

**Mendelova univerzita v Brně**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny**

**Návrh dvougeneračního rodinného domu**

Diplomová práce

Samostatné přílohy: Výkresová dokumentace

2015/2016

Bc. Jan Štěpán



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Jan Štěpán  
Studijní program: Stavby na bázi dřeva  
Obor: Stavby na bázi dřeva  
Vedoucí práce: Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.  
Název práce: **Návrh dvougeneračního rodinného domu**

Zásady pro vypracování:

1. Cílem diplomové práce bude vypracování dokumentace pro provádění dřevostavby rodinného domu systémem rámové konstrukce. Objekt bude navržen dvougenerační, zastřešený plochou střechou.
2. Součástí diplomové práce bude řešení možnosti zastřešení zelenou střechou.
3. Základní výkresy architektonicko-stavebního řešení budou doplněny potřebnými výkresy podrobností.
4. Návrhy skladeb jednotlivých konstrukcí budou splňovat požadavky pro nízkoenergetické stavby. Pro skladby obvodového pláště bude provedeno tepelně technické posouzení.
5. Projektová dokumentace bude obsahovat technické charakteristiky, popisy a podmínky provádění stavebních prací.
6. Práce bude obsahovat soupis stavebních prací a dodávek s výkazem výměr.

Rozsah práce: 30 stran + výkresová část

Seznam odborné literatury:

1. KOLB, J. – KOŽELOUH, B. *Dřevostavby : systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 3. vyd. Praha: Grada, 2011. 317 s. ISBN 978-80-247-4071-3.
2. VAVERKA, J. – HAVÍŘOVÁ, Z. – JINDRÁK, M. a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 376 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
3. BLAß, H J. – KOŽELOUH, B. a kol. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí : obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby : komentář k ČSN 73 1702:2007 : modifikovaný překlad vysvětlivek k německé normě DIN 1052:2004*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. 227 s. ISBN 978-80-87093-73-3.
4. FRKAL, L. *Domy chráněné zemí*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2007. 94 s. 21. století. ISBN 978-80-7366-095-6.
5. KULHÁNEK, F. *Nízkoenergetické a pasivní domy : návrh a realizace : elektronická příručka*. Praha. 2011.
6. TYWONIAK, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 2 : principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 193 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
7. TYWONIAK, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 3 : nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 195 s. ISBN 978-80-247-3832-1.
8. HUŠKOVÁ, M. – SKULINOVÁ, D. – HALÍŘOVÁ, M. *Technologie a řízení výstavby*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2004. 50 s. ISBN 80-248-0470-0.
9. VAVERKA, J. a kol. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2006. 648 s. ISBN 80-214-2910-0.
10. WEILER, S K. – SCHOLZ-BARTH, K. *Green roof systems : a guide to the planning, design, and construction of landscapes over structure*. Hoboken: Wiley, 2009. 313 s. ISBN 978-0-471-67495-5.
11. ČERMÁKOVÁ, B. – MUŽÍKOVÁ, R. *Ozeleněné střechy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 246 s. ISBN 978-80-247-1802-6.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.

**Bc. Jan Štěpán**  
Autor práce

**doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger**  
Vedoucí ústavu



**Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.**  
Vedoucí práce

**prof. Dr. Ing. Petr Horáček**  
Děkan LDF MENDELU

## **Čestné prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Návrh dvougeneračního rodinného domu** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

*Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.*

*Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

*V Brně, dne:.....*

.....  
*Bc. Jan Štěpán*

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval paní Ing. Pavle Kotáskové, Ph.D. za její odborné rady, čas věnovaný konzultacím a trpělivost při vedení této diplomové práce. Děkuji také Rostislavu Kubíčkovvi za inspiraci a poznatky získané při výstavbě plusového rodinného domu. Nakonec děkuji svým rodičům za veškerou podporu a to nejen po čas studií.

## **Abstrakt**

**Autor:** Bc. Jan Štěpán

**Název diplomové práce:** Návrh dvougeneračního rodinného domu

Diplomová práce se zabývá návrhem rodinného domu pro dvougenerační bydlení. Dům je navržen jako dřevostavba systémem rámové konstrukce s extenzivní zelenou střechou. V první části se práce věnuje problematice týkající se nízkooenergetického a pasivního standartu bydlení. V další části je popsána problematika vegetačních střech.

V praktické části je popsán zvolený konstrukční systém, návrhy skladeb konstrukcí včetně podmínek pro realizaci stavby. Dále je provedeno tepelně-technické posouzení skladeb konstrukcí a výpočet energetické bilance stavby dle PHPP. V závěru je stručný popis statického návrhu stropní konstrukce.

Výkresová část obsahuje projektovou a výrobní dokumentaci včetně řešení důležitých detailů konstrukce.

**Klíčová slova:** dřevostavba, zelená střecha, Passive House Planning Package

## **Abstract**

**Author:** Bc. Jan Štěpán

**Title:** Design of double generation house

This diploma thesis deals with design of house for living of two generations. The house is designed with the form of wooden frame structure with the extensive green roof system. In the first part, the thesis is focused to issues of energy efficiency and passive house standard of living. In the next part is described topic of the green roof.

In the practical part is described selection of structural system, design of composition structures including requirement for implementation of construction works. Furthermore is performed thermal – technical assessment of composition structures and calculation of energy balance according to PHPP. In the end is a brief description of static design of ceiling structure.

The drawing part includes project and manufacturing documentation including solutions of important construction details.

**Key words:** wooden building, green roof, Passive House Planning Package

## Obsah

1	Úvod .....	11
2	Cíl práce .....	12
3	Metodika .....	13
3.1	Tepelná technika.....	14
3.1.1	Výpočet součinitele prostupu tepla U .....	14
3.1.2	Výpočet energetické náročnosti objektu .....	15
3.2	Statické výpočty .....	17
4	Domy s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění.....	19
4.1	Definice .....	21
4.2	PHPP .....	22
5	Vegetační střechy .....	23
5.1	Historie a vývoj.....	23
5.2	Funkce zelených střech.....	26
5.2.1	Urbanistická funkce .....	27
5.2.2	Vliv na mikroklima budovy.....	28
5.2.3	Ochranná funkce .....	28
5.3	Typy zelených střech.....	29
5.3.1	Intenzivní zeleň.....	29
5.3.2	Extenzivní zeleň.....	30
5.4	Skladba ozeleněných střešních pláštů.....	30
5.4.1	Substrát.....	31
5.4.2	Filtrační vrstva .....	31
5.4.3	Drenážní vrstva .....	32
5.4.4	Střešní plášť .....	32
6	Vlastní řešení.....	34
6.1	Koncept.....	34



6.1.1	Byt A .....	34
6.1.2	Byt B .....	35
6.2	Návrhy skladeb a charakteristiky stavebních konstrukcí .....	35
6.2.1	Obvodová stěna.....	35
6.2.2	Vnitřní nosné mezibytové stěny.....	39
6.2.3	Vnitřní nosné stěny a nenosné příčky .....	41
6.2.4	Podlaha v 1.NP (na železobetonové základové desce) .....	42
6.2.5	Strop nad 1NP .....	43
6.2.6	Zastřešení.....	46
6.3	Technický popis navrhovaného objektu.....	53
6.3.1	Všeobecné informace .....	53
6.3.2	Stavebně technické řešení.....	53
7	Tepelně technické posouzení .....	59
7.1	Výpočet součinitele prostupu tepla U .....	59
7.1.1	Obvodová stěna.....	59
7.1.2	Vnitřní nosná mezibytová stěna.....	59
7.1.3	Podlaha na žb. desce v 1.NP .....	60
7.1.4	Strop nad 1 NP .....	60
7.1.5	Střecha.....	61
7.2	Zhodnocení energetické bilance v PHPP 2007.....	62
8	Statické výpočty .....	64
8.1	Statický výpočet stropu nad 1NP .....	64
8.2	Statický výpočet stropu nad 2.NP .....	66
9	Diskuze .....	68
10	Závěr .....	70
11	Summary .....	72
12	Seznam použité literatury .....	74

13	Seznam obrázků .....	77
14	Seznam tabulek.....	77
15	Přílohy.....	78

# 1 Úvod

Bydlení více generací pod jednou střechou bylo ještě nedávno běžnou součástí každodenního života. Jeden dům byl obýván generací rodičů, dětí a vnoučat. Dle mého názoru, byl blízký kontakt přínosem pro každou generaci a nedocházelo v takové míře k odcizení se od vlastní rodiny. Pochopitelně to nelze zobecnit na všechny případy, nicméně mám s ním osobní zkušenost a to je také jedním z důvodů, proč jsem si vybral právě toto téma.

Budovy, jejichž konstrukční části jsou tvořeny dřevem již nejsou tolik vnímány jako alternativní cesta k bydlení, či bydlení pro sociálně slabší vrstvy. Naopak lze pomocí dřevěných konstrukcí vytvářet i velkolepé objekty a budovy s nejvyšším standardem bydlení. Obor dřevostaveb má v sobě také obrovský potenciál z hlediska energetických úspor. Vždyť právě pro pasivní a nízkoenergetické budovy je nosná dřevěná konstrukce velmi často využívána. Důvodem pro použití je prostý fakt, že nosná konstrukce ze dřeva má nízkou tepelnou vodivost a lze využívat subtilní prvky či plošné prvky (např. CLT panely) s velmi malou tloušťkou. Dřevostavby obecně se díky tomu vyznačují nižší tloušťkou stěn při stejných požadavcích na tepelnou ochranu, čímž je možné zvětšit užitnou plochu objektu. Také ekologické dopady výstavby jsou využitím dřevostaveb výrazně redukovány a tím přispívají k udržitelnému rozvoji společnosti. Dřevo společně se slámou jsou jedinými stavebními materiály používané pro nosné konstrukce, které jsou recyklovatelné a obnovitelné. Také množství tzv. šedé energie je použitím dřeva omezoováno, neboť výrobky ze dřeva potřebují pro zpracování a přepravu na místo stavby mnohem méně energie než v případě zděných či ocelových konstrukcí.

Kombinace dřevostavby se zvýšenými požadavky na ochranu tepla a tím zvýšeným komfortem bydlení je jedním z trendů ve stavitelství. Dalším trendem je také snaha být šetrnější k životnímu prostředí a to používáním obnovitelných surovin, obnovitelných zdrojů energie atd. Životní prostředí je v tomto smyslu nutné chápat, nejen jako přírodu kolem nás ale i jako městské prostředí, neboť právě to, je pro většinu z nás prostředím ve kterém žijeme. Ke zlepšení klimatu ve městech tak lze využít vegetačních střech, což je prozatím v naší republice téma na okraji zájmu. Je to dle mého názoru velká škoda. Snad každý člověk má rád pohled na stromy či louku a zelené střechy nám toto mohou alespoň částečně dopřát.

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je vypracování projektové a výrobní dokumentace pro dvougenerační rodinný dům. Dokumentace bude obsahovat architektonicko-stavební řešení včetně řešení konstrukčních detailů a výkresy konstrukčních částí stavby s výkazy materiálu. Obsahem práce bude i teorie týkající se problematikou vegetačních střeš a nízkoenergetických budov. Bude proveden návrh a posouzení konstrukcí, zda použité skladby vyhoví požadavkům pro nízkoenergetické stavby a vypočtena celková potřeba tepla na vytápění dle plánovacího nástroje pro výpočet energetické bilance u pasivních domů PHPP 2007. Řešeno bude také statické dimenzování nosníků stropní a střešní konstrukce.

### 3 Metodika

V teoretické části týkající se budov s velmi nízkou potřebou energií budou popsány aspekty použité při návrhu domu, definice tohoto typu budov a představení programu pro výpočet energetické bilance stavby. Další část práce se věnuje problematice vegetačních střech. Bude popsána historie a funkce tohoto typu zastřešení, rozdělení a popis jednotlivých vrstev vegetačních střech.

V praktické části je pak charakterizován konstrukční systém, použité materiály a zásady při provádění stavebních prací. Objekt bude zhotoven montáží přímo na staveništi.

Dispoziční řešení objektu bude řešeno pro potřeby bydlení starší a mladší generace. Objekt bude navržen tak, aby vyhověl požadavkům vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby a normy ČSN 73 4301- Obytné budovy. Limitem bude velikost zastavěné plochy do 150 m<sup>2</sup> dle zákona č. 183/2006, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Část objektu bude navržena i pro užívání osob s pohybovým handicapem. Vycházet se bude z vyhl. č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb a z metodiky ke zpracování této vyhlášky v publikaci *Bezbariérové užívání staveb* [1]. Prostorové požadavky a doporučení budou čerpány z publikace *Projektujeme bez bariér* [5] s ohledem na to, že tato publikace byla vydána v době nyní již neplatné vyhl. č. 369/2001 Sb. Pro vyšší akustický komfort bude na rozhraní obou bytů použita mezibytová stěna a strop s požadavky dle normy ČSN 73 0532 – Akustika.

Dům bude navržen se snahou minimalizovat energetickou náročnost na provoz domu a dodržování principů trvale udržitelné výstavby. Pro ověření parametrů dle normy ČSN 73 0540-2 bude proveden výpočet hodnot součinitele prostupu U s porovnáním doporučených hodnot pro pasivní domy. K výpočtu součinitele prostupu tepla a energetické bilance domu bude použito plánovacího nástroje PHPP 2007 (Passive house planning package). Součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  budou převzaty z technických listů výrobce. Při návrhu konstrukcí a řešení skladeb budou respektována doporučení Passivhaus Institutu Darmstadt pro návrh pasivního domu.

Statické výpočty pro dimenzování stropních nosníků budou provedeny v programu SteicoXpress a to pro nosníky v konstrukci stropu nad 1NP a 2NP. Výpočet je proveden dle normy ČSN EN 1990 a skupiny norem ČSN EN 1991. Posouzení

nosníků bude provedeno dle normy EN 1995-1-1:2004-11. Objemové hmotnosti použitých materiálů budou převzaty z technických listů výrobce, případně z normy ČSN EN 1991-1-1.

### 3.1 Tepelná technika

V této části bude popsán postup při výpočtu součinitele prostupu tepla a měrné potřeby tepla na vytápění v PHPP. Při výpočtech bylo postupováno podle Manuálu pro PHPP 2007.

#### 3.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U

##### Návrhové okrajové podmínky:

Teplota vnitřního vzduchu: 20 °C

Teplota venkovního vzduchu: - 15 °C

Výpočet součinitele prostupu tepla se provádí v listu U – hodnoty. Pro výpočet součinitele prostupu tepla v PHPP je potřeba zadat následující hodnoty: Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce  $R_{si}$  a  $R_{se}$  [ $m^2K/W$ ], součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $W/mK$ ], tloušťku materiálu [mm] a podíl dílčích ploch [%], který určuje procentní zastoupení materiálu na 1  $m^2$  plochy. Součinitele tepelné vodivosti jsou převzaty z technických listů výrobků. Hodnoty odporu při přestupu tepla jsou převzaty z normy ČSN 73 0540-3 - Příloha J (viz tab. 1). Pro porovnání vypočtených hodnot jsou v práci uvedeny normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$  jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2 (viz tab. 2). Při výpočtu jsou zohledněny systematické tepelné mosty v jednotlivých konstrukcích (stěnové sloupky, stropní nosníky)

Tab. 1: Odpor při přestupu tepla [ $W/m^2K$ ]

	směr toku tepla		
	nahoru	vodorovně	dolů
$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04
$R_{se}$	vzhledem k zemině - 0		

Tab. 2: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 5)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

### 3.1.2 Výpočet energetické náročnosti objektu

#### Návrhové okrajové podmínky:

Vnitřní teplota: 20,0 °C

Plánovaný počet osob: 6

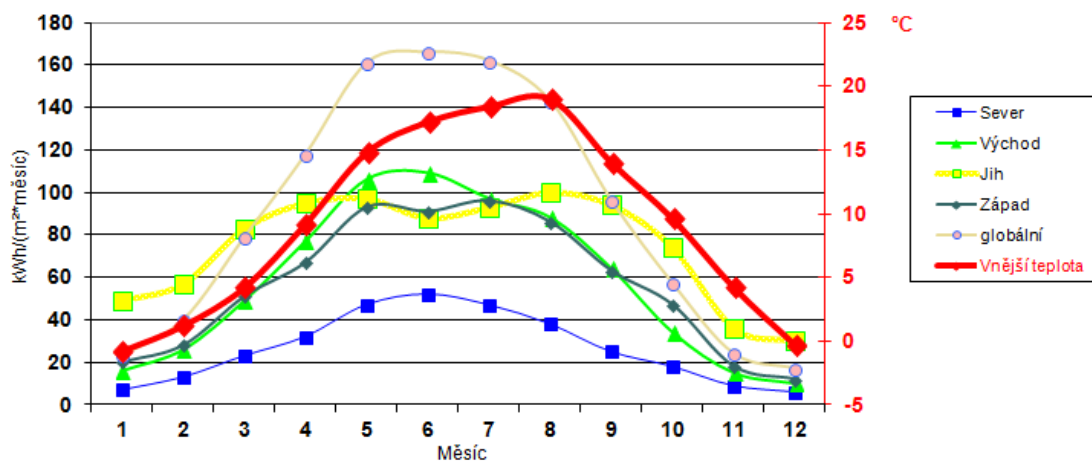
Vnitřní zdroje tepla: 2,1 W/m<sup>2</sup>

Klimadata: CZ – Hradec Králové

Plocha podlahové desky: 149,54 m<sup>2</sup>

Vytápěná podlahová plocha: 245,14 m<sup>2</sup>

Po spuštění programu byla zadána v listu Hodnocení data charakterizující stavbu, plánovaný počet osob, návrhová vnitřní teplota, druh a využití objektu. V listu Klimadata je možné vybrat regionální klimatické údaje (pro ČR 11 míst). Pro posouzení objektu byla vybrána data pro klimatickou oblast Hradec Králové. Graf rozložení teplot v průběhu roku můžeme vidět na obr. 1.



Obr. 1: Klimadata pro CZ- Hradec Králové : rozložení teplot v průběhu roku

V listu Plochy byly zadány plochy tepelné obálky počítané z vnějších rozměrů a vytápěná podlahová plocha. Od ploch obalových konstrukcí jsou při zadávání oken a dveří automaticky odečteny plochy otvorových výplní. K jednotlivým plochám tepelné obálky pak přiřadíme typ konstrukce a skupinu. Skupina určuje o jakou teplosměnnou plochu se jedná (vnější stěna – vnější vzduch, podlahová deska, střecha – vnější vzduch).

V listu zemina byl zadán druh podlahové desky, hloubka podlahové desky v zemině a informace o obvodové izolaci podlahové desky (50 mm XPS). Dále zde byla zadána podlahová plocha desky, její obvod a součinitel prostupu tepla. Pro vlastnosti zeminy byly použity standartní hodnoty pro mokrý písek/štěrk, vlhký jíł (tep. vodivost  $\lambda=2$  W/mK, tep. kapacita  $c=2$  MJ/m<sup>3</sup>K).

Dalším listem je list Okna a list OknaTyp. Nejprve byly zadány hodnoty do listu OknaTyp. V tomto listu byly zadány hodnoty zasklení (součinitel  $U_g$  a  $g$ ) a hodnoty pro typ rámu oken. Hodnoty pro jednotlivá okna a dveře v tomto listu byly převzaty z excelového souboru pro zadávání do PHPP od společnosti Slavona. U oken orientovaných na jih bude např. použito zasklení izolačním trojsklem Solar pro zvýšení solárních zisků i za cenu horšího součinitele prostupu tepla ( $U_g = 0,6$  W/m<sup>2</sup>K,  $g = 62\%$ ).



V listu Okna byly zadávány rozměry oken, umístění ve které části obalové plochy se okno nachází, jeho přesná orientace vůči světovým stranám (odchylka od severu ve stupních), typ rámu, typ zasklení a tepelný most v místě osazení ( $\psi_{\text{osazení}} = 0,3$  W/mK).

V listu Zastínění pak můžeme zadat stínící objekty (budovy, vyčnívající prvky, ostění). V tomto případě bylo zadáno stínění přesahem střechy a hloubkou okenního ostění. V listu Zastínění – L (pro výpočet letního případu) byl zadán činitel redukce zastínění přechodnou protisluneční ochranou (vnitřní žaluzie) a to hodnotou 75 %.

Další list se týká větrání. V tomto listu určujeme množství přívodu vzduchu na osobu (zde  $30\text{m}^3/\text{h}$ ), místnosti s odvodem vnitřního vzduchu ( 2x kuchyň, 2x koupelna, 3x wc, spíž), druh větrací jednotky, případně použití zemního výměníku. Jelikož není známa hodnota intenzity výměny vzduchu při zkoušce neprůvzdušnosti je zde vložena maximální (tedy nejhorší) hodnota  $n_{50} = 0,6$  /h pro pasivní domy. Navrženo je rovnotlaké větrání s větrací jednotkou s rekuperací tepla a účinností výměníku tepla 85%. Tato účinnost je ve výpočtech snížena vlastnostmi kanálu pro přívod a odvod vzduchu (tloušťka zaizolování, délka kanálu, tepelná vodivost technické izolace).

V dalších listech pak můžeme zadat ještě další data pro co nejpřesnější popis objektu a jeho technického vybavení. Například jsou zde listy pro výpočet chladící zátěže, rozvody teplé vody, solární systémy, spotřeby elektřiny ve spotřebičích (pračka, myčka, lednice..), způsob vytápění apod. Tyto aspekty slouží pro výpočet energetických zisků z vnitřního prostředí a pro výpočty měrné potřeby primární energie. V práci technické vybavení není přesně specifikováno.

### 3.2 Statické výpočty

Výpočet stálého zatížení byl proveden v tabulkovém procesoru Microsoft Excell. Hodnoty užitných zatížení jsou převzaty z národní přílohy k ČSN EN 1991-1-1 – Obecná zatížení. Objemové tíhy jednotlivých vrstev v konstrukci byly převzaty z technických listů výrobce. Pokud byl v listu uveden rozptyl hodnot, byla použita horní hranice objemové tíhy. Lineární zatížení od vnitřních stěn a příček bylo vypočteno prostým vynásobením výšky stěny a její plošné hmotnosti. V programu lze zadat jestli zatížení probíhá paralelně se stropním nosníkem (osa stěny je rovnoběžná s osou nosníku), nebo kolmo k stropnímu nosníku. Výpočet zatížení je proveden dle skupiny norem ČSN EN 1991.

Pro dimenzování stropních nosníků byl použit výpočetní program STEICOexpress, který je určen pro navrhování prutových prvků od společnosti Steico (Steico Ultralam R(X), Steico Joist). Výpočet je proveden dle normy EN 1995-1-1:2004-11 (Prosinec 2006). Do programu se zadávají charakteristické hodnoty zatížení.

Vstupní hodnoty pro výpočty zatížení sněhem a větrem byly převzaty z protokolu vytvořeného v programu Dlubal RX-Timber – Roof.

## **Strop nad 1.NP**

### **Návrhové okrajové podmínky:**

Kategorie užitého zatížení: A

Charakteristická hodnota rovnoměrného užitého zatížení  $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Charakteristická hodnota soustředného užitého zatížení  $Q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Maximální průhyb nosníku: L/300

Třída provozu: 2

## **Strop nad 2.NP**

Při dimenzování nosníků nad 2NP bylo uvažováno přenesené zatížení ze střešní konstrukce přes krokve a montážní hranoly Isover TRAM do stropních nosníků nad 2NP. Aby výpočet co nejvíce odpovídal skutečnému průběhu zatížení bylo do programu Steico Xpress zadáno lineární zatížení odpovídající podporovým silám celoplošně podepřené krokve. K tomuto zatížení bylo přidáno ještě zatížení skladby stropu nad 2NP včetně podhledu.

### **Návrhové okrajové podmínky:**

Kategorie užitého zatížení: H

Charakteristická hodnota rovnoměrného užitého zatížení  $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Charakteristická hodnota soustředného užitého zatížení  $Q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Maximální průhyb nosníku: L/300

Výška budovy: 6,61 m

Větrová oblast: III

Kategorie terénu: II

Základní rychlost větru: 27,5 m/s

Třída provozu: 2

Nadmožská výška: 250 m

Oblast zatížení sněhem: I

Typ krajiny: normální

Zatížení sněhem  $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$

## 4 Domy s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění

Domy s velmi nízkou potřebou tepla jsou důležitým krokem vedoucím k úspoře energií a to jednak z důvodů finančních úspor ale i z hlediska ochrany životního prostředí. Úspora energie a tepelná ochrana je jeden ze základních požadavků ukotvených ve vyhl. č. 268/2009 Sb, kde je v §16 uvedeno: *Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly dlouhodobě po dobu jejich užívání zaručeny požadavky na jejich tepelnou ochranu splňující*

- a) tepelnou pohodu uživatelů,
- b) požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov,
- c) tepelně vlhkostní podmínky technologií podle různých účelů budov,
- d) nízkou energetickou náročnost budov.

Požadavky kladené na budovy z hlediska energetické náročnosti se neustále zpřísňují, přičemž dle ČSN 73 0540-2 má být dosaženo stavu, kdy všechny novostavby budou realizovány jako budovy s nulovou energetickou náročností nebo takové úrovni blízké. Tyto požadavky vycházejí z implementace směrnice evropského parlamentu a rady EPDB 2010/31/EU. Implementace do legislativy platné v České republice se projevuje například v zákoně č. 318/2012, o hospodaření energií, dále v prováděcí vyhlášce č. 78/2012 o energetické náročnosti budov.

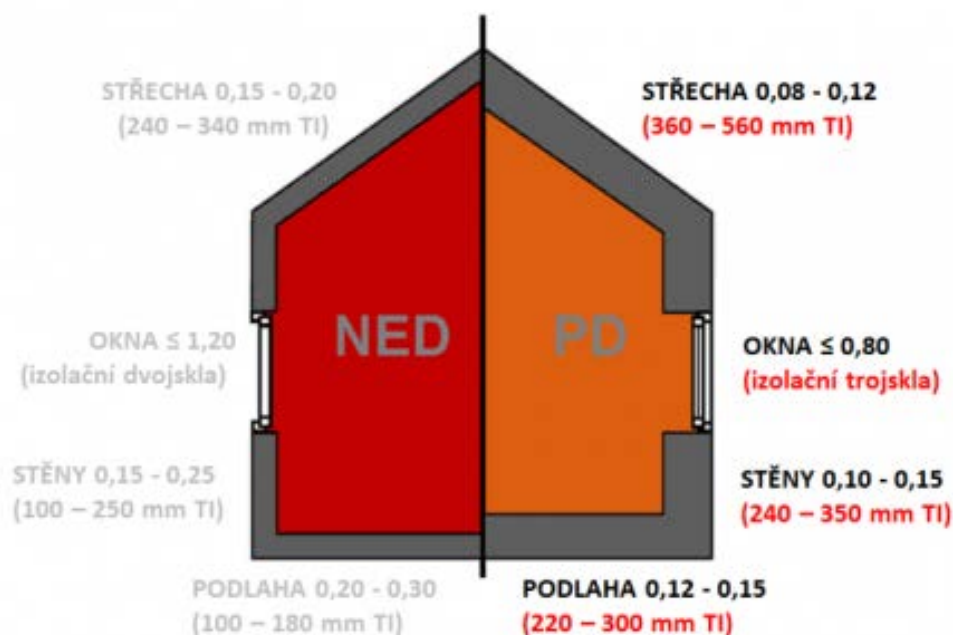
### **Desatero požadavků pro splnění parametrů nízkoenergetického domu (NED)**

(Smola, 2011) :

- 1) Jednotlivé konstrukce NED musí splňovat alespoň doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 730540-2. Roční měrná potřeba tepla na vytápění  $e_A$  nepřesahuje 50 kWh/ (m<sup>2</sup>. a).
- 2) Správné umístění stavby na pozemku. Ideální situování je u severní a východní hranice parcely, tak aby jižní a případně i západní průčelí bylo plně přístupno a vystaveno solárním ziskům. Většina územních plánů nepředpokládá realizaci NED nebo PD a tak je v řadě případů již z principu vyloučeno.
- 3) Cílem je co nejkompaktnější, jednoduchý tvar domu, bez zbytečných výstupků. Co nejmenší povrch pláště vůči obestavěnému prostoru, A/V. Ideálně by to byla koule nebo krychle což je nepraktické z hlediska dispozičního řešení. Ustálená podoba je ve formě ležatého kvádra delší stranou orientovaného k jihu. Střecha je optimálně plochá, pultová, nelze-li jinak sedlová.

