

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ŽELEZOBETONOVÁ SCHODNICOVÁ SCHODIŠTĚ SE ZAKŘIVENOU SCHODNICÍ

Zpracoval: Václav Klásek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.

2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Klásek Jméno: Václav Osobní číslo: 458759
Zadávací katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Železobetonová schodnicová schodiště se zakřivenou schodnicí

Název bakalářské práce anglicky: Concrete Stairs with Curved Stringer

Pokyny pro vypracování:

Typy železobetonových schodnicových schodišť, způsoby provádění.

Základní aspekty návrhu konstrukčních železobetonových prvků namáhaných kombinací normálové síly, šikmého ohybu, posouvající síly a kroucení.

Návrh a posouzení vybraného schodiště.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

25.2.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně při odborném doзору vedoucího bakalářské práce Ing. Martinem Típkou, Ph.D. a veškeré použité podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 25.5.2019

Václav Klásek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Martinu Típkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na zakřivená železobetonová schodnicová schodiště. Pojednává o jejich rozdělení dle jednotlivých výrazných rysů schodnicových konstrukcí, možností realizací dle technologie provádění a rozdílů namáhání podle tvaru střednice. Zaměřuje se na zakřivená schodnicová schodiště, jejichž průřez schodnice je namáhán kombinací normálové síly, šikmého ohybu, posouvajícími silami a kroucením. Součástí závěrečné práce je návrh vybraného schodiště pro reprezentační prostory administrativní budovy podle předepsaných konstrukčních, bezpečnostních a statických požadavků. Výsledkem je návrh geometrie schodiště a jeho dílčích prvků včetně vyztužení schodnice, uložení schodnice na stropní průvlaky a uložení schodišťových stupňů s řešením akustického odizolování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobeton, schodnicové schodiště, zakřivená schodnice, šikmý ohyb, kroucení, únosnost, deformace, vyztužení

ANNOTATION

The bachelor thesis is focused on curved reinforced concrete staircases. It deals with their classification according to the distinctive features of stair structures, possibilities of realization according to the technology of implementing and differences of stress according to the shape of the midline. The thesis is focus on curved staircases, whose stringer cross section is loaded by a combination of axial force, biaxial bending, shearing forces and twisting. Part of the thesis is a design of the selected staircase for a representative office building according to the prescribed design, safety and static requirements. The result is a design of the staircase geometry and its sub-elements, including staircase reinforcement, staircase laying on ceiling girders and staircase stowage with acoustic stripping solutions.

KEYWORDS

Reinforced concrete, stringer staircase, curved stringer, oblique bend, torsion, load - bearing capacity, deformation, reinforcement

OBSAH

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. ÚVOD | - 7 - |
| 2. ŽELEZOBETONOVÁ SCHODNICOVÁ SCHODIŠTĚ..... | - 8 - |
| 2.1. Materiálové provedení | - 8 - |
| 2.2. Typy schodnicových schodišť..... | - 9 - |
| 2.3. Technologie způsobu provádění | - 10 - |
| 2.3.1. Monolitické konstrukce..... | - 10 - |
| 2.3.2. Prefabrikované konstrukce..... | - 11 - |
| 2.3.2. Prefamonolitické konstrukce..... | - 11 - |
| 2.4. Namáhání železobetonových schodišť s ohledem na tvar a počet schodnic | - 12 - |
| 2.4.1. Přímé schodnice | - 12 - |
| 2.4.2. Zakřivené schodnice | - 12 - |
| 2.5. Technické požadavky pro schodišťová ramena a stupně | - 14 - |
| 3. NÁVRH ŽELEZOBETONOVÉHO SCHODIŠTĚ SE ZAKŘIVENOU PÁTEŘNÍ SCHODNICÍ..... | - 19 - |
| 3.1. Charakteristika objektu | - 19 - |
| 3.2. Návrh rozměrů a geometrie schodiště..... | - 23 - |
| 3.3. Požadavky normy ČSN 73 4130..... | - 26 - |
| 3.4. Technologie výroby schodnice | - 27 - |
| 3.5. Návrh schodnice..... | - 32 - |
| 3.6. Návrh stupňů..... | - 34 - |
| 3.7. Zhodnocení navržené varianty | - 34 - |
| 4. ZÁVĚR | - 35 - |
| 4.1. Zhodnocení splnění cílů práce | - 35 - |
| 4.2. Literární zdroje..... | - 36 - |
| 4.2.1. Knižní zdroje..... | - 36 - |
| 4.2.2. Normy | - 36 - |
| 4.2.3. Webové zdroje / přednášky | - 36 - |
| 4.3. Obrázky..... | - 37 - |
| PŘÍLOHA A | |
| STATICKÝ VÝPOČET NAVRŽENÉHO SCHODIŠTĚ | - 1 - |
| A) Vstupní údaje:..... | - 1 - |
| B) Předběžný návrh rozměrů: | - 2 - |
| C) Zatížení | - 3 - |
| D) Zatěžovací stavy | - 5 - |
| E) Výpočet vnitřních sil | - 8 - |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|
| F1) Vyztužení stupně..... | - 14 - |
| F2) Vyztužení schodnice..... | - 17 - |
| G) Návrh a posouzení spojů prvků pomocí prvků PEIKKO RBC a PPM L..... | - 19 - |
| H) Návrh manipulačních kotev [4]..... | - 38 - |
| I) MSP | - 45 - |
| PŘÍLOHA B - VÝKRES VYZTUŽENÍ SCHODNICE - DÍL A | |
| PŘÍLOHA C - VÝKRES VYZTUŽENÍ SCHODNICE - DÍL B | |
| PŘÍLOHA D - VÝKRES VYZTUŽENÍ SCHODNICE - DÍL C | |

1. ÚVOD

Schodiště je nepostradatelným prvkem konstrukce vícepatrového objektu sloužící k překonání výškových rozdílů vodorovných konstrukcí. Z hlediska funkčnosti je důležité dodržení technických požadavků na konstrukci zajišťující bezpečnost a funkčnost během provozu. Nemálo důležitá je také estetika schodiště a požární bezpečnost. Splněním veškerých požadavků je možné dosáhnout kvalitní konstrukce z hlediska pohodlí při užívání, bezpečnosti, trvanlivosti, odolnosti, případně estetické zajímavosti schodišťového prvku, což vede k vytvoření harmonického celku. Jednotlivá opatření zajišťující splnění jednotlivých požadavků se mohou vzájemně vylučovat a je tedy nutno utvořit taková opatření, aby byl vytvořen kompromis mezi požadavky, a to v poměru dle vážnosti požadavků.

Tato bakalářská práce je věnována železobetonovým schodnicovým schodištím se zakřivenou schodnicí z hlediska konstrukčního a statického řešení. Cílem práce je návrh schodiště pro reprezentativní prostory administrativní budovy.

2. ŽELEZOBETONOVÁ SCHODNICOVÁ SCHODIŠTĚ

Schodnicové schodiště je druh schodiště, jehož hlavním nosným prvkem je schodnice, tj. líniový nebo stěnový prvek, který tvoří podporu pro schodišťové stupně.

Schodnice je část konstrukce schodiště plnící hlavní nosnou funkci tohoto druhu schodišťových prvků. Zakomponování zmíněného nosného prvku do celé konstrukce schodiště lze řešit mnoha způsoby, což umožňuje vznik zajímavých variant s rozdílným konečným estetickým vzhledem. Rozdílným situováním schodnice či schodnic může vzniknout například schodiště tvořené deskou podporovanou schodnicemi umístěnými pod deskou, nebo mohou schodnice tvořit zábradlí a jsou tedy umístěné nad deskou. Ačkoli v obou případech je chování konstrukce ze statického hlediska totožné, z estetického pohledu se jedná a naprosto rozdílné schodišťové prvky.

Schodišťové stupně mohou být osazeny na nosnou konstrukci převážně dvěma způsoby. První variantou je uložení stupňů přímo na schodnici, v případě druhé varianty jsou stupně uloženy celoplošně na železobetonovou desku tvořící jeden celek se schodnicí, případně schodnicemi. Další možností je kombinované uložení, kde jedna strana stupně je například vetknutá do stěny a druhá strana je podepřena schodnicí.

2.1. Materiálové provedení

- ***schodnice***

Jelikož jsou řešena železobetonová schodiště, schodnice, jakožto hlavní nosný prvek, je železobetonová. Materiálové provedení schodnice z tohoto hlediska lze rozdělit pouze dle použitého druhu betonu a druhu výztuže.

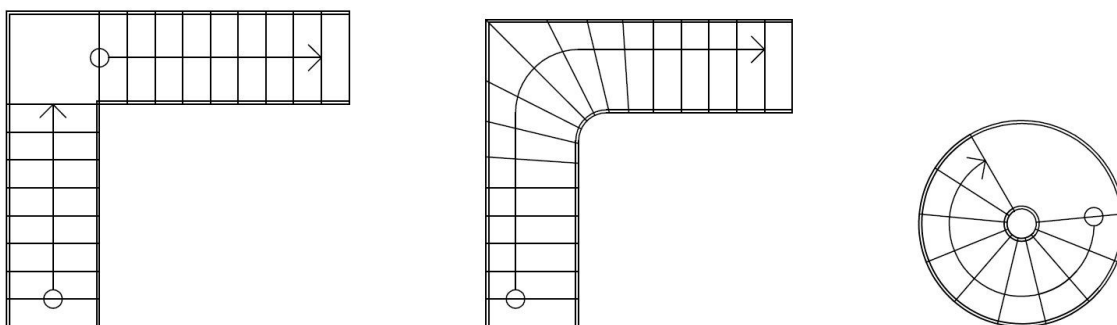
- ***stupně***

Materiál použitý na stupně můžeme zvolit i z jiného druhu materiálu, než jsou vyrobeny schodnice. Nejčastěji se jedná o dřevěné, betonové, skleněné či kamenné stupně a v menší míře o ocelové. V některých případech je zvolena kombinace těchto materiálů. Při výběru povrchu stupňů je kladen velký důraz na splnění normových požadavků zajišťujících bezpečné užívání a trvanlivost konstrukce.[2] Z tohoto hlediska se jedná o požadavky na protiskluzovou úpravu a odolnost proti skluznosti, které obsahují hned několik kritérií, které lze ověřit metricky nebo provedením zkoušky popsaných v příslušných normách. Další požadavky vyplývající z těchto norem jsou sklon, umístění výstupní čáry, průchodná šířka, podchodná a průchodná výška, nároky na zábradlí apod..

2.2. Typy schodnicových schodišť

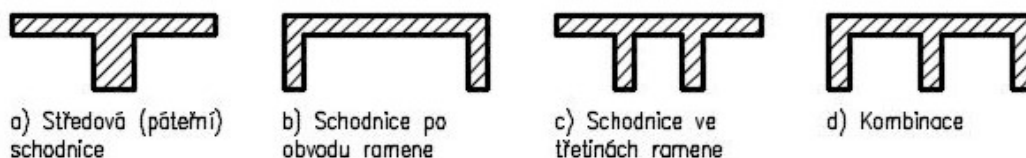
Železobetonová schodnicová schodiště lze rozdělit převážně podle půdorysného tvaru, polohy schodnic, počtu schodnic a technologie provádění.

Dle půdorysného tvaru ramen můžeme rozlišit ramena přímá, zakřivená a smíšená neboli kombinovaná. Viz obr. 1.



Obr. 1 - Typy schodišť podle půdorysného tvaru schodišťových ramen: a) přímé, b) smíšené, c) zakřivené.

Dle polohy schodnic lze rozlišovat schodiště se schodnicí uprostřed šířky ramene (tzv. páteřní schodnice), se schodnicemi po obvodu ramene, se schodnicemi v ploše ramene (např. ve třetinách šířky) a nebo kombinace těchto provedení (např. se schodnicemi po obvodu a v polovině šířky ramene).



Obr. 2 - Rozdělení schodnicových schodišť dle polohy schodnic

Dle počtu schodnic se rozlišují schodiště s jednou schodnicí, dvěma schodnicemi, třemi a více schodnicemi.

Dle technologie provádění se schodiště dělí na monolitické, prefabrikované a v ojedinělých případech prefamonolitické.

Dále lze schodiště třídit dle dalších obecných kritérií, kterými jsou například umístění vzhledem ke stavebnímu objektu, funkci a provoznímu využití, sklonu schodišťových ramen, počtu ramen apod.. Vzhledem k již zvolené kategorii schodišť nejsou tato kritéria dále podrobněji rozebírána.

2.3. Technologie způsobu provádění

Schodnicová schodiště můžeme provádět jako monolitickou konstrukci, prefabrikovanou či prefamonolitickou. Každá metoda provádění má určité výhody a nevýhody, o kterých bude pojednávat tato kapitola.

2.3.1. Monolitické konstrukce

Obrovskou výhodou monoliticky zhotovené konstrukce je možnost provedení tuhých stěniců a z toho vyplývající celkově celistvý kompozit. Skýtá však také řadu nevýhod, kterými jsou převážně problémy s bedněním křivočarých prvků, vyšší riziko geometrických odchylek, nižší kvalita, dlouhá doba výstavby a závislost výroby na klimatických podmínkách. Příklady monolitického křivočarého schodnicového schodiště jsou na obr. 3 a 4.

Obr.3 - Bednění pro točitou páteřní schodnici

Obr. 4 - Vybetonovaná schodnice po odbednění

2.3.2. Prefabrikované konstrukce

Výhodou tohoto způsobu provádění je zhotovení konstrukcí ve výrobně zajišťující vyšší kvalitu prvků, a to z hlediska geometrických odchylek, dodržování krycí vrstvy, optimálních podmínek pro zrání betonu či ztuhnutí betonu. Dalšími pozitivy jsou rychlejší výstavba a menší závislost na klimatických podmínkách. Dále metoda umožňuje snadnější zhotovování tvarově složitějších prvků. Nevýhodami jsou nízká tuhost styčnicků a nutnost splnění požadavků na hmotnost a rozměry s ohledem na dopravu a montáž prvku.

Požadavky na přepravu dle vyhlášky ministerstva dopravy č.341/2002 Sb.:

- největší povolená šířka 2,55m
- největší povolená výška 4,00m
- největší povolená délka jednotlivého vozidla 12,00m

Příklady montovaného schodnicového schodiště je uveden na obr. 5.

Obr. 5 - Montované schodnicové schodiště PRESBETON

2.3.2. Prefamolitické konstrukce

Třetí technologickou variantou je kombinace monolitické a prefabrikované konstrukce. Prefabrikovaná část standardně vytváří bednění pro nabetonování monolitické části. Z tohoto důvodu dochází k promísení výhod obou předchozích metod. Jedná se převážně o tužší provedení styků neboli zmonolitnění konstrukce, nevyžaduje obednění a výrazně zjednodušuje a urychluje výstavbu. Nevýhodou jsou opět požadavky z hlediska splnění hmotnosti a rozměrů pro přepravu a osazení prefabrikovaných částí. Z hlediska použití pro schodnicová schodiště se tato varianta standardně nenavrhuje.

2.4. Namáhání železobetonových schodišť s ohledem na tvar a počet schodnic

2.4.1. Přímé schodnice

Jedna či více přímých schodnic je namáhaných vnitřními silami totožnými se silami vzniklými na prostém nosníku. V tomto případě se jedná převážně o prostý ohyb a smyk. Schodnice je ve výsledku namáhána kombinací normálové síly, prostým ohybem a posouvající silou.

Obr. 6 - Přímé schodnicové schodiště - Kulturní centrum Semiasso

2.4.2. Zakřivené schodnice

V případě samostatné zakřivené schodnice (obr. 7) si nevystačíme s vnitřními silami vyskytujícími se u přímé schodnice, kterou lze zjednodušit a považovat za 2D konstrukci. Jedná se o prostorovou konstrukci, u které dochází ke vzniku všech šesti vnitřních sil. Tyto vnitřní síly můžeme rozdělit do skupin tvořících kombinaci namáhání. Momentové namáhání vzniká ve svislé a vodorovné rovině a vyvolává společně šikmý ohyb. Posouvající síly ve svislé a vodorovné rovině vyvolávají smykové namáhání a moment vznikající kolem střednice namáhá nosník kroucením. Schodnice je namáhána také normálovou silou. Zjednodušeně můžeme říci, že nosník je posuzován na kombinaci normálové síly, šikmého ohybu, šikmé posouvající síly a kroucení.

Obr. 7 - Schodnicová páteřní točitá schodiště

V případě dvou a více schodnic je namáhání obdobné jako u samostatné schodnice, s tím rozdílem, že většinou neuvažujeme účinky kroutícího momentu, který vzniká v důsledku nesymetrického zatížení schodišťových stupňů.

