. /02a/ jsou znázorněny tepelné toky detailem s tepelněizolační tvarovkou (materiál tvarovky má následující součinitele tepelné vodivosti:  $\lambda_y = 0,266 \text{ W/mK}$ ,  $\lambda_x = 0,088 \text{ W/mK}$ ), průběh nulové izotermy této varianty založení je na obr. /02b/. Z výsledků je patrné snížení tepelného toku detailem. Vložení tvarovky je však tepelný most pouze snížen, nikoliv eliminován. Vícenásledky za tvarovky však stavbu nezanedbatelně prodraží. Z tohoto důvodu je vhodné se zabývat dále uvedenými alternativními způsoby založení pasivního domu, které již ve své konstrukční podstatě tento tepelný most eliminují.

## ALTERNATIVNÍ METODY ZALOŽENÍ

Základ domu bude posouzen v následujících variantách založení:

1. založení na souvislé vrstvě extrudovaného polystyrenu;
2. založení na hutněné vrstvě pěnoskla;
3. založení na betonových pilířcích.

Varianty založení budou v závěru článku porovnány z hlediska realizačních nákladů. Pro sestavení rozpočtu bude použit modelový rodinný dům popsáný v tabulce /01/. Aby byly realizační náklady vzájemně porovnatelné, bude konstrukční řešení v každé variantě navrženo tak, aby celková tepelná propustnost charakteristického výřezu základové konstrukce odpovídala celkové propustnosti detailu klasického založení s tepelněizolačním blokem v patě zdiva /obr. 02a, 02b/, tzn.  $L = 0,848 \text{ W/mK}$ .

### 1. ZALOŽENÍ NA SOUVISLÉ VRSTVĚ EXTRUDOVANÉHO POLYSTYRENU

Založení domu v této variantě spočívá v provedení rovinné vrstvy z uválcovaného štěrku, případně z betonové mazaniny, na kterou je položena souvislá vrstva XPS ( $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ ). Pro náš výpočtový



- 01 | Vyústění drenážní hadice do kontrolní šachtice drenážního systému v podmínkách zakládání na hutněné vrstvě pěnoskla
- 02 | Pokládka drceného pěnoskla do vybedněné stavební jámy
- 03 | Kari síť položená na zhutněném pěnoskle před betonáží ŽB desky

model byla navržena skladba základu (od interiéru):

- ŽB deska 300 mm;
- vana z XPS;
  - v ploše 200 mm,
  - po okraji pod terénem 250 mm,
  - po okraji nad terénem 150 mm.

Dimenzování tloušťek tepelných izolací odpovídá celkové propustnosti detailu klasického založení s přerušeným tepelným mostem jak je uvedeno výše. Grafické vyjádření tepelných toků je na obr. /03a/, průběh nulové izotermy na obr. /03b/. Tepelné toky jsou rovnoměrně rozloženy v konstrukci, bez výraznějšího tepelného mostu, nulová izoterma se posunula k patě základu, protože zemina není tolik prohřívána konstrukcí základu, jako ve výchozí variantě.