- 4) Dispozice je tepelně zónovaná ve vztahu ke světovým stranám. Obytné místnosti jsou orientovány na osluněné strany, vstupní partie, komunikace, šatny a úložné prostory na stranu odvrácenou. Mokrý provozy jsou soustředěny nad sebou, pokud možno na jednu stoupačku. Doplňkové prostory , garáž, suterén jsou od domu tepelně odděleny.
- 5) Ochlazovaná obálka domu musí být vybavena dostatečnou vrstvou tepelné izolace s eliminací obvyklých tepelných mostů. V podlahách na terénu je 150 mm, ve stěnách v závislosti na technologii a skladbě je aplikováno cca 200 až 250 mm, v střešní konstrukci 300 – 350 mm tepelné izolace.
- 6) Předpokladem správného řešení je zpracování konstrukčních detailů alespoň v měřítku 1:10.
- 7) Důležitý je podíl plochy oken k ochlazované obálce domu. Až 40 % tepelných ztrát způsobují právě výplně otvorů. Pro normové oslunění a osvětlení stačí obvykle u obytné místnosti poměr 1:6. Velikost a plochu oken optimalizujeme vůči světovým stranám. Redukujeme otevíravé části s přihlédnutím k čistitelnosti oken. Klíčové je také správné zabudování do konstrukce obvod. pláště, dodržení technologické kázně, umožnění dilatace.  
Součinitel prostupu tepla  $U_{okna} = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$ , nebo lepší.
- 8) NED je pokud možno vzduchotěsný. Celková neprůvzdušnost  $n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$ . U zděných domů je toho dosahováno oboustranným omítnutím, u ostatních konstrukcí správně navržená skladba a provedení parozábrany.
- 9) Požadavek vzduchotěsnosti je v rozporu s požadavkem hygienicky nezbytné výměny vzduchu. Obvyklým řešením je řízený systém větrání s rekuperací tepla, s možností chlazení.
- 10) Klíčovým nástrojem ke kontrole kvality stavby NED je důsledný autorský dozor projektanta, stavebníka a organizace pravidelných kontrolních dnů na stavbě. Prověření vzduchotěsnosti je možné standardním „Blower-door testem“.

Pasivní domy musejí splnit požadavky kladené na domy nízkoenergetické ale jsou zde aplikovány ještě větší tloušťky izolací, nižší neprůvzdušnost, kvalitnější okna, vyřešení většího množství detailů atd. Velmi zhruba lze porovnání doporučených hodnot součinitele prostupu tepla, tlouštěk tepelné izolace použitých oken zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 2: Porovnání NED a PD (před závorkou hodnota součinitele prostupu tepla, v závorce potřebná tloušťka izolace) ([www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz))

## 4.1 Definice

Definice popsané v následující části jsou převzaty z ČSN 73 0540-2.

### Nízkoenergetické budovy

*Nízkoenergetické budovy jsou charakterizovány nízkou potřebou tepla na vytápění. Té je dosahována zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Za nízkoenergetickou budovu podle této normy se považuje budova, jejíž průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu a současně měrná potřeba tepla na vytápění nepřekračuje kWh/(m<sup>2</sup> rok).*

### Pasivní budovy

*Pasivní budovy jsou charakterizovány minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením.*

*Hodnoty potřeby tepla na vytápění a dodané energie se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13790. Povinně hodnocenou vlastností je celková průvzdušnost obálky budovy. Celková intenzita výměny vzduchu  $n_{50}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí překročit hodnotu  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ .*

## Certifikace pasivních domů

Pokud chceme mít jistotu, že navržený dům je opravdu pasivní je možné stavbu certifikovat, což je vlastně nadstavba k hodnocení podle průkazu energetické náročnosti budov (PENB) dle vyhl. č. 78/2013, o energetické náročnosti budov. Certifikaci u nás provádí Centrum pasivního domu dle definice Passivhaus Institut.

### Hodnotící kritéria pro certifikaci:

- Měrná potřeba tepla na vytápění: max. 15 kWh/(m<sup>2</sup>rok)
- Neprůvzdušnost  $n_{50}$ : max. 0,6 h<sup>-1</sup>
- Měrná potřeba primární energie max. 120 kWh/(m<sup>2</sup>rok)
- Četnost přehřátí (nad 25 °C) ≤ 10%

Kritéria musí být prokázána pomocí nástroje PHPP.

## 4.2 PHPP

Nástroj PHPP 2007 pracuje v prostředí tabulkového editoru Microsoft Excell. Jedná se o nejpoužívanější evropský nástroj pro návrh pasivních a nízkoenergetických domů<sup>1</sup>. Výsledky výpočtů ukázaly, že výpočet energetické bilance je velice přesný v porovnání s naměřenými hodnotami u stovek již realizovaných domů. Velká výhoda tohoto programu tkví v tom, že se při změně jakéhokoliv parametru (změna materiálu, tloušťka, typ okna, větrací jednotka atd.) projeví tyto změny okamžitě v souvisejících datech závislých na změněném parametru a na celkovém hodnocení energetické bilance. PHPP používá k výpočtům německé normy DIN, což vede k rozdílným výsledkům oproti normám TNI, ale je to na stranu bezpečnosti (kritéria v DIN jsou přísnější a máme tak jistotu, že dům vyhoví i požadavkům českých norem).

### PHPP obsahuje nástroje pro:

- výpočet součinitelů U stavebních prvků s velkou mírou tepelné izolace
- výpočet energetické bilance (klimatické data pro 11 míst v ČR)
- návrh řízeného větrání
- výpočet topné zátěže (klimatická data pro výpočet topné zátěže v ČR ještě nejsou dostupná)
- výpočet letního případu – četnost přehřívání<sup>2</sup>

<sup>1</sup> <http://www.tzb-info.cz/114507-vychazi-ceska-verze-navrhovaciho-programu-phpp-8-5-pro-pasivni-domy>

<sup>2</sup> <http://www.pasivnidomy.cz/planovaci-nastroj-phpp-2007-cz-ceska-verze/t326>

## 5 Vegetační střechy

Vegetační střechy lze charakterizovat jako střechy, kde vrchní vrstvu skladby střechy tvoří vegetace ve formě mechů, bylin, travin, keřů či stromů. Pro tento typ střech se užívají názvy jako zelené, ozeleněné, vegetační, zatravněné střechy, střešní zahrady atp. Zelené střechy a v menší míře také zelené fasády se u nás stávají stále hojněji diskutovaným tématem, a to nejen u ekologicky smýšlejících lidí. Důvodů pro zvětšování ozeleněných ploch je mnoho, a to především ve městech, kde šedivé a rozpálené plochy vytlačily prakticky veškerou zeleň do parků. Nám pak schází potřebný kontakt se zelení a přírodou, který působí blahodárně na naše psychické rozpoložení a znamená také částečné vrácení zelených ploch zpět přírodě. Zelené střechy se dle mého názoru, či možná přání, stanou téměř nedílnou součástí střech u novostaveb v městské zástavbě právě z důvodu čištění ovzduší od polétavých částic a snižování teplot a zvyšování vlhkosti v okolí střechy (částečné zadržování a odpařování vody) během letních měsíců.

Ozelenit střechu není jen záležitostí plochých střech, jak by se mohlo zdát ale je možné ozelenit střechy se sklonem dokonce až 60°. Při sklonech od 20° je nutné substrát zajistit vždy, při menších sklonech s ohledem na soudržnost substrátu. Za optimální sklon (Čermáková, 2009) se pro ozeleněné střechy považuje sklon 2 – 5%.

### 5.1 Historie a vývoj

Tradici zelených střech můžeme nalézt jak v severských zemích, jako např. Island, USA, Skandinávské země, tak i v oblastech s naprosto odlišnými klimatickými podmínkami, např. Tanzanie. Šlo většinou o střechy nepochozí a jejich význam byl čistě praktický, tj. jako tepelná izolace a akumulátor tepla či chladu. V drsném klimatu Islandu se stavěly domy, jejichž stěny nenosná část střechy byla z dvou až třech vrstev rašelinových drnů (viz obr. 3). To zabezpečovalo dostatečnou ochranu proti úniku tepla a tyto domy ani nepotřebovaly být vytápěny, jelikož potřebné teplo bylo produkováno samotnými obyvateli domu. [2]



Obr. 3: Islandský dům z travních drnů<sup>3</sup>

První dochované zmínky o zelených střeších byly nalezeny na Blízkém východě při vykopávkách města Ninive (území Asýrie a Babylónu, dnes sever Iráku) za vlády krále Šalamouna (929 – 917 př. n. l.). Znamější je však druhý div světa - Semiramidiny visuté zahrady v Babylóně (viz obr. 4), které byly založeny pravděpodobně v 6. století před naším letopočtem. Šlo o pochozí stupňovité střešní zahrady podporované klenbami, kde jako tepelná izolace byl použit rákos zalitý asfaltem a hydroizolaci tvořily olověné pláty. Jelikož se jednalo o rozlehlé zahrady (120 x 120 m) s bujnou vegetací a stromy, bylo nutné zajistit umělé zavlažování (navíc v této oblasti se déšť vyskytuje zřídka). Voda byla čerpána z blízké řeky Eufrat pomocí spirálovitých čerpadel poháněných lidskou silou a dále rozváděna soustavou kanálů k vegetaci. [1] Tyto zahrady plnily především funkci estetickou, ale v horkém podnebí sloužily i jako důležitý prvek proti přehřívání.

---

<sup>3</sup> <http://news.psu.edu/story/140733/2003/01/01/research/saga-house> dostupné 7. 2. 2015





Obr. 4: Vyobrazení Semiramidiných visutých zahrad<sup>4</sup>

Z Blízkého východu se střešní zahrady přenesly do jižní Evropy během období řecké a římské říše. V tomto období si je na své domy a paláce dávali bohatí římskí měšťané z vyšších vrstev, tzv. patricijové, kteří tím dávali na odiv své bohatství. Jelikož si je však chudší lidé nemohli dovolit, umísťovali na terasy nádoby s rostlinami. [1]

Po zániku západořímské říše se výstavba střešních zahrad asi na 400 let téměř zastavila<sup>5</sup>. Ve středověku se zelené střechy budovaly v rámci byzantské říše opět především na palácích. Od poloviny 11. století narůstala jejich popularita ve Francii a hlavně v Itálii, kde však největší rozmach nastal v období renesance díky mecenášům např. v Římě, Benátkách či Veroně. V 17. a 18. století se střešní zahrady rozšiřují do německých a anglických měst. Vznikají také teoretické práce týkající se této problematiky a v některých italských městských státech jsou přijímána nařízení o stavbě zelených střech. [1]

Významným milníkem nejen pro konstrukce zelených střech ale i pro celé stavebnictví se stal rok 1867, kdy si Joseph Monier nechal patentovat svůj vynález – železobeton [11]. Stavebně - fyzikální vlastnosti železobetonu umožnily další vývoj zelených střech. Přinesly zjednodušení střešních pláštů a prodloužení životnosti jak střech, tak i celých staveb. [1]

Od začátku minulého století se tématem zelených střech zabývá např. švýcarský architekt Le Cobrusier, který publikoval Pět bodů moderní architektury. Druhý bod se týká právě střešních zahrad na plochých střechách. Ty se mají stát nezbytnou součástí moderní architektury, čímž dojde k zlepšení prostředí pro bydlení a

<sup>4</sup><http://www.egyptan.sk/clanky/sedem-divov-sveta/semiramidine-visute-zahrady--sedem-divov-starovekeho-sveta-.html> dostupné dne 9. 2. 2015

<sup>5</sup> [http://www.zeleneastrechy.info/UserFiles/File/szuz\\_zelene-strechy\\_indd.pdf](http://www.zeleneastrechy.info/UserFiles/File/szuz_zelene-strechy_indd.pdf) dostupné dne 7. 2. 2015

”navrácení zastavěné plochy městu“. Po 2. světové válce se díky rozvoji stavební chemie a plastových hmot uplatňují zelené střechy stále častěji.

V 70. a 80. letech v německy mluvících zemích vznikají zelené střešní zahrady nejen jako ochrana před vnějšími vlivy ale i jako prostředek ekologie. Němečtí odborníci se zasloužili svým výzkumem o vývoj nových materiálů pro ozeleňování střech, jako jsou např. ochranné vrstvy proti prorůstání kořínků, či drenážní prefabrikáty z pěnového polystyrenu. Vypracovali také zásady pro zřízení vegetačních střech, a to i pro ozelenění šikmých střech. V souběhu s výzkumem vznikají firmy, specializující se na zelené střechy a ty se stávají běžnou součástí při navrhování nových objektů, či při rekonstrukcích. Od roku 1993 fungoval v Rusku program pro realizaci střešních zahrad využívaných pro zemědělství, který byl ukončen po hospodářské krizi roku 2008 (<http://ccisf.org/cci/>). [1,10]

Zelené střechy, nebo spíše střešní zahrady se v České republice začínají objevovat až ve druhé polovině 19. stol. První vlaštvou je střecha konírny zámku v Lipníku nad Bečvou, která je funkční dodnes. Zažila dvě velké rekonstrukce – první v roce 1911 a druhou teprve nedávno v letech 2005 – 2006. [1] Zvýšený zájem o zelené střechy je u nás vidět až po roce 1989, kdy se k nám mohou dostávat publikace ze zemí, kde je silná tradice a tedy praktické zkušenosti s budováním zelených střech. Vznikají také ekologická vzdělávací zařízení, kde se zaměřují i na problematiku zelených střech, např. Centrum Veronica, kde na pracovišti Rozmarýnek je několik zelených střech.

## 5.2 Funkce zelených střech

Střecha musí splňovat primárně základní funkci, což je dle ČSN 73 1901<sup>6</sup> „*Ochrana konstrukce a vnitřního prostředí před srážkovou vodou, ochrana a zajištění stavu vnitřního prostředí, příp. ochrana konstrukce před vnitřním prostředím*“. Spolu se základními funkcemi, které musí splňovat každá střecha, má zelená střecha i mnoho specifických funkcí týkající se zlepšování životního prostředí, mikroklimatu a i její estetický ráz je nenapodobitelný.

---

<sup>6</sup> ČSN 73 1901: Navrhování střech – základní ustanovení

### **Funkce zelených střech (Minke, 2001):**

- snižují spotřebu volných ploch a podíl dlážděných ploch;
- produkují kyslík a váží oxid uhličitý;
- filtrují částice prachu a nečistot ze vzduchu a absorbují škodliviny;
- zabraňují přehřívání střech, a tím víření prachu;
- redukovují teplotní výkyvy způsobené střídáním dne a noci;
- zmenšují kolísání vlhkosti vzduchu.

Kromě toho

- mají při odborném provedení téměř neomezenou životnost;
- mají tepelně izolační účinek;
- v létě chrání obytné podkroví před intenzivním slunečním žářem;
- působí jako zvuková izolace;
- jsou pokládány za nehořlavé;
- zpomalují odtok dešťové vody, čímž snižují zatížení veřejné kanalizace.

A zelená střecha konečně také

- šíří aromatickou vůni;
- vytváří životní prostor pro hmyz;
- je estetická, v člověku vyvolává pozitivní stav mysli a pocit uvolnění.

#### **5.2.1 Urbanistická funkce**

Ve městech a oblastech s velkou hustotou výstavby a množstvím zpevněných ploch můžeme pomocí zelených střech alespoň částečně kompenzovat nedostatek zeleně způsobující rozličné problémy, které jsou podrobněji rozepsány v následujících kapitolách. V případě aplikace pochozích, případně provozních střech získáme další využitelné plochy pro soukromé využití (relaxace, sport), či pro komerční využití (restaurace, sportoviště).[4]

V rámci krajiny na vesnicích, či v přilehlých oblastech měst lze použitím zelených střech i částečně skrýt stavbu, která z určitých pohledů nemusí být rozeznatelná od okolního terénu. Pro ještě lepší výsledky se můžeme inspirovat domy, které mají vegetaci nejen na střeše, ale mohou mít i stěny přilhrnuté zemí.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Další informace můžeme najít v: FRKAL, L. Domy chráněné zemí. 1. vyd. Brno: ERA group, 2007. 94 s. 21. století. ISBN 978-80-7366-095-6.

### 5.2.2 Vliv na mikroklima budovy

Rozsáhlé betonové a asfaltové plochy mají velkou akumulaci tepla a většinou malou odrazivost, čímž přispívají ke zvyšování teploty (tzv. tepelný ostrov) což má komplexní dopady na prostředí, ve kterém žijeme. Rozdíl mezi teplotou v centru oproti okrajovým částem města může být v letních měsících až 11°C (Lötsch, 1981). Zvýšená teplota má za následek zvedání prachu a škodlivin ze země. Ty pak poletují ovzduším a způsobují obtížnější dýchání a zvýšení prašnosti uvnitř obytných místností, což je nežádoucí i z důvodu úklidu. Prachové částice a vyšší teploty vzduchu jsou příčinou až 15% poklesu slunečního svitu a zvýšenému výskytu mlh o 30 až 100% (Lötsch, 1981). Tyto aspekty způsobují také větší výskyt bouřek a významnou měrou přispívají ke smogovým situacím.[1]

Vegetace rostoucí na zelených střechách omezuje teplotní extrémům tím, že mezi rostlinou a okolním prostředím dochází k výměně tepelné energie, dokud se nedosáhne rovnovážného stavu. Energie potřebná pro přeměnu jednoho litru vody na páru je přibližně 2,2 kJ (Minke, 2001).

Souvrství zelených střech ovlivňuje mikroklima v budovách jednak regulací teploty, jak je popsáno výše tak i zvyšováním vlhkosti v okolí střechy. Zvyšování vlhkosti se uskutečňuje transpirací rostlin a odparem z půdy a odparem rosy zkondenzované na povrchu rostlin. Tyto aspekty jsou závislé na skladbě vegetace kdy ideální je patrová, hustá zeleň s velkými plochami listů. [1]

### 5.2.3 Ochranná funkce

Zeleň na střeše způsobuje menší kolísání teplot, čímž dochází k menší roztažnosti materiálů a tím ke zvýšení životnosti oproti plochým střechám bez vegetace. Velkou výhodou je ochrana před působícím UV zářením, které na většinu materiálů působí degradačně, což opět přispívá k prodloužení životnosti celé střechy. Opomenout tedy nelze fakt, že je možné použít hydroizolace s nižší odolností vůči UV záření (hydroizolace je vystavena účinkům pouze po čas výstavby, než dojde k zakrytí substrátem). Na druhou stranu je však nutné použít hydroizolaci s certifikátem proti prorůstání kořínků.

Vegetační souvrství funguje částečně i jako prvek k snížení rizika záplav a zatížení kanalizační sítě, jelikož odtok z těchto střech je snížen až o 50% a dochází k němu postupně, což je vhodné při přívalových deštích.

### 5.3 Typy zelených střech

Rozdělit zelené střechy můžeme jako střechy klasické dle kritérií podle sklonu střešní roviny, počtu pláštíů, předpokládaného využití a dle umístění vrstev střešního pláště. Tato rozdělení najdeme v normě ČSN 73 1901 – Navrhování střech. V této práci bude popsáno pouze rozdělení dle typu ozelenění a to na dvě hlavní kategorie:

- Klasická pěstební souvrství s intenzivní zelení
- Úsporná pěstební souvrství s extenzivní zelení

#### 5.3.1 Intenzivní zeleň

O intenzivním ozelenění mluvíme tehdy pokud je tloušťka substrátu minimálně 15 cm avšak přesné rozdělení se v literatuře různí. Plošná hmotnost těchto střech ve stavu, kdy jsou plně nasyceny vodou přesahuje i 300 kg/m<sup>2</sup>. Tento typ ozelenění je tedy náročnější na údržbu (prakticky stejná jako péče o zahradu) a také na pořizovací cenu. Tento typ střech lze použít pouze u střech plochých. Výhodou tohoto typu ozelenění je, že se jedná o pochůznou střechu, kde můžeme pěstovat prakticky vše, co na běžné zahradě včetně keřů a stromů (viz obr. 5). Orientační cena souvrství (pro běžnou skladbu ploché střechy bez detailů apod.) se pohybuje v rozmezí 2300-7900 Kč/m<sup>2</sup>. [1]



Obr. 5: Ukázka intenzivní vegetační střechy ([www.krytiny-strechy.cz](http://www.krytiny-strechy.cz))

### 5.3.2 Extenzivní zeleň

Extenzivní ozelenění se od předchozího typu liší menší mocností substrátu (přibližně 6 až 20 cm) a tím pádem menší plošnou hmotností. Tím nejsou kladeny tak vysoké nároky spodní konstrukci. Plošná hmotnost v plně nasyceném stavu se pohybuje v rozmezí 60-300 kg/m<sup>2</sup>. Tento typ střech zpravidla není pochozí a není zde nutné ani umělé zavlažování. Nevýhodou je omezení ve výběru vegetace, jelikož rostliny rostoucí na těchto střechách musejí být schopny snášet náročné podmínky jako je sucho, či přemokření. Proto na těchto střechách můžeme často vidět sukulenty jako jsou rozchodníky, netřesky či suchomilné traviny a trvalky (viz obr. 6). Orientační cena souvrství se pohybuje v rozmezí 1490-3300 Kč/m<sup>2</sup>. [1]

Někdy se ještě rozlišuje ozelenění polointenzivní, což je přechod mezi výše popsanými typy a biotopní ozelenění. U biotopního ozelenění se jedná o střechu s extenzivní zelení, kde se plochy nechávají pro přirozený nálet rostlin z okolí a ty jsou pak ponechány většinou zcela bez péče. Jedná se o neekologičtější a neekonomičtější variantu typu ozelenění.

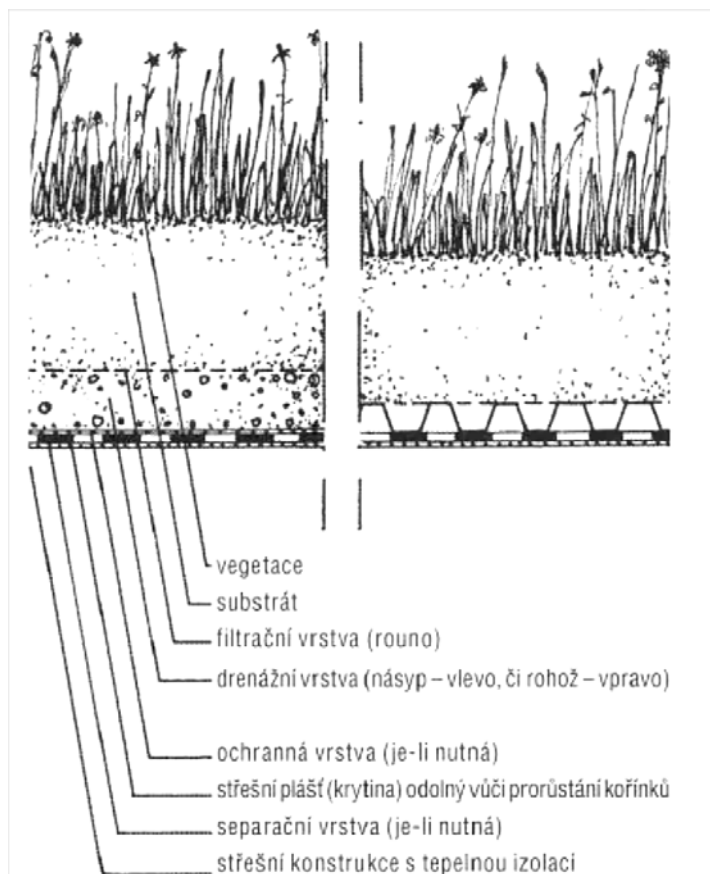


Obr. 6: Extenzivní ozelenění na šikmé střeše ([www.efel.cz](http://www.efel.cz))

### 5.4 Skladba ozeleněných střešních plášt'ů

Návrh skladby vychází z předpokládaného využití střechy, ze sklonu střešní roviny, z únosnosti spodní konstrukce. Obecná skladba souvrství střechy je zobrazeno na obr. 7. Některé vrstvy mohou být v určitých případech vynechány, případně jedna vrstva může plnit najednou více funkcí (hydrofilní minerální vaty sdružují funkci substrátu, drenážní i hydroakumulační vrstvy do jednoho výrobku (např. Cultilene)).

Především na okrajích a v rozích střechy je nutné zajistit přitížení pomocí stabilizační vrstvy z důvodu největších účinků větru (sání).



Obr. 7: Obecná skladba souvrství vegetační střechy (Minke, 2001)

#### 5.4.1 Substrát

Střešní substrát lze chápat, jako náhrada běžné půdy pro životní prostor rostlinného společenství. Pro ozelenění střech není ideálním řešením používat pouze zeminu, především pak jílovitou to z důvodu jejich horšího složení a vyšší hmotnosti. Pokud chceme použít ornici, kterou máme sejmutu před vlastní stavbou domu, je výhodné ji vylehčit minerálními plnivy nebo pískem. Jako minerální plniva se používá drcený keramzit, pemza, drcené porézní cihly. Doporučuje se vylehčit ornici 30 – 60 objemovými procenty minerálními plnivy o zrnitosti 0 – 16 mm. Volbu substrátu a jeho mocnost pak volíme dle složení plánované vegetace a únosnosti spodní konstrukce. [1]

#### 5.4.2 Filtrační vrstva

Filtrační vrstva (též separační) slouží k zabránění zanesení drenážní vrstvy vyplavovanými částicemi substrátu. Filtrační tkanina je v některých případech přímo nakaširovaná přímo na nopovou folii (např. nopová fólie Guttabeta Drain), čímž lze

snížit časovou náročnost při pokládce. Pro ploché střechy s tloušťkou substrátu do 25 cm je postačující textilie o plošné hmotnosti 100-200 g /m<sup>2</sup>). Filtrační vrstva se pokládá ve všech místech styku substrátu s jinými materiály.