Obr. 8 - Točitá schodiště se dvěma schodnicemi

2.5. Technické požadavky pro schodišťová ramena a stupně [2]

1. SKLON

- v bytových domech, uvnitř prostorů určených ke shromažďování osob a únikových schodišť by měl být sklon schodišťových ramen v rozmezí 25°-35°. - viz obr. 9

Obr. 9 - Rozdělení schodišť a ramp dle sklonu

2. PROTISKLUZOVÁ ÚPRAVA

- úprava předního okraje stupně a podesty nesmí vyčnívat nad povrch více než 3 mm, přitom hrana takového výběžku musí být od přední hrany stupně/podesty vzdálena 20 až 40 mm
- musí být provedena tak, aby byla zaručena její dostatečná trvanlivost nebo možnost pravidelné obnovy

3. ODOLNOST PROTI SKLUZNOSTI

- zkouší se dle zkušebních metod uvedených v příslušných normách pro jednotlivé materiály a výrobky
- odolnost materiálu použitého na povrch schodišťových stupňů a podest musí být při návrhu i provádění doložena
- pochozí plocha schodišťových stupňů musí splňovat:
 - součinitel smykového tření větší než 0,5
 - hodnotu výkyvu kyvadla nejméně 40
 - úhel kluzu nejméně 10°

- při předním okraji schodišťového stupně do vzdálenosti 40mm od hrany musí protiskluzová úprava splňovat požadavky:
 - součinitel smykového tření větší než 0,6
 - hodnota výkyvu kyvadla nejméně 50
 - úhel kluzu nejméně 13°

4. VÝSTUPNÍ ČÁRA

- začíná na hraně nástupního stupně každého ramene, končí na hraně výstupního stupně každého ramene
- u ramen smíšených je vzájemně navazující kombinací přímky a křivky a umísťuje se půdorysně ve vzdálenosti 1/3 šířky ramene, měřené od vnější hrany oblouku jeho zakřivené části
- na výstupní čáře musí schodišťový stupeň splňovat navržený rozměr tj. šířku stupně b a výšku stupně h , u stupňů se zakřivenou výstupní čarou je šířka stupně b měřena jako tětiva oblouku v místě průsečíku výstupní čáry s hranami vzájemně navazujících stupňů

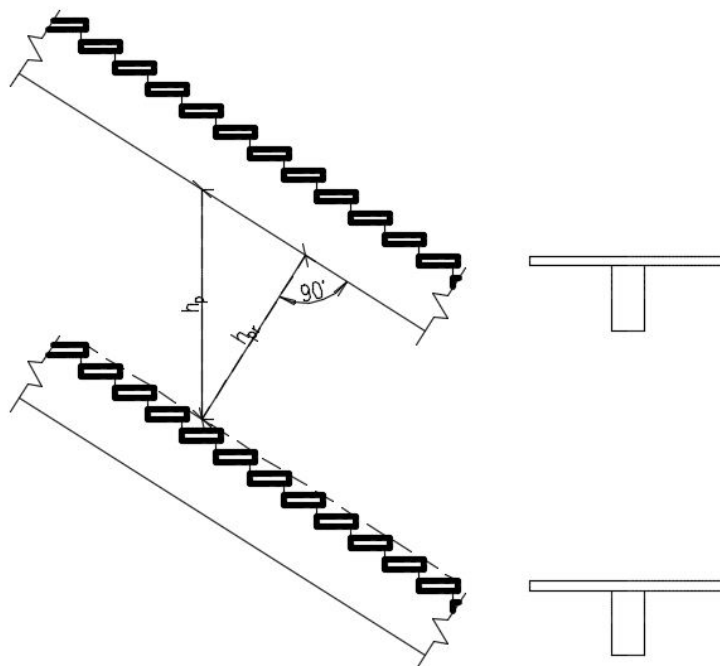
5. PRŮCHODNÁ ŠÍŘKA

- navrhuje se podle účelu a provozu
- má být násobkem 600 mm (šířka průchodného pruhu pro jednu dospělou osobu)
- konstrukce zábradlí/madel může zasahovat maximálně 100 mm

6. PODCHODNÁ VÝŠKA (h_p)

- je svislá vzdálenost mezi spojnicí hran schodišťových stupňů na výstupní čáře a rovnoběžnou přímkou vedenou spodním lícem konstrukcí nad výstupní čarou - viz obr.10
- nejmenší vyhovující podchodná výška se stanoví v závislosti na sklonu ramene podle vzorce: $H_{\min} = 1500 + 750/\cos\alpha$
- schodiště vybíhající do prostoru musí být upraveny tak, aby bylo zabráněno možnosti vstupu osob do průmětu prostoru s nižší výškou než 2100 mm (pro interiér):
 - zarážkou ve výšce 100 - 250 mm a pevnou tyčí ve výšce 1100mm

- pevnou zábranou o výšce minimálně 300 mm a pevnou tyčí ve výšce 1100 mm



Obrázek 10 - Schéma průchodné (h_{pr}) a podchodné (h_p) výšky

7. PRŮCHODNÁ VÝŠKA (h_{pr})

- je kolmá vzdálenost mezi spojnicí hran schodišťových stupňů na výstupní čáře a rovnoběžnou přímkou vedenou spodním lícem konstrukcí nad výstupní čarou - viz obr. 10
- nejmenší přípustná výška se stanoví v závislosti na sklonu ramene podle vzorce :
 $H_{2min} = 750 + 1500 \cdot \cos \alpha$
- ve veřejných budovách nesmí být nižší než 1950 mm

8. ZÁBRADLÍ

- schodišťová ramena a podesty musí být na volných okrajích opatřeny zábradlím s madlem v místech dle požadavků ČSN 74 3305 [7]
- na začátku a na konci ramene musí vodorovná část madla, alespoň na vnější straně ramene, přesahovat hranu počátku změny výškové úrovně nejméně 150mm

Pro schodišťové stupně se sklonem ramene 7 - 45° musí být navíc splněny následující požadavky:

- všechny schodišťové stupně v jednom rameni musí mít shodnou výšku
- všechny schodišťové stupně v jednom rameni musí mít na výstupní čáře shodnou šířku
- kosé a zvláštní stupně musí mít v nejužším místě šířku stupně minimálně 130 mm

Obr. 11 - Schéma minimální a základní šířky stupně

- počet výšek stupňů v jednom rameni je nejméně 3 a nejvíce 18, doporučuje se 16
- u dvouramenných a víceramenných je doporučeno dodržet shodný počet stupňů ve všech ramenech schodiště
- poměr mezi výškou a šířkou stupně h se určí podle vztahu: $2h+b = 630$ (případně 600 - 650 mm)
- optimální výška stupně schodiště v intervalu 150-180 mm
- nejmenší šířka stupně na výstupní čáře je 210 mm, nejmenší šířka stupnice na výstupní čáře 250 mm

Obr. 12 - Schéma nejmenší šířky stupně/stupnice na výstupní čáře

- stupně bez podstupnic mohou zasahovat pod přední hranu následující stupnice maximálně 40 mm
- stupnice stupňů musí být vodorovné a bez sklonu
- přední hrana stupně může být zaoblená ($r_{\max} = 10$ mm) nebo zkosená (maximálně výškově 5 mm a šířkově 25 mm)

Obr. 13 - Schéma maximálního dovoleného zkosení a zaoblení hrany stupně

- povrch stupnic nástupního a výstupního stupně v každém schodišťovém rameni musí být výrazně kontrastně rozeznatelný od povrchu ostatních stupňů a podest po celé jejich ploše nebo pruhem o šířce 100mm ve vzdálenosti nejvýše 50 mm od hrany stupně
- povrch musí být rezistentní vůči mechanickému namáhání, vlivům působícího prostředí i provozu v budově

3. NÁVRH ŽELEZOBETONOVÉHO SCHODIŠTĚ SE ZAKŘIVENOU PÁTEŘNÍ SCHODNICÍ

Předmětem projekční části bakalářské práce je návrh schodiště v reprezentativních prostorách administrativní budovy. Před započítáním konstrukčního a statického návrhu je zapotřebí stanovit veškeré požadavky na konstrukci zajišťující bezpečnost, trvanlivost a použitelnost konstrukce. Z tohoto hlediska se lze řídit při návrhu řadou norem. Nejdůležitější je v našem případě norma ČSN 73 4130 s názvem „Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky“ [2]. Dalšími normami jsou ČSN 73 1201 s požadavky na navrhování betonových konstrukcí [4], ČSN EN 13670 - „Provádění betonových konstrukcí“ [5], ČSN 74 4507 - „Odolnost proti skluznosti povrchu podlah - Stanovení součinitele smykového tření“ [6] a ČSN 74 3305 „Ochranná zábradlí“ [7].

3.1. Charakteristika objektu

Jedná se o samostatně stojící nepodsklepenou pětipatrovou administrativní budovu obdélníkového tvaru. V 1. NP se nacházejí garáže, vchod do budovy s recepcí a technické zázemí. Ve 2. a 3. patře budou kanceláře a 4. a 5. NP je vyhrazeno pro prezentování společnosti tj. reprezentativní prostory s možností pořádání výstav a společenských akcí. Objekt bude zastřešen plochou střechou. Budova je založena na železobetonových základových patkách. Nosný systém objektu je železobetonový monolitický sloupový doplněný o ztužující stěnové prvky. Strop je tvořený křížem armovanými deskami podepřenými ŽB průvlaky. Hlavní schodiště je řešeno jako železobetonové deskové prefabrikované dvouramenné. Druhé schodiště (řešené touto bakalářskou prací) propojující 4. a 5. patro je řešeno prefabrikovanou ŽB křivočarou schodnicí s dodatečně montovanými stupni. Ztužení objektu je zajištěno v příčném směru železobetonovými stěnami tloušťky 200mm a v podélném směru masivními průvlaky 400x700mm

Základní parametry konstrukce

- stropní desky tloušťky 180 mm
- podélné průvlaky 400x700 mm
- příčné průvlaky 400x700; 400x820 a 400x1000 mm
- sloupy 400x400 mm
- ztužující stěny 200 mm

Návrh těchto konstrukcí není součástí této bakalářské práce.

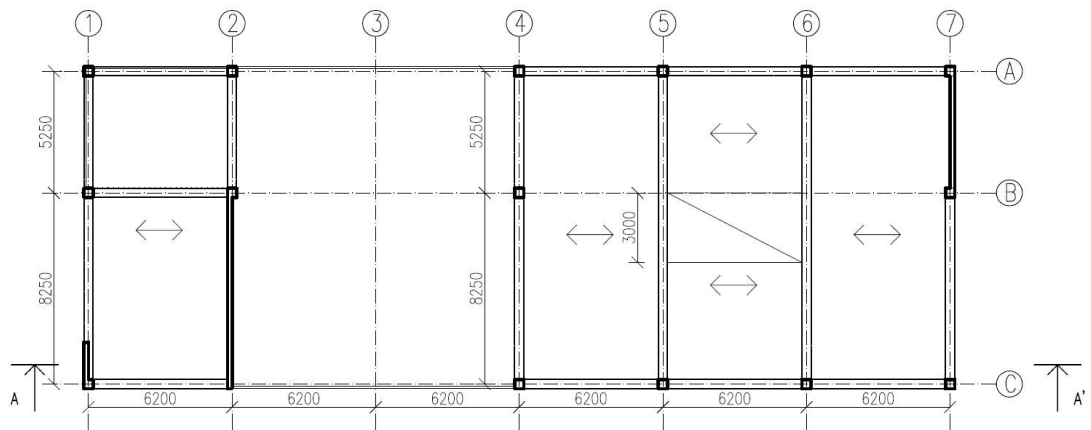
Pūdorys 1.NP

Obr. 14 - Pūdorys 1.NP

Pūdorys 2. NP

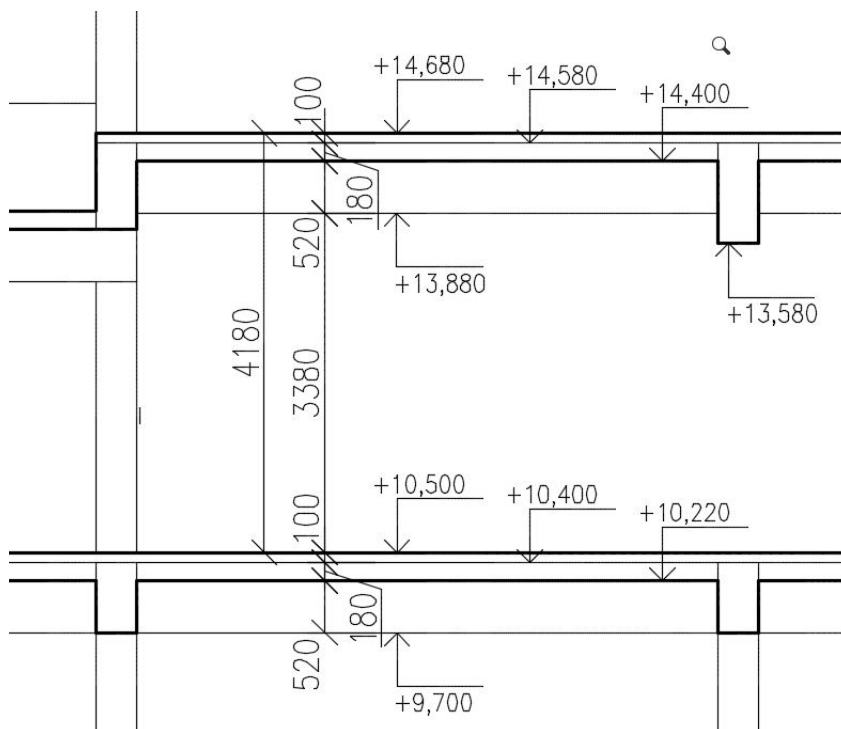
Obr. 15 - Pūdorys 2.N

Konstrukční schéma 5.NP



Obr. 18 - Konstrukční schéma 5.NP

Svislý řez schodišťového prostoru



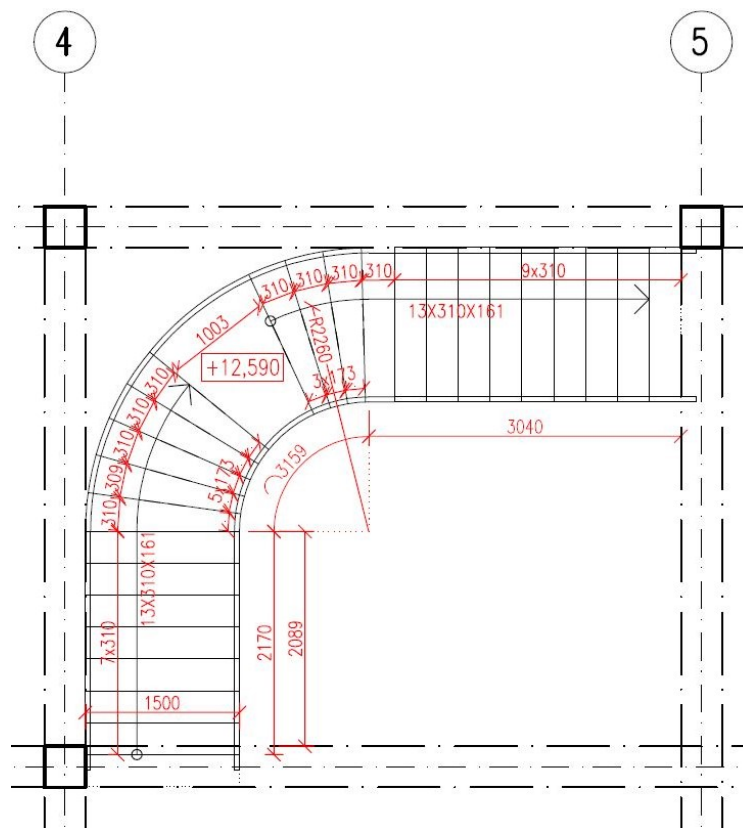
Obr. 19 - Podélný schematický řez objektem v místě navrhovaného schodiště

3.2. Návrh rozměrů a geometrie schodiště

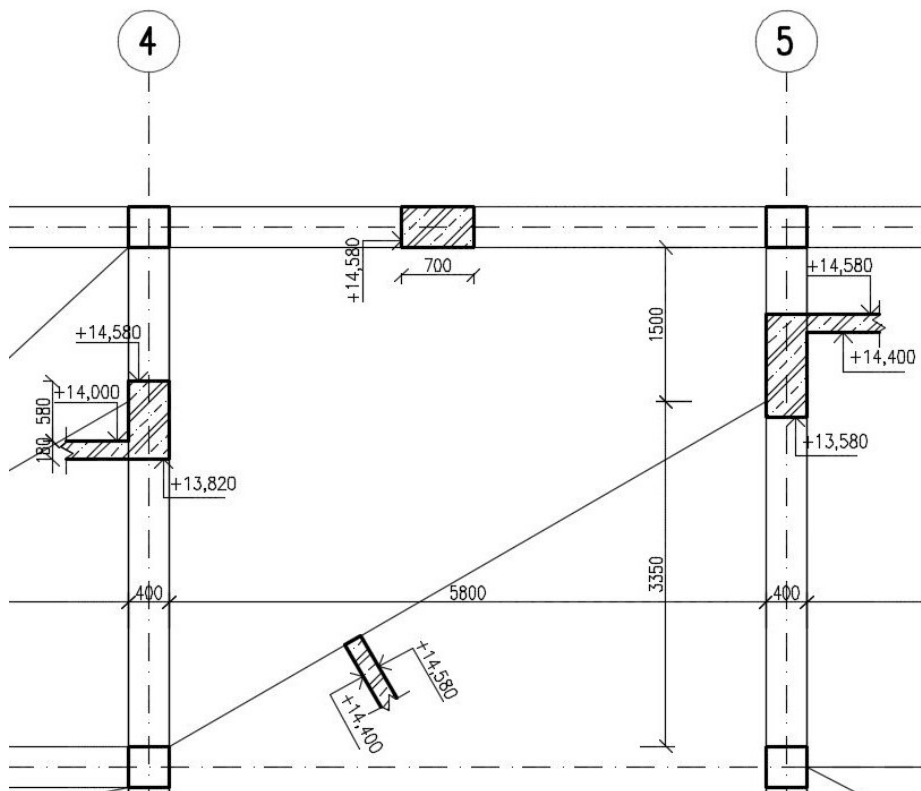
Pro daný prostor bylo zvoleno železobetonové schodiště s jednou páteří schodnicí. Z hlediska půdorysného tvaru se jedná o kombinované schodiště se dvěma rameny. Schodnice je sestavena z trojice prefabrikovaných prvků, bez nášlapných stupňů, které budou na schodnici namontovány dodatečně s vloženou akustickou izolací.

