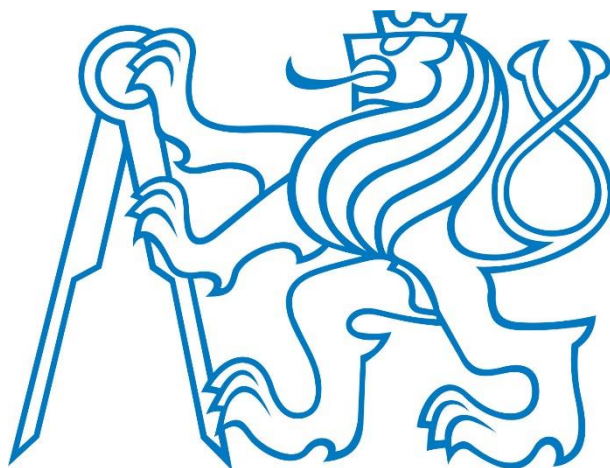


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Konstrukce pozemních staveb

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza vybraných nosných prvků objektu školy

Technická zpráva

Zpracoval: Bc. Petr Müller

Vedoucí práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Praha 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Müller Jméno: Petr Osobní číslo: 396476

Zadávající katedra: betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Analýza vybraných nosných prvků objektu školy

Název diplomové práce anglicky: Load-bearing members analysis of school building

Pokyny pro vypracování:

Předběžný návrh nosných prvků objektu.

Podrobný návrh vybraného prvku - stěnový nosník.

Návrh ocelového světlíku.

Koncepční návrh založení objektu.

Seznam doporučené literatury:

doporučená literatura pro studenty bakalářského a magisterského studia

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 6.10.2016

Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

6.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: PETR MÜLLER

Název diplomové práce: ANALÝZA VYBRANÝCH NOSNÝCH PRVKŮ OBJEKTU ŠKOLY

Základní část: STATICKÁ - BETON podíl: 75 %

Formulace úkolů: Koncepce nosného systému objektu, předb. návrh nosiv. a spoje nosných prvků. Potřebný návrh stěnového nosníka. Schémata výhledů pram. jednodílných posloví. Výkres výhledu vybraných prvků. Stručná technická zpráva ke statické části.

Podpis vedoucího DP: Datum: 6.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: OCEL podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. VANDERA, Ph.D.

Formulace úkolů: PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH BĚŽNE VAZBY OCELOVÉ KONSTRUKCE SVĚTLÍKU. DISP. VTKRES - PŮDORYS A PŘÍČNÝ ŘEZ.

Podpis konzultanta: Datum: 6.10.2016

3. Část: GEO TECHNICKÁ podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. VÍRAŠKO, Ph.D.

Formulace úkolů: NÁVRH A POSOUZENÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ (VYBRANÝCH PRVKŮ) PRO 1. AZ. MEZNÍ STAV.

Podpis konzultanta: Datum: 6.10.2016

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Pozn.: uvedené zadání diplomové práce je kopií originálu. Ten je vložen do paré DP určené vedoucímu a oponentovi práce.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Analýza vybraných nosných prvků objektu školy“ zpracoval samostatně pod vedením Ing. Hany Hanzlové, CSc., a při využití dalších konzultantů dílčích částí DP. Použité podklady, odborná literatura a software jsou uvedeny v seznamu zdrojů na konci práce.

V Praze, dne 06.01.2017

Bc. Petr Müller

Největší dík patří vedoucí mé diplomové práce, Ing. Haně Hanzlové, CSc. za její odborné rady a postřehy. V neposlední řadě za velmi vstřícný a přátelský přístup. Dále bych chtěl poděkovat konzultantům dílčích částí mé práce, jmenovitě Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. (K134), Ing. Danielovi Jiráskovi, Ph.D. (K135) a Ing. Lence Hanzalové, Ph.D. (K124). Za odborné konzultace také Ing. Jiřímu Šmejkalovi, CSc.

Dále děkuji své rodině za neustálou morální a materiální podporu.

Děkuji.

Abstrakt

Cílem této práce je předběžný statický návrh nosných konstrukcí objektu školy. Návrh se týká všech železobetonových prvků, dále ocelové konstrukce světlíku a základových konstrukcí. Výsledkem tohoto návrhu jsou schémata tvaru jednotlivých podlaží.

Hlavní část práce se zabývá analýzou a návrhem vybraného stěnového nosníku metodou příhradové analogie. Správnost návrhu vyztužení je ověřena nelineární analýzou. Výsledkem je výkres tvaru a výztuže navrženého prvku.

Abstract

The main goal of this thesis is a preliminary load-bearing structure design of school building. The design contains all concrete members, further on skylight steel structure and foundation structures. As a result simple shape drawings of each floor are drawn.

Biggest part of the paper focuses on deep beam analysis and design using the Strut-and-tie model method. Verification of reinforcement design is made by non-linear analysis. Shape and reinforcement drawings are made as a result.

Klíčová slova

- Železobetonová konstrukce
- Předběžný statický návrh
- Ocelová konstrukce světlíku
- Základové konstrukce
- Stěnový nosník
- Příhradová analogie
- Nelineární analýza
- Výkres tvaru
- Výkres výztuže

Key words

- Reinforced concrete structure
- Preliminary structural design
- Skylight steel structure
- Foundation structures
- Deep beam
- Strut-and-tie model
- Non-linear analysis
- Shape drawing
- Reinforcement drawing