### **5.4.3 Drenážní vrstva**

Tato vrstva slouží k odvedení přebytečné vody, čímž brání přemokření substrátu. Kořeny rostlin totiž potřebují přijímat kyslík pro výživu rostliny, což je jim při ponoření ve vodě znemožněno a rostliny odumírají. Drenážní vrstva však může sloužit i k akumulaci vody pro případy déletrvajících sucha, v tomto případě se nazývá jako drenážně - hydroakumulační vrstva.

Materiály používané pro tuto vrstvu mohou být sypké (keramzitová drť, cihlový recyklát) nebo z profilovaných fólií či desek. U sypkých materiálů je žádoucí schopnost zadržovat vodu (15 - 20 obj. procent), proto tyto materiály musí mít převážně otevřené póry a rozmanitou zrnitost. Použití kameniva tedy není vhodné. Profilované fólie (např. nopové) a profilované desky z polystyrenu zadržují vodu pro období bez dešťů a dokážou pojmout 5 – 10 l vody na m<sup>2</sup> své plochy. Na trhu jsou k dostání také perforované fólie, kde perforace na horní ploše nopků slouží i k provzdušnění kořenového systému rostlin. [1,2]

### **5.4.4 Střešní plášť**

#### **Ochranná vrstva**

Ochranná vrstva slouží především k ochraně hydroizolace proti jejímu mechanickému poškození. Může však plnit i funkci ochrany proti prorůstání kořínků a přispívat k akumulaci menšího množství vody. Její funkci může přebírat i drenážní vrstva z nopkové fólie s přesahy (alespoň 25 cm) a prolepenými spoji. Toto řešení je však vhodné ověřit výrobcem.

Jako ochranná vrstva se používají netkané textilie (minimální plošná hmotnost 300g/m<sup>2</sup>), cementový či betonový potěr, hydrofilní minerální vaty ale i desky a fólie používané v drenážní vrstvě. Při použití potěru na bázi cementu se doporučuje omezit jeho nasákavost a zajistit vyplavování karbonátu použitím hydroizolační stěrky či uzavíracího nátěru. Cementový potěr by měl mít tloušťku alespoň 3 cm a je nutné ho oddělit od hydroizolace separační a dilatační vrstvou (např. PE fólií). [1]



## Hydroizolace

Hydroizolace je nejdůležitější vrstvou střešního souvrství, neboť zajišťuje aby voda nepronikala do konstrukcí střechy a do obytných prostor. V případě vegetačních střech je kvalita použitého materiálu a provedení ještě důležitější, neboť hydroizolace bude těžko přístupná ke kontrole a opravám. V případě netěsnosti je prakticky nemožné přesně lokalizovat místo (voda může vytékat několik metrů od místa perforace), kde došlo k poruše a musí dojít k odstranění celého vegetačního souvrství, což je velmi nákladné. Navrhování hydroizolací se řídí dle normy ČSN P 73 0606 – Hydroizolace staveb, kde je uveden minimální sklon k odvodňovacím prvkům 1,75 % a pro bezpečný odtok pak 3 - 5%. Kontrola těsnosti hydroizolace se provádí opticky a také zátopovou zkouškou a to před realizací dalších vrstev, aby bylo možné případné nedostatky odstranit. [1]

Kolem prostupujících konstrukcí a exponovaných míst je vhodné navrhovat šterkové pásy, či dlažbu. Pro správnou funkci je důležité bezchybné provedení spojů včetně přesahů používání fólií s odolností proti prorůstání kořínků (atest společnosti FLL). Věnovat pozornost je nutné i z hlediska snášenlivosti hydroizolace s dalšími vrstvami střešního pláště, jinak mezi ně musíme vložit separační vrstvu. [2]

Stabilizace hydroizolace proti sání větru lze provést mechanickým kotvením, lepením, stabilizační vrstvou, případně kombinací těchto způsobů. Stabilizace přitížením je v případě zelených střech zajištěna hmotností vegetačního souvrství a na okrajích střech, kde dochází k největšímu sání větru se přitížení provádí např. pásem kameniva, či betonovými výrobky.

Používanými materiály pro hydroizolace vegetačních střech jsou nejčastěji modifikované asfaltové pásy (SBS,APP) a hydroizolační fólie. Oxidované asfaltové pásy se mohou použít pouze v případě zvlášť utěsněných spár a je nutné instalovat samostatnou ochrannou vrstvu s odolností proti prorůstání kořínků. Dlouhodobé testy ukázaly, že v živich izolacích zakořenily různé rostliny, jelikož mikroorganismy žijící na kořenech dokáží tyto látky rozkládat. Odolnost vůči prosrůstání kořínků je v případě modifikovaných asfaltových pásů zajištěna přidáním aditiv nebo měděnou fólií. [1,8]

## 6 Vlastní řešení

### 6.1 Koncept

Objekt je navržen jako samostatně stojící dvougenerační dům rozdělený na dvě nezávislé bytové jednotky. Dům je nepodsklepený, dvoupodlažní. První nadzemní podlaží (1NP) je rozděleno na dvě sekce, kde první sekce je tvořena první bytovou jednotkou (označena jako byt A) a druhá sekce je součástí bytu B. Oba byty mají samostatný vstup z venkovního prostředí. Celková hmota objektu je ve tvaru kvádrů s půdorysnou osou orientovanou ve směru východ-západ pro maximalizaci solárních zisků. Objekt je zastřešen dvouplášťovou plochou střechou s vegetačním souvrstvím. Střecha je spádována k severní hraně objektu ve sklonu 2°. Obě bytové jednotky mají nezávislé systémy vytápění a nuceného větrání. Stavba bude realizována staveništní montáží.

Skladby obvodových stěn a střechy jsou navrženy jako difúzně otevřené s instalačními mezerami pro vedení instalací. Nosná konstrukce domu je řešena jako rámová dřevostavba, kde rám je tvořen z dřevěných I nosníků. Byl brán ohled na co nejnižší ekologickou stopu a využití přírodních a recyklovaných materiálů. Dům je projektován do nízkoenergetického standardu, s minimální potřebou tepla na vytápění. Vzduchotěsná rovina je v obvodových stěnách a stropu 2.NP tvořena deskami OSB s přelepenými spoji. V místě napojení stropní konstrukce nad 1.NP a stěnami obou podlaží tuto funkci přejímá difúzně paropropustná fólie. Napojení je přelepeno vzduchotěsnicí páskou a je jištěno přitlakem latí z předstěny.

#### 6.1.1 Byt A

Byt A je navržen pro užívání tří až čtyřčlennou rodinou (mladší generace). Dispozičně se jedná o byt kategorie 4+1. Vstup do bytu je situován ze severní strany objektu. V 1.NP je umístěna neobytná část a to zádveří, technická místnost, WC, schodiště a pracovna. Po dřevěném schodišti se dostaneme do 2.NP, které kompletně náleží k bytu A. V části obrácené k jihu je situován obývací pokoj a kuchyně s jídelním koutem. Z prostoru kuchyně je přístup do spíže orientované na východ, aby byly redukovány tepelné zisky z oslunění. Na severní straně objektu je pak umístěna ložnice, dětský pokoj, koupelna a WC.

### **6.1.2 Byt B**

Byt B je navržen pro jednu až dvě osoby (starší generace) a je koncipován jako bezbariérový. Dispozičně se jedná o byt kategorie 2+kk. Vstup do bytu je z východní strany a je řešen bezbariérovou rampou o šířce 1500 mm o sklonu 1:16. Před vstupem je vodorovná podesta o rozměrech 1500 x 1500 mm. V jižní části je situován obývací pokoj s kuchyňským koutem, v severní pak ložnice, hygienické zázemí a technická místnost. Místnosti bezpečně splňují doporučené nejmenší plochy bytů pro těžce pohybově postižené osoby dle ČSN 73 4301 – Obytné budovy.

Veškeré komunikace a prostory jsou navrženy pro potřeby manipulace člověkem na vozíku (kruh o průměru 1500 mm, prostory před dveřmi, otevírání oken a dveří, atd.). Dveřní výplně mají světlou šířku 900 mm a okna obytných místností mají páková ovládání umístěna maximálně ve výšce 1100 mm. V prostoru zádveří bude umístěna rohožka zapuštěná v podlaze pro očištění koleček vozíku o rozměru 2500 x 1250 mm. Je zde také prostor pro náhradní vozík a pro přisednutí mezi vozíky.

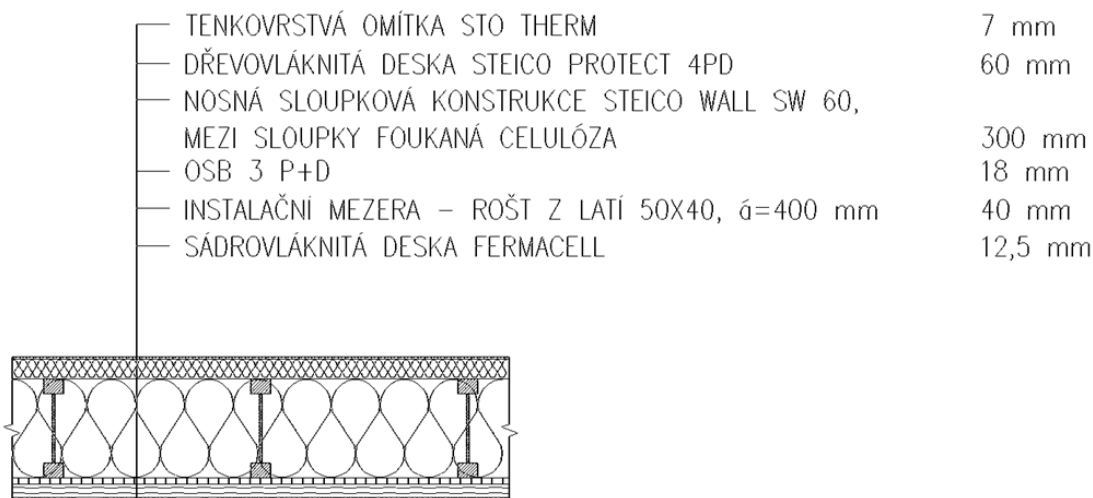
## **6.2 Návrhy skladeb a charakteristiky stavebních konstrukcí**

### **6.2.1 Obvodová stěna**

Skladba obvodové stěny je navržena jako difúzně otevřená konstrukce, opláštěná oboustranně deskovými materiály. Tloušťka nosné konstrukce a vnějšího zateplení byla optimalizována pomocí PHPP. Z důvodu ochrany proti letnímu přehřívání byl brán zřetel též na použití izolace s vyšší tepelnou kapacitou, což vede k zvýšení doby fázového posunu. Správná funkce difúzně otevřené skladby stěny je z hlediska kondenzace vodních par uvnitř konstrukce ověřena výrobcem. K zajištění vzduchotěsnosti obálky domu je ve skladbě zahrnuta instalační mezera. Skladba obvodových stěn je zobrazena na obr. 8.

CELKOVÁ TLOUŠŤKA: 438 mm

$U = 0,117 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Obr. 8: Skladba obvodové stěny

### Nosná konstrukce

Nosná konstrukce stěn je tvořena sloupky, dolním a horním pasem a překlady nad otvorovými výplněmi. Jako sloupky byly vybrány nosníky Steico Wall 60 v modulovém rastru 625 mm. Výška nosníků byla zvolena 300 mm pro vytvoření dostatečného prostoru pro tepelnou izolaci. Tento typ nosníků byl zvolen z důvodu minimalizace systematických tepelných mostů, neboť tloušťka stojiny je u těchto nosníků pouze 6 mm. Tím je zvýšena vnitřní povrchová teplota stěn, což má za následek pocit tepelné pohody bez vlivu chladného sálání stěn. Výhodou použití těchto nosníků je i nižší hmotnost oproti použití KVH hranolů a z toho plynoucí snadnější manipulace. Horní a dolní pas je z vrstveného dřeva Steico Ultralam R o šířce 300 mm a tloušťce 45 mm a to z důvodu potřeby širšího pasu a vyšší odolnosti proti otláčení. Konstruktivní spoj sloupek s horním a dolním pasem bude pomocí vrtů s částečným závitem o průměru 6 mm a délkou 100 mm.

### Výztužné opláštění

- **Vnitřní**

Jako výztužné opláštění je z vnitřní strany rámové konstrukce použita deska Egger EUROSTRAND OSB 3 E0 o tloušťce 18 mm. OSB desky fungují ve skladbě jako parozábrana s vysokým difuzním odporem a tvoří hlavní vzduchotěsnou vrstvu. OSB desky společnosti Egger jsou v ploše vzduchotěsné a vykazují velmi dobré hodnoty referenční plošné průvzdušnosti. Styky desek je však nutné přelepit

vzduchotěsnicí páskou, jelikož profil pero drážka není z hlediska zajištění vzduchotěsnosti dostačující. Upevnění OSB desek k rámu bude pomocí sponek z pozinkované oceli o tloušťce drátu 1,53 mm a délce 55 mm. Sponky budou po okrajích desek ve vzdálenosti max. 150 mm a v středových oblastech 300 mm.

- **Vnější**

Exteriérové opláštění zde plní funkci vyztužení rámu a přerušení tepelného mostu přes sloupky nosné konstrukce. Zároveň se jedná o podklad pro schválený omítkový systém, který musí být difúzně otevřený. Použity jsou desky typu Steico Protect H o tloušťce 60 mm s provedením hran na pero a drážku. Tyto desky lze od tloušťky 40 mm použít pro foukané izolace a také fungují jako výztužné opláštění, čímž je zajištěna odolnost proti klopení a vzpěru sloupků rámové konstrukce. Při montáži bez provedení omítkového systému trvající delší dobu než čtyři týdny je nutné chránit fasádu před povětrnostními vlivy například plachtou. Všechny vodorovné (parapety) i svislé hrany musejí být zakryty a chráněny tak před povětrností. Připevnění desek bude pomocí pozinkovaných spon potažených pryskyřicí o šířce drátu 2,1 mm, šířce sponky 27,9 mm a délce 90 mm. Desky budou ukotveny těmito sponkami v osových vzdálenostech 140 mm.

### **Tepelná izolace**

Tepelná izolace zaujímá v konstrukci obvodové stěny objemově největší podíl. Mezi sloupky je aplikována foukaná celulóza Climatizer Plus a jako vnější izolace jsou výše popsané desky Steico Protect H. Oba izolační materiály vynikají vysokou měrnou tepelnou kapacitou, nízkým faktorem difuzního odporu a v neposlední řadě šetrností vůči životnímu prostředí. Použitím foukané izolace se zamezí tvorbě spár, které mohou vzniknout při aplikaci izolačních desek. V této skladbě je tato izolace vhodná také kvůli použitým I nosníkům, kde by bylo pracné izolovat stojiny těchto nosníků, případně by se zbytečně zvedly náklady při použití zaizolovaných I nosníků dřevovláknitou deskou.

Aplikace foukané izolace bude provedena objemovým plněním do dutin za sucha a to na objemovou hmotnost  $60 \text{ kg/m}^3$ . Dutina je ve skladbě stěny vymezena tloušťkou I nosníku a uzavřena je vnitřním a vnějším opláštěním. Aplikace foukáním se provede pomocí strojního zařízení specializované firmy. V případě tohoto objektu je výhodnější provést aplikaci z vnější strany a to tak, že se do vnějšího opláštění vyřeže kruhový otvor (průměr otvoru cca 7 cm) pro zasunutí hadice, kterou bude pneumaticky

dopravena foukaná celulóza. Po naplnění dutiny na předepsanou objemovou hmotnost se otvory zaslepí zátkami vzniklými při vyřezání otvoru.

### **Instalační mezera (předstěna)**

Instalační mezera je v této skladbě vymezena horizontálně kladenými latěmi 50/40 mm v osových vzdálenostech 400 mm. Připevnění latí bude provedeno vruty se zápusnou hlavou UV 6,0 x 100. Použití instalační mezery je pro vzduchotěsnost stavby velmi důležitá, poněvadž nedochází k prostupům skrze vzduchotěsnou rovinu tvořenou vnitřním opláštěním OSB deskami. Bez použití předstěny by dle mého názoru bylo velmi složité a nákladné (použití vzduchotěsných průchodek) docílit požadované úrovně vzduchotěsnosti. Opláštění instalační mezery je ze sádrovláknitých desek Fermacell o tloušťce 12,5 mm. Tento materiál byl zvolen z důvodu vyšší požární odolnosti a kvůli možnosti zavěšovat těžší předměty než v případě použití sádrokartonových desek.

Ze strany interiéru bude tedy použita sádrovláknitá deska Fermacell s tmelenými spárami. Ke spodní konstrukci tvořenou vodorovným laťováním budou desky přichyceny sponkami o tloušťce drátu 1,5 mm, šířce 10 mm a délce 35 mm v rozteči 200 mm. Tmelení spár bude probíhat až po instalaci stropů a stěn a po ukončení mokrých procesů a to při minimální teplotě 5°C a relativní vlhkosti do 70% minimálně do doby vytvrzení tmelu. Šířka spáry na styku desek je pro zvolenou tloušťku desky 6 – 9 mm.

### **Povrchová úprava**

Ze strany interiéru budou sádrovláknité desky Fermacell s přetmelenými spárami a zabroušeny brusnou mřížkou nebo brusným papírem. Po vybroušení nerovností a odstranění prachu budou desky opatřeny nátěrem dle požadavku investora. Ze strany exteriéru bude na fasádní desky Steico Protect aplikována lepící a armovací stěrka StoLevell Uni o tloušťce 5 – 7 mm. Do armovací stěrky bude vtlačena sklotextilní armovací síťovina Sto-Glasfasergewebe F s přesahem 100 mm. Po vyschnutí (cca 2 týdny) a přebroušení armovací vrstvy bude proveden penetrační nátěr přípravkem StoPrep Miral. Jako vrchní vrstva systému bude použita silikonově pryskyřičná omítka StoSilco K, která je vodoodpudivá avšak s vysokou propustností pro CO<sub>2</sub> a vodní páry (faktor difúzního odporu  $\mu = 35 - 40$ ).

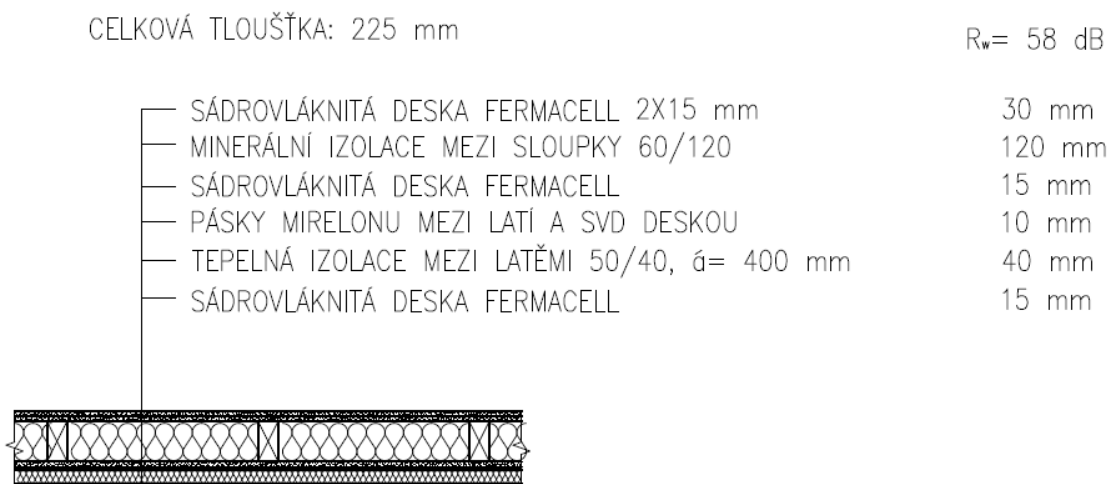
### 6.2.2 Vnitřní nosné mezibytové stěny

Konstrukce mezibytové stěny vychází z požadavků na únosnost, součinitel prostupu tepla a vzduchovou neprůzvučnost. Požadavek na dodržení součinitele prostupu tepla by byl dodržen už při stejné skladbě jako jsou vnitřní nosné stěny. Náročnější bylo dodržení požadavku na váženou stavební vzduchovou neprůzvučnost  $R'_w = 53$  dB. Hodnoty uváděné v literatuře jsou hodnoty vážené neprůzvučnosti  $R_w$  (laboratorní) bez vlivu bočních cest přenosu zvuku. Pro výpočet vážené stavební neprůzvučnosti lze provést přibližný výpočet:

$$R'_w = R_w - k_I \text{ [dB]}$$

kde  $k_I$  je korekce závislá na vedlejších cestách šíření zvuku.

Pro lehké dělicí konstrukce ve skeletových, ocelových nebo dřevěných stavbách je hodnota  $k_I = 4 - 8$  dB. Pro dostatečnou vzduchovou neprůzvučnost je použita asymetrická skladba konstrukce, kde na jedné straně je dvojitě opláštění sádrovláknitou deskou a na straně opačné je opláštění jednoduché. Dvouvrstvé opláštění je použito pro zvýšení plošné hmotnosti konstrukce stěny, což vede ke snížení vzduchové neprůzvučnosti. Na desku jsou přes mirelonové pásky ukotveny horizontální latě a mezi ně vložena přídatná izolace. Latování vymezení tedy prostor pro vložení akustické izolace a je zde i prostor pro vedení instalací. Hodnota laboratorní vzduchové neprůzvučnosti této skladby  $R_w = 58$  dB, což po odečtení korekce 4 dB vyhoví požadavku na stavební vzduchovou neprůzvučnost. Skladba mezibytové stěny je zobrazena na obr. 9.



Obr. 9: Skladba vnitřní nosné mezibytové stěny

## **Nosná konstrukce**

Nosná konstrukce je tvořena sloupky z KVH hranolů o rozměru 120/60 mm, horním a dolním pasem o rozměru 120/80 mm. Osová vzdálenost sloupků je 625 mm. Spoje dřevěných prvků jsou vruty se samovrtnou špičkou a zápustnou hlavou SCH (8 x 160 mm). Napojení nosné konstrukce na strop a k obvodovým stěnám bude přes okrajové izolační pásy tl. 10 mm.

## **Opláštění**

Opláštění je z jedné strany sádrovláknitými deskami Fermacell o tloušťce 15 mm ve dvou vrstvách. K rámové konstrukci bude spodní deska přichycena sponkami o tloušťce drátu 1,5 mm, šířce 10 mm a délce 50 mm v rozteči u okrajových žebor 150 mm, u středních pak 300 mm. Při montáži a upevnění druhé vrstvy desek je nutné dbát na přesazení styku vrstev desek mezi sebou o min. 200 mm. Upevnění druhé vrstvy bude provedeno sponkami o tloušťce drátu 1,5 mm, šířce 10 mm a délce 25 mm ve svislé rozteči 120 mm. Vodorovná vzdálenost řad sponek mezi sebou musí být menší než 300 mm.

Na protější straně rámové konstrukce je výztužné opláštění deskami Fermacell o tloušťce 10 mm. K rámu bude deska přichycena sponkami o tloušťce drátu 1,5 mm, šířce 10 mm a délce 50 mm v rozteči u okrajových žebor 150 mm, u středních pak 300 mm. Opláštění bude z této strany posunuto oproti opláštění druhé strany o modulový rastr z důvodu lepšího statického působení.

Desky kotvené k laťování neslouží ke ztužení stěny a budou přichyceny k podkladu sponkami o tloušťce drátu 1,5 mm, šířce 10 mm a délce 35 mm v rozteči 200 mm.

Veškeré spáry budou provedeny jako tmelené. Tmelení spár bude probíhat až po instalaci stropů a stěn a po ukončení mokřých procesů a to při minimální teplotě 5 °C a relativní vlhkosti do 70 % minimálně do doby vytvrzení tmelu. Šířka spáry na styku desek dle doporučení výrobce.

## **Izolace**

Izolace do této skladby byly vybrány především s ohledem na zvukově-pohltivé vlastnosti. Mezi sloupky bude vložena minerální izolace Isover Piano o tloušťce 120 mm. Mezi horizontální lať pak bude vložen stejný typ izolace o tloušťce 40 mm.



## Laťování

Horizontální latě o rozměru 50/40 mm budou rozmístěny v osových vzdálenostech 400 mm. Připevnění latí bude provedeno vruty se zápusťnou hlavou UV 6,0 x 100. Pod latě v budou vloženy pásy z mirelonu tloušťky 10 mm, které budou přisponkovány. Mirelonové pásy slouží ke snížení přenosu ze zvukem rozkmitané sádrovláknité desky do rámové konstrukce.

## Povrchová úprava

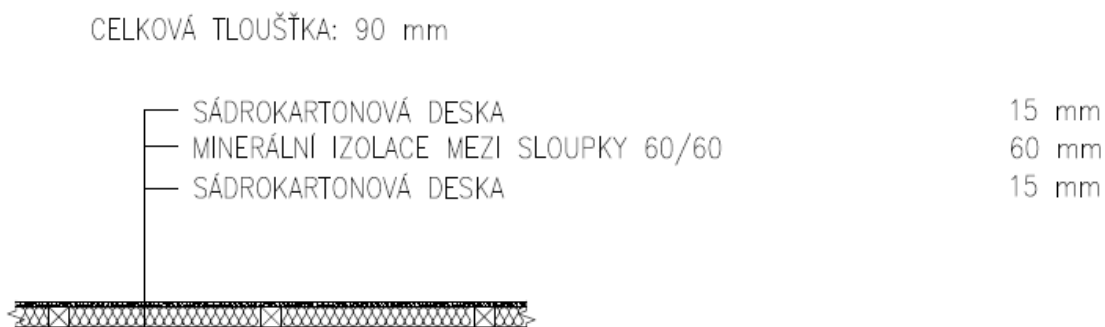
Sádrovláknité desky Fermacell budou přetmeleny a zabroušeny brusnou mřížkou nebo brusným papírem. Po vybroušení nerovností a odstranění prachu budou desky opatřeny nátěrem dle požadavku investora.

### 6.2.3 Vnitřní nosné stěny a nenosné příčky

V případě těchto konstrukcí nejsou kladeny požadavky na součinitel prostupu tepla, ani na zvukovou neprůzvučnost, jelikož jsou tyto stěny navrženy pouze v rámci jedné bytové jednotky nezasahující do druhé. Skladba vnitřních nosných stěn je zobrazena na obr. 10, skladba příček na obr. 11.



Obr. 10: Skladba vnitřní nosné stěny



Obr. 11: Skladba vnitřní nenosné příčky

## **Nosná konstrukce**

Rámová konstrukce vnitřní nosné stěny je totožná jako v případě vnitřní nosné mezibytové stěny. U nenosné příčky bude rámová konstrukce tvořena sloupky z KVH hranolů 60/60 mm, stejně tak horní a dolní pas. Napojení nosné konstrukce na strop a k dalším stěnám bude přes okrajové izolační pásy tl. 10 mm.