- 1) Konstrukční výška schodiště = **4180mm**
- 2) Předpokládaná výška stupně = **165mm**
- 3) Počet stupňů = $4180/165 = \text{cca } 26 \text{ stupňů}$
- 4) Konečná výška stupně = $4180/26 = \mathbf{160,8 \text{ mm}}$
- 5) Šířka stupně = $630 - 2 \cdot h = 630 - 2 \cdot 161 = 308 \text{ mm} = \text{cca } \mathbf{310 \text{ mm}}$
- 6) Šířka ramene stanovena na **1500 mm**
- 7) Sklon schodišťového ramena $\text{tg} \alpha = h/b = 160,8/310$; $\alpha = \mathbf{27,4^\circ}$
- 8) Minimální podchodná výška $h_p = \max(1500 + 750/\cos \alpha; 2100 \text{ mm}) = \max(1500 + 750/\cos 27,4; 2100) = \max(2345; 2100) = \mathbf{2345 \text{ mm}}$
- 9) Minimální průchodná výška $h_{pv} = \max(750 + 1500 \cdot \cos \alpha; 1950) = \max(2082; 1950) = \mathbf{2082 \text{ mm}}$

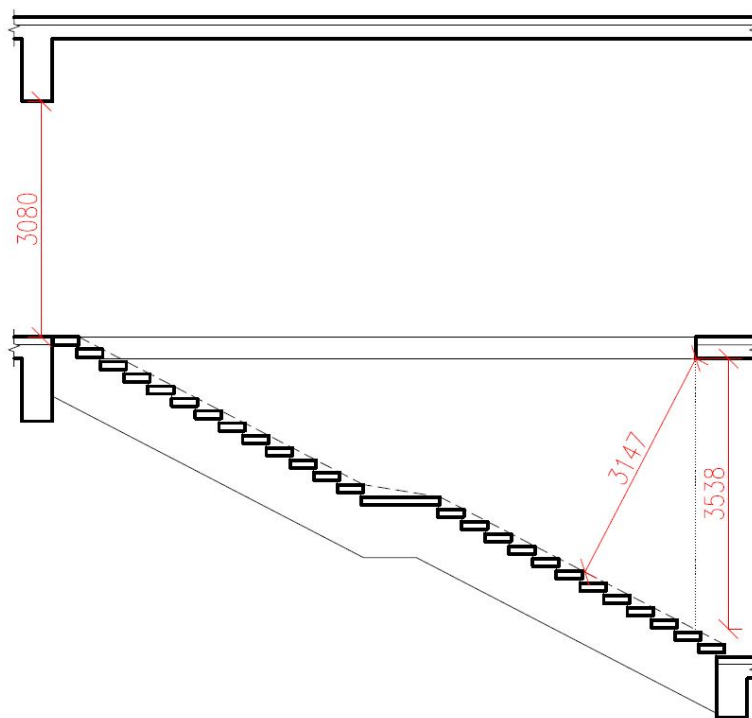
Uspořádání schodiště je zobrazeno na obr. 20.



Obr. 20 - Návrh geometrie schodiště



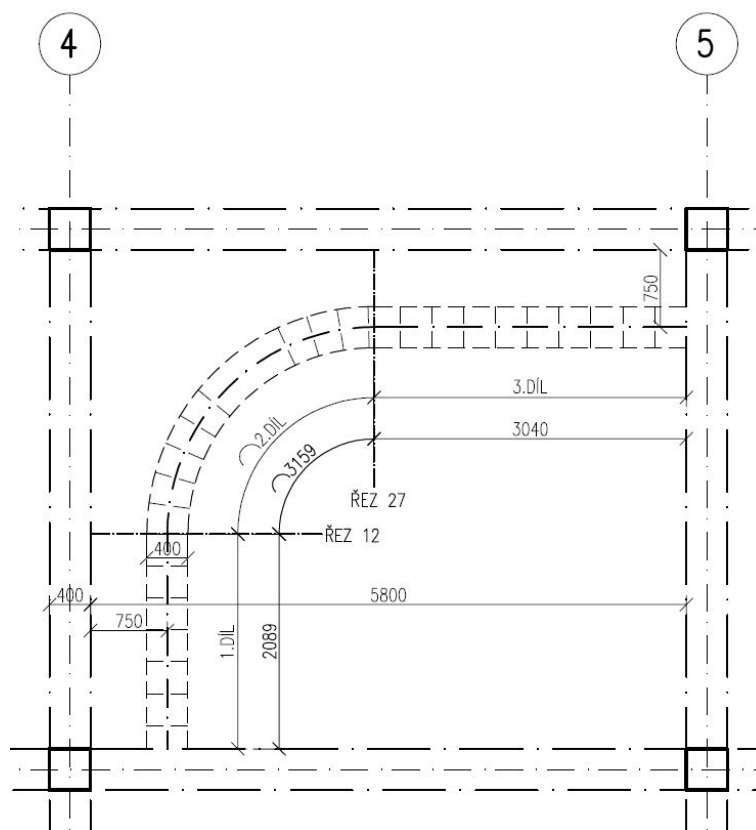
Obr. 21 - Výřez výkresu tvaru stropu 4.NP



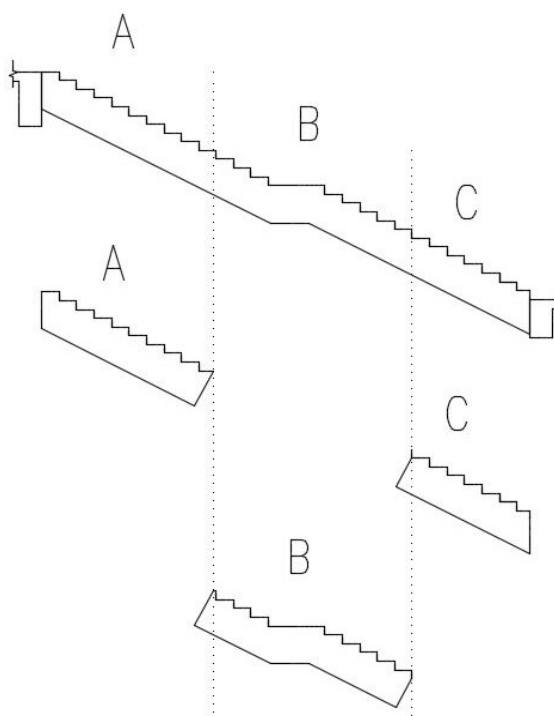
Obr. 22 - Schematický rozvinutý řez schodiště

Rozdělení schodnice

Schodnice se skládá ze 3 částí, které budou spojeny pomocí průvlakových patek PEIKKO RBC a kotevních šroubů PEIKKO PPM. [12]



Obr. 23 - Rozdělení schodnice



Obr. 24 - Rozdělení schodnice: část C odpovídá půdorysně 1. dílu

3.3. Požadavky normy ČSN 73 4130 [2]

Požadavky na schodišťová ramena

- **sklon ramene** mezi 25°-35°: navrženo 27,4° → **VYHOVUJE**
- **protiskluzová úprava**: bude řešeno při návrhu stupnice
- **odolnost proti skluznosti**: bude řešeno při návrhu stupnice
- **výstupní čára**: umístěna v 1/3 šířky schodiště, výška a šířka stupně v místě výstupní čáry jsou hodnoty totožné s návrhem těchto rozměrů → **VYHOVUJE**
- **průchodná šířka**: navržena 1500mm, což je 2,5 průchodného pruhu, zábradlí nebude zasahovat do průchodné šířky více jak 100 mm → **VYHOVUJE**
- **podchodná výška**: jediná konstrukce nad schodištěm je částečně zasahující strop nad 4.NP a průvlak stropu 5.NP, podchodná výška je větší než spočtená minimální podchodná výška s délkou 2345 mm → **VYHOVUJE (3080 mm)**
- **průchodná výška**: nutno posoudit pouze průchodnou výšku mezi schodištěm a částečně zasahujícím stropem 4.NP nad schodiště, minimální potřebná průchodná výška dle výpočtu je 2082 mm → **VYHOVUJE (3147 mm)**
- **zábradlí**: na veškerých volných okrajích je navrženo zábradlí s madlem vodorovně přesahující 150mm za poslední změnu výškové úrovně schodiště → **VYHOVUJE**

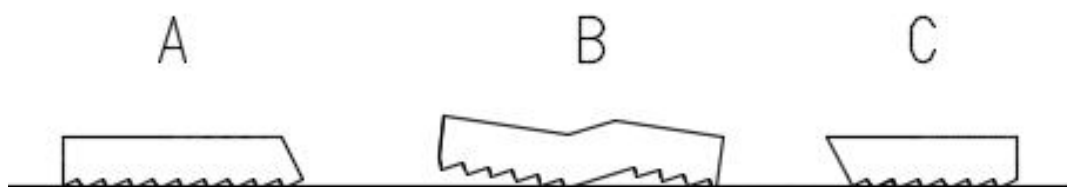
Požadavky na schodišťové stupně

- shodná výška všech stupňů → **VYHOVUJE**
- shodná šířka všech stupňů na výstupní čáře → **VYHOVUJE**
- nejmenší šířka všech kosých stupňů větší než 130 mm → **VYHOVUJE (173mm)**
- počet stupňů v rameni mezi 3 - 18 → **VYHOVUJE (13 stupňů)**
- doporučený stejný počet stupňů ve všech ramenech → **VYHOVUJE (13 stupňů)**
- výška stupně v intervalu 150 - 180 mm → **VYHOVUJE (160,8 mm)**
- šířka stupnice větší než 250 mm na výstupní čáře → **VYHOVUJE (340 mm)**
- šířka stupně větší než 210 mm na výstupní čáře → **VYHOVUJE (310 mm)**
- stupně bez podstupnic zasahují pod hranu vyššího stupně méně než 40mm → **VYHOVUJE (30 mm)**

Požadavky, které bylo možné v této fázi posoudit, **vyhovují** ČSN 73 4130. Ostatní požadavky jsou ověřeny při návrhu samostatných stupňů.

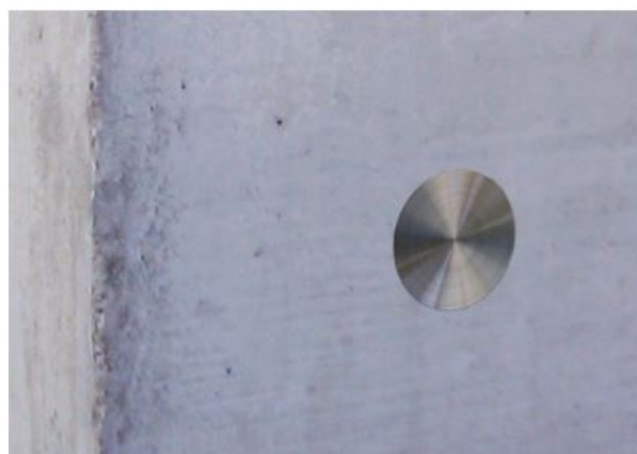
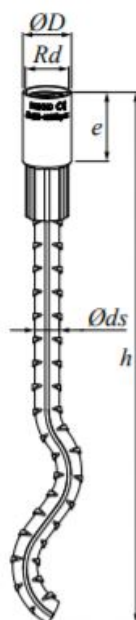
3.4. Technologie výroby schodnice

Bednění prefabrikátů (prvků schodnice) bude prováděno pomocí forem určených pro betonáž v obrácené poloze - stupni směrem dolů. - viz obr. 25



Obr. 25 - Poloha prvků během betonáže

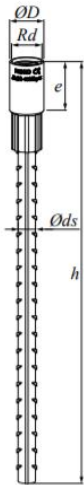
Manipulační kotvy [12] jsou navrženy na boční straně schodnice pro odbednění a na horní straně pro osazení prvku na požadované místo. Montážní kotvy schodiště jsou zvoleny PEIKKO JENKA typu WAL či WAS (obr. 26) pro odbednění a typu SRA (obr. 28) pro usazení - přesný typ uveden ve statickém výpočtu. Prvky určené pro osazení schodiště budou zároveň sloužit ke kotvení schodišťových stupňů. Manipulační úchyty na spodní straně schodnice budou po osazení zaslepeny pomocí krytek JENKA typu PNP (obr. 27). Osazení všech úchyťů do bednění bude provedeno pomocí fixačních magnetických prvků PEIKKO NPM. Při zvedání bude použito jeřábové traverzy s nastavitelnou délkou. Při odbedňování bude použito závitových závěsných lanových ok s kloubem.



Obr. 27 - Záslepka PNP-S

Obr. 26 - Úchyt WAL

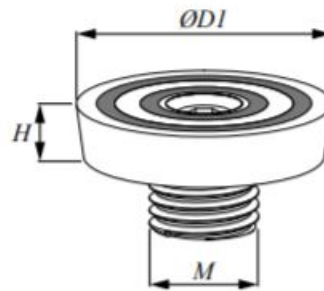
Pro osazení schodišťových stupňů bude použito kotev typu SRA 12x195 z produktové řady JENKA výrobce PEIKKO (obr. 28). Osazení všech kotev do bednění bude provedeno pomocí fixačních magnetických prvků PEIKKO typu NPM (obr. 29). [12]



| Item No. JRd/JM | Dimensions | | | | | | SRA | WAL |
|--------------------|--------------|------------|-----------|-------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | Rd/M [mm] | OD [mm] | e [mm] | Od _s [mm] | OD1 [mm] | g [mm] | h [mm] | h [mm] |
| 12 | 12 | 15.0 | 22 | 8 | 24 | | 195 | 135 |
| 14 | 14 | 18.0 | 25 | 10 | 30 | | 235 | 170 |
| 16 | 16 | 21.0 | 27 | 12 | 36 | | 275 | 215 |
| 18 | 18 | 24.0 | 34 | 14 | 42 | | 305 | 235 |
| 20 | 20 | 27.0 | 35 | 14 | 42 | 50 | 360 | 270 |
| 24 | 24 | 31.0 | 43 | 16 | 48 | 60 | 400 | 350 |
| 30 | 30 | 40.0 | 56 | 20 | 60 | 60 | 505 | 450 |
| 36 | 36 | 47.0 | 68 | 25 | 75 | 70 | 690 | 570 |
| 42 | 42 | 54.0 | 80 | 28 | 84 | 70 | 840 | 620 |
| 52 | 52 | 67.0 | 100 | 32 | 96 | 70 | 950 | 880 |