### 2. ZALOŽENÍ NA HUTNĚNÉ VRSTVĚ PĚNOSKLA

Princip založení na zhutněné vrstvě pěnoskla je obdobný jako

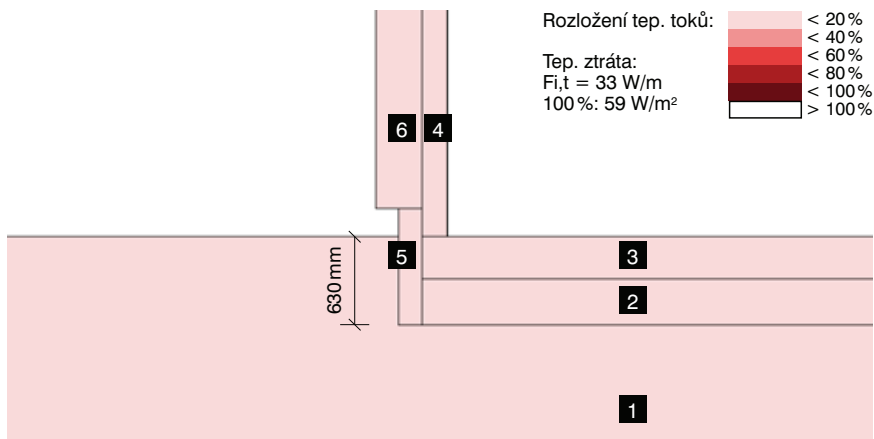
ve variantě 1. Rozdílný je materiál tepelněizolační vrstvy. V této variantě je namísto XPS použito drcené granulátu z pěnoskla ( $\lambda = 0,06 \text{ W/mK}$ ). Při zakládání v podmínkách nepropustných zemín, je nutné např. drenážním systémem zajistit odvodnění základové spáry /foto 01/, tak aby se voda nehromadila ve vrstvě pěnoskla. Založení může být provedeno dvěma způsoby: založením do jámy nebo založením do plochy.

#### 2.A – ZALOŽENÍ DO JÁMY

V této variantě je provedeno po okrajích stavební jámy bednění z XPS a do vnitřního prostoru je uložen násyp pěnoskla a železobetonová deska.

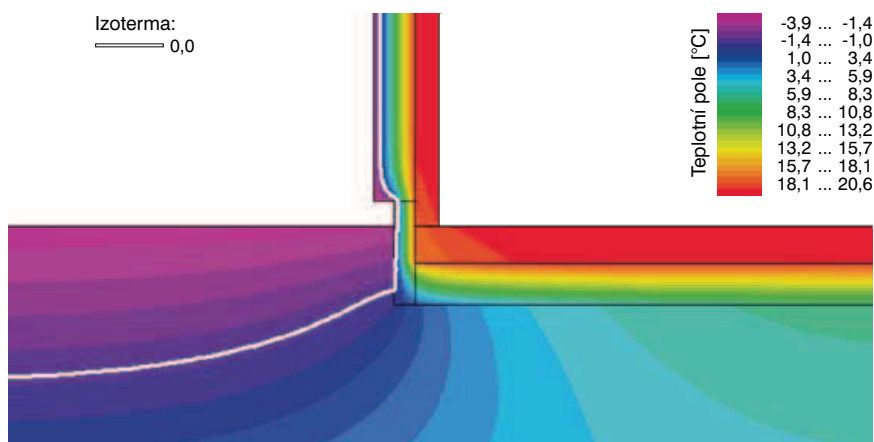
Pro dosažení výše uvedené celkové tepelné propustnosti detailem byla zvolena tloušťka násypu z pěnoskla 330 mm /foto 02/. Na tuto vrstvu bude provedena železobetonová deska tl. 300 mm /foto 03/.





Obr. 06a | Založení domu na vrstvě pěnoscila (založení do jámy) – tepelné toky

- 1 | zemina
- 2 | násyp pěnoscila
- 3 | železobetonová deska
- 4 | vápenopískové zdivo
- 5 | extrudovaný polystyren
- 6 | EPS 70 F



Obr. 06b | Založení domu na vrstvě pěnoscila (založení do jámy) – teplotní pole a průběh nulové izotermy

Vrstva XPS bude po obvodu objektu provedena v tl. 150 mm. V ekonomickém hodnocení této varianty je navýšena spotřeba granulátu z pěnoscila o 25 % z důvodu hutnění. Grafické vyjádření tepelných toků varianty 2.A viz obr. /06a/. Tepelný tok je rovnoměrně rozložený v detailu založení, nevyskytuje se žádný systematický tepelný most. Nulová izoterma se posunula k základové spáře viz obr. /06b/, nedosahuje však pod základ.