## **Opláštění**

Nosná stěna bude oboustranně opláštěna sádrovláknitými deskami Fermacell tloušťky 15 mm. K rámové konstrukci budou desky přichyceny sponkami o tloušťce drátu 1,5 mm, šířce 10 mm a délce 50 mm v rozteči u okrajových žeber 150 mm, u středních pak 300 mm. Tmelení spár bude probíhat až po instalaci stropů a stěn a po ukončení mokrých procesů a to při minimální teplotě 5°C a relativní vlhkosti do 70% minimálně do doby vytvrzení tmele.

Nenosná příčka bude opláštěna sádrokartonovými deskami Rigips RB o tloušťce 15 mm s provedením podélné hrany PRO a příčné hrany s úkosem. Připevnění desek pomocí sponek o průměru drátu 1,5 mm a délce 45 mm v osových vzdálenostech 200 mm. Na styky desek bude nalepena samolepicí výztužná páska a spára bude přetmelena sádrovým tmelem.

## **Povrchová úprava**

Oba typy opláštěvacích desek budou přetmeleny a zabroušeny brusnou mřížkou nebo brusným papírem. Po vybroušení nerovností a odstranění prachu budou desky opatřeny nátěrem dle požadavku investora.

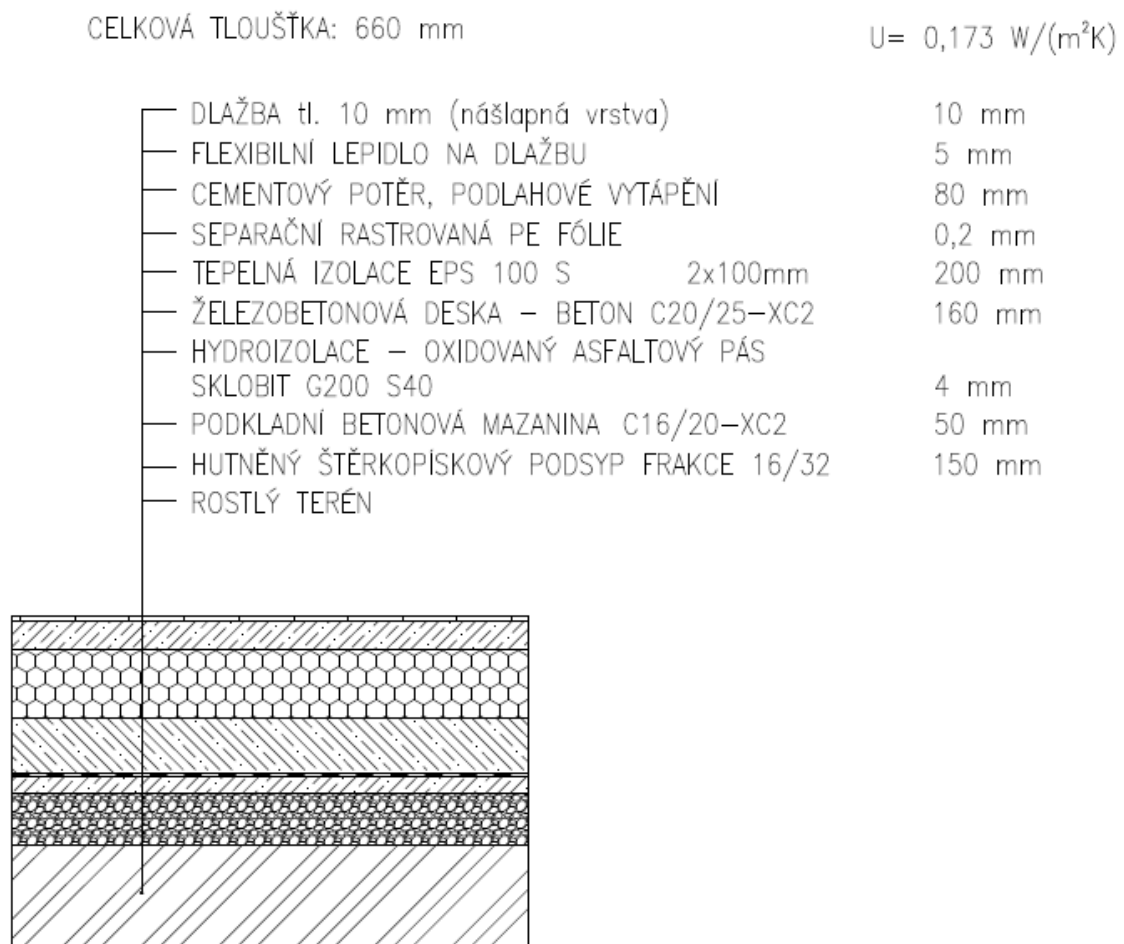
### **6.2.4 Podlaha v 1.NP (na železobetonové základové desce)**

Skladba podlahy nad železobetonovou deskou se skládá z tepelné izolace Styro EPS 100 S o celkové tloušťce 200 mm. Kladení desek proběhne ve dvou vrstvách, kdy vrchní vrstva bude probíhat kolmo na vrstvu spodní. Překrytí spár alespoň 150 mm. Na tepelnou izolaci bude položena reflexní separační PE fólie zamezující zatečení cementového potěru mezi desky. Fólie bude vytažena po obvodu konstrukcí do výšky 50 mm aby nemohlo dojít k zatečení do nosné konstrukce stěn a aby konstrukční desky nebyly vystaveny přímému styku s potěrem. Přesah fólií mezi sebou alespoň 50 mm. Spoje fólií je třeba zalepit ihned po pokládce, aby nedošlo zaprášení povrchu a snížení přilnavosti lepicí pásky. Po obvodu bude fólie přisponkována ke svislým konstrukcím.

Dále bude po obvodu podlahy přilepen samolepící okrajový dilatační pás s fólií šířky 100 mm a o tloušťce 10 mm.

Po položení fólie bude následovat montáž podlahového topení pomocí plastových úchytek, které budou ukotveny přes fólii do podlahového polystyrenu. Lití podlahy bude provedeno cementovým potěrem s plastifikační přísadou o tloušťce 80 mm. Vyšší vrstva cementového potěru slouží pro zlepšení tepelné setrvačnosti objektu a je vhodná i pro akumulaci u nízkoteplotního podlahového vytápění.

Po vyschnutí a vytvrdnutí podlah (min. 28 dní) může být aplikována nášlapná vrstva dle projektové dokumentace. Skladba podlahy na železobetonové desce je zobrazena na obr. 12.



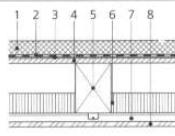
Obr. 12: Skladba podlahy v 1.NP

### 6.2.5 Strop nad 1NP

Mezipatrový strop bude realizován jako trémový strop s požadavkem na vysokou míru útlumu kročejového hluku jako v případě bytového domu ( $L'_{n,w} = 58$  dB).

Ke splnění tohoto požadavku je ve skladbě využito kročejové izolace EPS Rigidfloor 4000, která zde plní též funkci tepelně-izolační a také jako materiál pro připevnění úchyťů k montáži podlahového vytápění. Pro zvýšenou akumulaci podlahového vytápění a tepelnou setrvačnost objektu je i v podlaze 2NP podlahové vytápění zalité vrstvou cementového potěru o tloušťce 80 mm. Zvolené řešení skladby není ověřeno z hlediska akustiky ale dle mého názoru by požadavek na kročejovou neprůzvučnost byl splněn. Pro srovnání je na obr. 13 uvedena obdobná skladba. Pro zabránění smrštění vlivem sesychání dřeva je jako okrajový nosník použita okrajová fošna z vrstveného dřeva Steico Ultralam X(LVL). Skladba stropu je zobrazena na obr. 15.

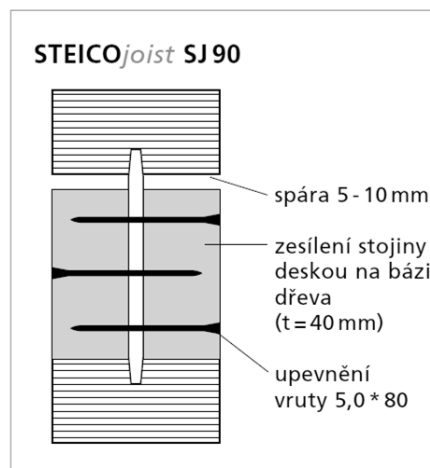
3		Hmotnost	Výška konstrukce	Zvuk šířící se vzduchem		Kročejový hluk
		kg/m <sup>2</sup>	mm	R' <sub>w</sub>	(C, C <sub>p</sub> )	L' <sub>n,w</sub>
1 cementový potěr	50, 60 mm			dB	dB	dB
2 izolační vrstva				63	(-2, -8)	51
3 minerální vláknitá izolační deska	15 mm	174	342			
4 dřevěné bednění	21 mm					43 T
5 nosníky	140/200 mm					50 P
6 minerální vláknitá izolační deska	80 mm					
7 laťování, pružně montované	30 mm					
8 třísková deska	16 mm					



Obr. 13: Skladba stropu (dle Kolb, pro porovnání se zvolenou skladbou z hlediska akustiky)

### Nosná konstrukce

Nosná konstrukce stropu je z nosníků Steico Joist SJ 90 s pásníci z ultralamu a z nosníků Steico Ultralam R o výšce 240 mm. Osová vzdálenost nosníků je 625 mm. Nosníky Steico Joist jsou využity nad bytem B jako spojitě nosníky přes tři pole. Toto řešení bylo vybráno z důvodu menšího průhybu, než v případě použití prostých nosníků. Pod nosnou stěnou v 2NP je nosník zdvojen z důvodu nutnosti přenést vyšší zatížení. U spojitě nosníku jsou v místech podpor výplně pro přenos zatížení ze Steico Joist 90. Nosníky jsou zajištěny proti klopení nosníky stejného typu. Připevnění stropních nosníků k hornímu pasu nosné stěny bude provedeno hřebíky 3,4 x 90 mm po obou stranách stojiny v rozteči 150 mm. Konce nosníků Steico Joist budou vyztuženy deskou Steico Ultralam R tloušťky 40 mm o rozměrech 155 x 100 mm. Zesílení stojiny musí těsně doléhat na spodní pásnici. Upevnění výztuh stojiny bude 4 vruty s polovičním závitem 5,0 x 80 mm. Upevnění je znázorněno na obr. 14.



Obr. 14: Výztuhy stojiny Steico joist SJ 90

V části nad bytem A jsou použity nosníky Steico Ultralam R o tloušťkách 75 a 90 mm. Tyto nosníky byly zvoleny z důvodu vyšší únosnosti, jelikož nosníky Steico Joist by musely být zdvojené. Klopení nosníků je zajištěno stejně jako v prvním případě. Výztuhy na koncích nosníku nejsou nutné.

### **Izolace**

Do prostoru mezi stropními nosníky budou vloženy desky z dřevovláknité tepelně – akustické izolace Hofatex Therm v tloušťce 120 mm.

### **Podlaha**

Záklop stropu je z desek Egger EUROSTRAND OSB 3 E0 tloušťky 22 mm v provedení pero – drážka. Záklop bude sloužit jako pracovní deska pro práce v 2 NP. Zvukově izolační vrstva je z mirelonu o tloušťce 3 mm a desek EPS Rigifloor 4000. Následuje skladba a postup popsany v části 6.2.4 Skladba podlahy na železobetonové desce.

### **Podhled**

Podhled stropu je tvořen laťovým roštem ze smrkových latí 50/30 mm v osových vzdálenostech 400 mm. Latě roštu jsou ke stropním nosníkům připevněny pomocí vrutů 4,0 x 60 mm. Laťový rošt nese sádkartonové desky Rigips RB o tloušťce 12,5 mm s provedením podélné hrany PRO a příčné hrany s úkošem. Připevnění desek pomocí sponek o průměru drátu 1,5 mm a délce 50 mm v osových vzdálenostech 150 mm. Na styky desek bude nalepena samolepící výztužná páska a spára bude přetmelena sádrovým tmelem. Desky budou následně zabroušeny brusnou

mřížkou nebo brusným papírem. Po vybroušení nerovností a odstranění prachu budou desky opatřeny nátěrem dle požadavku investora.



Obr. 15: Skladba stropu nad 1NP

### 6.2.6 Zastřešení

Zastřešení objektu bude plochou střechou s klasickým pořadím vrstev (hydroizolace je na vrchním líci střešního pláště) a souvrstvím pro možnost ozelenění extenzivní zelení (tloušťka substrátu je 120 mm). Střecha je navržena jako difúzně otevřená, dvouplášťová s provětrávanou mezerou. Přesah střechy je na jižní straně 1000 mm před líc fasády z důvodu stínění proti letnímu přehřívání interiéru. Na severní straně domu je přesah 150 mm a na štítových stranách je přesah 30 mm vytvořen pomocí oplechování s okapničkou. Střecha je bez atiky. Sklon střechy je 2° (3,49%). Tento sklon je zvolen proto, aby nedocházelo k přemokření půdy, zároveň však není nutná velká tloušťka hydroakumulační vrstvy. Sklon od 3% je také doporučen v normě ČSN P 73 0606 – Hydroizolace staveb, pro bezpečný odtok dešťové vody. Střecha je skloněna směrem k severu, což ji částečně chrání před vysycháním způsobeným slunečními paprsky z jihu.

Sklon je vytvořen pomocí spádových desek a montážních hranolů Isover Tram. Střešní (stropní) nosníky jsou umístěny vodorovně z důvodu rovného pohledu v 2 NP.

Vzduchotěsnost konstrukce je zajištěna deskou OSB s přelepenými spoji v části podhledu.

Odvod srážkové vody ze střechy je vnějším odvodněním pomocí pozinkovaných žlabů o rozvinuté šířce 330 mm a svody o průměru 100 mm. Háky žlabu budou zafrézovány do OSB desky. Součinitel odtoku pro tuto střechu (střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce nad 100 do 250 mm)<sup>8</sup> je 0,4, což znamená, že odtok vody je snížen o 60% a navíc zpomalen.

Na okrajích střechy bude z důvodu stabilizace proti sání větru pás říčního kameniva o šířce 500 mm a betonové obrubníky na pryžové podložce. Obrubníky budou zajištěny proti pádu ocelovými úhelníky v osových vzdálenostech 500 mm.

Riziko přehřívání podkrovích prostor je sníženo použitím vegetačního souvrství, větší tloušťkou větrané mezery než je normový požadavek (o 20 mm) a použitím tepelné izolace z foukané celulózy.

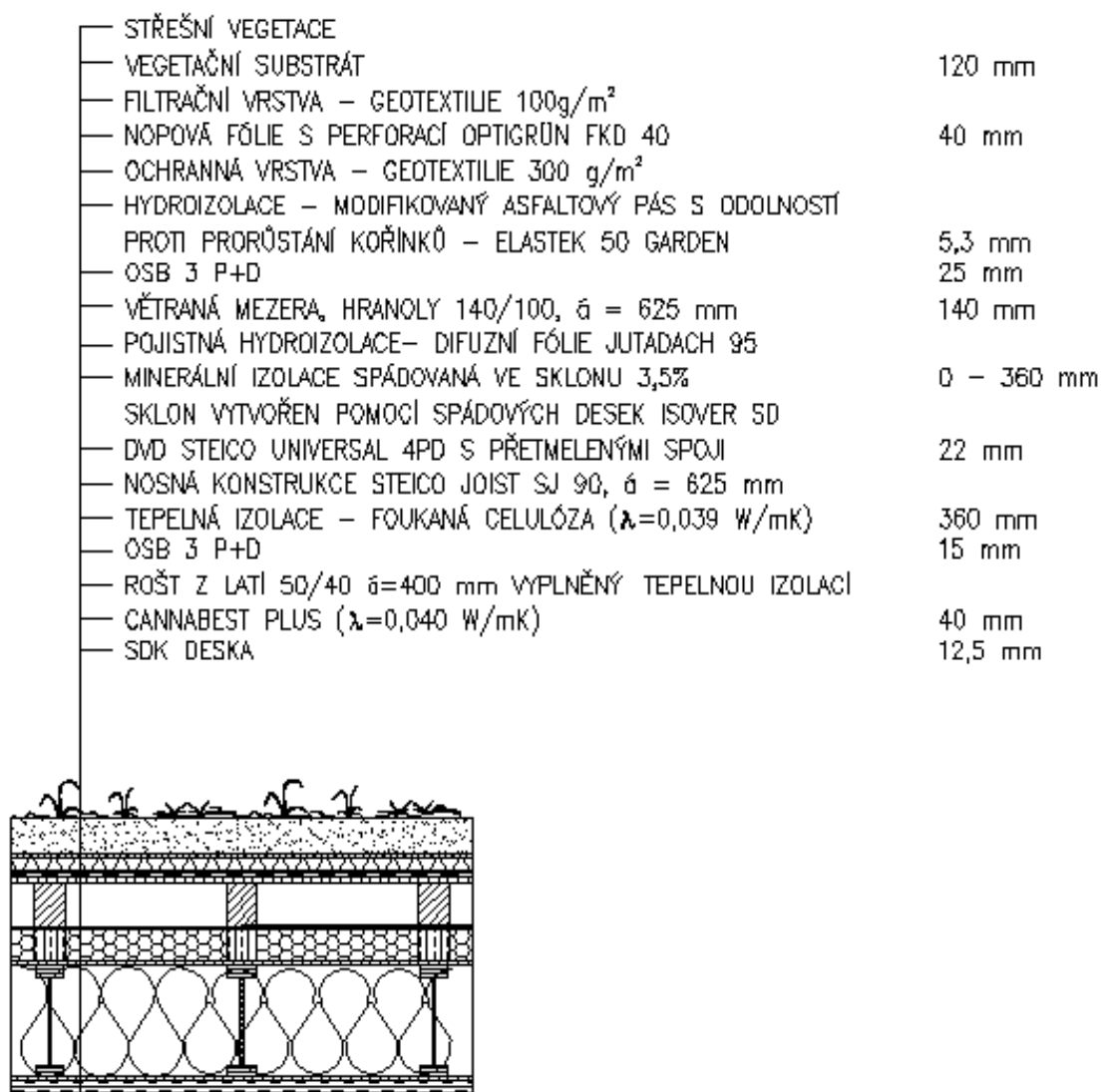
Skladba střechy je zobrazena na obr. 16.

---

<sup>8</sup> Dle ČSN EN 12056 – 3: Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech – Navrhování a výpočet

CELKOVÁ TLOUŠŤKA: 780–1140 mm

$U = 0,108 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Obr. 16: Skladba střechy

### Nosná konstrukce

Nosná konstrukce střechy je tvořena I nosníky Steico Joist SJ 90 s pásnicí z Ultralamu o výšce 360 mm. Nosníky jsou napojeny k průběžným obvodovým stěnám pomocí trámových botek Simpson IUSE 359/91. Upevnění nosníků do trámové botky bude provedeno pomocí drážkovaných hřebíků 4,0 x 50 mm. Nosníky jsou v poli zajištěny proti klopení pomocí výztuh vytvořených z nosníků. Na koncích nosníku je vyztužení proti klopení pomocí latí 50/40.

Přes bednicí DVD desky jsou pak kotveny montážní izolační hranoly z tvrdé minerální plsti Isover Tram MW v osových vzdálenostech 625 mm. Tyto trámy podporují hranoly (krokve) vymežující větranou mezeru spojenou s okolním prostředím.



Mezi krokvelemi je na koncích umístěna kovová mřížka proti hmyzu. Sklon střešních hranolů je vytvořen pomocí spádových desek Isover SD, na kterou jsou připevněny hranoly Isover tram. Dřevěné hranoly (krokve) jsou ukotveny přes izolační trámky do nosníků Steico Joist pomocí dvouzávitových vrutů Isover Twin UD o průměru 7,5 mm určených pro nadkroevní izolace. Osová vzdálenost vrutů bude 900 mm a hloubka uchycení minimálně 50 mm.

### **Tepelná izolace a pojistná hydroizolace**

Jako tepelná izolace je ve skladbě střechy použito foukané celulózy Climatizer Plus, která bude aplikována mezi nosníky. Tloušťka izolace vychází z optimalizace dle požadavků na součinitel prostupu tepla a ze statického dimenzování nosníků. Aplikace foukané izolace bude provedena objemovým plněním do dutin za sucha a to na objemovou hmotnost 50 kg/m<sup>3</sup>. Dutina je ve skladbě střechy vymezena tloušťkou I nosníku a uzavřena je vnitřním opláštěním OSB deskou a vnějším opláštěním DHF deskou. Aplikace foukáním se provede pomocí strojního zařízení specializované firmy. Foukání izolace proběhne z prostoru podkroví. Do OSB desky se pomocí okružníku navrtají otvory (cca 7 cm) pro prostrčení hadice, kterou bude celulóza pneumaticky dopravena. Rozmístění otvorů pro plnění dle požadavků aplikační firmy. Po aplikaci budou zátky vzniklé při vykružování použity pro uzavření otvorů. Spoj mezi zátkou a deskou bude pomocí PU lepidla.

V konstrukci střechy je instalována ještě klínovitá vrstva přídatné izolace nad krokvelemi z minerální vlny o tloušťce 0 až 360 mm. Tato vrstva slouží také pro vytvoření požadovaného sklonu pro pojistnou hydroizolaci. Sklon je vytvořen pomocí spádových desek Isover SD. Od tloušťky 80 mm jsou spádové desky podloženy minerální izolací Isover Uni v potřebných tloušťkách.

Po aplikaci izolačních desek bude kladena pojistná hydroizolace – kontaktní difuzní fólie Jutadach 95 a v zápětí položeny hranoly aby fólie byla zajištěna proti odvanutí větrem.

### **Opláštění**

Opláštění je ze strany exteriéru dřevovláknitými deskami Steico Universal 4PD. Tyto desky jsou difúzně otevřené ale zároveň voděodolné a mohou být využity k dočasné ochraně před povětrnostními vlivy. Desky budou k nosníkům Steico Joist

přichyceny širokými ocelovými sponkami 2,0 x 55 mm potažených pryskyřicí v osových vzdálenostech 100 mm.

Ze strany interiéru jsou nosníky opláštěny deskami Egger EUROSTRAND OSB 3 E0 v provedení s perem a drážkou o tloušťce 15 mm. Desky tvoří hlavní vzduchotěsnící vrstvu a proto je nutné styky desek přelepit vzduchotěsnou páskou. Upevnění OSB desek k nosníkům bude pomocí sponek z pozinkované oceli o tloušťce drátu 1,53 mm a délce 45 mm. Sponky budou po okrajích desek v osových vzdálenostech 150 mm a v středových oblastech 300 mm.

### **Podhled**

Podhled stropu je tvořen laťovým roštem ze smrkových latí 50/40 v osových vzdálenostech 400 mm. Latě roštu jsou ke stropním nosníkům připevněny pomocí vrutů 4,0 x 60 mm. Prostor mezi latěmi bude vyplněn tepelnou izolací Cannabest Plus v tloušťce 40 mm. Laťový rošt nese sádkartonové desky Rigips RB o tloušťce 12,5 mm s provedením podélné hrany PRO a příčné hrany s úkosem. Připevnění desek bude pomocí sponek o průměru drátu 1,5 mm a délce 50 mm v osových vzdálenostech 150 mm. Na styky desek bude nalepena samolepící výztužná páska a spára bude přetmelena sádrovým tmelem. Desky budou následně zabroušeny brusnou mřížkou nebo brusným papírem. Po vybroušení nerovností a odstranění prachu budou desky opatřeny nátěrem dle požadavku investora.

V místě přesahu střechy jsou krokve podbity podhledem ze smrkových palubek o tloušťce 15 mm.

### **Souvrství vegetační střechy**

- **Střešní bednění (podkladní vrstva pro souvrství vegetační střechy)**

Na krokve jsou z vrchní strany připevněny desky Egger EUROSTRAND OSB 3 E0 v provedení s perem a drážkou o tloušťce 25 mm. Upevnění OSB desek bude pomocí sponek z pozinkované oceli potažených pryskyřicí o tloušťce drátu 1,53 mm a délce 63 mm. Sponky budou po okrajích desek ve vzdálenosti max. 150 mm a ve středových oblastech 300 mm.

- **Hydroizolace**

Hydroizolační pásy Elastek 50 Garden s ochranou proti prorůstání kořinek budou kladeny ve dvou vrstvách. Tyto pásy jsou vyrobeny z SBS modifikovaného

asfaltu, nosná vložka je z polyesteru a spodní povrch je opatřen PE fólií sloužící jako separační vrstva.

Jelikož na OSB desky nelze pásy natavovat plamenem přímo, bude na střechu nejprve připevněn ochranný oxidovaný asfaltový pás (např. DEK R13) pomocí hřebíků s velkou hlavou. První vrstva pásů Elastek 50 Garden bude kotvena mechanicky pomocí vrutů s plochou plechovou podložkou. Kotevní hloubka bude 30 mm. Druhá vrstva pásů pak bude celoplošně natavena na první vrstvu hydroizolace. Pásy budou kladeny rovnoběžně s okapem. V místech prostupů bude hydroizolace vytažena min. 150 mm nad úroveň horní vrstvy substrátu. Přesahy hydroizolačních pásů min. 150 mm.

Ochrana izolačních pásů vůči poškození bude geotextilií o plošné hmotnosti 300 g/m<sup>2</sup>. V místech prostupů bude vytažena do stejné výšky 150 mm aby hydroizolace byla chráněna ve všech místech.

- **Drenážní vrstva**

Pro drenážní vrstvu je ve skladbě střechy využita nopová fólie Optigreen FKD 40 (W). Jedná se o nopovou fólii s výškou nopu 40 mm s perforací v horním povrchu. Nopy budou vyplněny drceným keramzitem aby se předešlo ponoření kořenů rostlin přímo do vody. Zároveň se tímto opatřením vytvoří podklad s dostatečnou únosností pro další vrstvy pěstebního souvrství a ochrana proti odvanutí větrem. Přesahy nopové fólie min. 100 mm.

- **Filtrační vrstva**

Tato vrstva bude vytvořena geotextilií o plošné hmotnosti 100 g/m<sup>2</sup>. Bude položena ve všech místech styku substrátu s jinými materiály (celoplošně nad drenážní vrstvou, styk s říčním kamenivem na okrajích střechy, prostupy). Přesahy textilie v místech spojů alespoň 150 mm.

- **Vegetační substrát a vegetace**

Substrát pro růst vegetace bude pro tzv. středně náročnou extenzivní zeleň, jako jsou suchomilné traviny, trvalky a byliny. Tloušťka substrátu bude 120 mm. Pro substrát bude použita spodní vrstva ornice smíchaná s extenzivním střešním substrátem. Poměr jednotlivých složek včetně možnosti dalších přídatných složek bude zvolen dle vlastností sejmuté ornice. Při pokládce substrátu bude potřebná vrstva substrátu přibližně 135 mm, neboť musíme počítat se sednutím nakypřeného substrátu o cca 10% (Čermáková, 2009).

Při založení zeleně bude hned po osázení plochy následovat zálaha dle požadavků, aby došlo k zakořenění vegetace. Frekvence údržby střechy je stejná jako u klasické střechy, tedy 1 – 2 krát ročně. Údržba se týká odstranění náletových rostlin, které by mohly svými kořeny poškodit střechu.