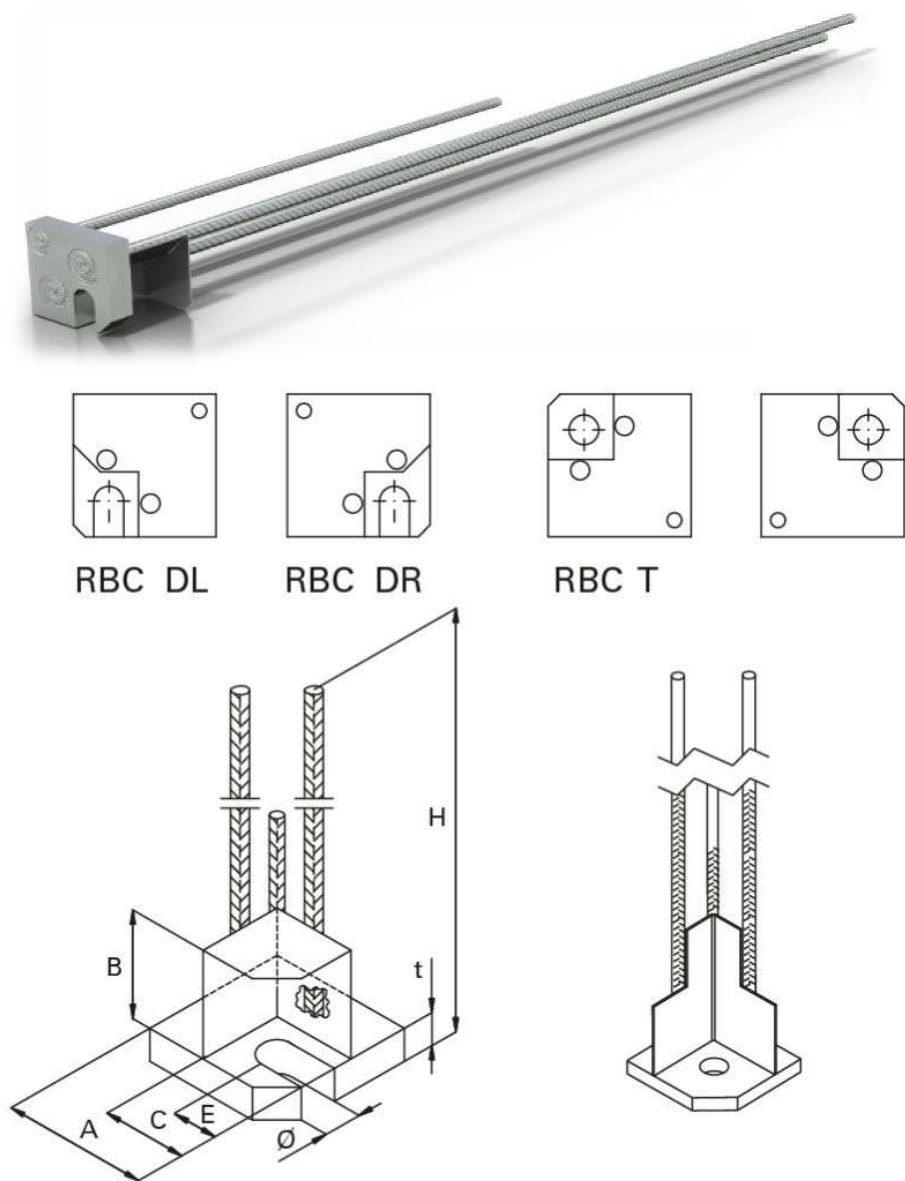
Obr. 28 - PEIKKO SRA, dimenze typu, SRA a WAL








| Item Name | M | OD1 [mm] | H |
|-----------|----|-------------|----|
| NPM12 | 12 | 70 | 15 |
| NPM14 | 14 | 70 | 15 |
| NPM16 | 16 | 70 | 15 |
| NPM18 | 18 | 70 | 15 |
| NPM20 | 20 | 70 | 15 |
| NPM24 | 24 | 70 | 15 |
| NPM30 | 30 | 70 | 15 |
| NPM36 | 36 | 70 | 15 |
| NPM42 | 42 | 70 | 15 |
| NPM52 | 52 | 70 | 15 |



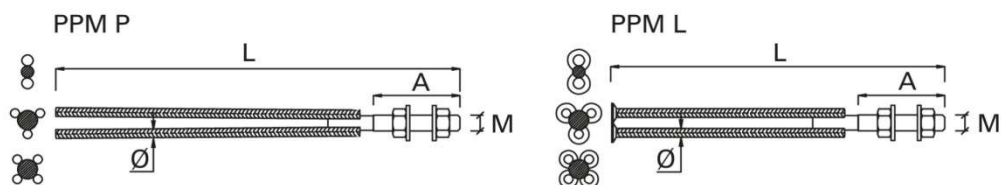
Obr. 29 - PEIKKO NPM

Spojení prefabrikovaných částí schodnice bude provedeno pomocí průvlakové patky PEIKKO RBC (obr. 30) a vysokopevnostních kotevních šroubů PEIKKO PPM (obr. 31). [12]



| | A | B | C | E | H | Ø | t | weight | color |
|--------|------|-----|-----|----|------------|----|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | [mm] | | | | | | | [kg] | |
| RBC 16 | 115 | 80 | 80 | 50 | 850/1159* | 27 | 15 | 4,0 |  |
| RBC 20 | 130 | 90 | 80 | 50 | 980/1352* | 30 | 20 | 7,5 |  |
| RBC 24 | 150 | 90 | 85 | 50 | 1085/1489* | 35 | 25 | 12,6 |  |
| RBC 30 | 155 | 100 | 90 | 50 | 1490/2067* | 40 | 35 | 24,5 |  |
| RBC 36 | 195 | 110 | 110 | 60 | 2280/3180* | 50 | 50 | 60,8 |  |
| RBC 45 | 240 | 125 | 125 | 60 | 2320 | 60 | 60 | 80,0 |  |
| RBC 52 | 290 | 150 | 135 | 60 | 2670 | 70 | 80 | 125,3 |  |

Obr. 30- PEIKKO RBC - tvar a rozměrová charakteristika typů



| | M | A | Ø | washer | spanner size [mm] | PPM P | | PPM L | | color |
|--------|----|-----|------|----------|----------------------|-------|------|-------|------|--------|
| | | | | | | L | [kg] | L | [kg] | |
| PPM 30 | 30 | 190 | 2025 | Ø 65-8 | 46 | 1705 | 14.1 | 670 | 6.2 | Black |
| PPM 36 | 36 | 190 | 4020 | Ø 80-8 | 55 | 1450 | 16.0 | 740 | 9.4 | Red |
| PPM 39 | 39 | 190 | 3025 | Ø 90-10 | 60 | 1815 | 23.5 | 880 | 12.7 | Brown |
| PPM 45 | 45 | 220 | 4025 | Ø 100-10 | 70 | 1825 | 31.4 | 980 | 18.6 | Purple |
| PPM 52 | 52 | 250 | 4032 | Ø 100-12 | 80 | 1930 | 52.1 | 1140 | 32.6 | White |
| PPM 60 | 60 | 310 | 4032 | Ø 115-15 | 90 | 2490 | 71.0 | 1330 | 42.0 | - |

Obr.31 - PEIKKO PPM - tvar a charakteristika typů

Pro konstrukci schodiště bude využito šroubů PPM L z důvodu blízkosti ohybu schodnice vyztužovaných spojů prvků.

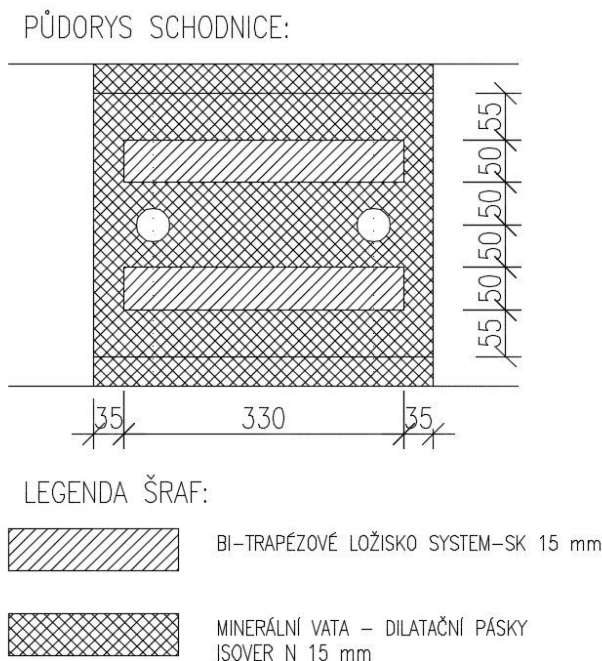
Výsledný spoj pomocí prvků RBC a PPM:



Obr. 32 - Spoj RBC a PPM

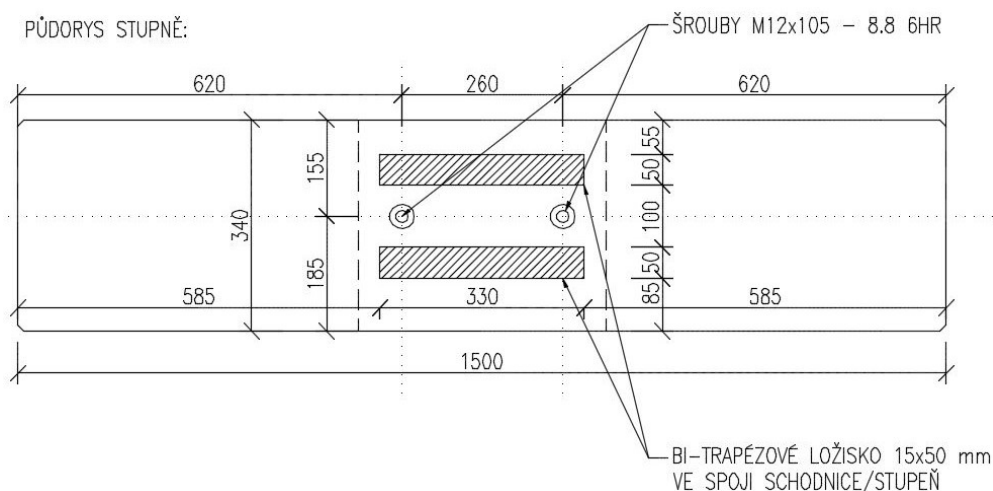
Řešení akustiky [13]

K zamezení šíření kročejového hluku, vzniklého používáním schodiště, přenášejícího se do ostatních nosných konstrukcí budovy je použito bi-trapézových ložiskových pásů s výškou 15 mm a šířkou 50 mm od výrobce SYSTEM - SK. Akustické oddílatování bude probíhat v místě napojení jednotlivých schodišťových stupňů. Samostatná schodnice tedy nebude akusticky oddělena od ostatních nosných konstrukcí. Pásky bi-trapézových ložisek jsou v návínu 1m a budou se zkracovat na potřebnou délku (viz obr. 34). Kolem ložiskových pásů bude použito dilatačních pásků z minerální vaty ISOVER N tloušťky 15 mm. Ložiskové pásky musejí být umístěny minimálně 35 mm od hrany schodnice (minimálně 25 mm od konce zkosení hrany).



Obr. 33 - Rozmístění bi-trapézových ložisek na schodnici

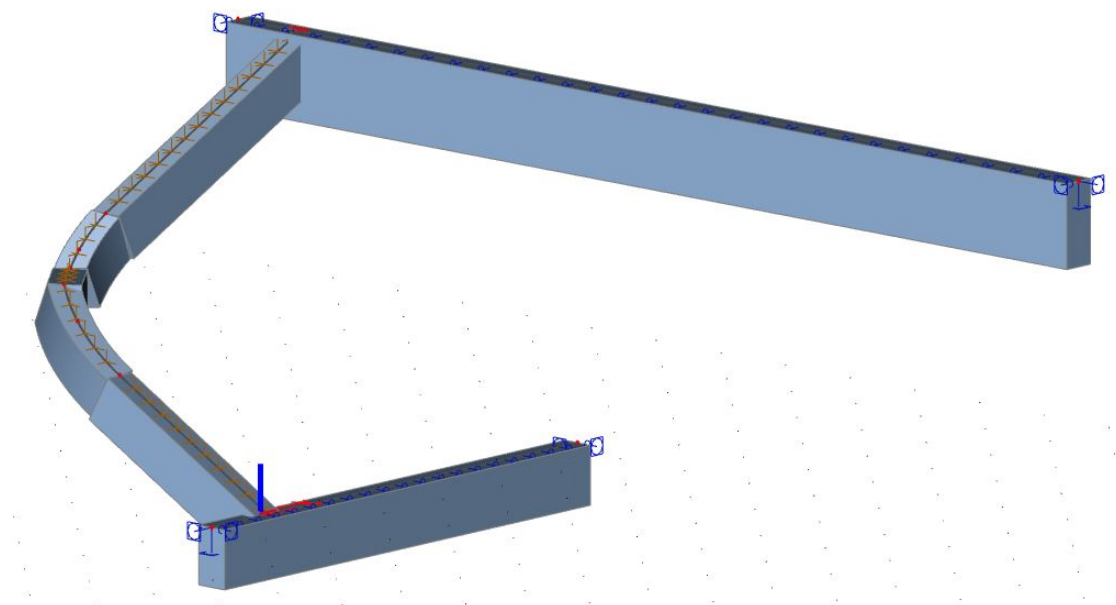
Umístění bi-trapézových ložisek vzhledem ke schodišťovému stupni:



Obr. 34 - Poloha bi-trapézových ložisek vzhledem ke schodišťovému stupni

3.5. Návrh schodnice

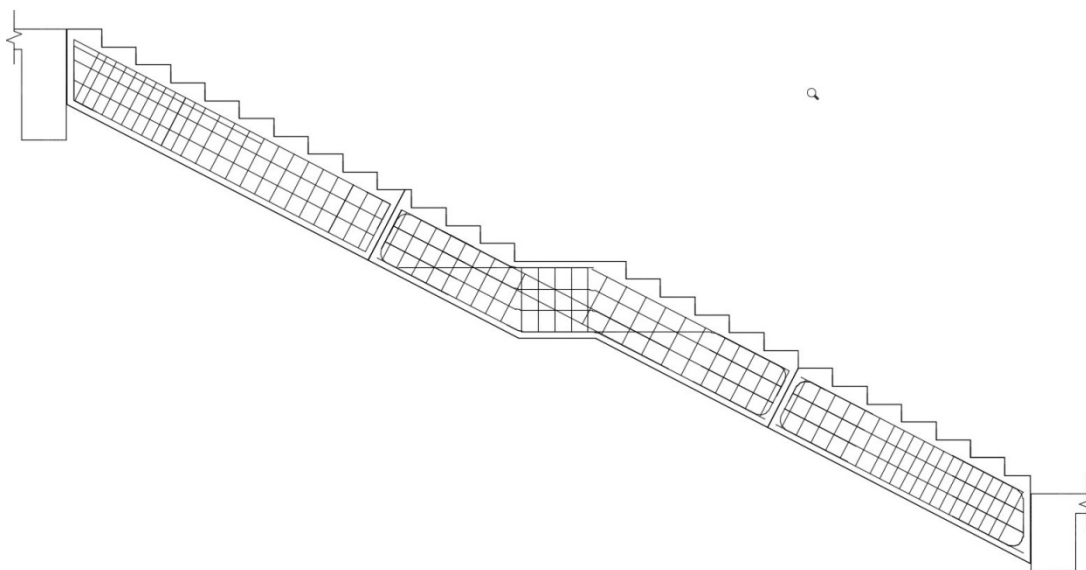
Schodnice byla navržena pomocí výpočetního prostorového modelu vytvořeného pomocí softwaru SCIA Engineer 18.0. Modelování schodnice je provedeno včetně přilehlých částí nosných konstrukcí (průvlaků) tak, aby byla zohledněna tuhost styčnicků v napojení schodnice při výpočtu vnitřních sil, který je proveden metodou konečných prvků (viz obr. 35). Schodnice je namáhána všemi druhy vnitřních sil, které mohou vznikat v prostorové konstrukci, tj. normálovou silou, posouvající silou ve směru y a z, torzním momentem a ohybovými momenty kolem osy y a z. Z tohoto důvodu je konstrukce navržena a posouzena na kombinaci šikmého ohybu a normálové síly a kombinaci posouvajících sil a kroucení.



Obr. 35 - Model schodnice s navazujícími přilehlými nosnými konstrukcemi v programu SCIA Engineer 18

Výsledný model schodnice s navrženou vyztuží je posouzen pomocí jednotkového posudku, tj. poměrem vypočteného namáhání konstrukce ku maximálnímu dovolenému namáhání konstrukce (procentuální namáhání vyjádřené bezjednotkovým součinitelem). Vyztužený model vyhověl po celé délce střednice na kombinaci normálové síly a šikmého ohybu, na kombinaci posouvajících sil a kroucení a na posouzení konstrukčních zásad návrhu vyztuže. Z hlediska MSÚ tedy schodnice vyhovuje.