## 2.B – ZALOŽENÍ DO PLOCHY

Varianta 2.B spočívá v provedení vrstvy pěnoscila s přesahem cca 1 m po obvodu domu. Na ztuhnutou vrstvu pěnoscila je provedena železobetonová deska, která je dodatečně opatřena svíslou okrajovou izolací z XPS. I v této variantě je ve výpočtu tepelných toků uvažováno se stejným dimenzováním tloušťek tepelněizolačních vrstev jako ve variantě 2.A.







05

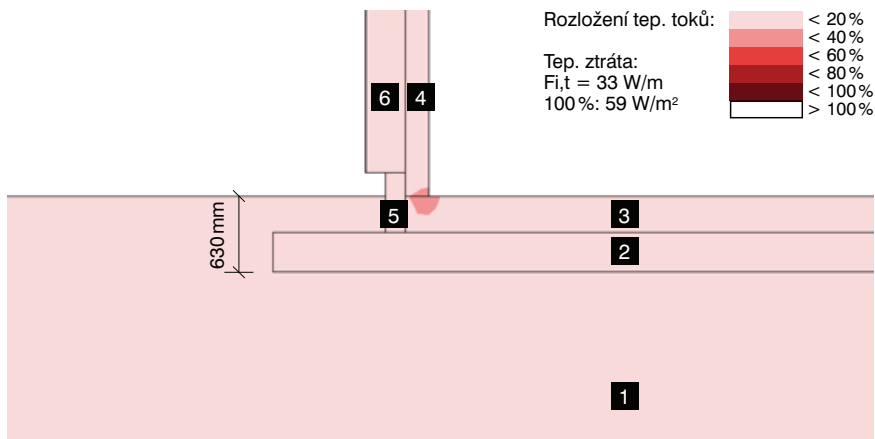
04, 05| Pokládka drceného pěnoksla do výkopu stavební jámy

06| Hutnění vrstvy pěnoksla, v rozích stavební jámy kontrolní šachtice drenážního systému



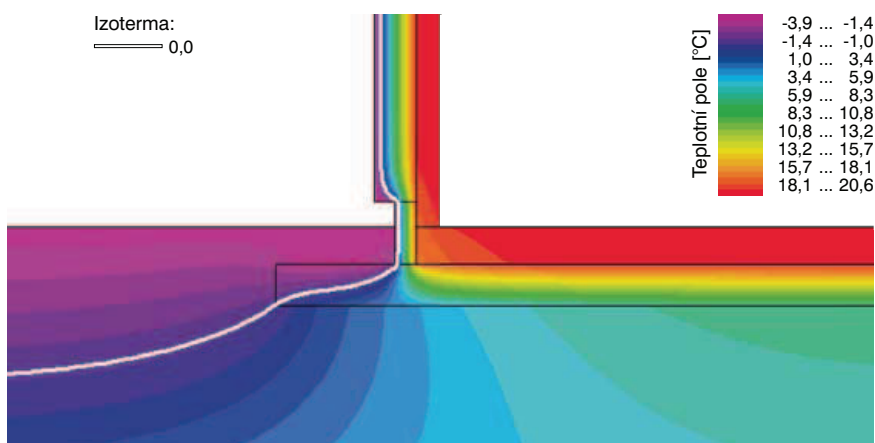
06





Obr. 07a | Založení domu na vrstvě pěnoskla (založení do plochy) – tepelné toky

- 1 | zemina
- 2 | násyp pěnoskla
- 3 | železobetonová deska
- 4 | vápenopískové zdivo
- 5 | extrudovaný polystyren
- 6 | EPS 70 F



Obr. 07b | Založení domu na vrstvě pěnoskla (založení do plochy) – teplotní pole a průběh nulové izotermy

Tedy násyp z pěnoskla 330 mm, železobetonová deska tl. 300 mm, vrstva XPS po obvodu objektu v tl. 150 mm. Rozdíl ve variantách 2.A a 2.B je pouze v plošném rozložení pěnoskla a v množství použitého XPS. Na foto /04, 05, 06/ je ukázka realizace pěnoskla do plochy, v rozích stavební jámy jsou vyvedeny kontrolní šachtice drenážního systému

Grafické vyjádření tepelných toků varianty 2.B viz obr. /07a/, průběh nulové izotermy viz obr. /07b/. Tepelné toky jsou opět rovnoměrně rozloženy, nulová izoterma nezasahuje pod základ.