Tab. 3: Vegetace vhodná pro extenzivní střechu o tloušťce substrátu 100 – 150 mm<sup>9</sup>

NÁZEV ROSTLINY	VÝŠKA v cm	BARVA KVĚTU/LISTU	DOBA KVĚTU /měsíc/							
			3	4	5	6	7	8	9	10
Hvozdík kartouzek <i>Dianthus carthusianorum</i>	30	červená/tmavě zelená								
<i>Dianthus deltoides</i>	15	červená/šedozeleá								
Rožec plstnatý <i>Cerastium tomentosum</i>	10	bílá/šedá								
Jestřábník chlupáček <i>Hieracium pilosella</i>	15	žlutá/tmavě zelená								
Třezalka mnoholistá <i>Hypericum polyphyllum</i>	15	žlutá/žlutozeleá								
Levandule úzkolistá <i>Lavandula angustifolia</i>	40	fialová/šedá								
Dobromysl obecná <i>Origanum vulgare</i>	30	růžová/zelená								
Lomikámen (v sortách)										
<i>Saxifraga arendsii</i>	15	bílá–červená/ zelená								
<i>Saxifraga aizoon</i>	25	bílá/světle zelená								
<i>Saxifraga paniculata</i>	20	bílá/zelená								
<i>Saxifraga umbrosa</i>	20	růžová/světle zelená								
Mateřídouška obecná (v sortách)										
<i>Thymus praecox</i>	10	růžová/zelená								
<i>Thymus serpyllum</i>	10	růžová/zelená								
Divizna <i>Verbascum phoeniceum</i>	50	žlutá/šedozeleá								
Mochna jarní <i>Potentilla verna</i>	10	žlutá/zelená								
Česnek (v druzích) <i>Allium</i>	30	různá								

<sup>9</sup> Převzato z BOHUSLÁVEK, P., HORSKÝ, V., JAKOUBKOVÁ, Š. *Vegetační střechy a střešní zahrady*. 2. vyd. Praha: DEKTRADE, 2009. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-05-0.

## **6.3 Technický popis navrhovaného objektu**

### **6.3.1 Všeobecné informace**

*Název:* Dvougenerační dům s vegetační střechou

*Zastavěná plocha:* 149,5 m<sup>2</sup>

*Užitná plocha:* 245,14 m<sup>2</sup>

*Obestavěný prostor:* 882,9 m<sup>3</sup>

*Počet bytových jednotek:* 2

*Užitná plocha byt A:* 166,72 m<sup>2</sup>

*Užitná plocha byt B:* 78,42 m<sup>2</sup>

### **6.3.2 Stavebně technické řešení**

#### **A. Zemní práce**

Zahájení stavebních prací bude předcházet sejmutí ornice v tloušťce 300 mm na ploše pod plánovanou stavbou, včetně přístupových a příjezdových cest. Ornice bude uskladněna na pozemku investora pro konečné terénní úpravy a dále jako součást substrátu pro ozelenění střechy. Přebytečná zemina bude odvezena na skládku. Následně bude vytyčena stavba geodetickými lavičkami a kolíky.

#### **B. Základy**

Dům je založen na základový pasech pod nosnými stěnami a komíny. Hloubka založení pod obvodovými stěnami je 800 mm pod úroveň upraveného terénu. Pod vnitřními nosnými stěnami a komíny je hloubka založení 500 mm, jelikož zde nehrozí promrznutí základové půdy. Do základové spáry bude uložen zemnicí pás dle předpisů a vytvořeny prostupy pro instalace. V prostoru mezi základovými pasy je hutněný štěrkopískový podsyp tloušťky 150 mm, jenž bude zalit betonovou mazaninou třídy C16/20 v tloušťce 50 mm. Na tuto plochu bude položena hydroizolace z oxidovaných asfaltových pásů. Na hydroizolaci bude položena výztužná ocel na distančních podložkách a provázána vázacím drátem. Následuje montáž bednění pro betonování základové desky. Základová deska bude tvořena betonem třídy C20/25-XC2 o tloušťce 160 mm. Základy jsou po obvodu izolovány deskami extrudovaného polystyrenu XPS v tloušťce 50 mm.

## C. Svislé nosné konstrukce

### C.1. Obvodové stěny (viz kap. 6.2.1)

Nosná konstrukce obvodových stěn je tvořena sloupky z lepených I nosníků Steico Wall 60 o výšce 300 mm, s pásnicemi z KVH a stojinou z tvrdé dřevovláknité desky. Horní a dolní pas rámové konstrukce je z lepeného vrstveného dřeva Steico Ultralam R o šířce 300 mm a výšce 45 mm. Modulový rastr sloupek stěn je 625 mm. Rám stěn je oboustranně opláštěn deskami na bázi dřeva. Z vnitřní strany to jsou desky OSB 3 tloušťky 18 mm, tvořící i hlavní vzduchotěsnou vrstvu. Ze strany exteriéru je opláštění dřevovláknitými deskami Steico Protect H tloušťky 60 mm, sloužící i jako vnější zateplovací systém. Na vnější opláštění bude nanesena difúzně otevřená omítka s výztužnou sklotextilní tkaninou. Prostor mezi sloupky bude kompletně vyplněn tepelnou izolací z foukané celulózy Climatizer Plus. Obvodové stěny jsou s instalační předstěnou velikosti 40 mm vymezenou smrkovými latěmi 50/40. Interiérové opláštění bude sádrovláknitými deskami Fermacell o tloušťce 12,5 mm. Celková tloušťka skladby obvodové stěny je 438 mm. Stěny jsou kotveny k základové desce pomocí tahových kotev a kotev do betonu v osových vzdálenostech 625 mm.

### C. 2. Vnitřní nosné stěny (viz kap. 6.2.2 a 6.2.3)

Nosná konstrukce vnitřních nosných stěn se skládá ze sloupek z KVH hranolů 60/120 a horního a dolního pasu z KVH hranolů 60/120. Opláštění rámu je sádrovláknitými deskami Fermacell tloušťky 15 mm. Prostor mezi sloupky je vyplněn minerální izolací. U mezibytové stěny je instalována ještě nenosná předstěna tvořena vodorovnými latěmi 50/40 a dvojitým opláštěním. Prostor mezi latěmi je též vyplněn minerální izolací. Tloušťka nosné stěny je 150 mm, tloušťka mezibytové nosné stěny je 225 mm.

### D. 3. Vnitřní příčky (viz kap. 6.2.3)

Nosná rám příček je tvořen sloupky z KVH 60/60 a horním a dolním pasem z totožných prvků. Opláštění bude oboustranné, a to sádrokartonovými deskami tloušťky 15 mm. Celková tloušťka vnitřních příček je 90 mm.

#### E. Vodorovné konstrukce (viz kap. 6.2.5)

Stropní konstrukce je navržena z nosníků Steico Joist s pásnicí z ultralamu a nosníků Steico Ultralam o výšce 240 mm. Uložení stropu nad INP je na horní pasy rámu obvodových stěn pomocí vysokopevnostních vrutů se zápusťnou hlavou a samovrtnou špičkou. Osová vzdálenost stropních nosníků je 625 mm. Mezi nosíky je umístěna tepelná a akustická izolace Hofatex Therm o tloušťce 120 mm. Vyztužení proti klopení je pomocí rozpěr ze Steico Joist. Záklop stropu bude z desek OSB 3 PD tloušťky 22 mm. Podhled je tvořen roštem ze smrkových latí 50/30 na kterých jsou zavěšeny sádkartonové desky tloušťky 12,5 mm. Podél obvodových stěn je mezi nosíky 500 mm široký pás s izolací o tloušťce 240 mm (na celou výšku nosníků). Celková tloušťka stropní konstrukce včetně skladby podlahy je 435 mm.

#### F. Zastřešení (viz kap. 6.2.6)

Střecha je plochá, dvouplášťová, difúzně otevřená, ozeleněná. Nosná konstrukce je tvořena I nosíky Steico Joist SJ 90 s pásnicí z Ultralamu o výšce 360 mm. Osová vzdálenost nosníků je 625 mm. Ukotvení je pomocí trámových botek na průběžnou obvodovou stěnu. Záklop je tvořen deskami DHF tloušťky 22 mm. Na záklopu je položena klínovitá vrstva minerální izolace pro zajištění sklonu 2° a difúzní fólie sloužící jako pojistná hydroizolace. Krokve jsou vyneseny montážními hranoly z tvrdé minerální vaty skrz níž jsou kotveny až do nosníků stropu. Krokve jsou nad obvodovými stěnami kotveny pomocí ocelových úhelníků do horního pasu stěny. Na krokvích je připevněno bednění z desek OSB 3 tloušťky 25 mm. Na bednění je pak kotvena hydroizolace ve dvou vrstvách, přičemž první vrstva je kotvena mechanicky. Druhá vrstva hydroizolace má atest na odolnost proti prorůstání kořínků a je kotvena celoplošně plamenem k první vrstvě. Nad hydroizolací je ochranná vrstva z geotextilie o plošné hmotnosti 300 g/m<sup>2</sup>. Nad ochranou vrstvou se nachází nopová fólie s perforovanými nopy o výšce nopy 40 mm. Nopy budou vyplněny drceným keramzitem. Pro zamezení vyplavování substrátu je nad nopovou fólií položena geotextilie o plošné hmotnosti 100 g/m<sup>2</sup>. Nad těmito vrstvami je vrstva substrátu o tloušťce 120 mm. Substrát je tvořen směsí spodní vrstvy ornice s kupovaným substrátem pro vylehčení a vytvoření vhodného prostředí pro růst vegetace. Podhled je tvořen roštem ze smrkových latí 50/30 na kterých jsou zavěšeny sádkartonové desky tloušťky 12,5 mm

## G. Schodiště

Schodiště je dřevěné, jednoramenné, schodnicové ve tvaru L. Šířka schodišťového ramene je 900 mm. Schodiště překonává výškový rozdíl 2930 mm. Počet stupňů schodiště je 17. Stupně jsou zadlabány do schodnic o tloušťce 50 mm a výšce 300 mm umístěných po obou stranách stupňů. Schodišťové stupně jsou bez podstupnic, stupnice je tloušťky 40 mm. Výškový rozdíl stupňů je 172 mm a šířka stupně na výstupní čáře je 285 mm. Nejmenší šířka stupnice je 130 mm. Úhel schodiště je 33°. Schodnice jsou osazeny ve spodní části na opěrný úhelník s výstupkem a v horní části k dřevěnému hranolu, který je kotven ke stropnímu nosníku. Zábradlí je dřevěné s výplněmi z dřevěných tyček o průměru 30 mm v rozteči 150 mm. Zábradlí je složeno ze sloupků 100 x 100 mm a madla o průměru 60 mm. Sloupky zábradlí jsou ukotveny z boku do schodnice. Výška zábradlí je 900 mm.

## H. Výplně otvorů

Balkonová okna a dveře na jižní fasádě jsou s dřevěným rámem v provedení SC 92-C a zasklena izolačním trojsklem Solar se zvýšenou propustností pro sluneční záření. Dřevěný rám v provedení SC 92-C je ze smrkového dřeva tloušťky 92 mm a se součinitelem prostupu tepla rámem  $U_f = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Fixní okna jižní fasády jsou v provedení rámu Slavona Progression FIX a zasklena jsou taktéž izolačním trojsklem Solar. Rám okna Slavona Progression se skládá ze smrkového dřeva kombinovaného s Thermowood profilem a podkladem z korku pro redukci tepelného mostu v místě přípojovací spáry. Tloušťka rámu okna je 115 mm a součinitel prostupu tepla rámem  $U_f = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Balkonové dveře jsou s bezbariérovým prahem a jsou podloženy Purenit profilem tloušťky 100 mm, který je kotven k základové desce ocelovými L profily. Purenit profily budou dodány jako přířezy s profilací.

Okna orientovaná na ostatní světové strany jsou v provedení rámu Slavona Progression a zasklena izolačním trojsklem Standart. Stavební otvor je vymezen OSB kastlíkem o šířce 300 mm a tloušťce 18 mm kotveným pomocí vrutů 4 x 50 mm k rámové konstrukci. Okna jsou kotvena pomocí pásové kotvy přišroubované k ostění tvořenému OSB kastlíkem. Rámy oken jsou překryty dřevovláknitou izolací Steico Protect až po líc obvodové stěny (210 mm). Osazení otvorových výplní bude v místě přípojovací spáry přes komprimační pásku a případné netěsnosti ještě dotmeleny. Po celém obvodu bude z interiéru aplikována vzduchotěsnicí páska a ze strany exteriéru



paropropustná páska. Výška parapetů nad úrovní čisté podlahy je 850 mm. Parapety jsou v interiéru opatřeny dřevěnou parapetní deskou, z exteriéru pak klempířskými výrobky.

Vstupní dveře jsou jednokřídlové, dřevěné, světlé šířky 900 mm, typ Slavona Progression Trend. Dveřní křídlo má sendvičovou konstrukci s izolační výplní PU pěnou tl. 48 mm se vsazeným izolačním trojsklem. Dveře mají prahovou lištu z kompozitního materiálu a jako podkladní profil je použit profilovaný Purenit profil dodaný výrobcem dveří. Podkladní profil je uchycen k železobetonové desce pásovými kotvami a kotvami do betonu. Dřevěná zárubeň dveří je v provedení Progression, která je překryta dřevovláknitou izolací Steico Protect.

#### I. Tepelné izolace

Ve skladbě podlahy 1NP je navržena izolace tloušťky 200 mm deskami z EPS, ve skladbě stropu je izolace 120 mm dřevovláknité desky Hofatex Therm 40 mm EPS se sníženou dynamickou tuhostí (kročeťová izolace). Ve skladbě střechy je použito 360 mm celulózové izolace mezi nosníky a 40 mm konopné izolace v podhledu. Jako přídatná izolace působí i klínovitá vrstva minerální izolace nad záklopem. Obvodové stěny jsou navrženy s 300 mm celulózové izolace mezi sloupky a 60 mm dřevovláknité izolace Steico Protect z exteriérové strany.

#### J. Větrání

Větrání je zajištěno vzduchotechnickou jednotkou s rekuperací tepla s účinností výměníku 85 %. Systém nuceného větrání bude rovnotlaký s přívodem vzduchu do obytných místností a odvodem z koupelen, WC, kuchyní a spíže. Přívod vzduchu na osobu je 30 m<sup>3</sup>/h. Návrhový objemový tok je 260 m<sup>3</sup>/h, průměrný pak 200 m<sup>3</sup>/h. Vzduchotechnická jednotka bude umístěna v technické místnosti. Všechny obytné místnosti je možné větrat přirozeně.

#### K. Vytápění a příprava teplé vody

Pro vytápění a přípravu teplé vody jsou navrženy kondenzační plynové kotle. Vytápění objektu bude pomocí nízkoteplotního podlahového vytápění zalitého ve vrstvě cementového potěru. Jelikož je tloušťka potěru 80 mm, je zajištěna dostatečná akumulace celého systému a může být použito nízkoteplotní.

#### L. Úpravy povrchů

V obytných místnostech budou sádrovláknité a sádrokartonové desky na stěnách a stropech přetmeleny a vybroušeny. V místech se zvýšenou vlhkostí (koupelny) jsou použity desky odolné vůči namáhání vlhkostí. Následně budou přebroušené povrchy vymalovány dvěma vrstvami Primalex Plus v barevném provedení dle požadavků investora. Obklady v kuchyni, WC a koupelnách budou provedeny dle projektové dokumentace ve vzorech vybraných investorem.

Vnější omítkový systém bude nanesen na fasádní desky Steico Protect. První vrstvu tvoří lepící a armovací stěrka StoLevell Uni o tloušťce 5 – 7 mm. Do armovací stěrky bude vtlačena sklotextilní armovací síťovina Sto-Glasfasergewebe F s přesahem 10 cm. Po vyschnutí (cca 2 týdny) a přebroušení armovací vrstvy bude proveden penetrační nátěr přípravkem StoPrep Miral. Jako vrchní vrstva systému bude použita silikonově pryskyřičná omítka StoSilco K v barvě dle požadavku investora.

## 7 Tepelně technické posouzení

### 7.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U

#### 7.1.1 Obvodová stěna

Obvodová stěna byla navržena tak, aby součinitel prostupu tepla bezpečně splnil doporučenou hodnotu pro pasivní domy  $U_{pas,20} = 0,18-0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla činí  $0,117 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vyhoví tak i doporučením centra pasivního domu, který pro obvodové stěny doporučuje hodnotu  $0,10 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Tab. 4: Součinitel prostupu tepla - Obvodová stěna

1		Obvodová stěna s předstěnou					
Konstrukce č. Popis konstrukce							
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W]		vnitřní R <sub>si</sub> :		0,13			
		vnější R <sub>se</sub> :		0,04			
Díličí plocha 1	λ [W/(mK)]	Díličí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Díličí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Celková šířka	Tloušťka [mm]
1. SVD FERMACELL	0,380						13
2.		Předstěna KVH 50/40	0,180				40
3. OSB 3 P+D	0,130						18
4. Foukaná celuloza	0,040	SW 60x45 300	0,180				45
5. Foukaná celuloza	0,040			SW stojina 6 mm	0,180		210
6. Foukaná celuloza	0,040	SW 60x45 300	0,180				45
7. Steico protect	0,048						60
8. Omítka	0,800						7
		Podíl díličí plochy 2		Podíl díličí plochy 3		Celkem	
		12,0%		1,2%		43,8 cm	
				Součinitel U:		0,117 W/(m <sup>2</sup> K)	

#### 7.1.2 Vnitřní nosná mezibytová stěna

Vnitřní mezibytová stěna byla navržena na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy  $U_{pas,20} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tato hodnota platí pro stěnu mezi sousedními budovami a v tomto případě se dle návrhu nebude jednat o teplosměnnou plochu, neboť při běžném užívání budou teploty na obou stranách konstrukce do rozdílu 5 °C. Je však zaručeno, že při změně způsobu užívání jedné bytové jednotky bude zajištěna tepelná ochrana druhé. Vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla činí  $0,295 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Tab. 5 Součinitel prostupu tepla – Mezibytová stěna

5 VNITŘNÍ NOSNÁ MEZIBYTOVÁ STĚNA						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W] vnitřní R <sub>si</sub> : 0,13						
vnější R <sub>se</sub> : 0,04						
Díčí plocha 1	λ [W/(mK)]	Díčí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Díčí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Celková šířka Tloušťka [mm]
1. SVD FERMACELL	0,380					30
2. MINERÁLNÍ IZOLACE	0,040	KVH 120/60	0,180			120
3. SVD FERMACELL	0,380					15
4. MINERÁLNÍ IZOLACE	0,040			KVH 50/40	0,180	40
5. SVD FERMACELL	0,380					15
6.						
7.						
8.						
Podíl díčí plochy 2			Podíl díčí plochy 3			Celkem
12,0%			15,0%			22,0 cm
Součinitel U: 0,295						W/(m <sup>2</sup> K)

### 7.1.3 Podlaha na žb. desce v 1.NP

V případě skladby podlahy v 1.NP je požadavku na tepelnou ochranu docíleno použitím 200 mm vrstvy EPS 100 S umístěného na železobeton desce. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy pro podlahu přilehlou k zemině je  $U_{pas,20} = 0,22 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla činí  $0,173 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Tab. 6: Součinitel prostupu tepla – Podlaha v 1.NP

3 Podlaha 1NP						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W] vnitřní R <sub>si</sub> : 0,17						
vnější R <sub>se</sub> : 0,00						
Díčí plocha 1	λ [W/(mK)]	Díčí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Díčí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Celková šířka Tloušťka [mm]
1. nášlapná vrstva	1,000					10
2. CEMENTOVY POTER	1,300					80
3. EPS 100S	0,037					200
4. hydroizolace	0,350					2
5. ŽB základová deska	1,580					150
6. PODKLADNI BETON	1,300					50
7.						
8.						
Podíl díčí plochy 2			Podíl díčí plochy 3			Celkem
						49,2 cm
Součinitel U: 0,173						W/(m <sup>2</sup> K)

### 7.1.4 Strop nad 1 NP

Výpočet pro strop nad 1 NP byl proveden stejně jako v případě mezibytové stěny pro zaručení tepelné pohody v případě změny užívání části objektu. Vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla činí  $0,284 \text{ W/m}^2\text{K}$ , což vyhovuje doporučené

hodnotě součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy (požadavek na vnitřní strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru  $U_{\text{pas},20} = 0,30 - 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Tab. 7: Součinitel prostupu tepla – Strop nad 1NP

5 STROP NAD 1NP						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W] vnitřní R <sub>si</sub> : 0,10						
vnější R <sub>se</sub> : 0,04						
Díličí plocha 1	λ [W/(m·K)]	Díličí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(m·K)]	Díličí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(m·K)]	Celková šířka Tloušťka [mm]
1. SDK	0,220					13
2.		KVH 50/30	0,180			30
3.		SJ 90 240	0,180			39
4. HOFATEX THERM	0,040			SJ stojina 8 mm	0,180	120
5.		SJ 90 240	0,180			39
6. OSB 3 P+D	0,130					22
7. RIGIFLOOR 4000	0,044					40
8. CEMENTOVÝ POTĚR	1,300					80
		Podíl díličí plochy 2		Podíl díličí plochy 3		Celkem
		12,0%		15,0%		38,3 cm
Součinitel U: 0,284 W/(m <sup>2</sup> K)						

### 7.1.5 Střecha

Skladba střechy byla navržena tak aby součinitel prostupu tepla splnil doporučenou hodnotu pro pasivní domy, která činí 0,15-0,1 W/m<sup>2</sup>K. Vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla činí 0,106 W/m<sup>2</sup>K. Do výpočtu není zahrnuta klínovitá vrstva tepelné izolace z minerální vaty umístěná nad nosnou konstrukcí střechy.

Tab. 8: Součinitel prostupu tepla – Střecha

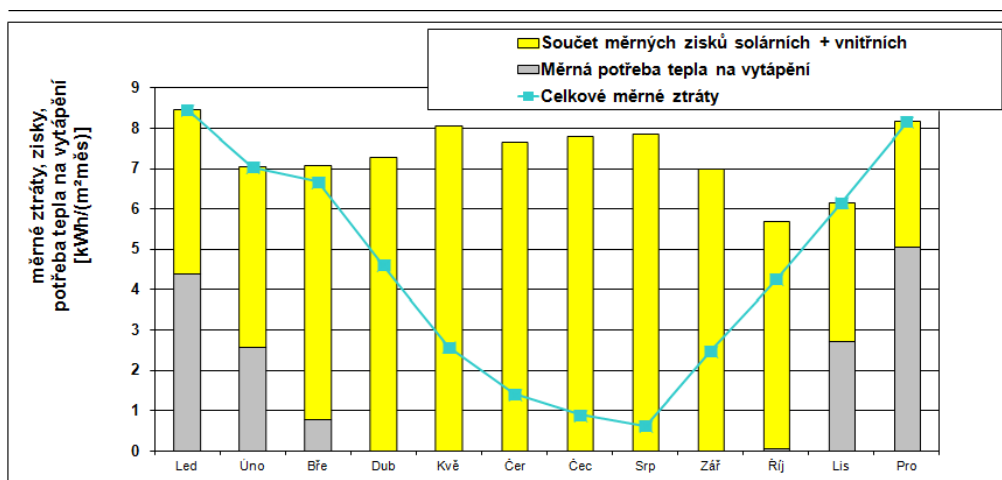
2 STŘECHA						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W] vnitřní R <sub>si</sub> : 0,10						
vnější R <sub>se</sub> : 0,04						
Díličí plocha 2	λ [W/(m·K)]	Díličí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(m·K)]	Díličí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(m·K)]	Celková šířka Tloušťka [mm]
1. SDK	0,220					13
2. KONOPNÁ IZOLACE	0,040	Latový rošt	0,180			40
3. OSB 3 PD	0,130					15
4. Foukaná celuloza	0,040	SJ 90x45 360	0,180			45
5. Foukaná celuloza	0,040			SJ stojina 6 mm	0,180	270
6. Foukaná celuloza	0,040	SJ 90x45 360	0,180			45
7. DHF DESKA	0,048					22
8.						
		Podíl díličí plochy 2		Podíl díličí plochy 3		Celkem
		25,0%		1,2%		45,0 cm
Součinitel U: 0,106 W/(m <sup>2</sup> K)						

## 7.2 Zhodnocení energetické bilance v PHPP 2007

Konečné výsledky a posouzení z listu Hodnocení jsou zobrazeny na obr. 18. Vypočtená měrná potřeba tepla na vytápění činí 14 kWh/m<sup>2</sup>rok, což je jedním z požadavků pro pasivní budovy. Četnost překročení nejvyšší denní teploty nad 27°C činí 4 %. Pro vyšší komfort v letním období by bylo nutné doplnit předokenní žaluzie nebo rolety. V tab. 9 můžeme vidět roční tepelnou bilanci oken. Za povšimnutí stojí rozdíl tepelných zisků a ztrát u oken orientovaných na jih. Z grafu na obr. 17 můžeme zjistit jaké jsou tepelné ztráty a zisky a měrnou potřebu tepla na vytápění v průběhu roku. Můžeme si všimnout zkrácení topné sezóny, kdy v létě a přechodném období je potřeba tepla pokryta solárními zisky pronikajícími skrze okna.

Tab. 9: Tepelná bilance oken

Orientace plochy okna	Ztráty prostupem	Tepelné zisky ze solárního záření
	kWh/a	kWh/a
Sever	304	139
Východ	450	358
Jih	1744	4101
Západ	613	726
Vodorovný	0	0
<b>Celkové hodnoty</b>	<b>3112</b>	<b>5324</b>



Obr. 17: Měrné zisky, ztráty a měrná potřeba tepla na vytápění v průběhu roku

## Hodnocení pasivního domu

Fotografie nebo kresba

Objekt:	RD Markovice		
Místo a klima:	Chrudim	CZ - Hradec Králové	
Ulice:	Markovice		
PSČ/Město:			
Stát:	Česká republika		
Druh objektu:	Rodinný dům		
Stavebník:			
Ulice:			
PSČ/Město:			
Architekt:	Jan Štěpán		
Ulice:	Mladkov 149		
PSČ/Město:	561 67 Mladkov		
Technické vybavení budov:			
Ulice:			
PSČ/Město:			
Rok výstavby:	2016		
Počet bytových jednotek:	2	Vnitřní teplota:	20,0 °C
obestavěný objem $V_{0,1}$ :	882,9 m <sup>3</sup>	Vnitřní zdroje tepla:	2,1 W/m <sup>2</sup>
Počet osob:	6,0		

Požadavky ve vztahu k vytápěné podlahové ploše

Vytápěná podlahová plocha:	245,1 m <sup>2</sup>		
	Použito:	Roční metoda	Certifikát:
<b>Měrná potřeba tepla pro vytápění:</b>	<b>14</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>15 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Výsledek zkoušky neprůvzdušnosti:</b>	<b>0,6</b>	<b>h<sup>-1</sup></b>	0,6 h <sup>-1</sup>
<b>Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění, chlaz., pom. a dom. spotřebiče):</b>		<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění a pomocné a domácí spotřebiče):		<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
Měrná potřeba primární energie Úspora elektřiny pomocí solární energie:		<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
Topná zátěž:		<b>W/m<sup>2</sup></b>	
Četnost překročení nejvyšší teploty vzduchu:	<b>4</b>	<b>%</b>	nad 27 °C
Měrná potřeba energie pro chlazení:		<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Chladicí zátěž:		<b>W/m<sup>2</sup></b>	
			<b>Splněno?</b>
			<b>ano</b>
			<b>ano</b>

Obr. 18: Hodnocení pasivního domu

## 8 Statické výpočty

Protokoly statického výpočtu jsou přiloženy k práci v přílohách. Skladby konstrukcí jsou popsány v kapitole 6.2 Návrhy skladeb a charakteristiky stavebních konstrukcí.