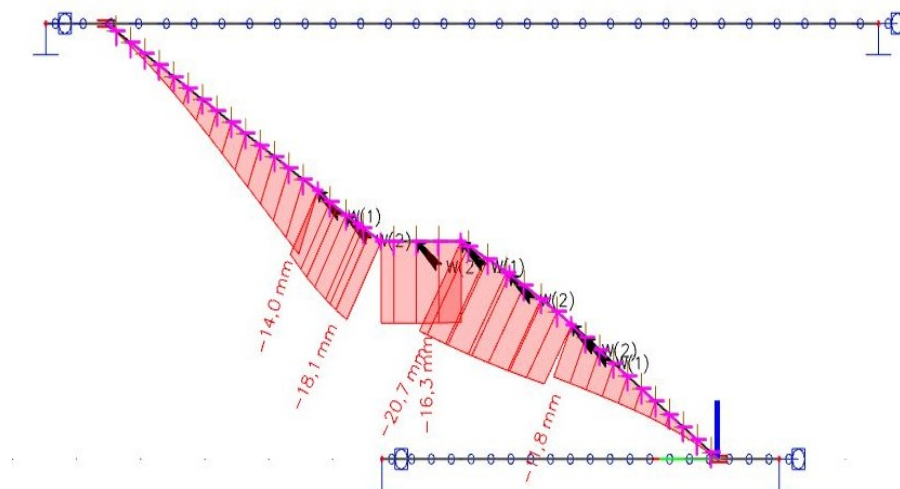
Schéma vyztužení schodnice:



Obr. 36 - Skica vyztužení schodnice

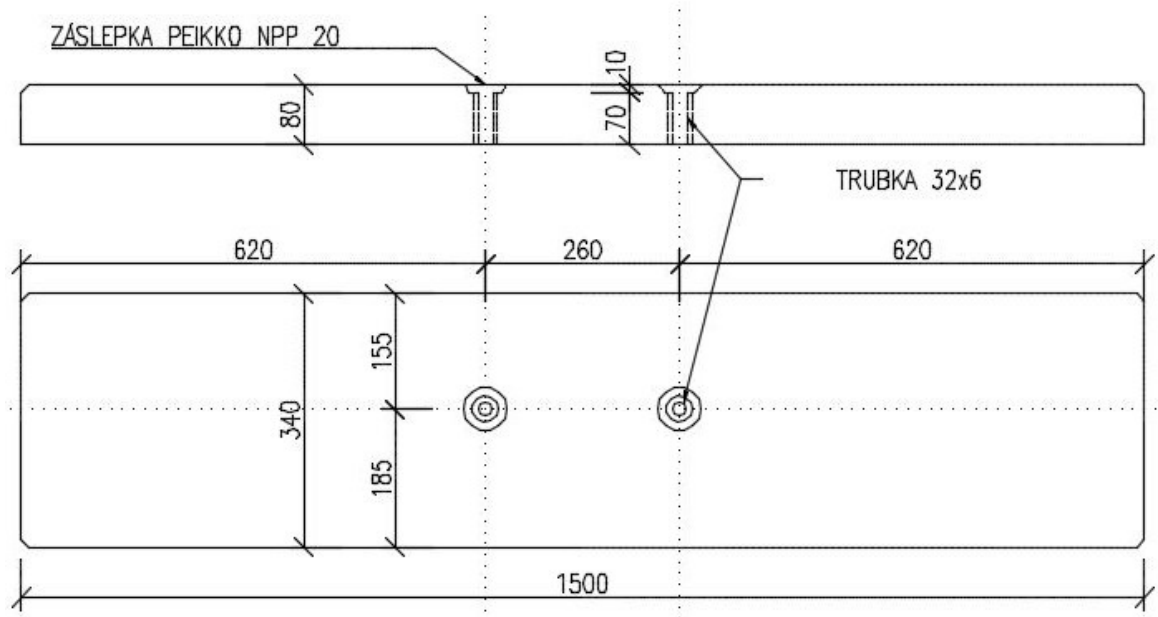
Podrobný výkres vyztužení jednotlivých částí včetně osazení kotevních prvků viz výkresová část.

Schodnice byla posouzena také z hlediska mezního stavu použitelnosti. Výpočet průhybu byl proveden nelineárním výpočtem pro kvazistálou kombinaci pomocí programu SCIA Engineer 18, který nezahrnuje průhyb vlivem smršťování. Vliv smršťování byl dopočítán ručně, přičemž byl zanedbán vliv autogenního smršťování a uvažován pouze vliv smršťování od vysychání. Autogenní smršťování bylo zanedbáno z důvodu betonáže prvků v prefě, tj. autogenní smršťování proběhne ještě před osazením dílců na stavbě. Při sečtení jednotlivých průhybu je celkový průhyb 25,2 mm. Po porovnání s limitním průhybem přesahujícím 33 mm je zjevné, že schodnice vyhoví i z hlediska MSP [3]. Podrobněji rozebraný návrh schodnice viz statický výpočet.



Obr. 37 - Průhyb bez zahrnutí vlivu smršťování - výstup SCIA Engineer 18

3.6. Návrh stupňů



Obr. 38 - Geometrie schodišťových stupňů

Stupně budou montovány na schodnici pomocí šroubů se šestihranou hlavou M12x105 - 8.8 do připravených kotev PEIKKO SRA 12x195. V místech, kde jsou kotvy využívány i k manipulaci schodnice (kotvy SRA 20x360) budou použity pro montáž stupňů šrouby M20x110 6HR - 8.8. Pod šrouby budou použity ocelové ploché pevnostní podložky podložené EPDM podložkou tloušťky 2 mm.

3.7. Zhodnocení navržené varianty

Zhotovení schodiště pomocí prefabrikátu je zvoleno s ohledem na složitost bednění schodnice a návaznost betonáží jednotlivých podlaží. V případě monolitického provedení by pracovní spáry vznikly v nevhodných průřezích schodnice, kde je vysoké ohybové namáhání, tj. v úrovni horní hrany stropu 3.NP a boční hrany průvlaku 4.NP. Bednění průvlaku stropu 4. NP s vyčnívající masivní výztuží do boku pro napojení schodnice by bylo složitě proveditelné a použití vylamovací výztuže by bylo v tomto případě nedostatečné. Schodnice byla navržena s rozdělením na 3 díly z důvodu splnění požadavků na dopravu dílců a kapacity jeřábu. Jednotlivé schodišťové stupně jsou navrženy jako dodatečně montované s ohledem na zamezení šíření kročejového hluku. Akustické oddílování schodnice od ostatních nosných konstrukcí by bylo vzhledem k působícím vnitřním silám těžko proveditelné, nebo dokonce nemožné. Dalším výrazným důvodem pro volbu výroby schodnice metodou prefabrikace je urychlení celkové doby výstavby a omezení velikosti výsledného průhybu.

4. ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na zakřivená železobetonová schodnicová schodiště. Při stanovení namáhání jednotlivých konstrukcí bylo nutné uvážit jednotlivé zatěžovací stavy mající významný či rozhodující vliv na namáhání konstrukce schodiště. Vzhledem ke složitosti výpočtu vnitřních sil u prostorové konstrukce bylo nutné výpočet provést pomocí výpočetního programu SCIA Engineer metodou konečných prvků. Ruční výpočet, jejímž by bylo možné ověřit absolutní správnost a funkčnost modelu, nebylo vzhledem k rozsahu výpočtů možné provést. Výpočetní model byl kontrolován jednoduchými výpočty a vizuálním posouzením průběhu vnitřních sil a lineárního průhybu. Tento postup měl za cíl redukci chyb při sestavování modelu a přiblížení funkčnosti modelu reálnému působení konstrukce. Se stejným problémem se potýkalo i posouzení mezního stavu použitelnosti, kde byl průhyb schodnice počítán opět pomocí výpočetního programu SCIA Engineer s doplněním průhybu vlivem smršťování ručním výpočtem.

Návrh a posouzení výztuže prvků byly provedeny kombinací ručního výpočtu a použitím výpočetního softwaru SCIA Engineer s přihlédnutím ke složitosti namáhání prvku. Výsledné vyztužení prvků bylo provedeno tak, aby splňovalo konstrukční zásady. Dimenzování veškerých spojovacích a manipulačních kotev či prvků bylo prováděno pomocí podkladů výrobce obsahujících únosnosti prvků.

Pro vyztužení schodiště byly rozhodující všechny druhy namáhání. Na začátku a konci schodnice převládal vliv namáhání prvku kombinací ohybu a normálové síly, zatímco na zbytku délky střednice převládal vliv namáhání schodnice kombinací smyku a kroucení. Střed schodnice, v místě podesty, byl vyztužen s rozhodujícím vlivem konstrukčních zásad.

4.1. Zhodnocení splnění cílů práce

Typy železobetonových schodišť a jejich způsoby provádění jsou popsány v 2. kapitole v podkapitolách 1-3.

Základním aspektům návrhu konstrukčních železobetonových prvků namáhaných kombinací normálové síly, šikmého ohybu, posouvající síly a kroucení, se věnuje podkapitola 2.4.

Návrh a posouzení vybraného schodiště, který je hlavní složkou této bakalářské práce, je obsažen v kapitole 3, tj. návrh železobetonového schodiště se zakřivenou páteří schodnicí. Schodiště je podrobněji ze statického hlediska řešeno ve statickém výpočtu, který je přílohou bakalářské práce. Výsledkem je celkový návrh schodiště včetně výkresů vyztužení schodnice, které jsou přílohou.

Vzhledem ke splnění jednotlivých bodů zadání bakalářské práce tohoto zhodnocení lze považovat cíle práce za splněné.

4.2. Literární zdroje

4.2.1. Knižní zdroje

[1] B. EICHLER - *Betonová schodiště - konstrukce, návrh, příklady realizací*, 2006

4.2.2. Normy

[2] ČSN 73 4130 - *Schodiště a šikmé rampy - základní požadavky*, ÚNMZ 2010

[3] ČSN EN 1992-1-1 - *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Český normalizační institut 2006

[4] ČSN 73 1201 - *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*, ÚNMZ 2010

[5] ČSN EN 13 670 - *Provádění betonových konstrukcí*, ÚNMZ 2010

[6] ČSN 74 4507 - *Odolnost proti skluznosti povrchu podlah - stanovení součinitele smykového tření*, Český normalizační institut 2007

[7] ČSN 74 3305 - *Ochranná zábradlí*, ÚNMZ 2017

4.2.3. Webové zdroje / přednášky

[8] <https://www.fine.cz/napoveda/>

[9] <https://help.scia.net>

[10] http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_Ram.pdf

[11] <http://people.fsv.cvut.cz/~foglamar/Download/BEK3-MSP-prednaska.pdf>

[12] <https://www.peikko.sk>

[13] <http://www.system-sk.com/produkty/odhlucnenie-schodisk>

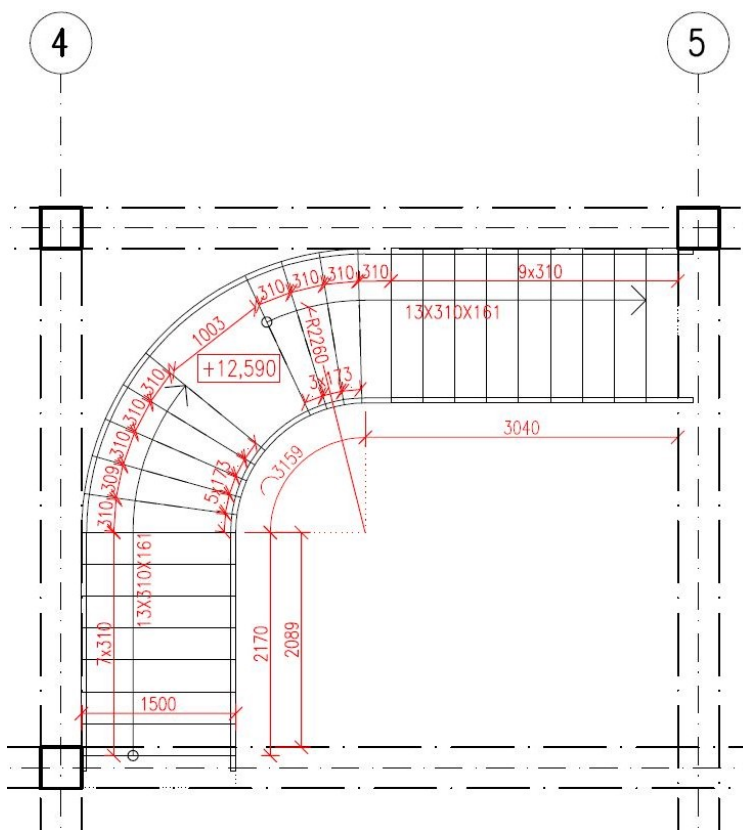
4.3. Obrázky

- obr.1. Typy schodišť podle půdorysného tvaru schodišťových ramen - vlastní
- obr.2. Rozdělení schodnicových schodišť dle polohy schodnic - vlastní
- obr.3. Bednění pro točitou páteřní schodnici - DNA Design s.r.o.
- obr.4. Vybetonovaná schodnice po odbednění - DNA Design s.r.o.
- obr.5. Montované schodnicové schodiště PRESBETON - <https://www.presbeton.cz>
- obr.6. Přímé schodnicové schodiště - Kulturní centrum Semiasso - B.Eichler;
- obr.7. Schodnicové páteřní točitá schodiště - DNA Design s.r.o.
- obr.8. Točitá schodiště se dvěma schodnicemi - B Eichler; Betonová schodiště 2006
- obr.9. Rozdělení schodišť a ramp dle sklonu - <http://www.stavebnikomunita.cz>
- obr.10. Schéma průchodné (h_{pr}) a podchodné (h_p) výšky - vlastní
- obr.11. Schéma minimální a základní šířky stupně - <http://www.3asporadna.cz>
- obr.12. Schéma nejmenší šířky stupně/stupnice na výstupní čáře - <http://www.stavebnikomunita.cz>
- obr.13. Schéma maximálního dovoleného zkosení a zaoblení hrany stupně. - <https://www.dashofer.cz>
- obr.14. Půdorys 1.NP - AB STAFIN a.s.
- obr.15. Půdorys 2.NP - AB STAFIN a.s.
- obr.16. Podélný řez objektem - vlastní
- obr.17. Konstrukční schéma 4.NP - vlastní
- obr.18. Konstrukční schéma 5.NP - vlastní
- obr.19. Podélný schématický řez objektem v místě navrhovaného schodiště - vlastní
- obr.20. Návrh geometrie schodiště - vlastní
- obr.21. Výřez výkresu tvaru stropu 4.NP - vlastní
- obr.22. Schématický rozvinutý řez schodiště - vlastní
- obr.23. Rozdělení schodnice - vlastní
- obr.24. Rozdělení schodiště: část C odpovídá půdorysně 1. dílu
- obr.25. Poloha prvků během betonáže- vlastní
- obr.26. Úchyt WAL - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.27. Záslepka PNP-S - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.28. Peikko SRA, dimenze typu SRA a WAL - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.29. Peikko NPM - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.30. Peikko RBC - tvar a rozměrová charakteristika typů - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.31. Peikko PPM - tvar a charakteristika typů - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.32. Spoj RBC a PPM - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.33. Rozmístění bi-trapézových ložisek na schodnici - vlastní
- obr.34. Poloha bi-trapézových ložisek vzhledem ke schodišťovému stuni - Peikko Czech Republik s.r.o.
- obr.35. Model schodnice s navazujícími přilehlými nosnými konstrukcemi v programu SCIA Engineer 18 - vlastní
- obr.36. Skica vyztužení schodnice - vlastní
- obr.37. Průhyb bez zahrnutí vlivu smršťování - výstup SCIA Engineer 18 - vlastní
- obr.38. Geometrie schodišťových stupňů - vlastní

STATICKÝ VÝPOČET NAVRŽENÉHO SCHODIŠTĚ

A) Vstupní údaje:

Geometrie schodiště:



Materiálová charakteristika:

SCHODNICE:

- Beton C40/50 - XC1 - C1 0,2 - Dmax = 16mm - S3:

- $f_{ck} = 40,0\text{MPa}$
- $f_{cd} = 26,67\text{MPa}$
- $f_{cm} = 48,00\text{MPa}$
- $E_{cm} = 35,0\text{GPa}$
- $\epsilon_{cu} = -3,5\%$

- Ocel B500B:

- $f_{yk} = 500,0\text{MPa}$
- $f_{yd} = 434,8\text{MPa}$

SCHODIŠŤOVÉ STUPNĚ, MEZIPODESTA:

- Beton C40/50 - XC1 - Cl 0,2 - Dmax = 8mm - S3:

- $f_{ck} = 40,0\text{MPa}$
- $f_{cd} = 26,67\text{MPa}$
- $f_{cm} = 48,00\text{MPa}$
- $E_{cm} = 35,0\text{GPa}$
- $\epsilon_{cu} = -3,5\%$

- Ocel B500B:

- $f_{yk} = 500,0\text{MPa}$
- $f_{yd} = 434,8\text{MPa}$

B) Předběžný návrh rozměrů:

- Schodnice

$$h_T = (1/12 - 1/10) L = (1/12 - 1/10) * 8290 = 691 - 829 \rightarrow \text{zvoleno } 600\text{mm}$$

$$b_T = (0,4 - 0,5) h_T = (0,4 - 0,5) * 600 = 240 - 300 \rightarrow \text{zvoleno } 400\text{mm}$$

- Schodišťové stupně

$$h_T = 1/10 * L_{konzola} = 1/10 * 750 = 75 \rightarrow \text{zvoleno } 80\text{mm}$$