Obsah

1. Představení objektu.....	9
1.1. Základní informace o objektu	9
1.2. Konstrukční řešení	11
1.3. Materiálové řešení.....	11
1.4. Řešení hydroizolace.....	11
1.5. Základové poměry, hydrogeologický průzkum	12
1.6. Radonové riziko	14
2. Statický výpočet.....	14
2.1. Zatížení	14
2.1.1. Stálé zatížení	14
2.1.2. Proměnné zatížení.....	14
2.2. Kombinace zatížení, součinitele	14
3. Nosná konstrukce budovy.....	15
3.1. Geotechnické práce, základové konstrukce	15
3.1.1. Zemní práce, zajištění jámy	15
3.1.3. Plošné základy	15
3.2. Svislé nosné konstrukce.....	16
3.3. Vodorovné nosné konstrukce.....	16
3.4. Zastřešení	16
3.4.1. Plochá střecha	16
3.4.2. Ocelový světlík	16
3.5. Komunikační prvky	18
3.6. Zajištění prostorové stability.....	18
4. Ochrana nosných konstrukcí před nepříznivými vlivy	18
4.1. Proti požáru.....	18
4.2. Proti korozi.....	18
5. Podmínky provádění	19
5.1. Základové konstrukce	19
5.2. Betonové konstrukce.....	19
5.3. Ocelové konstrukce.....	20
5.4. Zděné konstrukce	20
6. Podklady	21
7. Přílohy.....	22
7.1. Příloha stavební části – skladby konstrukcí	23

1. Představení objektu

1.1. Základní informace o objektu

Objekt řešený v této práci je jedním ze souboru budov vysokoškolského kampusu v Kladně. Nejedná se o reálnou stavbu, jako zadání je použita část diplomové práce Bc. Anežky Karáskové [1] z Fakulty architektury ČVUT. Slečna Karásková v rámci DP navrhovala z architektonického hlediska vysokoškolský kampus, konkrétně budovu školy, koleje a menzy. Pro účely této DP byla vybrána pouze budova školy.

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Vizualizace objektu, zdroj [1]

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Vizualizace objektu, zdroj [1]

Řešený objekt má půdorysný tvar „L“ o rozměrech cca 56x64 m. Je navržen se třemi nadzemními podlažními a jedním podzemním podlažím pod částí půdorysu. Výšková úroveň atiky je rovna +11,660 m.

V nadzemních podlažích jsou situovány především posluchárny a třídy, dále pak prostory zaměstnanců a vedení školy, studovna a hygienická zázemí. V podzemním podlaží jsou umístěny částečně velké posluchárny (jsou přes výšku 1.NP i 1.PP), dále skladovací prostory.

Dispoziční výkres 1.NP [1]

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Dispoziční výkres 2.NP [1]

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

1.2. Konstrukční řešení

Zvolený konstrukční systém je obousměrný (převážně) stěnový, doplněný několika pilíři. V místech, kde bylo zapotřebí uvolnit dispozici, jsou navrženy průvlaky a sloupy. Stropní konstrukce jsou tvořeny obousměrně působícími ŽB deskami s typickými rozpony 8x8 m.

Základové konstrukce tvoří plošné základy: ŽB základová deska (1.PP), základové pasy (stěny 1.NP) a základové patky (pilíře 1.NP). Spodní stavba je tedy řešena jako vana (ŽB suterénní stěny + ŽB základová deska). Zastřešení objektu je řešeno pomocí ploché střechy, v místech nad hlavní podélnou chodbou objektu potom ocelovou konstrukcí světlíku.

Kvůli poměrně velkým rozdílům v dispozičním řešení 1. a 2.NP dochází k situacím, kdy nosné stěny navzájem nenasazují po výšce objektu. V těchto případech jsou stěny 2. (případně i 3.) NP řešeny jako ŽB stěnové nosníky.

1.3. Materiálové řešení

Veškeré nosné konstrukce jsou navrženy jako železobetonové monolitické. Pouze schodišťová ramena jsou řešena jako prefabrikovaná; dále světlík tvoří ocelová konstrukce.

Beton

Pevnostní třída betonu je zvolena pro základové konstrukce C25/30, pro ostatní prvky jednotně C30/37. Podkladní betony mohou být realizovány z betonu nižší pevnostní třídy, minimálně však C12/15.

Plná specifikace betonu pro vyztužené monolitické konstrukce dle ČSN EN 206:

- | | |
|---|---|
| • Stropní desky, vnitřní stěny a sloupy | C30/37-XC1-C10,20-D _{max} 22-S4, $E_{cm} = 33$ GPa |
| • Vnější stěny | C30/37-XC4-C10,20-D _{max} 22-S4, $E_{cm} = 33$ GPa |
| • Základové konstrukce | C25/30-XC2-C10,20-D _{max} 22-S4, $E_{cm} = 31$ GPa |

Výztuž

Žebírková betonářská výztuž B500B.

Konstrukční ocel

Ocel pevnostní třídy S235JR.

Dělicí konstrukce

- Akustické stěny – systémové zdivo HELUZ AKU20 P15 tl. 200 mm na MVC5
- Ostatní dělicí konstrukce – systémové zdivo HELUZ 14 P10 tl. 140 mm na MVC5

1.4. Řešení hydroizolace

Spodní stavba je řešena jako „černá vana“, tzn. ochranu proti spodní a tlakové vodě zajišťuje povlaková hydroizolace – modifikované SBS asfaltové pásy. Hydroizolace střechy je řešena taktéž pomocí modifikovaných SBS asfaltových pásů.

1.5. Základové poměry, hydrogeologický průzkum

Pro účely diplomové práce je použit reálný hydrogeologický průzkum firmy K+K průzkum, s.r.o. [2]. Průzkum byl vytvořen pro výstavbu objektu v Praze – Vysočanech, pro řešený objekt je tedy použit pouze jakožto vhodný ze studijního hlediska (ne pro podobnost mezi geologií v Kladně a Praze). Výsledky IGP byly poskytnuty Ing. Janem Salákem, CSc. z katedry geotechniky.