### 8.1 Statický výpočet stropu nad 1NP

V případě výpočtu stropních nosníků nad 1NP bylo uváženo 7 případů zatížení stropních nosníků lišících se jak polohou podpor, tak i zatížením vnitřních stěn a příček z 2NP. Přepočet plošné hmotnosti na zatížení na linii byl proveden prostým vynásobením výšky stěny a hodnotou zatížení na 1 m<sup>2</sup>. Osově vzdálenosti nosníků jsou 625 mm.

- Stálé zatížení
- Vlastní tíha (viz Tab. 10): 2,11 kN/m<sup>2</sup>
  - Nenosná příčka (viz Tab. 11): 0,90 kN/m
  - Vnitřní nosná stěna (viz Tab. 12): 1,35 kN/m

Tab. 10: Stálé zatížení - strop nad 1NP (skladba S6)

POPIS	Šířka [m]	Výška [mm]	Délka [m]	Objemová tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	Char. hodnota Gk [kN/m <sup>2</sup> ]	Návrh. hodnota Gd [kN/m <sup>2</sup> ]
MARMOLEUM	1	3,5	1	0,03 kg/m <sup>2</sup>	0,03	0,04
CEMENTOVÝ POTĚR	1	80	1	22	1,76	2,38
EPS RIGIFLOOR 4000	1	40	1	0,15	0,01	0,01
OSB 3PD	1	22	1	0,65	0,01	0,02
IZOLACE HOFATEX THERM	1	120	1	1,5	0,18	0,24
ROŠT Z LATÍ	0,05	30	3	5	0,02	0,03
SDK	1	12,5	1	7,5	0,09	0,13
				Σ=	2,11	2,84



Tab. 11: Stálé zatížení – nenosná příčka (skladba S4)

POPIS	Šířka [m]	Výška [mm]	Délka [m]	Objemová tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	Char. hodnota Gk [kN/m <sup>2</sup> ]	Návrh. hodnota Gd [kN/m <sup>2</sup> ]
SVD FERMACELL FC	1	15	1	11,5	0,17	0,23
KVH 60x60	0,06	60	2	5	0,04	0,05
MINERÁLNÍ IZOLACE	1	60	1	1	0,06	0,08
SVD FERMACELL FC	1	15	1	11,5	0,09	0,12
$\Sigma=$					0,36	0,48

Tab. 12: Stálé zatížení – vnitřní nosná stěna (skladba S3)

POPIS	Šířka [m]	Výška [mm]	Délka [m]	Objemová tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	Char. hodnota Gk [kN/m <sup>2</sup> ]	Návrh. hodnota Gd [kN/m <sup>2</sup> ]
SVD FERMACELL FC	1	15	1	11,5	0,17	0,23
KVH 120x60	0,12	60	2	5	0,07	0,05
MINERÁLNÍ IZOLACE	1	120	1	1	0,12	0,08
SVD FERMACELL FC	1	15	1	11,5	0,17	0,23
$\Sigma=$					0,54	0,72

V případě nosníku s největším rozpětím (nad zádveřím a technickou místností bytu A) bylo využito příznivého účinku převislého konce přes podporu (V příloze označeny jako N1A a N1B). Důvodem je, že program počítá i s kmitáním konstrukce pro ověření mezního stavu použitelnosti a díky vykonzolování se vlastní frekvence nosníku zvýšila nad požadovanou úroveň (8 Hz), což zajistí vlastní funkčnost konstrukce. Použito je zde nosníků Steico Ultralam R o tloušťce 75 mm a výšce 240 mm. Nosník N1A je již na hranici meze použitelnosti neboť vypočtený maximální průhyb činí 15,64 mm, přičemž maximální povolený průhyb je 15,7 mm u N1B je maximální průhyb 14,99 mm.

Nosník N1C musel být zdvojen z důvodu zatížení nenosnou příčkou a následného překročení povoleného průhybu. Nosník je tedy tvořen dvěma nosíky Steico Ultralam R tloušťky 75 mm a výšky 240 mm. Maximální průhyb činí 12,02 mm.

Nosníky N2 jsou navrženy ze Steico Ultralam R o tloušťce 90 mm a výšce 240 mm. V případě těchto nosníků byl problém s mezí použitelnosti z hlediska kmitání konstrukce. Jinak by bylo možné použít stejný typ nosníku jako v případě N1A. Maximální průhyb činí 9,72 mm, povolený pak 14,55 mm.

Stropní nosníky nad bytem B (N3A a N3C) jsou realizovány jako průběžné nosníky přes tři pole. Jsou zhotoveny z nosníků Steico Joist SJ 90 výšky 240 mm s pásnicí z Ultralamu. Maximální průhyb činí 12,24 mm, přičemž maximální povolený je 14,72 mm. V případě nosníku N3C (pod nosnou stěnou) bylo nutné použít zdvojeného nosníku Steico Joist SJ 90 výšky 240 mm a to z důvodu překročení povoleného průhybu a posouvající síly. Nosníky vyhoví požadavkům na mezní stav únosnosti i použitelnosti.

## 8.2 Statický výpočet stropu nad 2.NP

- Stálé zatížení
- Vlastní tíha (viz Tab. 14): 0,61 kN/m<sup>2</sup>
  - Zatížení střechy přenesené přes krokve (viz Tab. 13): 0,92 kN/m
  - Klínovitá vrstva minerální izolace: 0,14 kN/m<sup>2</sup>

Tab. 13: Stálé zatížení – vegetační střecha

POPIS	Šířka [m]	Výška [mm]	Délka [m]	Objemová tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	Char. hodnota Gk [kN/m <sup>2</sup> ]	Návrh. hodnota Gd [kN/m <sup>2</sup> ]
ZEMINA NASYČENÁ	1	0,12	1	13,5	1,620	2,187
GEOTEXILIE - FILTRAČNÍ VRSTVA	1	1	1	0,1 kg/m <sup>2</sup>	0,001	0,001
OSB 3PD	1	25	1	6,5	0,163	0,219
NOPOVÁ FÓLIE	1	40	1	2,3 kg/m <sup>2</sup>	0,023	0,041
GEOTEXILIE - FILTRAČNÍ VRSTVA	1	1	1	0,3 kg/m <sup>2</sup>	0,003	0,004
KVH 100x140	0,1	140	1	5	0,007	0,009
				Σ=	1,82	2,46

Tab. 14: Stálé zatížení – strop nad 2 NP

POPIS	Šířka [m]	Výška [mm]	Délka [m]	Objemová tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	Char. hodnota Gk [kN/m <sup>2</sup> ]	Návrh. hodnota Gd [kN/m <sup>2</sup> ]
MINERÁLNÍ IZOLACE VE SPÁDU	1	360	1	0,4	0,144	2,187
DHF STEICO UNIVERSAL	1	0,022	1	2,7	0,059	0,001
FOUKANÁ CELULÓZA	1	0,36	1	0,53	0,191	0,219
OSB 3 PD	1	0,015	1	6,5	0,098	0,041
ROŠT Z LATÍ	0,05	0,04	2,5	5	0,025	0,004
SDK	1	0,0125	1	7,5	0,094	0,009
				<b>Σ=</b>	<b>0,61</b>	<b>0,82</b>

Pro strop nad 2.NP jsou navrženy průběžné nosníky přes tři pole Steico Joist SJ 90 výšky 360 mm s pásnicí z Ultralamu. Osová vzdálenost nosníků je 625 mm. V tomto případě je nosník nejvíce namáhán posouvající silou nad střední podporou, která zde činí 6,20 kN (dovolená je 6,40 kN). Maximální průhyb činí 9,21 mm a dovolený 18,72 mm.

## 9 Diskuze

Cílem diplomové práce bylo vytvoření projektové a výrobní dokumentace pro realizaci dvougeneračního domu. Během procesu navrhování byla v každém kroku dodržována doporučení týkající se energeticky úsporných budov a redukce dopadu výstavby na životní prostředí. Snahou bylo vytvořit pro uživatele komfortní bydlení z hlediska tepelné pohody s minimálním rozdílem povrchových teplot stěn a otvorových výplní vůči návrhové teplotě vzduch. Toho bylo docíleno použitými stavebně truhlářskými výrobky a skladbami konstrukcí s optimalizovanou tloušťkou izolací. S ohledem na užívání části domu staršími osobami byl proveden návrh bytové jednotky pro bezbariérové užívání lidmi na vozíku.

Po nastudování potřebných informací vznikl celkový koncept domu. Dům ve tvaru kvádrů bez vystupujících konstrukcí byl zvolen proto, aby bylo minimum ochlazovaných ploch a z důvodu vhodného poměru ochlazovaných ploch ku obestavěnému objemu  $A/V$  (zde  $0,69 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ). Zastřešení objektu plochou střechou bylo zvoleno pro jednodušší možnost ozelenění než v případě šikmých střech a také z hlediska malé ochlazované plochy. Orientace objektu vůči světovým stranám je delší stranou směrem k jihu z důvodu využití solárních zisků pro vytápění interiéru. Proto je dům především na jižní straně s velkými prosklenými plochami. Procentuálně je proskleno 32 % jižní fasády. Větší prosklení by znamenalo možnost přehřívání interiéru v letních měsících a nutnost použití např. předokenních rolet či aktivního chlazení což by znamenalo zvýšení vstupních i provozních nákladů.

Dispozičně je dům rozdělen na dvě nezávislé bytové jednotky. Mezi byty byly použity skladby konstrukcí redukující šíření hluku mezi i s požadavky na součinitele prostupu tepla mezi jednotlivými byty. Půdorysné plochy místností v bezbariérovém bytu jsou navýšeny pro potřeby osob na vozíku.

V práci bylo provedeno tepelně – technické posouzení konstrukcí podle součinitele prostupu tepla. Pro celý objekt byla také vypočtena měrná potřeba tepla na vytápění programem PHPP. Hodnota  $14 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{rok}$  ukazuje, že dům by měl být schopen dosáhnout na certifikát od Centra pasivního domu.

Nástin rozpočtu vychází z cenových ukazatelů ve stavebnictví pro rok 2016<sup>10</sup> dle obestavěného prostoru. Pro dvoubytový rodinný dům (dle JKSO) s dřevěnou svislou nosnou konstrukcí je orientační cena na 1 m<sup>3</sup> obestavěného prostoru 5350 Kč. Jelikož je objekt projektován do pasivního standardu bude tato částka navýšena o 10 % oproti běžné výstavbě. Hrubý rozpočet stavby s 10-ti procentním navýšením činí **5,19 mil. Kč**. Objekt je však navržen pro staveništní montáž s podílem práce svépomocí, čímž by došlo k snížení konečné částky za realizaci.

Dům je navržen tak aby svými parametry dosáhl na dotace z programu Nová zelená úsporám pro podoblast podpory B.2. Pro dosažení podpory by byl nutný ještě výpočet měrné neobnovitelné primární energie a průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby. Výše dotace v této oblasti podpory dosahuje hodnoty 450 000 Kč, což by při teoretickém navýšení nákladů o 10 % vůči běžné výstavbě pokrylo cca 80 % vícenákladů vynaložených na dosažení pasivního standardu objektu.

---

<sup>10</sup> Zdroj: [www.stavebnistandardy.cz](http://www.stavebnistandardy.cz)

## 10 Závěr

Výsledkem diplomové práce je projektová a výrobní dokumentace pro realizaci dvougeneračního rodinného domu způsobem staveništní montáže. Jedná se o dvoupodlažní dřevostavbu rámové konstrukce systémem platform frame. Pro nosnou konstrukci bylo využito úsporných I nosníků na bázi dřeva Steico Wall a Steico Joist. Ke snížení časové a finanční náročnosti bylo použito vnější výztužné opláštění Steico Protect H s výbornými tepelně izolačními vlastnostmi. Tím se během jedné montážní operace provede opláštění i zaizolování obvodových stěn. Zastřešení objektu plochou vegetační střechou s extenzivním ozeleněním (tloušťka substrátu je 120 mm).

Dispoziční řešení objektu bylo navrženo s ohledem na soukromí a pohodlí uživatelů rozdělením objektu na dvě nezávislé bytové jednotky s vlastním systémem vytápění a řízeného větrání. Každá bytová jednotka má vlastní vstup. Bytovou jednotku je tedy možné využít i k pronájmu a tím snížit investorovu finanční zátěž. Řešení části objektu pro bydlení starší generace bylo navrženo pro možnost bezbariérového užívání osobami na vozíku. Přístup do bezbariérového bytu je řešen šikmou rampou a byt je umístěn pouze v 1NP. Dispozice bytu, uspořádání prostorů pro hygienu a vaření odpovídá požadavkům pro snadné užívání osobami na vozíku a bylo řešeno dle doporučení z odborné literatury, litery zákona a platných norem.

Během navrhování byly veškeré dílčí kroky směřovány k dosažení komfortního a zdravého bydlení a k minimalizaci pořizovacích i provozních nákladů. Bylo však také dbáno na to aby použité materiály byly šetrné k životnímu prostředí (použití fukané celulózy, dřevovláknité izolace, atp.).

Skladby obalových konstrukcí byly navrženy s ohledem na funkční bezpečnost a snížení rizika při realizaci stavby jako difúzně otevřené. Při návrhu skladeb a konstrukčních detailů bylo snahou využít maximální potenciál všech použitých materiálů a zajistit co nejnižší pracnost při realizaci stavby. V práci je popsán zvolený konstrukční systém, důvody použití konkrétních materiálů a popsány podmínky při provádění stavebních prací.

Výrobní dokumentace pro realizaci stavby obsahuje ucelené informace pro výrobu stěn, stropní a střešní konstrukce. Výrobní výkresy zahrnují výkazy výměr materiálu.

Součástí práce je i tepelně – technické posouzení skladeb konstrukcí. Všechny skladby vyhovují doporučeným hodnotám pro pasivní budovy. U objektu se podařilo dosáhnout měrné potřeby tepla na vytápění 14 kWh/m<sup>2</sup>rok ověřený výpočtem v PHPP, což je výsledek odpovídající standardu pasivního domu dle ČSN 73 0540.

## 11 Summary

The result of this diploma thesis is project and manufacturing documentation for the implementation doublegeneration house way of site assembly. It is a two storey wooden building of frame structure platform frame system. For supporting structure has been used the sparing I-joist based on wood Steico Wall and Steico Joist. To reduce the time and financial demands has been used exterior brace sheathing Steico Protect H with excellent thermal-insulation properties. Thus, during a single assembling operation is performed the sheathing and insulation of exterior walls. Roofing the building was designed flat vegetation roof with extensive green (the depth of substrate is 120 mm).

The layout of the building has been designed with the privacy and comfort of users by splitting the building into two independent dwelling units with its own heating system and controlled ventilation. Each dwelling unit has its own entrance. The dwelling unit is possible to use for rent and with that reduce the investor's financial burden. The solution part of object has been designed for living older generation with possibility wheelchair accessible. Access road to barrier free flat is with skew ramp and the flat is placed only on the ground floor. The layout of flat, configuration hygiene and cooking areas satisfies the requirement for easy of use by disabled persons in a wheelchair and was dealt with according to the recommendations from the professional literature, letter of the law and valid standards.

Compositions of the envelope structures have been designed such a diffusion-open structures with the respect to functional safety and reducing risks during implementation of construction. When designing compositions of structures and construction details has been effort to use maximal potential of each used materials and to ensure the lowest possible labor intensity during the implementation of construction. There is describes the selected structural system, the reasons for the use of particular materials and the conditions by the implementation.

The manufacturing documentation for implementation construction contains comprehensive information for the production of walls, ceiling and roof structure. The production drawings include bills of quantities of material.

This thesis includes a thermal-technical assessment of composition structures.. All structures comply the recommended values for passive buildings. The building has been achieved the specific heat use for heating 14 kWh/m<sup>2</sup>a verified by calculation in



PHPP. The results corresponds with the passive house standard according to ČSN 73 0540.

## 12 Seznam použité literatury

- [1] ČERMÁKOVÁ, B., MUTÍKOVÁ, R. *Ozeleněné střechy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 246 s. ISBN 978-80-247-1802-6
- [2] MINKE, G. *Zelené střechy: plánování, realizace, příklady z praxe*. 1. vyd. Ostrava: HEL, 2001. 92 s. ISBN 80-86167-17-8.
- [3] BURIAN, S., ONDŘEJ J. *Oživená architektura 1992*
- [4] DOSTALOVÁ, J., PETŘÍČEK, T. a kol. *B6 - Zásady provádění střech při realizaci budov dle principů trvale udržitelné výstavby*. 1. vyd. Brno: Národní stavební centrum, 2012. 86s. ISBN 978-80-87665-26-8
- [5] FILIPIOVÁ, D. *Projektujeme bez bariér*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2002. 104 s. ISBN 80-86552-18-7
- [6] FRKAL, L. *Domy chráněné zemí*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2007. 94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.
- [7] SMOLA, J. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [8] VAVERKA, J., HAVÍŘOVÁ, Z., JINDRÁK, M. a kol.: *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, 380 s. ISBN: 978-80-247-2205-4
- [9] BOHUSLÁVEK, P. KUTNAR - Ploché střechy. Praha: DEK, 2010. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-06-7.
- [10] KLIKOVÁ, A. *A16 - Úvod do problematiky legislativy ve stavebnictví pro navrhování budov dle principů trvale udržitelné výstavby*. 1. vyd. Brno: Národní stavební centrum, 2012. ISBN 978-80-876-6515-2.
- [11] ZDAŘILOVÁ, R. *Bezbariérové užívání staveb: metodika k vyhlášce č. 398/2009 Sb. o obecných a technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb*. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2011. 193 s. ISBN 978-80-874-3817-6.
- [12] KOLB, J. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Překlad Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.

## Elektronické zdroje

[13] ŠIMEČKOVÁ, J., VEČEŘOVÁ, I. *Zelené střechy – naděje pro budoucnost*. 1. Vyd. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 2010. 40 s. Dostupné z WWW:

< [http://www.zelenestrechy.info/UserFiles/File/szuz\\_zelene-strechy\\_indd.pdf](http://www.zelenestrechy.info/UserFiles/File/szuz_zelene-strechy_indd.pdf) >

[14] SVOBODA, L. *Stavební hmoty* [online]. 3. vyd. Praha, 2013 [cit. 2015-02-14]. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z WWW:

< <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/sh/> >

[15] BOHUSLÁVEK, P., HORSKÝ, V., JAKOUBKOVÁ, Š. *Vegetační střechy a střešní zahrady*. 2. vyd. Praha: DEKTRADE, 2009. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-05-0.

[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

[www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

[www.sto.cz](http://www.sto.cz)

[www.dek.cz](http://www.dek.cz)

[www.efel.cz](http://www.efel.cz)

[www.steico.com](http://www.steico.com)

[www.mta.cz](http://www.mta.cz)

[www.rigips.cz](http://www.rigips.cz)

[www.knauf.cz](http://www.knauf.cz)

[www.fermacell.cz](http://www.fermacell.cz)

[www.egger.cz](http://www.egger.cz)

[www.isover.cz](http://www.isover.cz)

[www.opitgreen.cz](http://www.opitgreen.cz)

[www.fatrafol.cz](http://www.fatrafol.cz)

[www.schiedel.cz](http://www.schiedel.cz)

[www.slavona.cz](http://www.slavona.cz)

[www.climatizer.cz](http://www.climatizer.cz)

## **Zákony a normy**

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, ze dne 12. srpna 2009

Vyhláška č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb, ze dne 5. listopadu 2009

Vyhláška č. 62/2013 Sb. o dokumentaci staveb, ze dne 28. února 2013

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov, ze dne 22. března 2013

Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ze dne 14. března 2006

Zákon č. 318/2012 Sb. o hospodaření energií, ze dne 19. července 2012

ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – kreslení výkresů stavební části*. 2004. Český normalizační institut. Praha. 69 s

ČSN EN 12056-3. *Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech - Navrhování a výpočet*. 2001. Český normalizační institut. Praha. 48s

ČSN 73 0532. *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*. 2010. Český normalizační institut. Praha. 15 s

ČSN 73 1901 - *Navrhování střech: Základní ustanovení*, 2013. Český normalizační institut. Praha. 57 s

ČSN 73 4130 – *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*, 2010. Český normalizační institut. Praha. 27 s

ČSN 73 4301 – *Obytné budovy*, 2004. Český normalizační institut. Praha. 27 s

ČSN EN 1990 – *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, 2003. Český normalizační institut. Praha. 75 s

ČSN EN 1990 – *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, 2011. Český normalizační institut. Praha. 75 s

Komplex norem ČSN EN 1991-1 – *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí*, 2004

Komplex norem ČSN 73 0540 – *Tepelná ochrana budov*, 2011

## 13 Seznam obrázků

Obr. 1: Klimadata pro CZ- Hradec Králové : rozložení teplot v průběhu roku.....	16
Obr. 2: Porovnání NED a PD (před závorkou hodnota součinitele prostupu tepla, v závorce potřebná tloušťka izolace) (www.pasivnidomy.cz).....	21
Obr. 3: Islandský dům z travních drnů .....	24
Obr. 4: Vyobrazení Semiramidiných visutých zahrad .....	25
Obr. 5: Ukázka intenzivní vegetační střechy (www.krytiny-strechy.cz) .....	29
Obr. 6: Extenzivní ozelenění na šikmé střeše (www.efel.cz) .....	30
Obr. 7: Obecná skladba souvrství vegetační střechy (Minke, 2001) .....	31
Obr. 8: Skladba obvodové stěny .....	36
Obr. 9: Skladba vnitřní nosné mezibytové stěny .....	39
Obr. 10: Skladba vnitřní nosné stěny .....	41
Obr. 11: Skladba vnitřní nenosné příčky .....	41
Obr. 12: Skladba podlahy v 1.NP.....	43
Obr. 13: Skladba stropu (dle Kolb, pro porovnání se zvolenou skladbou z hlediska akustiky) .....	44
Obr. 14: Výztuhy stojiny Steico joist SJ 90.....	45
Obr. 15: Skladba stropu nad 1NP.....	46
Obr. 16: Skladba střechy .....	48
Obr. 17: Měrné zisky, ztráty a měrná potřeba tepla na vytápění v průběhu roku.....	62
Obr. 18: Hodnocení pasivního domu .....	63

## 14 Seznam tabulek

Tab. 1: Odpor při přestupu tepla [ $W/m^2K$ ] .....	14
Tab. 2: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou $\theta_{im}$ v intervalu 18 °C až 22 °C včetně .....	15
Tab. 3: Vegetace vhodná pro extenzivní střechu o tloušťce substrátu 100 – 150 mm....	52
Tab. 4: Součinitel prostupu tepla - Obvodová stěna .....	59
Tab. 5 Součinitel prostupu tepla – Mezibytová stěna .....	60
Tab. 6: Součinitel prostupu tepla – Podlaha v 1.NP.....	60
Tab. 7: Součinitel prostupu tepla – Strop nad 1NP.....	61
Tab. 8: Součinitel prostupu tepla – Střecha .....	61
Tab. 9: Tepelná bilance oken.....	62
Tab. 10: Stálé zatížení - strop nad 1NP (skladba S6).....	64
Tab. 11: Stálé zatížení – nenosná příčka (skladba S4) .....	65
Tab. 12: Stálé zatížení – vnitřní nosná stěna (skladba S3) .....	65
Tab. 13: Stálé zatížení – vegetační střecha .....	66
Tab. 14: Stálé zatížení – strop nad 2 NP .....	67

## 15 Přílohy

- Příloha č. 1: Seznam výkresů
- Příloha č. 2: Statické výpočty stropních nosníků
- Příloha č. 3: Výpočet zatížení působící na střechu

### **Příloha č. 1: SEZNAM VÝKRESŮ**

#### **ČÁST 1 – ARCHITEKTONICKÉ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ**

D1.1.1 PŮDORYS 1 NP

D1.1.2 PŮDORYS 2NP

D1.1.3 SVISLÝ ŘEZ A-A´

D1.1.4 SVISLÝ ŘEZ B-B´

D1.1.5 ZÁKLADY

D1.1.6 VÝKRES STROPU NAD 1NP

D1.1.7 VÝKRES STROPU NAD 2NP

D1.1.8 POHLED V A Z

D1.1.9 POHLED J A S

D1.1.10 SKLADBY KONSTRUKCÍ

D1.1.11 DETAIL D1 – ROHOVÝ SPOJ OBVODOVÝCH STĚN

D1.1.12 DETAIL D2 – NAPOJENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY NA OBVODOVOU STĚNU

D1.1.13 DETAIL D3 – NAPOJENÍ VNITŘNÍ PŘÍČKY NA OBVODOVOU STĚNU

D1.1.14 DETAIL D4 – NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA ZÁKLAD

D1.1.15 DETAIL D5 – NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA STROP

D1.1.16 DETAIL D6 – NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA STŘECHU U OKAPU

D1.1.17 DETAIL D7 – NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA STŘECHU U HŘEBENE

#### **ČÁST 2 – VÝROBNÍ DOKUMENTACE**

D1.2.1 ROZPIS STĚN 1NP

D1.2.2 ROZPIS STĚN 2NP

D1.2.3 STĚNA 101

D1.2.4 STĚNA 102

D1.2.5 STĚNA 103

D1.2.6 STĚNA 104

D1.2.7 STĚNA 105  
D1.2.8 STĚNA 106  
D1.2.9 STĚNA 107  
D1.2.10 STĚNA 108  
D1.2.11 STĚNA 109  
D1.2.12 STĚNA 110  
D1.2.13 STĚNA 111  
D1.2.14 STĚNA 112  
D1.2.15 STĚNA 113  
D1.2.16 STĚNA 114  
D1.2.17 STĚNA 115  
D1.2.18 STĚNA 201  
D1.2.19 STĚNA 202  
D1.2.20 STĚNA 203  
D1.2.21 STĚNA 204  
D1.2.22 STĚNA 205  
D1.2.23 STĚNA 206  
D1.2.24 STĚNA 207  
D1.2.25 STĚNA 208  
D1.2.26 STĚNA 209  
D1.2.27 STĚNA 210  
D1.2.28 STĚNA 211  
D1.2.29 STĚNA 212  
D1.2.30 STĚNA 213  
D1.2.31 STĚNA 214  
D1.2.32 STĚNA 215  
D1.2.33 STĚNA 216  
D1.2.34 STĚNA 217  
D1.2.35 STĚNA 218  
D1.2.36 ZÁKLOP STROPY NAD 1NP  
D1.2.37 PODHLED STROPY NAD 1NP  
D1.2.38 ZÁKLOP STROPY NAD 2NP  
D1.2.39 PODHLED STROPY NAD 2NP  
D1.2.40 VÝPIS TRUHLÁŘSKÝCH VÝROBKŮ