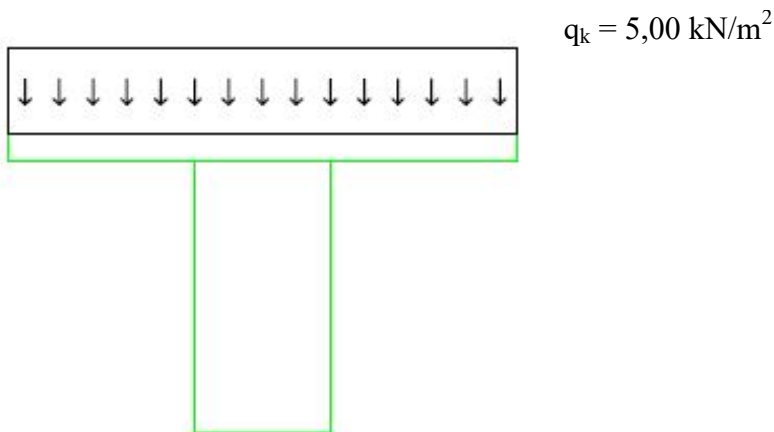
C) Zatížení

- SCHODIŠŤOVÉ STUPNĚ - LINIOVÉ ZATÍŽENÍ
 - Pro přímé stupně

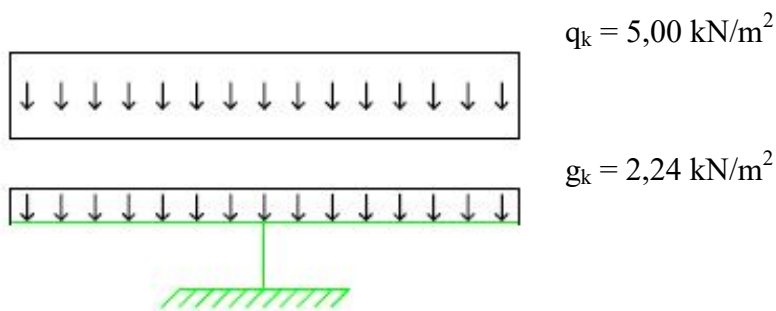
Přímý stupeň

| | druh | g_k [kN/m ²] | γ_G | g_d [kN/m ²] |
|--------|-------------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| stálé | vlastní tíha kamenného stupně | 2,24 | 1,35 | 3,02 |
| užitné | druh | q_k [kN/m ²] | γ_Q | q_d [kN/m ²] |
| | kategorie C5 | 5,00 | 1,5 | 7,50 |

schéma užitého zatížení konstrukce q_k :



statické schéma $\Sigma(g+q)_k$:

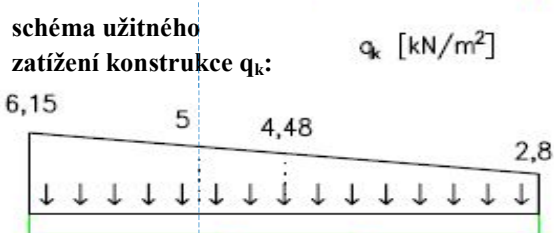
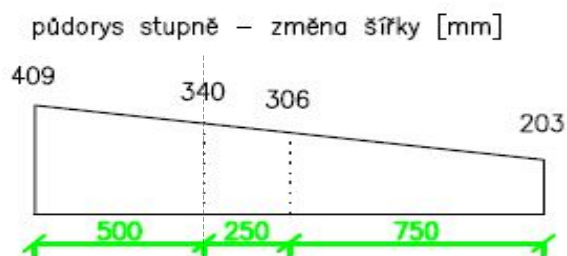


- Pro oblé stupně

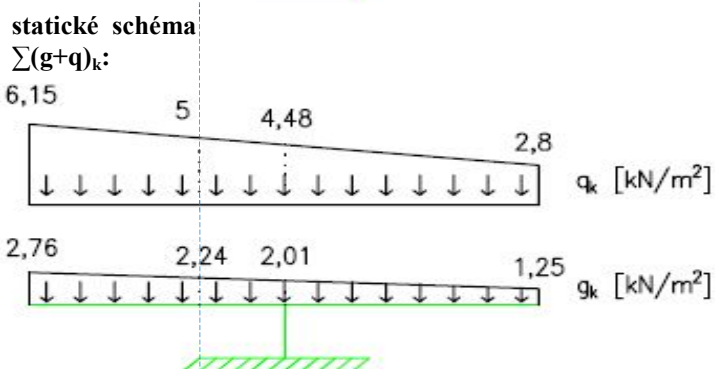
Vzhledem k půdorysnému tvaru stupňů je nutné počítat s proměnným liniovým zatížením po délce stupně vlivem zmenšující se jeho šířky.

oblý stupeň

| | druh | pozice | vyjádření v % | g_k [kN/m ²] | γ_G | g_d [kN/m ²] |
|--------|-------------------------------|------------------|---------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| stálé | vlastní tíha kamenného stupně | na výstupní čáře | 100,0 | 2,24 | 1,35 | 3,02 |
| | | vnitřní hrana | 56,0 | 1,25 | 1,35 | 1,69 |
| | | vnější hrana | 123,0 | 2,76 | 1,35 | 3,72 |
| užitné | druh | pozice | vyjádření v % | q_k [kN/m ²] | γ_Q | q_d [kN/m ²] |
| | kategorie C5 | na výstupní čáře | 100,0 | 5,00 | 1,5 | 7,50 |
| | | vnitřní hrana | 56,0 | 2,80 | 1,5 | 4,20 |
| | | vnější hrana | 123,0 | 6,15 | 1,5 | 9,23 |



výstupní čára



- Soustředné břemeno

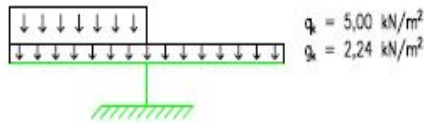
Stupně jsou dále zatíženy soustředěným břemenem kategorie C5 [3].

$$Q_k = 4,5 \text{ kN/m} \rightarrow Q_d = \gamma_Q * Q_k = 1,5 * 4,5 = 6,75 \text{ kN/m}$$

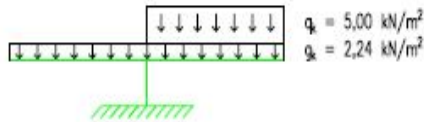
D) Zatěžovací stavy

ROVNÝ STUPEŇ

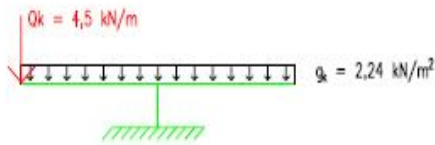
I.ZS



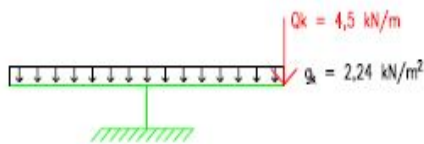
II.ZS



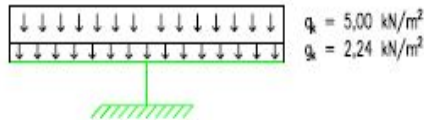
III.ZS



IV.ZS

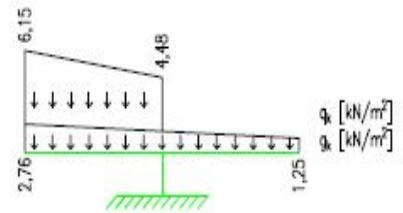


V.ZS

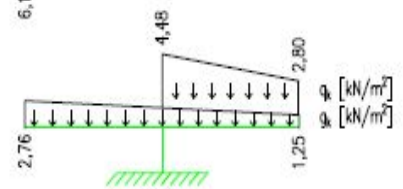


KOSÝ STUPEŇ

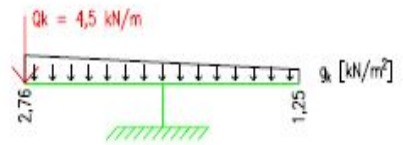
I.ZS



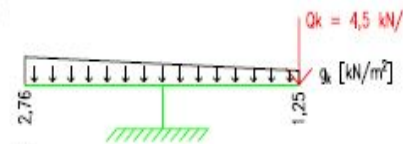
II.ZS



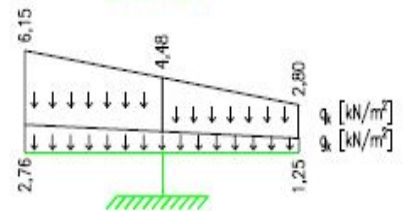
III.ZS



IV.ZS



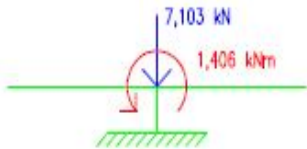
V.ZS



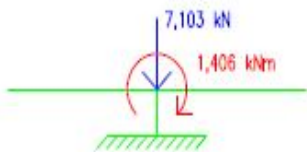
Přepčet na výsledné síly působící na běžný metr střednice schodnice.

ROVNÝ STUPEŇ

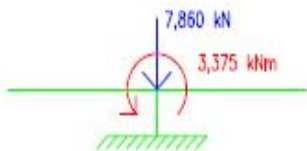
I.ZS



II.ZS



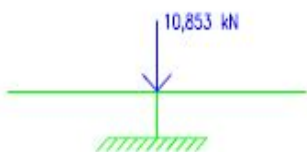
III.ZS



IV.ZS

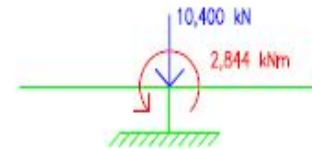


V.ZS

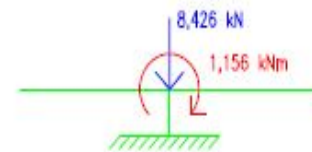


KOSÝ STUPEŇ

I.ZS



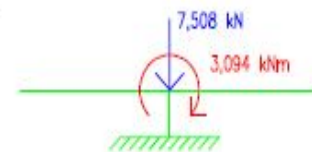
II.ZS



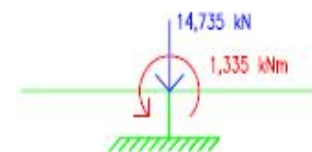
III.ZS



IV.ZS



V.ZS



Převod zatížení od stupňů na běžný metr schodnice.

| ZATEŽOVACÍ STAV | DRUH STUPNĚ | DRUH ZAT. | CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ OD STUPNĚ | | LINIOVÉ CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ NA SCHODNICI | |
|-----------------|-------------|-----------|-------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|----------------------|
| | | | KROUTICÍM MOMENTEM [kNm] | SVISLOU SILOU [kN] | KROUTICÍM MOMENTEM [kNm/m] | SVISLOU SILOU [kN/m] |
| I. | ROVNÝ | SUMA | 0,478 | 2,415 | 1,41 | 7,10 |
| | | STÁLÉ | 0,000 | 1,140 | 0,00 | 3,35 |
| | | UŽITNÉ | 0,478 | 1,275 | 1,41 | 3,75 |
| | KOSÝ | SUMA | 0,967 | 3,536 | 2,84 | 10,40 |
| | | STÁLÉ | 0,118 | 1,388 | 0,35 | 4,08 |
| | | UŽITNÉ | 0,848 | 2,148 | 2,49 | 6,32 |
| II. | ROVNÝ | SUMA | -0,478 | 2,415 | -1,41 | 7,10 |
| | | STÁLÉ | 0,000 | 1,140 | 0,00 | 3,35 |
| | | UŽITNÉ | -0,478 | 1,275 | -1,41 | 3,75 |
| | KOSÝ | SUMA | -0,393 | 2,865 | -1,16 | 8,43 |
| | | STÁLÉ | 0,118 | 1,388 | 0,35 | 4,08 |
| | | UŽITNÉ | -0,511 | 1,477 | -1,50 | 4,34 |
| III. | ROVNÝ | SUMA | 1,148 | 2,673 | 3,38 | 7,86 |
| | | STÁLÉ | 0,000 | 1,143 | 0,00 | 3,36 |
| | | UŽITNÉ | 1,148 | 1,531 | 3,38 | 4,50 |
| | KOSÝ | SUMA | 1,244 | 2,554 | 3,66 | 7,51 |
| | | STÁLÉ | 0,096 | 1,023 | 0,28 | 3,01 |
| | | UŽITNÉ | 1,148 | 1,531 | 3,38 | 4,50 |
| IV. | ROVNÝ | SUMA | -1,148 | 2,673 | -3,38 | 7,86 |
| | | STÁLÉ | 0,000 | 1,143 | 0,00 | 3,36 |
| | | UŽITNÉ | -1,148 | 1,531 | -3,38 | 4,50 |
| | KOSÝ | SUMA | -1,052 | 2,554 | -3,09 | 7,51 |
| | | STÁLÉ | 0,096 | 1,023 | 0,28 | 3,01 |
| | | UŽITNÉ | -1,148 | 1,531 | -3,38 | 4,50 |
| V. | ROVNÝ | SUMA | 0,000 | 3,690 | 0,00 | 10,85 |
| | | STÁLÉ | 0,000 | 1,140 | 0,00 | 3,35 |
| | | UŽITNÉ | 0,000 | 2,550 | 0,00 | 7,50 |
| | KOSÝ | SUMA | 0,454 | 5,010 | 1,34 | 14,74 |
| | | STÁLÉ | 0,118 | 1,388 | 0,35 | 4,08 |
| | | UŽITNÉ | 0,336 | 3,630 | 0,99 | 10,68 |

▪ **SCHODNICE**

▪ vlastní tíha

- průřez schodnice kolmý na střednici 600x400 mm, sklon schodiště 27,4°

→ výška schodnice v GSS = $600/\cos 27,4^\circ = 676\text{mm}$

→ $g_{k,\text{průřez}} = v_{\text{GSS}} * b * \rho_v = 0,676 * 0,4 * 25 = 6,76 \text{ kN/m}$

- ozuby schodnice 160,8x310 mm

→ $g_{k,\text{ozuby}} = v_{\text{ozub}} * b_{\text{ozub}} / 2 * b * (\text{počet ozubů/m}) * \rho_v = 0,161 * 0,31 / 2 * 0,4 * (1/0,31) * 25 = 0,81 \text{ kN/m}$

→ $g_{k,\text{schodnice}} = g_{k,\text{průřez}} + g_{k,\text{ozuby}} = 6,76 + 0,81 = 7,57 \text{ kN/m}$

$g_{d,\text{schodnice}} = g_{k,\text{schodnice}} * \gamma_G = 7,57 * 1,35 = 10,22 \text{ kN/m}$

E) Výpočet vnitřních sil

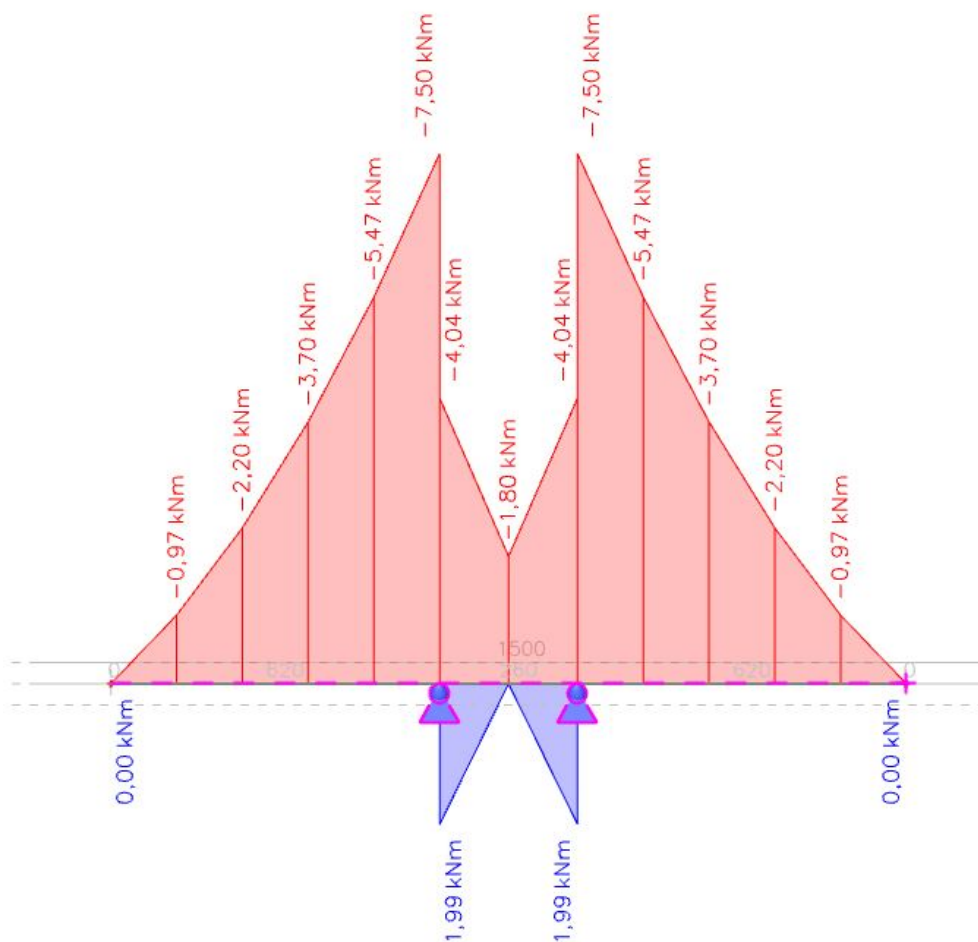
Výpočet proveden metodou konečných prvků pomocí softwaru SCIA Engineer 18. Výsledky jsou vztaženy k lokálnímu souřadnému systému tvořeným střednicí schodnice. Výpočetní model se skládá ze schodnice připojené do průvlaků tuhým spojem. Konce průvlaků jsou modelovány s ukončením pomocí tuhé podpory.