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Zdroj [2]

Výsledky IGP hodnotí základové poměry ve smyslu ČSN 73 1001 jako podmíněčně složité vzhledem ke střídání typů zemin v okolí úrovně Z.S. Jejich geotechnické parametry jsou si však poměrně blízké. Objekt je vzhledem k materiálovému a konstrukčnímu provedení mnohokrát staticky neurčitý, konstrukce se zatřídí jako náročná. Základové konstrukce by se měly navrhovat podle 2. či 3. geotechnické kategorie – v každém případě je zapotřebí posoudit 1. i 2. MS a použít normové charakteristiky základové půdy, viz tabulky níže.

Návrh základových konstrukcí komplikuje přítomnost podzemní vody, jejíž výšková úroveň není konstantní. Z příloženého řezu je patrné, že úroveň Z.S. 1.PP se nachází pod úrovní HPV.

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Zdroj [2]

*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Zdroj [2]

1.6. Radonové riziko

Průzkum na přítomnost radonu v řešeném objektu nebyl zhotoven. V případě, kdy by bylo zapotřebí ochranu proti radonu řešit, lze jako protiradonovou izolaci využít asfaltové pásy tvořící hydroizolační obálku budovy.

2. Statický výpočet

Veškeré výpočty byly zhotoveny dle platných normových předpisů souboru ČSN EN.

2.1. Zatížení

2.1.1. Stálé zatížení

Stálé zatížení vychází z objemových hmotností daných konstrukcí a jejich rozměrů. Ke stanovení objemových hmotností jsou použity standardní fyzikální veličiny (např. pro beton či ocel), pro konkrétní výrobky je uvažováno s hodnotami z podkladů výrobců.

Zatížení skladbami konstrukcí je podrobně rozepsáno v příloze technické zprávy, kapitola 7.1. Číselně pak i ve statickém výpočtu.

Zatížení zemním tlakem je podrobně rozepsáno ve statickém výpočtu.

2.1.2. Proměnné zatížení

- Větr – kategorie terénu IV, max. výška objektu 13,85 m; základní tlak větru $q_p = 0,52 \text{ kPa}$
- Sníh – sněhová oblast 1 => charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_{k,norm} = 0,7 \text{ kPa}$
- Užitné
 - Kategorie ploch C1 (chodby a vstupní prostory) $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$
 - Kategorie ploch C3 (ostatní místnosti než C1) $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
 - Kategorie H
 - Nepochozí střecha $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
 - Ocelový světlík – bodová síla $Q_k = 1 \text{ kN}$
- Přemístitelné přičky (Heluz 14) $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Teplota (pro ocelový světlík)
 - Ohřátí $\Delta T^+ = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Ochlazení $\Delta T^- = 72 \text{ }^\circ\text{C}$

2.2. Kombinace zatížení, součinitele

V rámci předběžného návrhu jsou konstrukce navrhovány dle kombinace 6.10 ČSN EN 1990 [3]. Podrobně dimenzovaná konstrukce stěnového nosníku je konzervativně také navržena na tuto kombinaci.

$$\textbf{Kombinace pro MSÚ (6.10)} \quad \Sigma(\gamma_G * G_k) + \gamma_Q * Q_{k,1} + \Sigma(\gamma_Q * \psi_{0,i} * Q_{k,i})$$

$$\textbf{Kombinace pro MSP (charakteristická)} \quad \Sigma G_k + Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{0,i} * Q_{k,i})$$

Kde:

- $\gamma_G = 1,35$
- $\gamma_Q = 1,5$
- $\psi_0 \dots$ dle tab. A1.1 [3]

3. Nosná konstrukce budovy

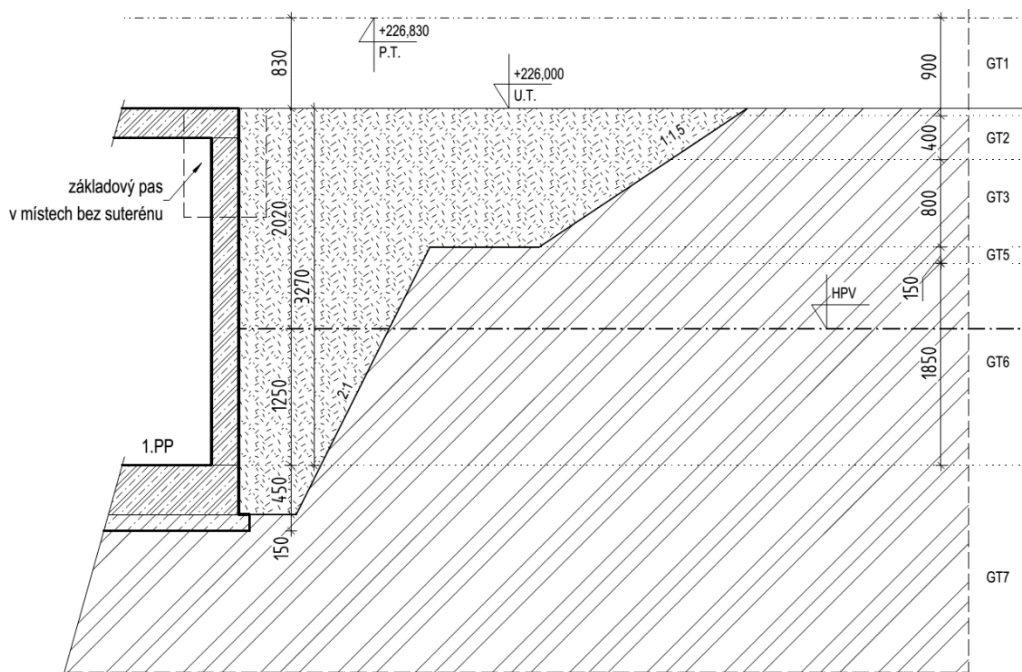
V řešené konstrukci je navržena jedna objektová dilatace. Je navržena jednak z důvodu eliminace případných objemových změn od účinků teploty (velikost objektu je větší než maximální doporučené rozměry dilatačního celku) – ačkoliv se neočekává dominantní vliv teplotních účinků na konstrukci z důvodu navržení kontaktního zateplovacího systému. Hlavním důvodem návrhu objektové dilatace jsou rozdílné podmínky založení nosných konstrukcí 1.PP a 1.NP a taktéž rozdílné řešení základových konstrukcí. Dilatace umožní rozdílné sedání jednotlivých částí konstrukce a nevnaší přídavná namáhání do přilehlých konstrukcí.