## **Příloha č. 2: Statické výpočty stropních nosníků**

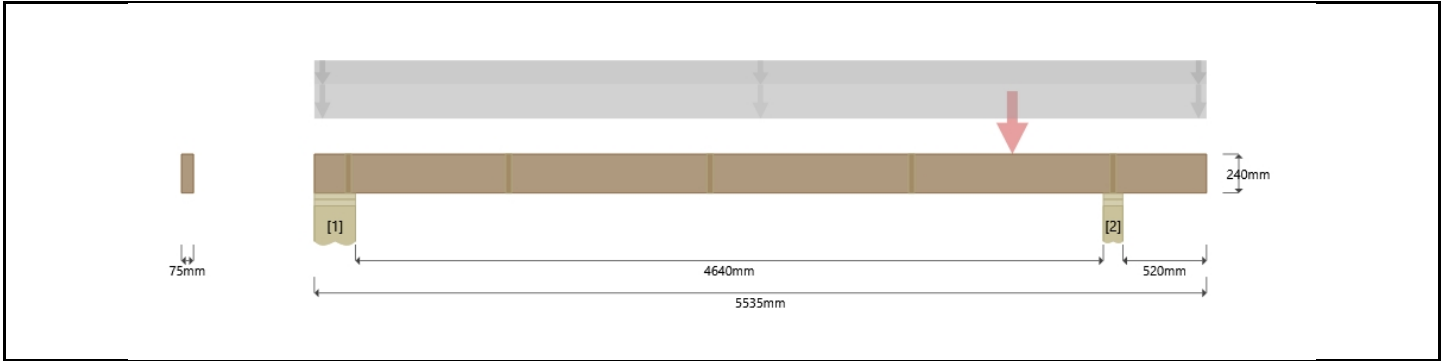


**Level/Label** Level 2 - N1A  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N1A  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** EN 14374



MENDELU



**1 ply - Ultralam R - 75x240mm @ 625mm spacing - Design passed**

**Loading (general)** 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 22mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	99.62%	15.64mm	15.7mm	L/301	2580mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ODD
Winst	85.92%	13.49mm	15.7mm	L/349	2580mm	Gk+Qk SLS-Winst ODD
[M] Moment (+)	41.9%	9.29kN·m	22.18kN·m	Medium Term	2580mm	Gk+Qk ULS- ODD
[M] Moment (□)	2.52%	-0.56kN·m	22.18kN·m	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS- ALL
[V] Shear	21.6%	8.07kN	37.37kN	Medium Term	4895mm	Gk+Qk ULS- ALL
[R] Bearing (1)	4.35%	8.27kN	189.91kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	9.12%	10.94kN	119.94kN	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS- ALL
f1	93.72%	8.5Hz	8Hz		1mm	
U1kN	59.08%	0.89mm	1.5mm		2580mm	
v	26.06%	0	0.02		1mm	
[M] Conc. (+)	40.25%	8.92kN·m	22.18kN·m	Medium Term	2580mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	9.29%	-2.06kN·m	22.18kN·m	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	21.24%	7.94kN	37.37kN	Medium Term	4895mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	8%	9.60kN	119.94kN	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions											
Bearings #	Width [mm]	Max. factored reactions [kN]	DOL	Support reactions (transferred) (kN)					Details		
				Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS SB	Reinf. Blocking	
1	255	+	Medium	3.54	2.32					No	
		-								0.00	-0.03
2	120	+	Medium	4.88	2.90					No	
		-								0.00	

Loads											
#	Type	Location	Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)	
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From to 0mm to 5535mm	2.11	1.50				625mm NC	T		
2	Line Perp. [kN/m]	From to 4330mm to 0mm Notes NENOSNA PRICKA	0.90					625mm NC	T		
3	Self weight [kN/m]	From to 0mm to 5535mm	0.10					0mm NC	T		

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	LVL
Grade/Type	Ultralam R - 75x240mm
Certificate/Norm	Z-9.1-811

Stiffness properties			
	Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity	1209.6E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity	9.000E6	N	0.6

Deflection limits		
	Wfin - Wc	Winst
Ratio	L/300	L/300
Max.		

Member properties		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	γM	1.3						
Moment	M(+)	32.76kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	0.00kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	55.20kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 1	R(1)	160.31kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	101.25kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

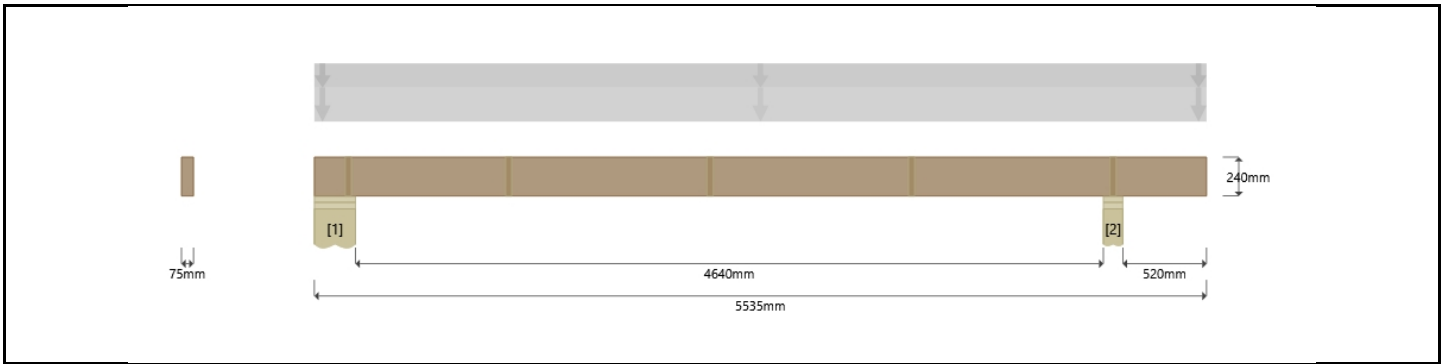
Notes
<ul style="list-style-type: none"> <li>All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Design Bearing Resistances have been calculated with <math>K_{c90} = 1.75</math>.</li> <li>Bracing has been taken into account at the following locations: 210mm 1205mm 2455mm 3705mm 4955mm</li> </ul>

**Level/Label** Level 2 - N1B  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N1B  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** EN 14374



MENDELU



### 1 ply - Ultralam R - 75x240mm @ 625mm spacing - Design passed

**Loading (general)** 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 22mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	95.48%	14.99mm	15.7mm	L/314	2580mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ODD
Winst	83.31%	13.08mm	15.7mm	L/360	2580mm	Gk+Qk SLS-Winst ODD
[M] Moment (+)	40.84%	9.06kN·m	22.18kN·m	Medium Term	2580mm	Gk+Qk ULS- ODD
[M] Moment (□)	2.52%	-0.56kN·m	22.18kN·m	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS- ALL
[V] Shear	19.84%	7.41kN	37.37kN	Medium Term	4895mm	Gk+Qk ULS- ALL
[R] Bearing (1)	4.3%	8.17kN	189.91kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	8.57%	10.28kN	119.94kN	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS- ALL
f1	91.11%	8.8Hz	8Hz		1mm	
U1kN	59.11%	0.89mm	1.5mm		2580mm	
v	27.09%	0.01	0.02		1mm	
[M] Conc. (+)	39.18%	8.69kN·m	22.18kN·m	Medium Term	2580mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	9.29%	-2.06kN·m	22.18kN·m	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	19.48%	7.28kN	37.37kN	Medium Term	4895mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	7.45%	8.93kN	119.94kN	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions												
#	Bearings	Width [mm]	Max. factored reactions [kN]		Support reactions (transferred) (kN)					Details		
					DOL	Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS	Reinf. Blocking
1	255	+	8.17	Medium	3.47	2.32	-0.03				No	
											-	0.00
2	120	+	10.28	Medium	4.39	2.90					No	
											-	0.00

Loads											
#	Type	Location		Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From to	0mm to 5535mm	2.11	1.50				625mm NC	T	
2	Self weight [kN/m]	From to	0mm to 5535mm	0.10					0mm NC	T	

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	LVL
Grade/Type	Ultralam R - 75x240mm
Certificate/Norm	Z-9.1-811

This component analysis is based on the loads, geometry and other conditions as entered by the user and listed in this report. The user is responsible to ensure the accuracy of the input and the applicability to the actual conditions of the structure for which this component is intended. This analysis is valid only for the product(s) listed.

Stiffness properties			
	Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity	1209.6E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity	9.000E6	N	0.6

Deflection limits		
	Wfin - Wc	Winst
Ratio	L/300	L/300
Max.		

Member properties								
		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	γM	1.3						
Moment	M(+)	32.76kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	0.00kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	55.20kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 1	R(1)	160.31kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	101.25kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

Notes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>• All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>• Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>• Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Design Bearing Resistances have been calculated with <math>K_{c90} = 1.75</math>.</li> <li>• Bracing has been taken into account at the following locations: 210mm 1205mm 2455mm 3705mm 4955mm</li> </ul>	

## Level/Label

Level 2 - N1C  
NÁVRH RD

## Site reference

Project  
Client  
Established by:  
Design code

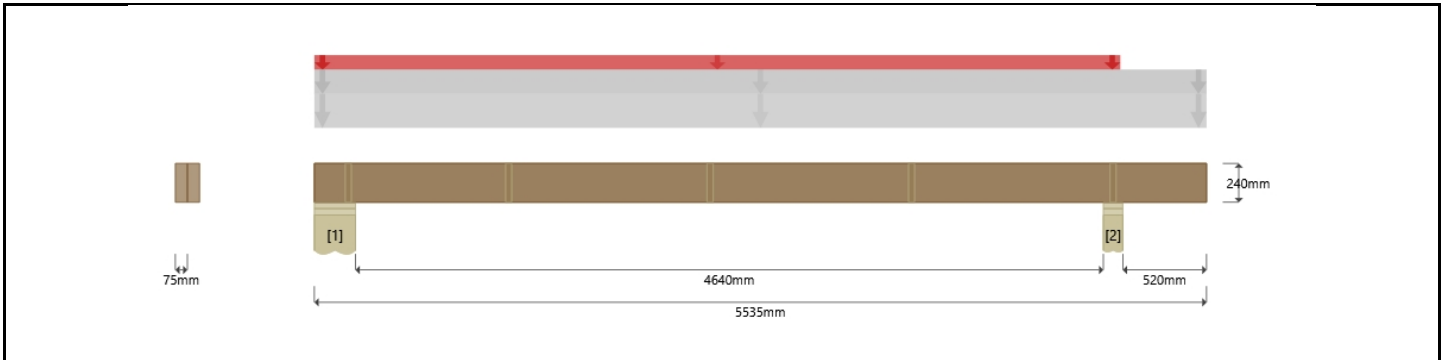
Jan Štěpán  
DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

Description  
House type  
Standard/Certificate

STROPNI NOSNIK N1C  
RD  
EN 14374



MENDELU



### 2 plies - Ultralam R - 75x240mm @ 625mm spacing - Design passed

Loading (general) 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
Decking 22mm - OSB3 - Nailed  
Ceiling Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	76.56%	12.02mm	15.7mm	L/392	2580mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ODD
Winst	59.68%	9.37mm	15.7mm	L/503	2580mm	Gk+Qk SLS-Winst ODD
[M] Moment (+)	28.85%	12.79kN·m	44.35kN·m	Medium Term	2580mm	Gk+Qk ULS- ODD
[M] Moment (□)	1.32%	-0.58kN·m	44.35kN·m	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS- ALL
[V] Shear	14.13%	10.56kN	74.73kN	Medium Term	255mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (1)	3.03%	11.52kN	379.82kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	5.74%	13.77kN	239.88kN	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS- ALL
f1	64.44%	12.4Hz	8Hz		1mm	
U1kN	29.66%	0.44mm	1.5mm		2580mm	
v	19.79%	0.01	0.03		1mm	
[M] Conc. (+)	28.02%	12.43kN·m	44.35kN·m	Medium Term	2580mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	4.7%	-2.08kN·m	44.35kN·m	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	13.97%	10.44kN	74.73kN	Medium Term	255mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	5.18%	12.42kN	239.88kN	Medium Term	4955mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions											
Bearings #	Width [mm]	Max. factored reactions [kN]	DOL	Support reactions (transferred) (kN)					Details		
				Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS SB	Reinf. Blocking	
1	255	+	11.52	Medium	5.95	2.32	-0.03			No	
		-	0.00								
2	120	+	13.77	Medium	6.98	2.90				No	
		-	0.00								

Loads										
#	Type	Location	Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From to	0mm	2.11	1.50			625mm NC	T	
2	Line Para. [kN/m]	From to	0mm	0.90				0mm NC	T	
3	Self weight [kN/m]	From to	0mm	0.20				0mm NC	T	

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	LVL
Grade/Type	Ultralam R - 75x240mm
Certificate/Norm	Z-9.1-811

Stiffness properties		Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity		1209.6E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity		9.000E6	N	0.6

Deflection limits		Wfin - Wc	Winst
Ratio		L/300	L/300
Max.			

Member properties		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	$\gamma_M$	1.3						
Moment	M(+)	32.76kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	0.00kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	55.20kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 1	R(1)	160.31kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	101.25kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

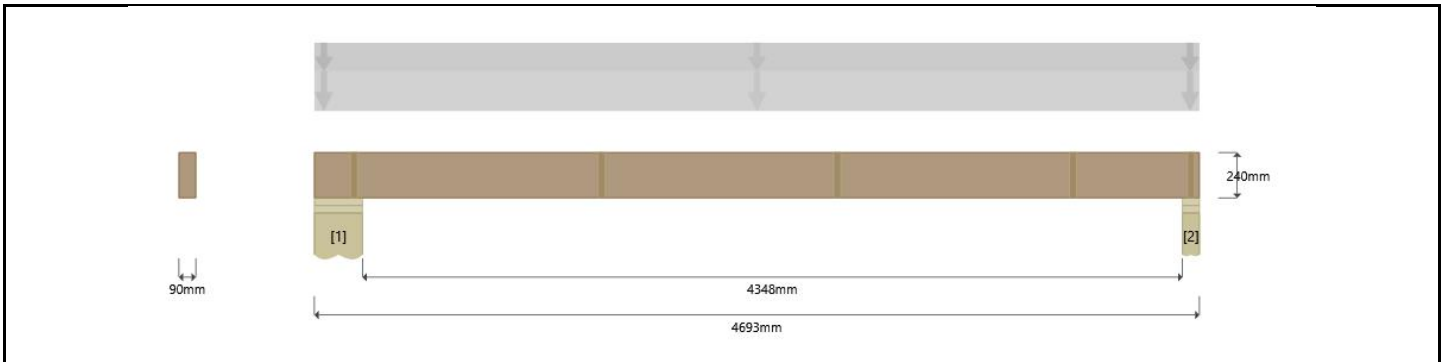
Notes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>• All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>• Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>• Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Refer to manufacturer literature for multiple-ply connection details.</li> <li>• Design Bearing Resistances have been calculated with <math>K_{c90} = 1.75</math>.</li> <li>• Bracing has been taken into account at the following locations: 210mm 1205mm 2455mm 3705mm 4955mm</li> <li>• Member properties are indicated for a single ply.</li> </ul>

**Level/Label** Level 2 - N2  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N2  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** EN 14374



MENDELU



### 1 ply - Ultralam R - 90x240mm @ 625mm spacing - Design passed

**Loading (general)** 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 22mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	66.8%	9.72mm	14.55mm	L/449	2398mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ALL
Winst	57.66%	8.39mm	14.55mm	L/520	2398mm	Gk+Qk SLS-Winst ALL
[M] Moment	30.01%	7.99kN·m	26.61kN·m	Medium Term	2398mm	Gk+Qk ULS- ALL
[V] Shear	15.5%	6.95kN	44.84kN	Medium Term	255mm	Gk+Qk ULS- ALL
[R] Bearing (1)	3.45%	7.87kN	227.89kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ALL
[R] Bearing (2)	8.2%	7.87kN	95.95kN	Medium Term	4693mm	Gk+Qk ULS- ALL
f1	93.39%	8.6Hz	8Hz		1mm	
U1kN	39.72%	0.6mm	1.5mm		2398mm	
v	29.71%	0.01	0.02		1mm	
[M] Conc.	29.73%	7.91kN·m	26.61kN·m	Medium Term	2398mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	15.74%	7.06kN	44.84kN	Medium Term	4603mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	7.89%	7.57kN	95.95kN	Medium Term	4693mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions											
Bearings #	Width [mm]	Max. factored reactions [kN]	DOL	Support reactions (transferred) (kN)					Details		
				Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS SB	Reinf. Blocking	
1	255	+ 7.87 - 0.00	Medium	3.38	2.20					No	
										No	Yes
2	90	+ 7.87 - 0.00	Medium	3.38	2.20					No	
										No	Yes

Loads										
#	Type	Location	Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From 0mm to 4693mm	2.11	1.50				625mm NC	T	
2	Self weight [kN/m]	From 0mm to 4693mm	0.12					0mm NC	T	

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	LVL
Grade/Type	Ultralam R - 90x240mm
Certificate/Norm	Z-9.1-811

This component analysis is based on the loads, geometry and other conditions as entered by the user and listed in this report. The user is responsible to ensure the accuracy of the input and the applicability to the actual conditions of the structure for which this component is intended. This analysis is valid only for the product(s) listed.

Stiffness properties			
	Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity	1451.5E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity	10.800E6	N	0.6

Deflection limits		
	Wfin - Wc	Winst
Ratio	L/300	L/300
Max.		

Member properties								
		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	γM	1.3						
Moment	M(+)	39.31kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	0.00kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	66.24kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 1	R(1)	192.38kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	81.00kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

Notes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>• All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>• Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>• Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Design Bearing Resistances have been calculated with <math>K_{c90} = 1.75</math>.</li> <li>• Bracing has been taken into account at the following locations: 210mm 1523mm 2773mm 4023mm 4648mm</li> </ul>	

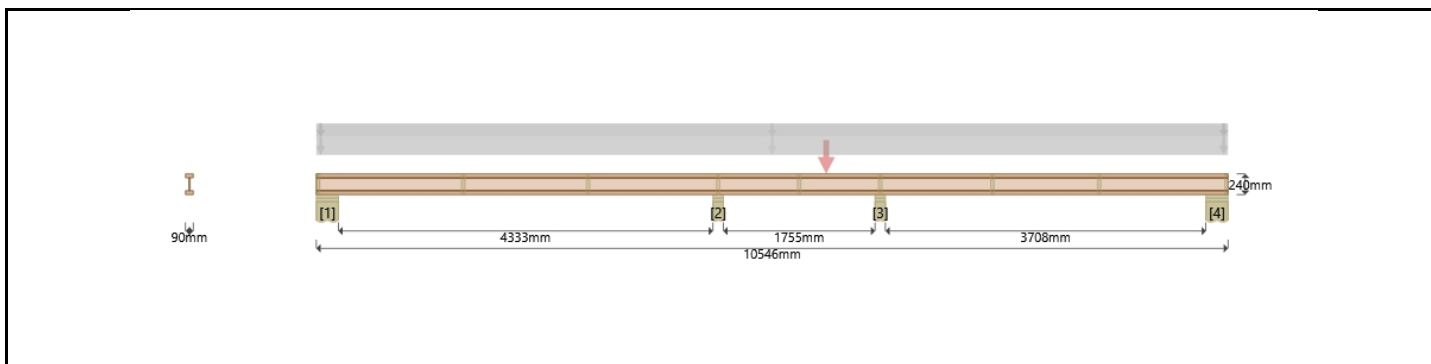


**Level/Label** Level 2 - N3A  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N3A  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** ETA-06/0238



MENDELU



### 1 ply - SJ 90 - 240mm @ 625mm spacing - Design passed

**Loading (general)** 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 22mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	83.15%	12.24mm	14.72mm	L/361	2277mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ODD
Winst	59.1%	8.7mm	14.72mm	L/507	2277mm	Gk+Qk SLS-Winst ODD
[M] Moment (+)	45.48%	5.46kN·m	12.02kN·m	Medium Term	1988mm	Gk+Qk ULS- ODD
[M] Moment (□)	48.15%	-5.78kN·m	12.02kN·m	Medium Term	4648mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[V] Shear	88.8%	7.96kN	8.97kN	Medium Term	4588mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[R] Bearing (1)	60.59%	6.28kN	10.36kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	73.54%	14.59kN	19.83kN	Medium Term	4648mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[R] Bearing (3)	59.56%	11.81kN	19.83kN	Medium Term	6523mm	Gk+Qk ULS- Adj.2
[R] Bearing (4)	53.92%	5.58kN	10.36kN	Medium Term	10546mm	Gk+Qk ULS- ODD
f1	87.87%	9.1Hz	8Hz		1mm	
U1kN	43.1%	0.65mm	1.5mm		2277mm	
v	27.17%	0.01	0.02		1mm	
[M] Conc. (+)	45.84%	5.51kN·m	12.02kN·m	Medium Term	2277mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	40.74%	-4.90kN·m	12.02kN·m	Medium Term	4648mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	84.92%	7.62kN	8.97kN	Medium Term	4588mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	63.15%	6.54kN	10.36kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions											
Bearings #	Width [mm]		Max. factored reactions		Support reactions (transferred) (kN)					Details	
					Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS SB	Reinf. Blocking
1	255	+	6.28	Medium	2.62	1.82				No	
		-	0.00								
2	120	+	14.59	Medium	5.68	4.61				No	
		-	0.00								
3	120	+	11.81	Medium	4.38	3.94				No	Yes
		-	0.00								
4	255	+	5.58	Medium	2.33	1.63				No	
		-	0.00								

Loads										
#	Type	Location	Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From to 0mm 10546mm	2.11	1.50				625mm NC	T	
2	Line Perp. [kN/m]	From to 5898mm 0mm Notes NENOSNA PRICKA	0.90					625mm NC	T	
3	Self weight [kN/m]	From to 0mm 10546mm	0.05					0mm NC	T	

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	Steico (SJ)
Grade/Type	SJ 90 - 240mm
Certificate/Norm	ETA-06/0238

Stiffness properties			
	Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity	1025.0E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity	2.760E6	N	2.25

Deflection limits		
	Wfin - Wc	Winst
Ratio	L/300	L/300
Max.		

Member properties								
		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	γM	1.3						
Moment	M(+)	17.75kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	17.75kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	14.72kN	1.1	0.43	0.56	0.72	0.87	1.1
Bearing @ 1	R(1)	15.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	29.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 3	R(3)	29.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 4	R(4)	15.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

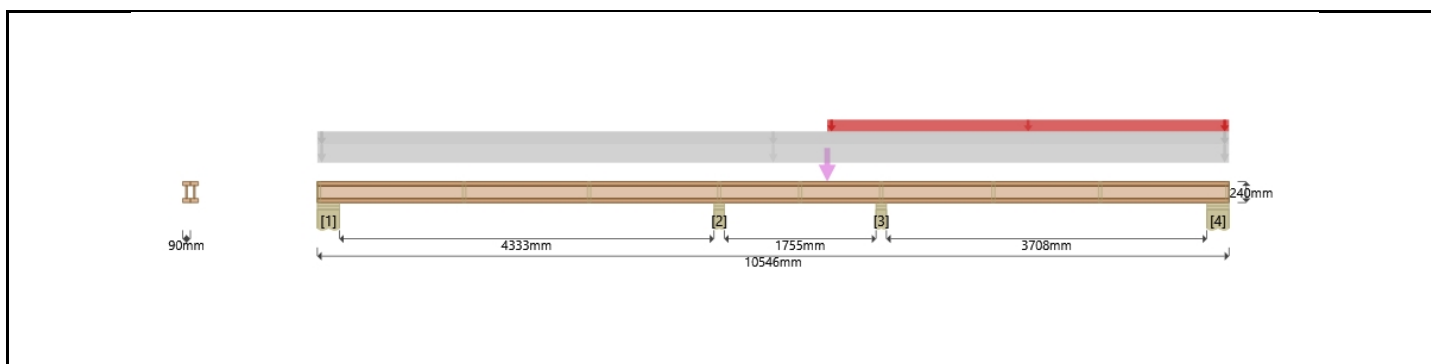
Notes
<ul style="list-style-type: none"> <li>All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Bracing has been taken into account at the following locations: 0mm 0mm 1699mm 3143mm 4648mm 5585mm 6523mm 7819mm 9055mm 10546mm</li> </ul>

**Level/Label** Level 2 - N3B  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N3B  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** ETA-06/0238



MENDELU



### 2 plies - SJ 90 - 240mm @ 625mm spacing - Design passed

**Loading (general)** 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 22mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	56.61%	7.15mm	12.63mm	L/530	8561mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ODD
Winst	33.65%	4.25mm	12.63mm	L/892	8561mm	Gk+Qk SLS-Winst ODD
[M] Moment (+)	27.38%	6.58kN·m	24.03kN·m	Medium Term	8684mm	Gk+Qk ULS- ODD
[M] Moment (□)	26.46%	-6.36kN·m	24.03kN·m	Medium Term	6523mm	Gk+Qk ULS- Adj.2
[V] Shear	75.04%	8.04kN	10.71kN	Permanent	6583mm	Gk ULS- ALL
[R] Bearing (1)	31.28%	6.48kN	20.71kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	33.77%	13.39kN	39.67kN	Medium Term	4648mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[R] Bearing (3)	47.58%	18.87kN	39.67kN	Medium Term	6523mm	Gk+Qk ULS- Adj.2
[R] Bearing (4)	42.05%	8.71kN	20.71kN	Medium Term	10546mm	Gk+Qk ULS- ODD
f1	62.14%	12.9Hz	8Hz		1mm	
U1kN	15.16%	0.23mm	1.5mm		8561mm	
v	19.6%	0.01	0.03		1mm	
[M] Conc. (+)	28.27%	6.79kN·m	24.03kN·m	Medium Term	8561mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	24.41%	-5.87kN·m	24.03kN·m	Medium Term	6523mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	61.02%	10.94kN	17.94kN	Medium Term	6583mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	44.73%	9.26kN	20.71kN	Medium Term	10546mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions											
Bearings #	Width [mm]		Max. factored reactions		Support reactions (transferred) (kN)					Details	
					Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS SB	Reinf. Blocking
1	255	+	6.48	Medium	2.77	1.82				No	
		-	0.00								
2	120	+	13.39	Medium	4.80	4.61				No	
		-	0.00								
3	120	+	18.87	Medium	9.61	3.94				No	Yes
		-	0.00								
4	255	+	8.71	Medium	4.64	1.63				No	
		-	0.00								

Loads										
#	Type	Location	Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From to 10546mm	0mm 2.11	1.50				625mm NC	T	
2	Line Para. [kN/m]	From to Notes VNITRNI NOSNA STENA	5898mm 1.35					0mm NC	T	
3	Line Perp. [kN/m]	From to Notes NENOSNA PRICKA58	5898mm 0.90					625mm NC	T	
4	Self weight [kN/m]	From to 10546mm	0mm 0.10					0mm NC	T	

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	Steico (SJ)
Grade/Type	SJ 90 - 240mm
Certificate/Norm	ETA-06/0238

Stiffness properties			
	Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity	1025.0E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity	2.760E6	N	2.25

Deflection limits		
	Wfin - Wc	Winst
Ratio	L/300	L/300
Max.		