### 3. ZALOŽENÍ NA BETONOVÝCH PILÍŘCÍCH

Pro zastavěnou plochu modelového domu byl předpokládán celkový počet 44 železobetonových pilířků provedených v pravidelném rastru /foto 07, 08/. Na těchto patkách je provedena skladba (od interiéru):

- betonová roznášecí deska 85 mm;
- separační vrstva PE fólie;
- tepelná izolace EPS 100 S Stabil 100 mm;
- záklop z OSB 22 mm;
- dřevěný křížový nosný rošt vyplněný minerálními vlákny 240 mm;
- difúzně propustná fólie;
- dřevěné podbití 24 mm;
- větraná vzduchová vrstva;
- terén.

Takto provedená skladba podlahy nad větranou vzduchovou vrstvou bude opět svou tepelnou ztrátou odpovídat variantám založení uvedeným v předchozích kapitolách. Tepelné ztráty podlahou, založenou na pilotkách musí být počítány odlišnou metodikou než tepelné ztráty podlahami, které jsou v přímém kontaktu se zemínou. Proto neuvádíme grafické výstupy z programu AREA. Základová spára pod pilířky není vůbec ovlivňována prostupem tepla konstrukcí základu.

### EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Pro jednotlivé varianty založení byly vypracovány položkové rozpočty, které jsou shrnuty v tabulce /02/. Součástí rozpočtových nákladů byly vždy zemní práce, provedení tepelněizolačních vrstev, nosné konstrukce a podlahové roznášecí desky.

Z porovnání je patrné, že alternativní způsoby založení, (varianty 1., 2., 3.) kterými je eliminován tepelný most přechodu svislé nosné konstrukce na základový pas, mohou být v porovnání s klasickým založením, případně doplněným o tepelněizolační tvarovku v první vrstvě zdiva, výrazně výhodnější i z pohledu finančních nákladů.

Jestliže byla výchozí varianta klasického založení uvažována z pohledu nákladů jako 100 %, může být v případě alternativního způsobu založení dosaženo až 20 % úspory nákladů.



07

Tabulka 02| Ekonomické hodnocení nákladů různých variant založení

Varianta založení	Náklady [Kč]	Náklady na 1 m <sup>2</sup> [Kč]	%
Klasické založení	372 225	3 877	100%
Klasické založení s tepelneizolační tvarovkou v první šáře zdiva	442 269	4 607	119%
Varianta 1. – Založení na XPS	305 279	3 180	82%
Varianta 2.A – Založení na pěnoskle (do jámy)	330 279	3 440	89%
Varianta 2.B – Založení na pěnoskle (do plochy)	345 949	3 604	93%
Varianta 3. – Založení na pilířcích (se vzduchovou vrstvou)	298 656	3 111	80%





08| Detail podlahy založené na betonových pilířcích

## ZÁVĚR

Volba způsobu založení nepodsklepeného rodinného pasivního domu závisí na velkém množství parametrů. Rozhodující jsou základové poměry v dané lokalitě a zvolený konstrukční systém domu. Cílem článku bylo poukázat na způsoby založení rodinného domu také z hlediska tepelných ztrát a výše nákladů na realizaci a upozornit na problematiku namrzání zeminy.

<Roman Pavelka>

foto 02, 03: Kalksandstein CZ s.r.o.

- [1] ČSN EN ISO 13 370 *Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*
- [2] ČSN EN 1997-1 *Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*
- [3] ČSN EN ISO 13793 *Tepelné chování budov – Tepelnětechnický návrh základů pro zabránění pohybům způsobených mrazem*