Účinky smršťování nejsou v práci podrobněji řešeny. Řešením by bylo silnější vyztužení (zachycující tahová napětí od smršťování), či návrh smršťovacích pruhů do desek a plechů pro řízené trhliny do stěn (eliminace tahových napětí od smršťování).

3.1. Geotechnické práce, základové konstrukce

3.1.1. Zemní práce, zajištění jámy

V okolí stavby je k dispozici relativně hodně prostoru, proto lze zajištění stavební jámy řešit pomocí svahování. V zeminách (GT1 až GT5) je potřeba mírnější sklon, cca 1:1,5; v horninách (GT6 a GT7) je možno svahovat pod větším úhlem, cca 2:1. Tato metoda je sice náročnější na prostor (k vysvahování jámy výšky 3,5 m je zapotřebí min. 4,5 m v půdoryse), zato je finančně i technologicky méně náročná než pažení. Jediné místo stavební jámy, které je nutné zajistit pažením, se nachází v okolí navržené objektové dilatace – tzn. stěna na ose G4-8. Je to dáno požadavkem zakládat přilehlé konstrukce 1.NP v rostlém terénu a ne v násypu.



Protože se značná část 1.PP nachází pod ustálenou hladinou podzemní vody, po dobu otevření stavební jámy je potřeba z jámy čerpat vodu. Toho lze docílit např. čerpacími studnami, umístěnými na lavicích svahování.

3.1.3. Plošné základy

Základové konstrukce 1.PP

Svislé konstrukce 1.PP jsou založeny na ŽB monolitické základové desce tl. 450 mm. Tloušťka je zvolena především z důvodu zatížení vzlakem podzemní vodou a kvůli lokálnímu zatížení pilíři – riziko protlačení. Základová deska je konstantní tloušťky v celé ploše.

Základové konstrukce 1.NP

Stěny 1.NP jsou založeny na ŽB základových pasech o výšce 1 m a šířce 1,2 m (pro vnitřní stěny), resp. 0,7 m (pro obvodové stěny). Pilíře 1.NP jsou založeny na ŽB základových patkách, ty však nejsou v této práci blíže řešeny.

3.2. Svislé nosné konstrukce

Stěny

Veškeré nosné stěny jsou navrženy jako ŽB monolitické tl. 250 mm. Suterénní stěny jsou řešeny shodně.

Stěnové nosníky

Stěnové nosníky jsou navrženy jako ŽB monolitické tl. 250 mm. Oproti běžným stěnám se liší silnějším vyztužením a jinou orientací výztuže (ve vnější vrstvě je umístěna svislá výztuž). Tyto prvky jsou vyznačeny v dispozičních schématech tvaru všech podlaží.

Pilíře

Tyto prvky, nacházející se v 1.NP a 1.PP, podporují stěnové nosníky. Jsou řešeny jako ŽB monolitické, vždy tloušťky 250 mm, délka a tvar se liší dle konkrétního místa, viz výkresy tvaru.

Sloupy

Ve 2. a 3. NP se nachází dvojice ŽB monolitických sloupů podpírající průvlaky. Průřez sloupů je obdélníkový o rozměrech 350x300 mm (šířka 350 mm je také šířkou průvlaku, viz níže).

3.3. Vodorovné nosné konstrukce

Stropní konstrukce

Veškeré stropní desky jsou navrženy ŽB monolitické tl. 270 mm plného průřezu. V určitých místech by ze statického hlediska mohla být tloušťka menší, ale vzhledem k absenci podhledů a snaze o stejnou výškovou úroveň D.H. desky je tloušťka zachována všude shodná.

Průvlaky

Ve 2. a 3.NP jsou navrženy v rozmezí os H-I a 3-5 dva průvlaky. Jejich průřezem je obdélník o konstantních rozměrech 350x720 mm.

3.4. Zastřešení

3.4.1. Plochá střecha

Zastřešení objektu je řešeno plochou střechou a tvoří ji stropní deska 3.NP. Navržena je ŽB deska tl. 270 mm plného průřezu. Deska je konstantního průřezu, spád pro odvod vody je tvořen spádovou vrstvou perlitbetonu v rámci skladby střešního pláště. Zastřešení je navrženo jako nepochozí s výjimkou přístupu údržby.

Po obvodu objektu je navržena ŽB atika tl. 250 mm výšky 700 mm. Tato atika také lemuje prostup střešní deskou pro světlík a jsou do ní kotveny ocelové profily. Na střeše se ještě nachází dojezdy výtahů a servisní přístup do výtahových šachet.

3.4.2. Ocelový světlík

Nosná konstrukce je navržena ve stylu prosté krokové soustavy ve sklonu 23°. Hřeben světlíku se nachází ve výšce 1,9 m nad H.H. atiky. Šířka světlíku činí 8 m, délka cca 46 m. Krokve jsou osově vzdáleny 1 m a jsou ve své patě kotveny do ŽB atiky výšky 700 mm. Prostorovou stabilitu zajišťuje dvojice nárožních krokví na koncích světlíku v kombinaci s podélnými rozpěrnými prvky. Všechny styky jsou uvažovány jako kloubové.