Member properties		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	γ <sub>M</sub>	1.3						
Moment	M(+)	17.75kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	17.75kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	14.72kN	1.1	0.43	0.56	0.72	0.87	1.1
Bearing @ 1	R(1)	15.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	29.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 3	R(3)	29.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 4	R(4)	15.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

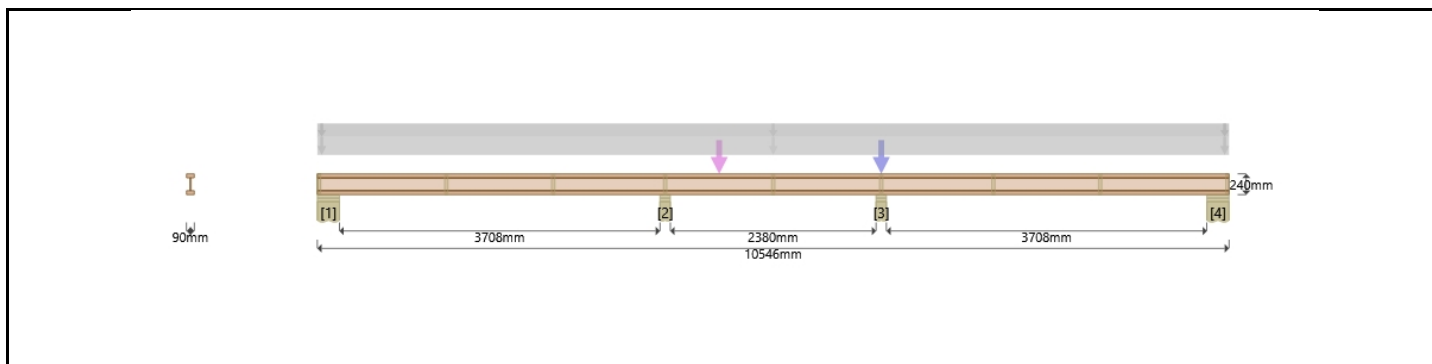
Notes
<ul style="list-style-type: none"> <li>All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Bracing has been taken into account at the following locations: 0mm 0mm 1699mm 3143mm 4648mm 5585mm 6523mm 7819mm 9055mm 10546mm</li> <li>Member properties are indicated for a single ply.</li> </ul>

**Level/Label** Level 2 - N3C  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N3C  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** ETA-06/0238



MENDELU



### 1 ply - SJ 90 - 240mm @ 625mm spacing - Design passed

**Loading (general)** 2.11kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 1.50kN/m<sup>2</sup> Floor Imposed Load, 2.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 22mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	61.28%	7.74mm	12.63mm	L/490	8561mm	Gk+Qk SLS-Wn,f ODD
Winst	42.52%	5.37mm	12.63mm	L/706	8561mm	Gk+Qk SLS-Winst ODD
[M] Moment (+)	35.11%	4.22kN·m	12.02kN·m	Medium Term	8684mm	Gk+Qk ULS- ODD
[M] Moment (□)	35.47%	-4.26kN·m	12.02kN·m	Medium Term	4023mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[V] Shear	75.38%	6.76kN	8.97kN	Medium Term	3963mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[R] Bearing (1)	53.55%	5.55kN	10.36kN	Medium Term	0mm	Gk+Qk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	68.28%	13.54kN	19.83kN	Medium Term	4023mm	Gk+Qk ULS- Adj.1
[R] Bearing (3)	70.81%	14.04kN	19.83kN	Medium Term	6523mm	Gk+Qk ULS- Adj.2
[R] Bearing (4)	53.7%	5.56kN	10.36kN	Medium Term	10546mm	Gk+Qk ULS- ODD
f1	64.76%	12.4Hz	8Hz		3mm	
U1kN	31.59%	0.47mm	1.5mm		8561mm	
v	23.82%	0.01	0.03		3mm	
[M] Conc. (+)	37.36%	4.49kN·m	12.02kN·m	Medium Term	8561mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	30.05%	-3.61kN·m	12.02kN·m	Medium Term	4023mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	76.92%	6.90kN	8.97kN	Medium Term	3963mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	58.88%	6.10kN	10.36kN	Medium Term	10546mm	Gk+Qk ULS-Qconc ConcR

Reactions												
Bearings #	Width [mm]		Max. factored reactions		Support reactions (transferred) (kN)					Details		
					Dead Perm.	Floor Medium	Snow	Wind	WindUp	WS SB	Reinf. Blocking	
1	255	+	5.55	Medium	2.28	1.64					No	
		-	0.00									
2	120	+	13.54	Medium	5.59	4.00					No	
		-	0.00									
3	120	+	14.04	Medium	5.96	4.00					No	
		-	0.00									
4	255	+	5.56	Medium	2.30	1.64					No	
		-	0.00									

Loads										
#	Type	Location	Dead	Floor	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m²]	From to 0mm 10546mm	2.11	1.50				625mm NC	T	
2	Line Perp. [kN/m]	From to 4648mm 0mm	1.35					625mm NC	T	
3	Line Perp. [kN/m]	From to 6523mm 0mm Notes VNITRNI NOSNA STENA	1.35					625mm NC	T	
4	Self weight [kN/m]	From to 0mm 10546mm	0.05					0mm NC	T	

Verified under a concentrated load of 2.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

Member properties	
Material	Steico (SJ)
Grade/Type	SJ 90 - 240mm
Certificate/Norm	ETA-06/0238

Stiffness properties			
	Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity	1025.0E9	N·mm²	0.6
Shear Rigidity	2.760E6	N	2.25

Deflection limits		
	Wfin - Wc	Winst
Ratio	L/300	L/300
Max.		

Member properties		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	γM	1.3						
Moment	M(+)	17.75kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	17.75kN·m	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	14.72kN	1.1	0.43	0.56	0.72	0.87	1.1
Bearing @ 1	R(1)	15.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	29.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 3	R(3)	29.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 4	R(4)	15.30kN	1.1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

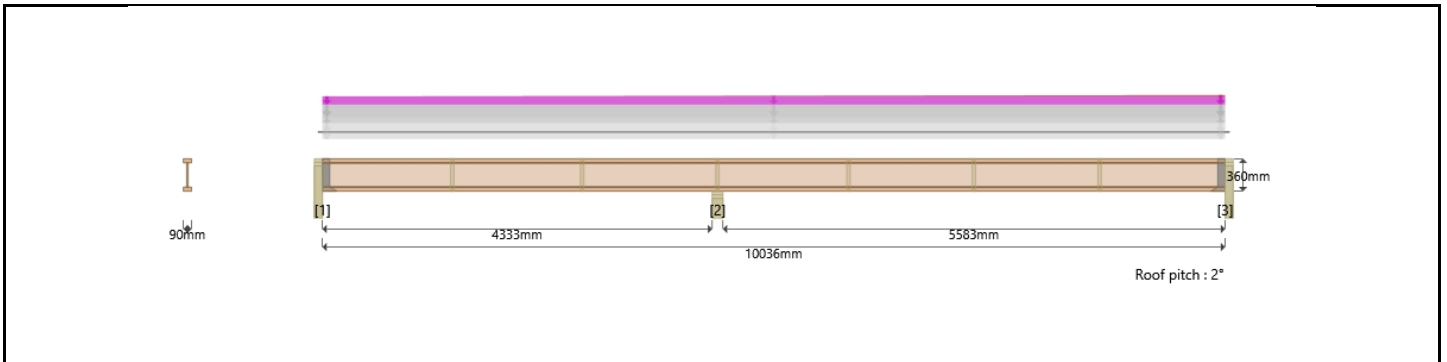
Notes
<ul style="list-style-type: none"> <li>All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>Bracing has been taken into account at the following locations: 0mm 0mm 1491mm 2727mm 4023mm 5273mm 6523mm 7819mm 9055mm 10546mm</li> </ul>

**Level/Label** Level 3 - N1 ve 2.NP  
**Project** NÁVRH RD  
**Client**  
**Established by:** Jan Štěpán  
**Design code** DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

**Site reference**  
**Description** STROPNI NOSNIK N1 ve 2.NP  
**House type** RD  
**Standard/Certificate** ETA-06/0238



MENDELU



### 1 ply - SJ 90 - 360mm @ 625mm spacing - Design passed

**Loading (general)** 0.61kN/m<sup>2</sup> Dead Load, 0.75kN/m<sup>2</sup> Roof Imposed Load, 0.70kN/m<sup>2</sup> Snow Load, 0.99kN/m<sup>2</sup> Wind Load, -0.76kN/m<sup>2</sup> Wind Uplift Load, 1.00kN Concentrated Load,  
**Decking** 16mm - OSB3 - Nailed  
**Ceiling** Suspended - 12.5mm - Ceiling (GYPSUM BOARD)

General						
	Max. / Control	Max.	Control	Ratio/DOL	Location	Load case
Wfin - Wc	49.2%	9.21mm	18.72mm	L/610	7447mm	Gk SLS-Wn,f ALL
Winst	41.56%	7.78mm	18.72mm	L/722	7447mm	Gk+Wk+Qk+Sk SLS-Winst EVEN
[M] Moment (+)	42.57%	8.11kN·m	19.04kN·m	Short Term	7650mm	Gk+Wk+Qk+Sk ULS- EVEN
[M] Moment (□)	52.39%	-9.98kN·m	19.04kN·m	Short Term	4393mm	Gk+Wk+Qk+Sk ULS- ALL
[V] Shear	96.92%	6.20kN	6.40kN	Permanent	4453mm	Gk ULS- ALL
[R] Bearing (1)	55.21%	5.00kN	9.06kN	Short Term	0mm	Gk+Wk+Qk+Sk ULS- ODD
[R] Bearing (2)	95.73%	19.42kN	20.28kN	Short Term	4393mm	Gk+Wk+Qk+Sk ULS- ALL
[R] Bearing (3)	78.45%	7.11kN	9.06kN	Short Term	10036mm	Gk+Wk+Qk+Sk ULS- EVEN
[M] Conc. (+)	32.81%	6.25kN·m	19.04kN·m	Short Term	7447mm	Gk+Rk ULS-Qconc ConcM
[M] Conc. (□)	36.5%	-6.95kN·m	19.04kN·m	Short Term	4393mm	Gk+Rk ULS-Qconc ConcM
[V] Conc.	59.06%	7.64kN	12.94kN	Short Term	4453mm	Gk+Rk ULS-Qconc ConcV
[R] Conc.	65.85%	13.36kN	20.28kN	Short Term	4393mm	Gk+Rk ULS-Qconc ConcR

Reactions										
Bearings #	Width [mm]	Max. factored reactions [kN]	DOL	Support reactions (transferred) (kN)					Details	
				Dead Perm.	Roof Short	Snow Short	Wind Short	WindUp Short	WS SB	Reinf. Blocking
1	48	+	5.00	Short	1.98	0.92	0.68	1.21	-0.69	No
		-	0.00							-0.24
2	120	+	19.42	Short	8.78	2.98	2.22	3.93	-3.02	No
		-	0.00							No
3	48	+	7.11	Short	3.13	1.14	0.85	1.50	-1.06	No
		-	0.00							-0.09

Loads										
#	Type	Location	Dead	Roof	Snow	Wind	WindUp	Trib.width	Appl.	Dir. (Wind)
1	Level loads [kN/m <sup>2</sup> ]	From to	0mm	0.61	0.75	0.56	0.99	-0.76	625mm NC	T N
2	Trapez.area [kN/m <sup>2</sup> ]	From to	0mm	0.14					626mm NC	T
		Notes	MINERÁLNÍ IZOLACE VE SPÁDU							
4	Line Para. [kN/m]	From to	0mm	0.92					0mm NC	T
		Notes	STÁLÉ ZATÍŽENÍ ZE STŘEŠNÍ KONSTRUKCE							
5	Self weight [kN/m]	From to	0mm	0.06					0mm NC	T

Verified under a concentrated load of 1.00kN

NC=Not continuous (x1.00)/C=Continuous span (x1.25) - H=Horizontal length/P=Pitched length - T=Top/B=Bottom/L=Left/R=Right/C=Centre - V=Vertical/N=Normal to the roof plane

This component analysis is based on the loads, geometry and other conditions as entered by the user and listed in this report. The user is responsible to ensure the accuracy of the input and the applicability to the actual conditions of the structure for which this component is intended. This analysis is valid only for the product(s) listed.

Member properties	
Material	Steico (SJ)
Grade/Type	SJ 90 - 360mm
Certificate/Norm	ETA-06/0238

Stiffness properties		Value	Unit	Kdef
Flexural Rigidity		2683.0E9	N·mm <sup>2</sup>	0.6
Shear Rigidity		4.780E6	N	2.25

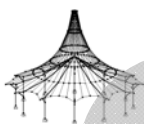
Deflection limits		Wfin - Wc	Winst
Ratio		L/300	L/300
Max.			

Member properties		Value	Ksys	Perm.	Long	Kmod Medium	Short	Instant.
Mat. Factor	$\gamma_M$	1.3						
Moment	M(+)	27.51kN·m	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Moment Up	M(-)	27.51kN·m	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Shear	V	19.34kN	1	0.43	0.56	0.72	0.87	1.1
Bearing @ 1	R(1)	13.09kN	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 2	R(2)	29.30kN	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
Bearing @ 3	R(3)	13.09kN	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1

Notes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• All Dimensions, Supports and Holes are measured or numbered from the left end.</li> <li>• All Support Reactions are indicated unfactored, unless stated otherwise.</li> <li>• Indicated support reactions are based on maximum value.</li> <li>• Hanger at Bearing 1: required load carrying capacity = 7.23kN Short 94</li> <li>• Hanger at Bearing 1: required uplift carrying capacity = 0.00kN Perm. 1</li> <li>• Hanger at Bearing 3: required load carrying capacity = 10.27kN Short 95</li> <li>• Hanger at Bearing 3: required uplift carrying capacity = 0.00kN Perm. 1</li> <li>• Maximum unbraced length along the top edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Maximum unbraced length along the bottom edge is longer than actual unbraced lengths. No further bracing required</li> <li>• Bracing has been taken into account at the following locations: 1444mm 2888mm 4393mm 5848mm 7244mm 8640mm</li> </ul>



### **Příloha č. 3: Výpočet zatížení působící na střechu**



Projekt: DIPLOMOVÁ PRÁCE

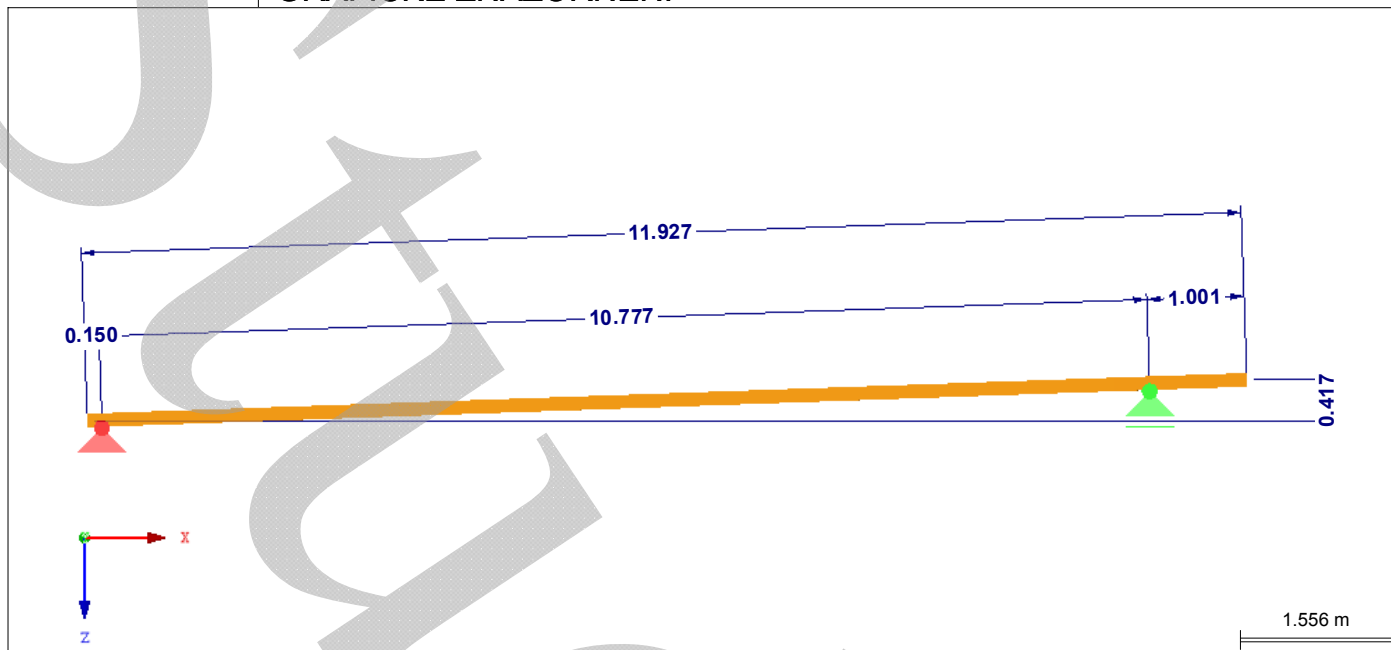
Model: Zatížení střešní konstrukce.rft

Datum: 6. 4. 2016

Návrh dvougeneračního rodinného domu

Krokev

## GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ



## DATA PRO NÁRODNÍ PŘÍLOHU

### Díličí součinitele pro vlastnosti materiálů

Základní kombinace pro lepené dřevo	$\gamma_M$	:	1.250
Základní kombinace pro rostlé dřevo	$\gamma_M$	:	1.300
Mimořádné kombinace	$\gamma_M$	:	1.000
Posouzení průřezu zatíženého požárem	$\gamma_{M,fi}$	:	1.000

### Mezní hodnoty deformací podle tab. 7.2 - charakteristická (méně častá) návrhová situace

$w_{inst}$	Pole $\leq l / 300$	Konzolový nosník $\leq l_k / 150$
------------	------------------------	--------------------------------------

### Mezní hodnoty deformací - kvazistálá návrhová situace

$w_{fin} - w_c$	$\leq l / 250$	$\leq l_k / 125$
$w_{fin}$	$\leq l / 150$	$\leq l_k / 75$

### Modifikační součinitel $k_{mod}$

TTZ	1	2	3
-Stálé	0.600	0.600	0.500
-Dlouhodobé	0.700	0.700	0.550
-Střednědobé	0.800	0.800	0.650
-Krátkodobé	0.900	0.900	0.700
-Okamžikové	1.100	1.100	0.900

## POUŽITÉ NORMY

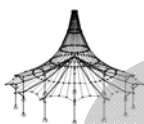
[1]	ČSN EN 1995-1-1/NA: 2007-09	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008)
[2]	ČSN EN 1995-1-2/NA:2007-09	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru (EN 1995-1-2:2004+AC:2009)
[3]	ČSN EN 1990:2011-02/NA:2004-06	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (EN 1990:2002+A1:2005+AC:2010)
[4]	ČSN EN 1991-1-1:2010-02/NA:2004-06	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (EN 1991-1-1:2002+AC:2009)
[5]	ČSN EN 1991-1-3:2010-02/NA:2008-07	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem (EN 1991-1-3:2003+AC:2009)
[6]	ČSN EN 1991-1-4:2010-10/NA:2008-05	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem (EN 1991-1-4:2005+AC:2010+A1:2010)
[7]	ČSN EN 14080:2013-08	Dřevěné konstrukce - lepené lamelové dřevo a lepené masivní dřevo - požadavky
[8]	ČSN EN 338:2010-05	Konstrukční dřevo - třídy pevnosti

## ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Typ střechy  
Pultová střecha

## GEOMETRIE

Rozměry budovy



Projekt: DIPLOMOVÁ PRÁCE Model: Zatížení střešní konstrukce.rft  
Návrh dvougeneračního rodinného domu Krokev

Datum: 6. 4. 2016

## GEOMETRIE

Výška budovy	H	:	6.610	m
Délka budovy	B	:	13.885	m
Vzdálenost vazeb	a	:	0.625	m
Vzdálenost k okrajům střechy	ū	:	0.112	m
Součinitel zatížení pro spojitý účinek	k	:	1.000	-
		:		<input checked="" type="checkbox"/>
Šířka budovy	L	:	10.770	m
<b>Geometrie vazby</b>				
Uhel sklonu	δ	:	2.00	°
Pole střechy	l	:	10.770	m
Výška střechy	h	:	0.377	m
Délka levé konzoly	k <sub>a</sub>	:	0.150	m
Délka pravé konzoly	k <sub>b</sub>	:	1.000	m
<b>Atika</b>				
Levá atika		:		<input type="checkbox"/>
Pravá atika		:		<input type="checkbox"/>

## PRŮŘEZY

Řez č.	Průřez	Materiál	Komentář
1	T-obdélník 100/140	Topolové a jehličnaté dřevo C24   ČSN EN 1995-1-1:2010-05	

## KOMPONENTY

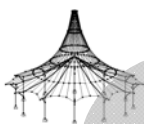
Komp. č.	Komponenty	Průřez	Nadvýšení w <sub>c</sub> [mm]	Komentář
1	Krokev	1 - T-obdélník 100/140   Topolové a jehličnaté dřevo C24	0.0	

## PODPORY

Podp. č.	Typ podpory	Kontrola tlaku na podpoře	Šířka podpory b [m]	Redukce Δ [m]	Orientace podpory	Posunutí u <sub>x</sub>	u <sub>z</sub>	Rotace φ <sub>y</sub>
1	Kloubové	<input checked="" type="checkbox"/>	0.300	0.011	Globální	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Posuvný kloub	<input checked="" type="checkbox"/>	0.300	0.011	Globální	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## ÚDAJE PRO ZATÍŽENÍ

<b>Stálé zatížení</b>			
<b>Krokev (vnitřní pole)</b>			
Skladba střechy			7,5-15 kN/m <sup>3</sup>
Substrát nasycený	:	1.80 kN/m <sup>2</sup>	PS
Geotextilie	:	0.01 kN/m <sup>2</sup>	PS
Drenážní novová fólie	:	0.03 kN/m <sup>2</sup>	PS
Geotextilie	:	0.01 kN/m <sup>2</sup>	PS
SBS asfaltový pás	:	0.03 kN/m <sup>2</sup>	PS
OSB	:	0.15 kN/m <sup>2</sup>	PS
Skladba střechy	g <sub>k,2</sub>	2.03 kN/m <sup>2</sup>	PS
Tiha nosníku (průměr)	g <sub>k,2</sub>	0.86 kN/m	PS
	g <sub>k,1</sub>	0.06 kN/m	PS
	g <sub>k</sub>	0.92 kN/m	PS
Zohlednit s faktorem	:	1.000	
<b>Konzola</b>			
Skladba střechy			
SBS asfaltový pás	:	0.03 kN/m <sup>2</sup>	PS
Štěrkový zához	:	2.16 kN/m <sup>2</sup>	PS
OSB	:	0.15 kN/m <sup>2</sup>	PS
Palubkový podhled	:	0.08 kN/m <sup>2</sup>	PS
Skladba střechy	g <sub>k,2</sub>	2.41 kN/m <sup>2</sup>	PS
Tiha nosníku (průměr)	g <sub>k,2</sub>	1.03 kN/m	PS
	g <sub>k,1</sub>	0.06 kN/m	PS
	g <sub>k</sub>	1.08 kN/m	PS
Zohlednit s faktorem	:	1.000	
<b>Zatížení sněhem</b>			
Nadmožská výška	NV	250	m
Oblast zatížení sněhem	SO	I	
Typ krajiny		Normální	
Expozice	Ce	1.0	
Zatížení sněhem	s <sub>k</sub>	0.70 kN/m <sup>2</sup>	PZ
	s <sub>k</sub>	0.30 kN/m	PZ
<b>Zatížení větrem</b>			
Výška budovy	H	6.610	m
Větrová oblast	VO	III	
Kategorie terénu	KT	Kategorie II	
Základní rychlost větru	v <sub>b,0</sub>	27.5	m/s
<b>Součinitele pro generování zatížení větrem</b>			
Orografický součinitel	C <sub>0</sub>	1.00	
Součinitel turbulence	k <sub>t</sub>	1.00	



Projekt: DIPLOMOVÁ PRÁCE

Model: Zatížení střešní konstrukce.rft

Datum: 6. 4. 2016

Návrh dvougeneračního rodinného domu

Krokev

## ÚDAJE PRO ZATÍŽENÍ

Hustota vzduchu	$\rho$	:	1.250	kg/m <sup>3</sup>
Zatížení větrem	$q(z)$	:	0.99	kN/m <sup>2</sup> PS
	$q(z)$	:	0.42	kN/m PS
Třída provozu	TP	:	2	
Třída provozu				

## ZS71 - UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Č.	Typ zatížení	Směr zatížení	Reference zatížení	Parametry zatížení			Celá Délka
				Symbol	Hodnota	Jednotka	
1	Zatížení na linii 0,75 kN/m <sup>2</sup>	ZP	Celý nosník	p	0.47	kN/m	<input type="checkbox"/>

## VZPĚRNÉ DÉLKY

Segment č.	Komponent	Vzpěr možný	Délka l [%s]	Vzpěr okolo osy y-y			Vzpěr okolo osy z-z			Klopení		Komentář
				možný	$\beta_{ef,y}$	$l_{ef,y}$ [%s]	možný	$\beta_{ef,z}$	$l_{ef,z}$ [%s]	možné	Definovat $l_{def}$ [m]	
1	Levá konzola	<input checked="" type="checkbox"/>	0.150	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	0.150	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0.150	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.150
2	Krokev (vnitřní pole)	<input checked="" type="checkbox"/>	10.777	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	10.777	<input checked="" type="checkbox"/>	1	10.777	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.777
3	Pravá konzola	<input checked="" type="checkbox"/>	1.001	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	1.001	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.001	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.001

## ŘÍDICÍ PARAMETRY

Prováděná posouzení	<input checked="" type="checkbox"/>
Mezní stav únosnosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Mezní stav použitelnosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Požární odolnost	<input type="checkbox"/>
Zobrazit podporové síly	<input checked="" type="checkbox"/>
Zobrazit deformace	<input checked="" type="checkbox"/>

Parametry výpočtu  
Počet dělení prutů pro průběh výsledků 10

## ÚDAJE PRO POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Referenční délka č.	Označení	Pruty č.	Definice referenční délky	L[m]	Relativní deformace k	Typ nosníku	Ko
1	Krokev	2	Délka prutu	10.777	Posunutí konce samostatných prutů	Nosník	
2	Krokev	1	Délka prutu	0.150	Posunutí konce samostatných prutů	Konzola volná na začátku	
3	Krokev	3	Délka prutu	1.001	Posunutí konce samostatných prutů	Konzola volná na konci	
4	Krokev	1-3	Celková délka	11.927	Posunutí konce průběžných prutů	Nosník	