Konstrukce světlíku je navržena jako kombinace nosných ocelových prvků a zasklení v podobě tabulí izolačních „dvojskel“. Nosné prvky a zasklení budou vzájemně spojovány pomocí systémového řešení, např. výrobce Jansen – produkt VISS TVS Basic [25]. Tento systém umožňuje připojení tabulí skla k nezávislé nosné konstrukci pomocí šroubů či navařovacích kotev, viz obrázky níže:

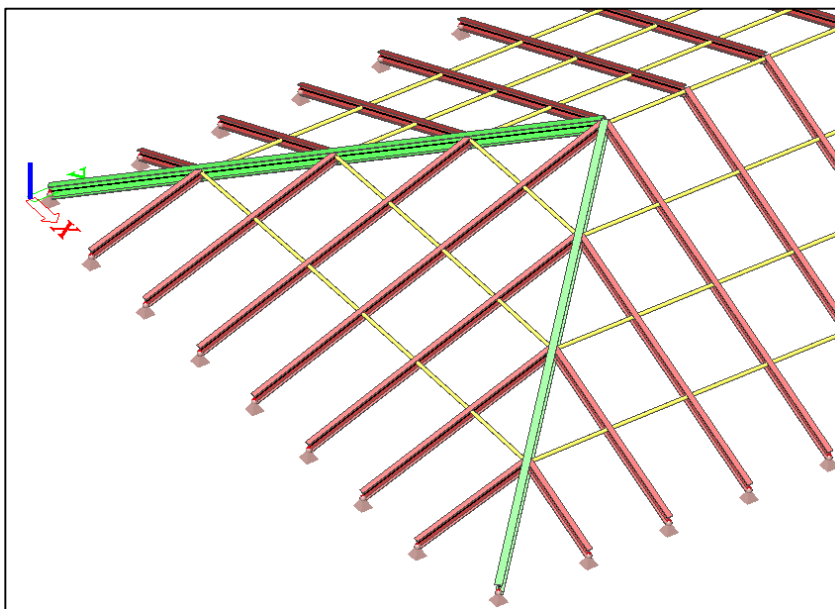
*Vzhledem k nezískání výslovného souhlasu autora není tento obrázek publikován.
K dohledání je v tištěné verzi práce, která je uložena v knihovně K133 FSv ČVUT.*

Zdroj [25]

Statické působení skla je uvažováno následovně:

- Vnější vrstva skla – hlavní nosná vrstva; působí na ní zatížení vlastní tíhou, sněhem a větrem
 - Navržena tl. 15 mm
- Vnitřní vrstva skla – nenosná vrstva; nese pouze svou vlastní tíhu
 - Navržena tl. 6 mm

Prostorový model ocelové konstrukce v místě valby:



Navržené profily:

- Běžné krokve – IPE120
- Nárožní krokve – IPE180
- Rozpěrné prvky – TR44,5x2,6

3.5. Komunikační prvky

Vertikální komunikaci v objektu zajišťují tři dvojramenná, jedno jednoramenné lomené schodiště a tři osobní výtahy.

Dvojramenná schodiště

Schodišťová ramena jsou navržena jako desková prefabrikovaná tl. 180 mm, kloubově uložená na ozub s vloženou akustickou separací. Mezipodesta je navržena monolitická tl. 200 mm, připojená k podélným stěnám ohraničujícím schodišťový prostor pomocí vylamovacích lišt. Stěna, přiléhající k mezipodestě podélně, se od mezipodesty oddilatuje vložením PE pásku do bednění před betonáží.

Jednoramenné schodiště

Tento element slouží v objektu jako výrazný architektonický prvek. Rameno spojuje přímo stropní desku 1. a 2. NP, resp. 2. a 3.NP. Lomené rameno je navrženo také jako deskové prefabrikované, tl. 240 mm, kloubově uložené na ozub s vloženou akustickou separací. Toto řešení je staticky méně výhodné vzhledem ke značné délce ramene, ale jednodušší na realizaci.

Pozn.: prvek nebyl v rámci DP blíže zkoumán. V případě, že by kvůli své značné délce a dvojitmu zalomení nevyhovoval (pravděpodobně dlouhodobé deformace), je možné po jeho stranách vytvořit ŽB zábradlí (cca 1 m vysoké). Tím by došlo k výraznému nárůstu tuhosti průřezu a architektonicky by se mohlo jednat taktéž o zajímavou variantu.

Výtahy

Mechanismus výtahů, ani jeho účinky na konstrukci nebyly v rámci DP blíže zkoumány.

3.6. Zajištění prostorové stability

Vzhledem k výšce budovy nejsou vodorovná zatížení pro konstrukci rozhodující. Prostorovou stabilitu dostatečně zajišťuje charakter konstrukčního systému – tedy množství stěn v obou na sebe kolmých směrech v kombinaci s tuhými stropními deskami.

Stabilitu ocelového světlíku zajišťují nárožní krokve v kombinaci s podélnými rozpěrnými prvky.

4. Ochrana nosných konstrukcí před nepříznivými vlivy

4.1. Proti požáru

Betonové konstrukce

Požární odolnost betonových konstrukcí nebyla v rámci práce blíže řešena. Předpokládá se, že požadované odolnosti je dosaženo dostatečnými rozměry prvku a dostatečným krytím výztuže.

Ocelové konstrukce

Požární odolnost ocelových konstrukcí nebyla v rámci práce blíže řešena. Předpokládá se, že v případě nedostatečné odolnosti samotných ocelových profilů se požadované odolnosti dosáhne vhodným nátěrovým systémem.

4.2. Proti korozi

Betonové konstrukce

Odolnost betonových konstrukcí proti korozi je zajištěna správnou recepturou betonu, resp. jeho specifikací (především stupně vlivu prostředí) a odpovídajícím krytím výztuže.

Ocelové konstrukce

Ocelové konstrukce se zařídí do třídy korozního prostředí – C1: velmi nízká. Na základě tohoto zařídění se zvolí vhodný nátěrový systém. Dle konkrétního nátěru se určí doba, po které je zapotřebí nátěr obnovit.

5. Podmínky provádění

5.1. Základové konstrukce

Na základě doporučení IGP je nutné základovou spáru chránit před degradací. Jílovité zeminy (GT5) a zvětralé horniny (GT6) jsou náchylné na změny vlhkosti, proto by v důsledku klimatických změn mohlo dojít ke zhoršení geotechnických parametrů. Základovou spáru lze ochránit ponecháním vrstvy zeminy o tloušťce min. 200 mm nad plánovanou úrovní Z.S.. Tato vrstva se za příznivého počasí odebere těsně před betonáží základových konstrukcí.

Protože se značná část 1.PP nachází pod ustálenou hladinou podzemní vody, po dobu otevření stavební jámy je potřeba z jámy čerpat vodu. Toho lze docílit např. čerpacími studnami, umístěnými na lavicích svahování. Postup hloubení jámy je pak následující:

- Jáma se vyhloubí na úroveň lavic
- Vyvrtají se studny a začne se čerpat voda
- Po klesnutí depresního kužele pod úroveň dna jámy (s určitou rezervou) se jáma dohloubí

Vzhledem ke zvolené metodě zajištění stavební jámy je potřeba jámu následně zasypat. K tomu budou využity odtěžené zeminy. Čerpání podzemní vody je možno zastavit až po kompletní realizaci stropních konstrukcí 1.PP – z tohoto předpokladu vychází statický výpočet.

5.2. Betonové konstrukce

Doprava betonu

Beton se z betonárny na staveniště bude dopravovat pomocí autodomíchavačů a dále bádiiemi, které ponese staveništní jeřáb.

Ukládání a ošetřování

Dle ČSN EN 206 je nejnižší přípustná teplota čerstvé betonové směsi pro ukládání do bednění +5°C. Pokud by teplota okolního prostředí byla nižší než +5°C, musí se přistupovat k nákladným opatřením (např. předehřívání kameniva, teplá záměsová voda, použití portlandského cementu, elektroohřev čerstvého betonu, apod.) a betonáž je technologicky náročnější. Proto je požadavkem statika na nejnižší teplotu okolního prostředí při betonáži +5° C.

Beton se během ukládání i po jeho dokončení hutní ponornými vibrátory či vibračními latěmi. Betonová směs je navržena ve třídě zpracovatelnosti S4, což znamená dobrou zpracovatelnost pro plošné konstrukce. Na staveništi je zakázáno přidávat další vodu do betonu pro dosažení lepší zpracovatelnosti, především z důvodu poklesu pevnosti betonu a zesílení efektu reologických změn.

Po dokončení betonáže se povrch čerstvého betonu musí ošetřovat. Přesnou dobu ošetřování stanoví dodavatel monolitických konstrukcí s ohledem na konkrétní podmínky. Přibližně se tato doba rovná 3-5 dní, přičemž povrch betonu se skrání vodní mlhou (nejlépe o teplotě okolního prostředí) a zakrýváním se chrání při náhlé změně teplot, případně přímým osluněním.

Výškové pracovní spáry se vždy nachází na spodní a horní hraně stropní konstrukce. Vodorovné pracovní spáry v deskách se umístí cca do 1/3 až 1/4 rozpětí pole (místo nejmenších ohybových momentů).

Výztuž

Po uložení výztuže do bednění zkontroluje správnost uložení odpovědný statik. Kontroluje se především druh, tvar, délka a počet výztužných vložek. Při zjištěných nedostatcích se tyto bezodkladně napraví. Teprve po nápravě je možné zahájit betonáž.

Správného krytí výztuže se dosáhne použitím certifikovaných distančních podložek. Pro dosažení potřebné soudržnosti výztuže a betonu je zapotřebí čistého povrchu výztuže (vadí hlavně mastnota, povrchová koroze naopak nevadí).

Bednění, odbednění, podstojkování

Bednění musí splňovat požadavky na těsnost, únosnost a prostorovou stabilitu. Dodavatel použije buď tradiční či systémové bednění (Doka, Peri,...). V případě systémového se dodavatel řídí technologickým postupem výrobce. Únosnost podpěrných konstrukcí musí být ověřena statickým výpočtem, který se zhotoví v rámci dodavatelské dokumentace. Vnitřní povrch bednění musí být čistý. Před zahájením betonáže musí být celé bednění prohlédnuto kompetentní osobou a případné nedostatky musí být neprodleně odstraněny.

Odbednění (nikoliv odstojkování) stropních desek je možné po dosažení cca 70% výsledné pevnosti betonu (přibližně 10 dní). Postupné odebrání stojek v rámci jednotlivých pater se určí na základě únosnosti již zhotovených konstrukcí. Poslední podlaží je možné plně odstojkovat až po 28 dnech od betonáže.

Fungování konstrukcí, ve výkresech tvaru označených jako stěnové nosníky „SN...“, uvažuje se spolupůsobením stropních desek. Dále tyto prvky fungují přes výšku 2 podlaží. Proto tyto konstrukce a stropní desky v přilehlém okolí musí zůstat plně podstojkovány po celou dobu výstavby nosné konstrukce (hrubé stavby celého objektu), tedy minimálně 28 dní po dokončení betonáže stropních desek 3.NP. Při odbedňování je nutné stojky ihned vrátet (nelze odbednit celé pole a potom všechny stojky vrátit). Dále se pro tyto prvky požadují přísnější požadavky na kvalitu zhotovení a minimalizaci pracovních spár – prvky se pokud možno zhotoví bez svislých pracovních spár.

Rozměry zhotovených ŽB konstrukcí se nesmí lišit od rozměrů uvažovaných ve statickém výpočtu o více než 20 mm.

5.3. Ocelové konstrukce

Pro výrobu ocelové konstrukce je potřeba určit její „třidu provedení“. K zařazení je zapotřebí určit „třidu následků“ (ekonomických či na lidských životech v případě kolapsu konstrukce), „výrobní kategorii“ a „kategorii použitelnosti“:

- Třída následků – CC2: střední následky s ohledem na ztráty lidských životů; značné ekonomické následky
- Výrobní kategorie – PC1: za tepla válcované profily
- Kategorie použitelnosti – SC1: konstrukce navržená na kvazi-statické zatížení

Na základě zařazení spadá ocelová konstrukce do „třídy provedení“ **EXC2**.

Před provedením nátěrů ocelové konstrukce je třeba povrch důkladně očistit a zbavit všech případných částí rzi. Případný protipožární nátěr se nanese pod protikorozní, který musí být navrchu.

5.4. Zděné konstrukce

V projektu je navrženo systémové zdivo výrobce Heluz. Zdění konstrukcí se řídí dle Technické příručky [22].

6. Podklady

Výchozí podklady

- [1] KARÁSKOVÁ, Anežka. *Kampus Kladno*. Praha, 2016. Diplomní projekt. Fakulta architektury ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. arch. Ivan Plicka, CSc.
- [2] Inženýrsko-geologický průzkum, K+K průzkum s.r.o., zájmová lokalita Praha 9 Vysočany, 2009.

Normy

- [3] ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002). *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [4] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [5] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [6] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [7] ČSN EN 1991-1-5 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
- [8] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (73 1201). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [9] ČSN EN 1992-2 (73 6208). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.
- [10] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 (73 1401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [11] ČSN EN 1997-1 (73 1000). *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí: Část 1: Obecná pravidla*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [12] ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [13] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [14] prEN 13 474. *Glass in building - Determination of the strength of glass panes: Part 3: General method of calculation and determination of strength of glass by testing*. Brussels: European Committee for Standardisation, 2009.
- [15] ČSN 73 1001. *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*. (neplatná)

Odborná literatura, podklady výrobců

- [16] KOHOUTKOVÁ, Alena, Jaroslav PROCHÁZKA a Jitka VAŠKOVÁ. *Navrhování železobetonových konstrukcí: příklady a postupy*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014, 254 s. ISBN 978-80-01-05587-8.
- [17] KOHOUTKOVÁ, Alena, Jaroslav PROCHÁZKA a Jiří ŠMEJKAL. *Modelování a vyztužování betonových prvků: lokální modely železobetonových konstrukcí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05329-4.
- [18] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. *Navrhování stěnových nosníků s použitím modelů náhradní příhradoviny*. Beton TKS [online]. 2010(6), 52-59 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2010-6-52_0.pdf.

- [19] SEMRÁD, Karel a Csaba SZÜCS. *Řešené příklady betonových konstrukcí pomocí příhradové analogie*. Projekt FRVŠ 2311/2009/G1.
- [20] *Zjednodušený návrh stěnových nosníků*. [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~hanzlhan/PJ1C/1_stenove_nosniky.pdf.
- [21] KABELE, Petr. *Stavební mechanika 1: Příhradové konstrukce* [online]. In: [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~pkabele/SM1/SM1_pr08a.pdf.
- [22] *Technická příručka pro projektanty a stavitele*. 10. HELUZ cihlářský průmysl, 2015.
- [23] JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA, S.R.O. *H-BAU Vylamovací výztuž FERBOX: Technické informace* [online]. [cit. 2016-12-28]. Dostupné z <http://www.jpocz.cz/files/2513/9107/5141/112cs.pdf>.
- [24] JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA, S.R.O. *H-BAU Prvky k izolaci kročejového hluku: Technické informace* [online]. [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.jpocz.cz/files/9014/6902/4726/24cs.pdf>.
- [25] VISS® BASIC TVS světlik: *Technické informace*. Jansen, KÖNIGFRANKSTAHL [online]. [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.jansencz.cz/97-viss-basic-tvs-svetlik.html>.

Software

- [26] Nemetschek Allplan 2016
- [27] Nemetschek Scia Engineer 2013.1
- [28] Červenka Consulting Atena Engineering 2D v5.3.4
- [29] Microsoft Office 2013
- [30] LTBeamN, v1.0.2
- [31] Ověření únosnosti základové patky při protlačení, XLS soubor (poskytnuto vedoucí práce)

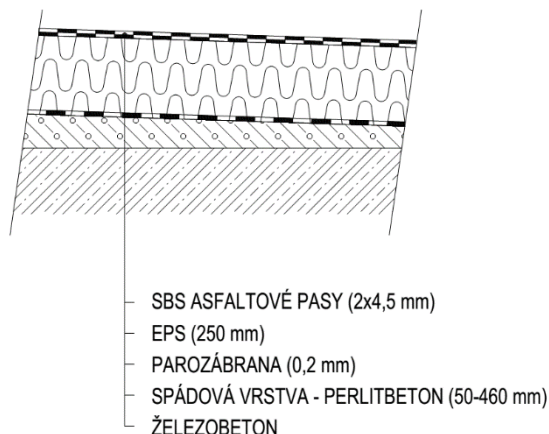
7. Přílohy

Obsah dokumentace

- Technická zpráva
- Statický výpočet
- Výkresová dokumentace
- CD s příloženými soubory technické zprávy, statického výpočtu a výkresů ve formátu PDF

7.1. Příloha stavební části – skladby konstrukcí

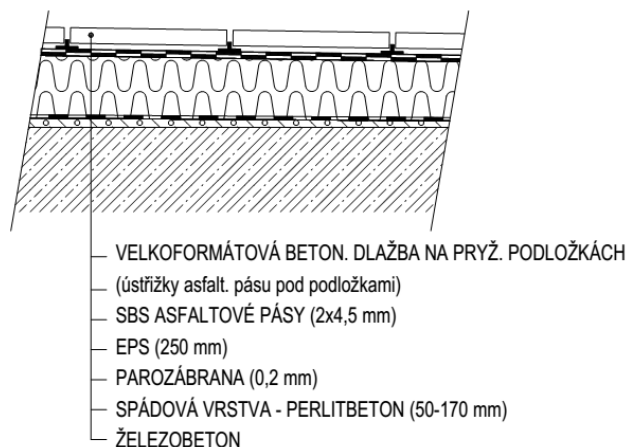
- Střešní plášť
 - Nepochozí střecha



STÁLÉ ZATÍŽENÍ: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

č.vrstvy	název vrstvy	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	γ_k [kN/m ²]
1	asfaltové pásy			0,01
2	EPS	250	23	0,06
3	parozábrana	<i>zanedbatelné</i>		
4	spádová vrstva - perlitbeton	460	400	1,84
celkem				1,91

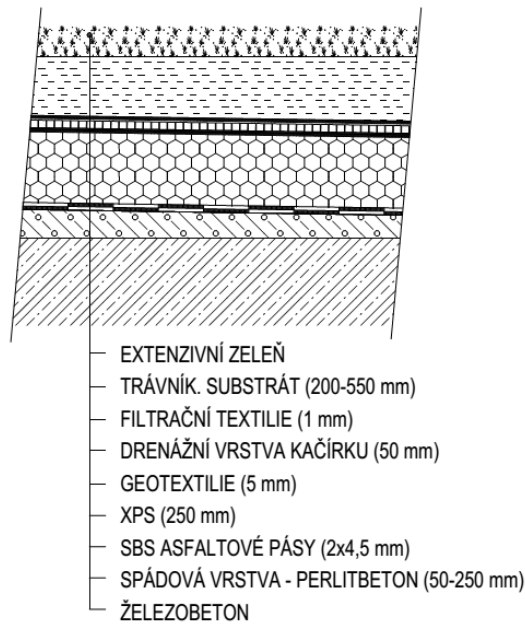
- Terasa (3.NP)



STÁLÉ ZATÍŽENÍ: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ (terasa)

č.vrstvy	název vrstvy	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	γ_k [kN/m ²]
1	betonová dlažba (500x500x50)			1,16
2	asfaltové pásy			0,01
3	EPS	250	23	0,06
4	parozábrana	<i>zanedbatelné</i>		
5	spádová vrstva - perlitbeton	170	400	0,68
celkem				1,91

- Zelená střecha (strop 1.PP, pole A4-C5)



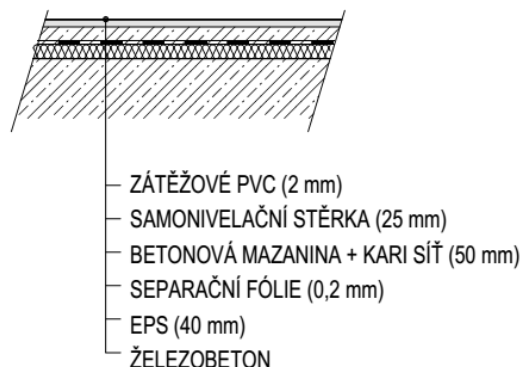
STÁLÉ ZATÍŽENÍ: SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ (zelená střecha)

č.vrstvy	název vrstvy	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	γ_k [kN/m ²]
1	extenzivní zeleň			0,25
2	písčitá hlína	550	1800	9,90
-	zatopení vodou	550	1000	2,75
3	filtrační textilie	zanedbatelné		
4	kačírek	50	1700	0,85
5	geotextilie	zanedbatelné		
6	asfaltové pásy			0,01
7	XPS	250	40	0,10
8	spádová vrstva - perlitbeton	50	400	0,20
celkem				14,06

Pozn. 1: kvůli odvodnění je ve skladbě vytvořen spád pomocí spádové vrstvy perlitbetonu. Naopak tento spád vyrovnává vrstva hlíny (aby povrch byl vodorovný). Z toho plyne, že v jednom místě nemůže být největší vrstva perlitbetonu i hlíny zároveň. Méně příznivá je situace s nejmenší vrstvou perlitbetonu a největší hlíny.

Pozn. 2: zatížení vodou je uvažováno pro případ ucpání odtoků či zanesení drenážní vrstvy. Pórovitost písčité hlíny je odhadnuta jako $n=0,5$.

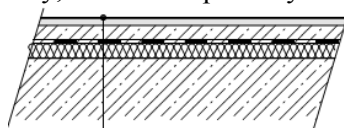
- Podlaha (interiér)
 - Učebny, kanceláře



STÁLÉ ZATÍŽENÍ: SKLADBA PODLAHY V INTERIÉRU (učebny, kanceláře)

č.vrstvy	název vrstvy	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	γ_k [kN/m ²]
1	PVC			0,03
2	samonivelační stěrka	25	1700	0,43
3	betonová mazanina	50	2500	1,25
4	separační fólie	<i>zanedbatelné</i>		
5	EPS	40	23	0,01
celkem				1,71

○ Chodby, toalety, skladovací prostory



- DLAŽBA KERAMICKÁ + LEPIDLO (10 mm)
- SAMONIVELAČNÍ STĚRKA (20 mm)
- BETONOVÁ MAZANINA + KARI SÍŤ (50 mm)
- SEPARAČNÍ FÓLIE (0,2 mm)
- EPS (40 mm)
- ŽELEZOBETON

STÁLÉ ZATÍŽENÍ: SKLADBA PODLAHY V INTERIÉRU (chodby)

č.vrstvy	název vrstvy	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	γ_k [kN/m ²]
1	dlažba + lepidlo	8	2000	0,16
2	samonivelační stěrka	20	1700	0,34
3	betonová mazanina	50	2500	1,25
4	separační fólie	<i>zanedbatelné</i>		
5	EPS	40	23	0,01
celkem				1,76

Pozn.: ve statickém výpočtu je konzervativně uvažováno pouze méně příznivé zatížení skladbou podlahy na chodbách.