Stupně

- Statické schéma



- Ohybový moment M_y

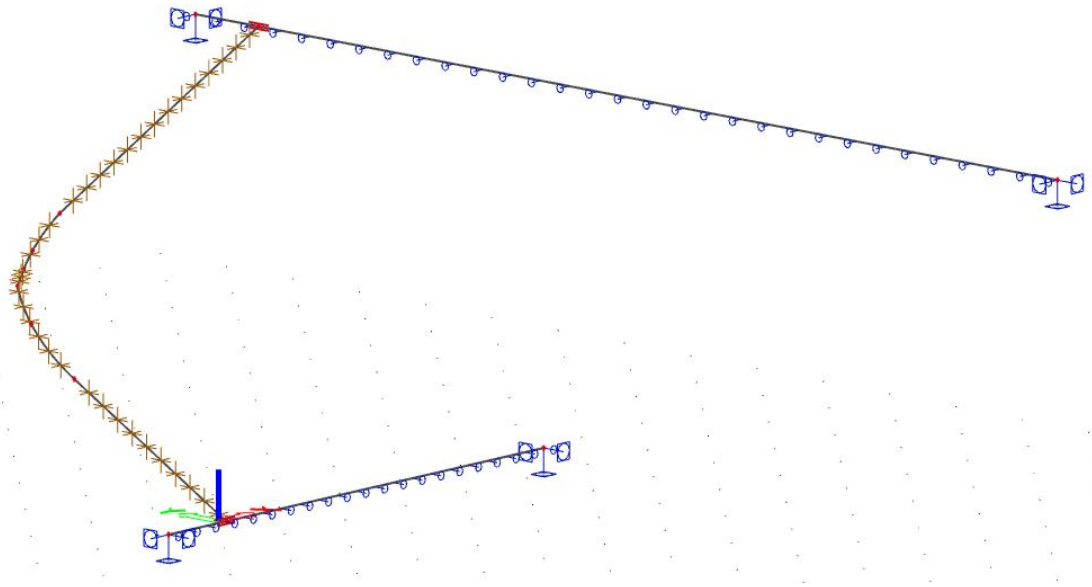


Schodnice

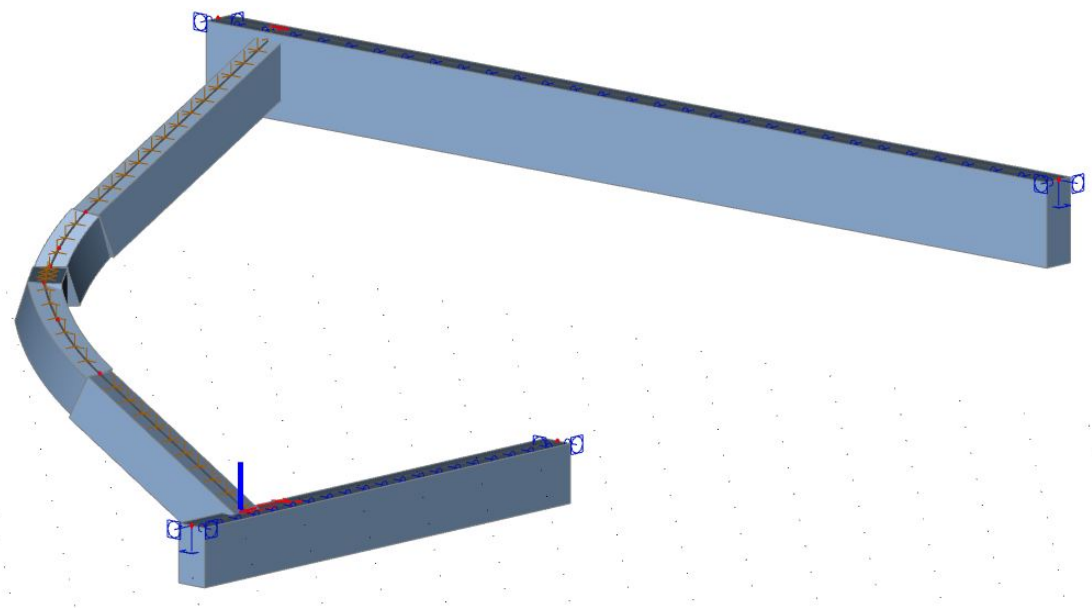
- Výpočetní model

S ohledem na zpřesnění výpočtu průběhu vnitřních sil je schodnice modelována včetně napojení na průvlaky, na jejichž koncích je uvažováno vetknutí. Podél osy průvlaků je dále liniová kloubová podpora se zamezením posunu ve vodorovné rovině modelující přítomnost stropů.

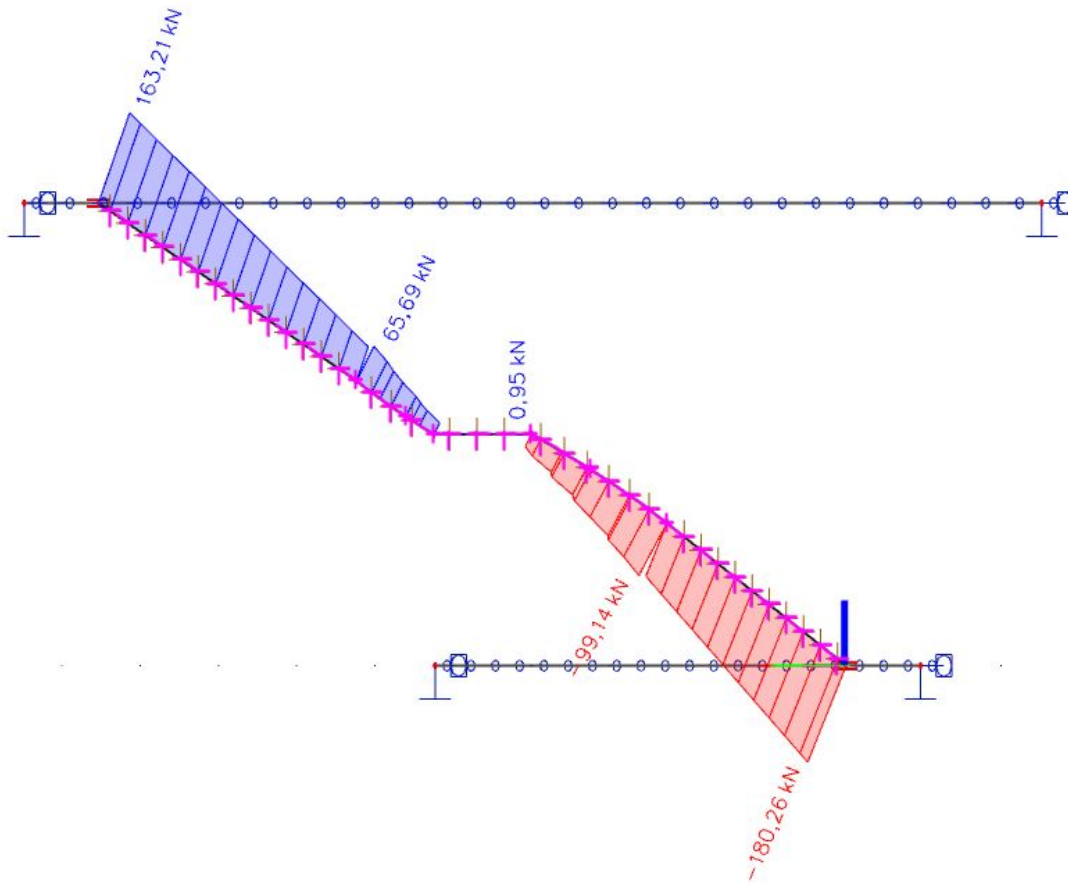
Střednicový model schodnice:



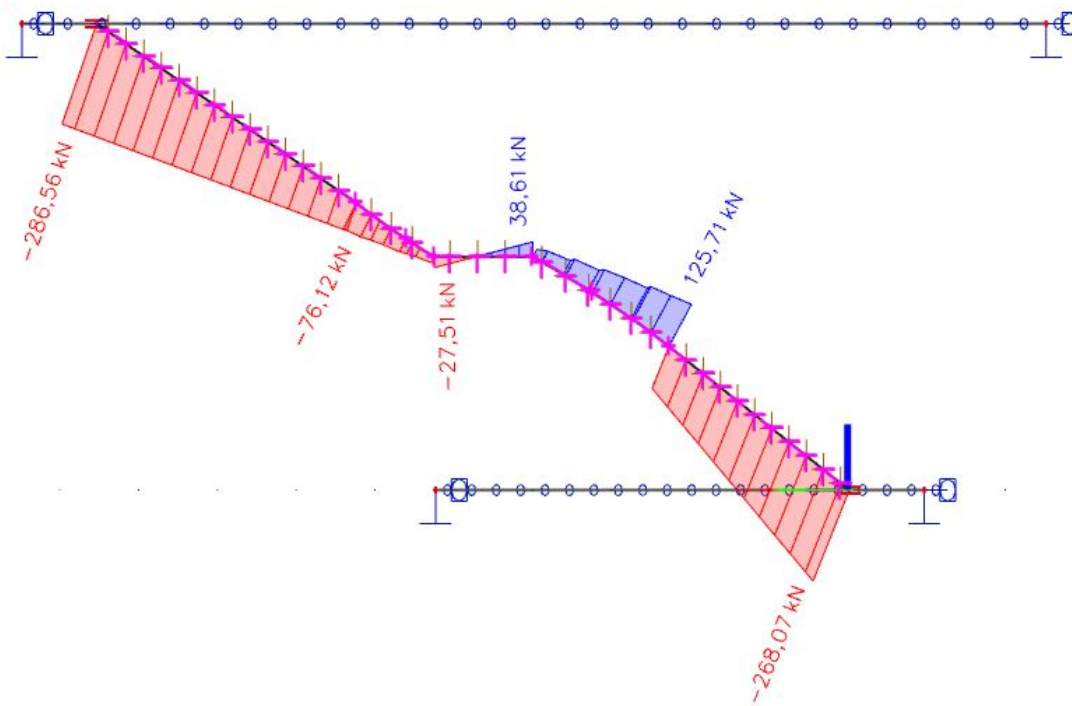
Výsledný pohled na prostorový model:



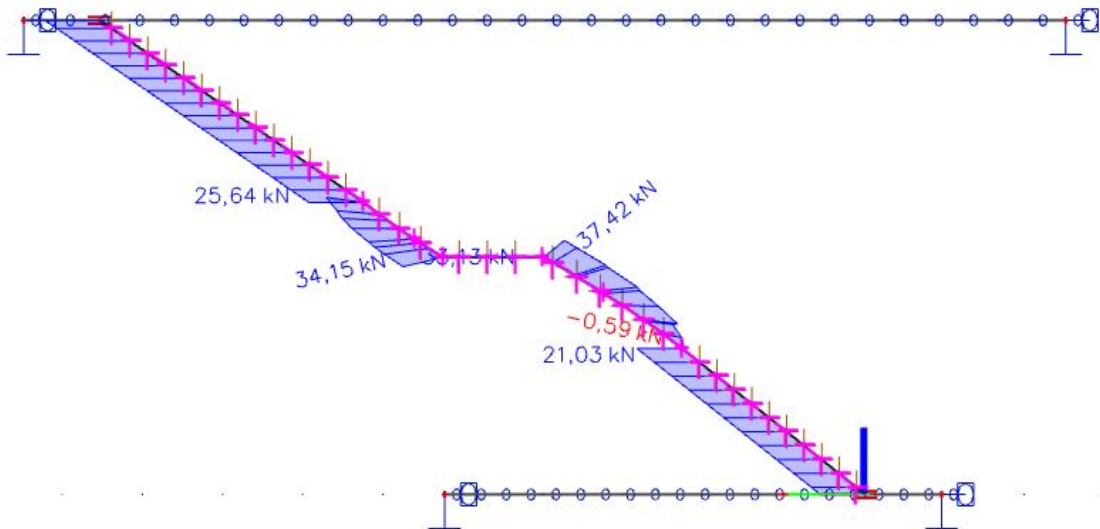
▪ Normálové síly



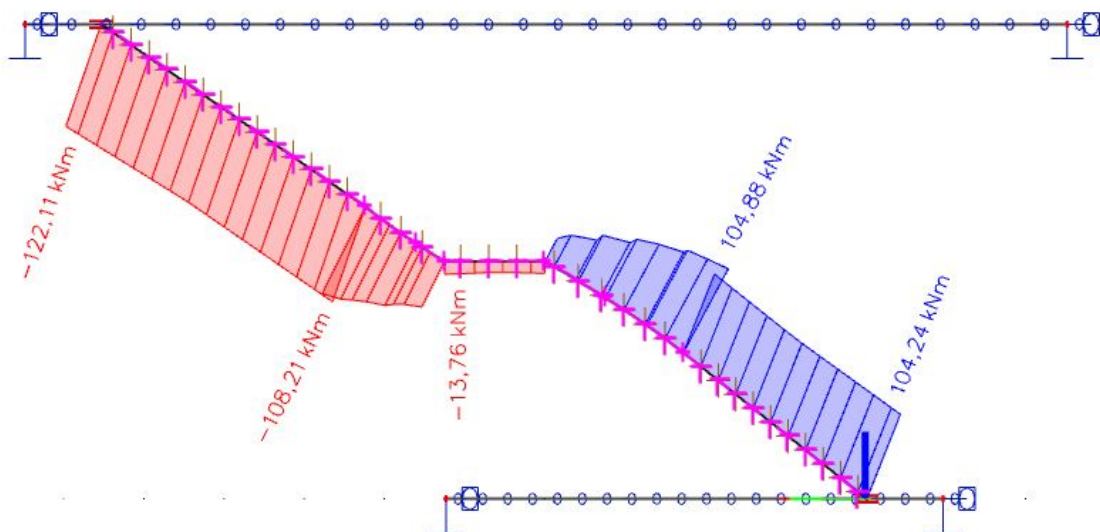
▪ Posouvající síly Vz



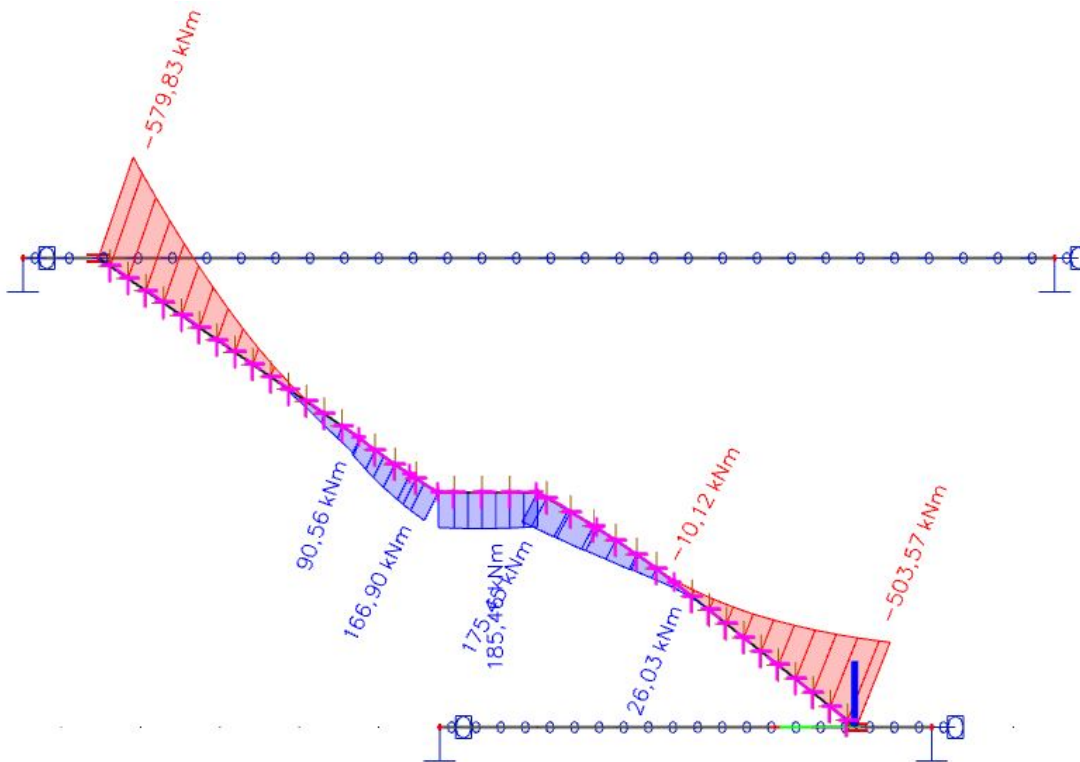
- Posouvající síly V_y



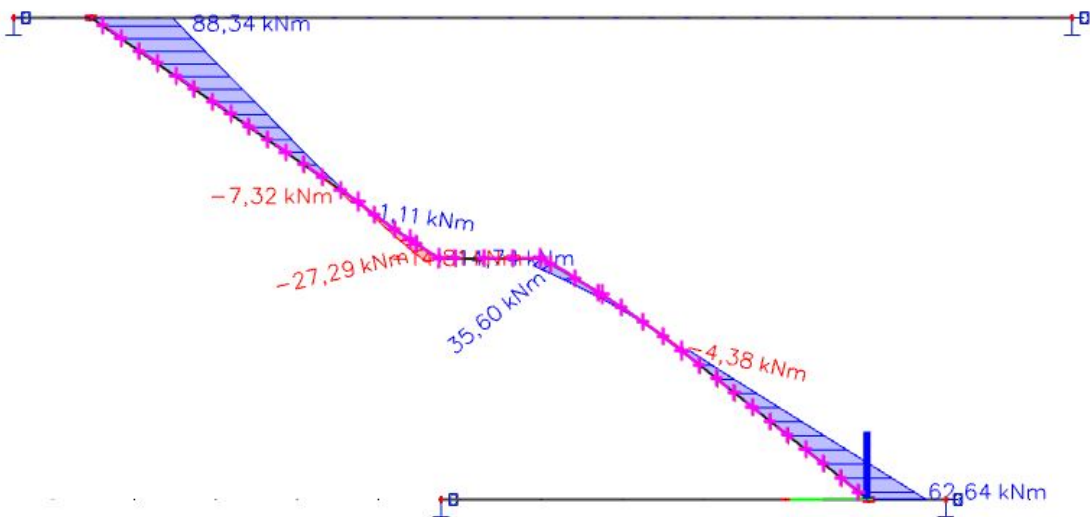
- Kroučící momenty M_x



- Ohybový moment M_y

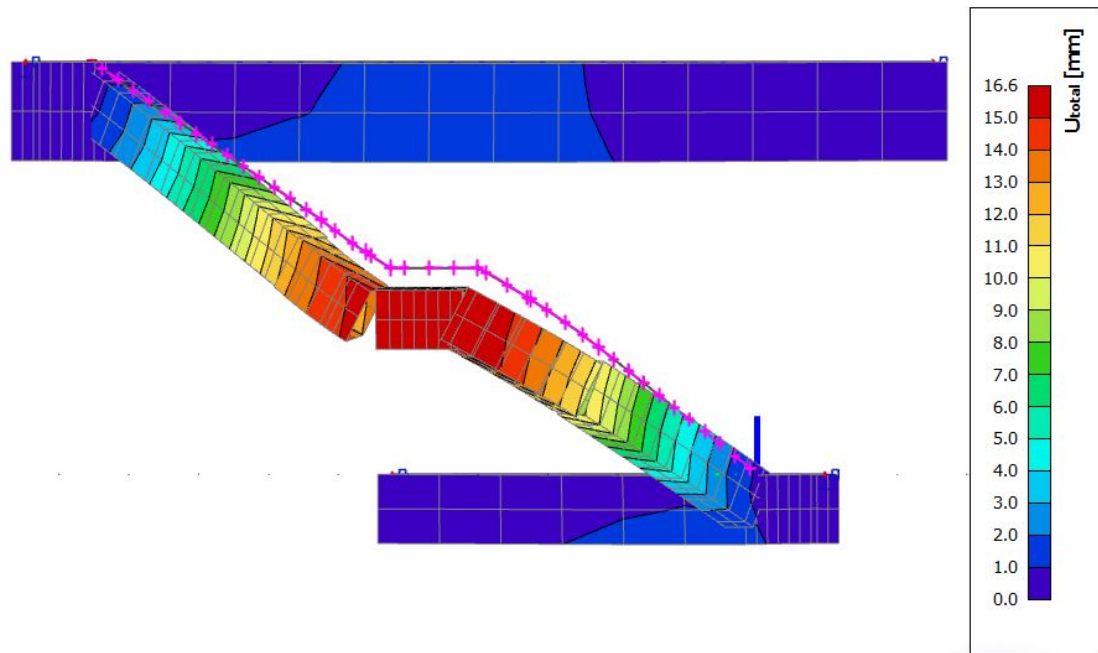


- Ohybový moment M_z



- Pružná deformace

Deformace pro kontrolu správnosti modelu pomocí průhybu stanoveného lineárním výpočtem.



Podle pružné deformace je zřejmé, že schodnice přenáší zatížení do průvlaků a její průhyb je plynulý. Dále je zřejmé, že průhyb je umožněn i přilehlým průvlakům tj. modelovaná liniová kloubová podpora působí pro zamezení posunu pro správný směr (vodorovnou rovinu). Lze tedy předpokládat správnost vymodelování konstrukce.

F1) Vyztužení stupně

Návrh výztuže

NA MAXIMÁLNÍ MOMENT $M_1 = -7,5$ kNm

Odhad \varnothing 8 mm; $f_{cd} = 26,67$ MPa; $f_{yd} = 434,8$ MPa

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

$$d = h - (C_{nom} + \varnothing / 2) = 80 - (20 + 8/2) = 56 \text{ mm}$$

$$A_{Smin} = \rho_{smin} * b_w * d = 0,00182 * 340 * 56 = 34,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{Smax} = \rho_{smax} * b_w * h = 0,04 * 340 * 80 = 1088,0 \text{ mm}^2$$

$$\mu = M_d / (b * d^2 * f_{cd}) = 7,5 / (0,34 * 0,056^2 * 26667) = 0,264$$

$$\rightarrow \quad \zeta = 0,839 \quad \xi = 0,402$$

$$A_{Sreq} \geq M_d / (\zeta * d * f_{yd}) = 7,5 / (0,839 * 0,056 * 434800) = 0,000368 \text{ m}^2 = 368 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{5} \\ \mathbf{x \ \varnothing \ 10}$$

$$A_s = 393 \text{ mm}^2$$

$$A_{Smin} \leq A_{Sreq} \leq A_{Smax}$$

$$s_{max} = \min(2 * h; 300) = \min(160; 300) = 160 \text{ mm}$$

$$s = 340 / 4 = 85 \text{ mm}$$

Navržen profil 5x \varnothing 10 mm.

Posouzení:

$$C_{nom} = 20 \text{ mm}; S = 85 \text{ mm}; A_s = 393 \text{ mm}^2; d = 55 \text{ mm}$$

$$x = A_s * f_{yd} / (0,8 * b * f_{cd}) = (0,000393 * 434800) / (0,8 * 0,34 * 26667) = 0,024 \text{ m}$$

$$z = 0,055 - 0,4 * 0,024 = 0,046 \text{ m}$$

$$M_{RD} = 0,000393 * 434800 * 0,046 = \mathbf{7,86 \text{ kNm}}$$

$M_{RD} > M_1$ (7,5 kNm)..... **VYHOVUJE**

NA SPODNÍ MOMENT $M_2 = 2,0 \text{ kNm}$

Odhad $\emptyset 6 \text{ mm}$; $f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$; $f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$

$$C_{\text{nom}} = C_{\text{min}} + \Delta C_{\text{dev}} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

$$d = h - (C_{\text{nom}} + \emptyset / 2) = 80 - (20 + 6/2) = 57 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \rho_{s_{\text{min}}} * b_w * d = 0,00182 * 340 * 57 = 35,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{max}}} = \rho_{s_{\text{max}}} * b_w * h = 0,04 * 340 * 80 = 1088,0 \text{ mm}^2$$

$$\mu = M_d / (b * d^2 * f_{cd}) = 2,0 / (0,34 * 0,057^2 * 26667) = 0,068$$

$$\rightarrow \zeta = 0,964 \quad \xi = 0,091$$

$$A_{s_{\text{req}}} \geq M_d / (\zeta * d * f_{yd}) = 2,0 / (0,964 * 0,057 * 434800) = 0,000084 \text{ m}^2 = 84 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{4 \times \emptyset 6}$$

$$A_s = 113 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} \leq A_{s_{\text{req}}} \leq A_{s_{\text{max}}}$$

$$s_{\text{max}} = \min(2 * h; 300) = \min(160; 300) = 160 \text{ mm}$$

$$s = 340 / 3 = 113 \text{ mm}$$

→ **Navržen profil 5 x $\emptyset 6 \text{ mm}$ ($\emptyset 6$ á 85 mm).**

Posouzení:

$$C_{\text{nom}} = 20 \text{ mm}; S = 85 \text{ mm}; A_s = 141 \text{ mm}^2; d = 57 \text{ mm}$$

$$x = A_s * f_{yd} / (0,8 * b * f_{cd}) = (0,000141 * 434800) / (0,8 * 0,34 * 26667) = 0,0084 \text{ m}$$

$$z = 0,057 - 0,4 * 0,0084 = 0,053 \text{ m}$$

$$M_{\text{RD}} = 0,000141 * 434800 * 0,053 = \mathbf{3,28 \text{ kNm}}$$

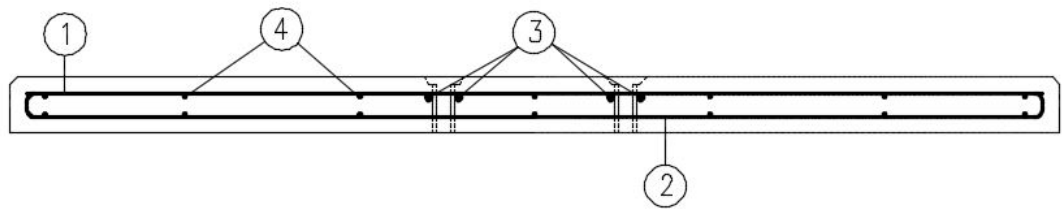
$M_{\text{RD}} > M_1 (2,0 \text{ kNm})$ **VYHOVUJE**

ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽ

$$A_{s, \text{RV}} = 0,2 A_s = 393 * 0,2 = 79 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{\emptyset 6 \text{ á } 250 \text{ mm}}$$

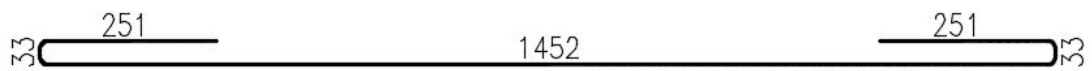
Schéma vyztužení stupně

SCHÉMA VYZTUŽENÍ:



1450

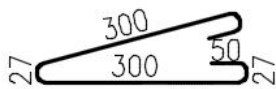
① Ø10/85mm, 1450 mm, 5 ks



② Ø6/85, 2020 mm, 5ks

300

③ Ø10, 300 mm, 4 ks



④ R.V. - Ø6, 781 mm, 7 ks

F2) Vyztužení schodnice

Kotvení betonářské výztuže [3]

Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = (\sigma_{sd} / f_{bd}) * (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (25/4) * (434,8/3,75) = \underline{725 \text{ mm}}$$

σ_{sd} - napětí ve výztuži; $\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$

f_{bd} - mezní napětí v soudržnosti; $f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$;

$$f_{bd} = 2,25 * 1,0 * 1,0 * 1,67 = \underline{3,75 \text{ MPa}}$$

η_1 - součinitel kvality podmínek soudržnosti a polohy prutu během betonáže;

$$\eta_1 = 1,0 \text{ (dobré)}$$

η_2 - součinitel kvality průměru prutu; $\eta_2 = 1,0 (\varnothing < 32 \text{ mm})$

f_{ctd} - návrhová pevnost betonu v tahu; $f_{ctd} = 1,67 \text{ MPa}$

Minimální kotevní délka

- pro kotvení v tahu

$$l_{b,min} > \max. (0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \varnothing; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} > \max. (0,3 * 725; 10 * 25; 100) = \max(217,5; 250; 100) = \underline{250 \text{ mm}}$$

- pro kotvení v tlaku

$$l_{b,min} > \max. (0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10 \varnothing; 100 \text{ mm}) \text{ - pro kotvení v tlaku}$$

$$l_{b,min} > \max. (0,6 * 725; 10 * 25; 100) = \max(435; 250; 100) = \underline{435 \text{ mm}}$$

Návrhová kotevní délka

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd} > l_{b,min}$$

α_1 - vliv tvaru prutu

α_2 - vliv minimální betonové krycí vrstvy

α_3 - vliv ovinutí příčnou výztuží

α_4 - vliv jednoho nebo více přivařených prutů

α_5 - vliv tlaku kolmého na plochu štěpení podél návrhové kotevní délky

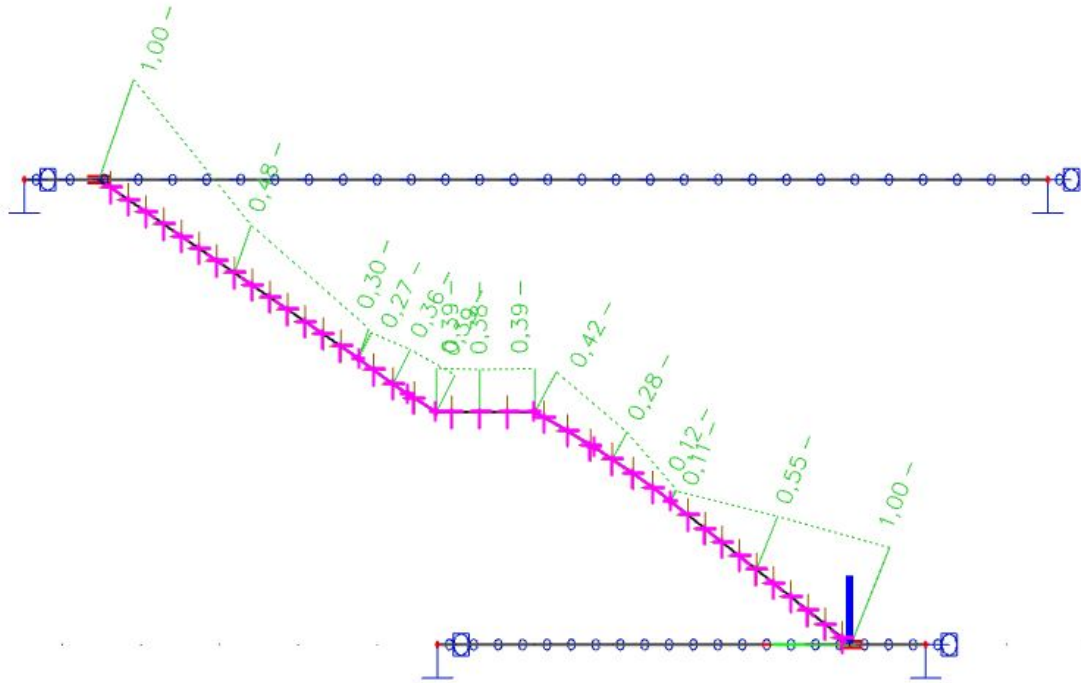
Všechny tyto koeficienty vlivu uvažují 1,0.

$$l_{bd} = 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 725 = \underline{725 \text{ mm}} > l_{b,min}$$

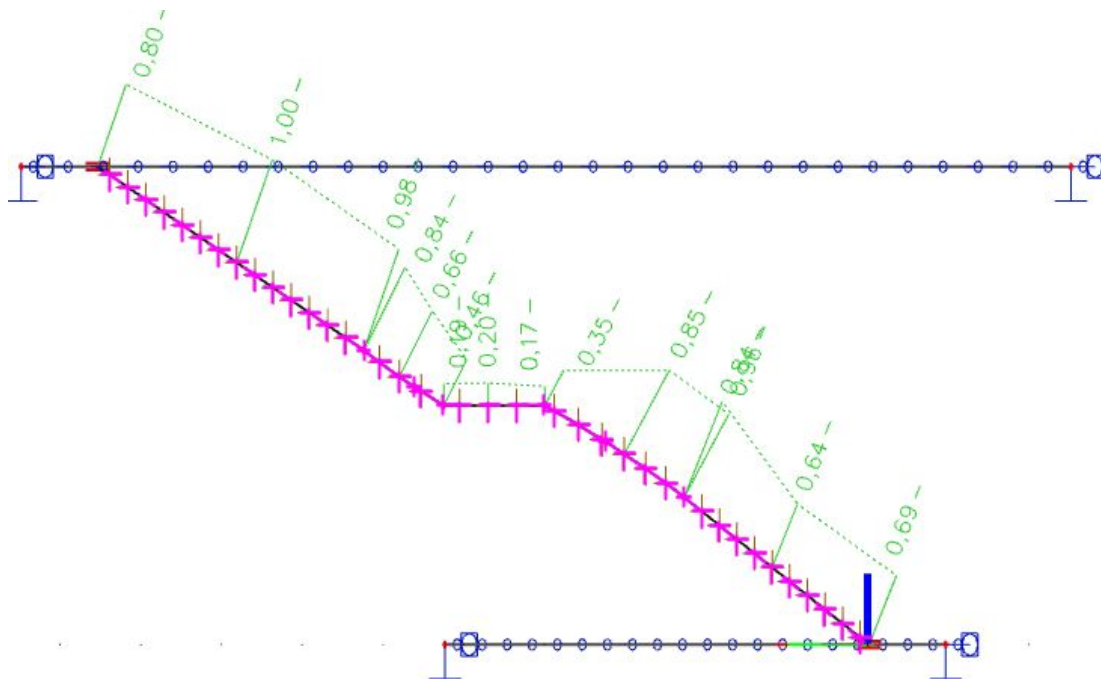
Posouzení schodnice

Posouzení vyztužení schodnice pomocí jednotkových posudků (procentuálního namáhání vyjádřeného bezjednotkovým číslem).

NA KOMBINACI NORMÁLOVÉ SÍLY A ŠIKMÉHO OHYBU



NA KOMBINACI SMYKU A KROUCENÍ



Obr. 1 - Jednotkový posudek na kombinaci posouvajících sil a kroucení (MSÚ)

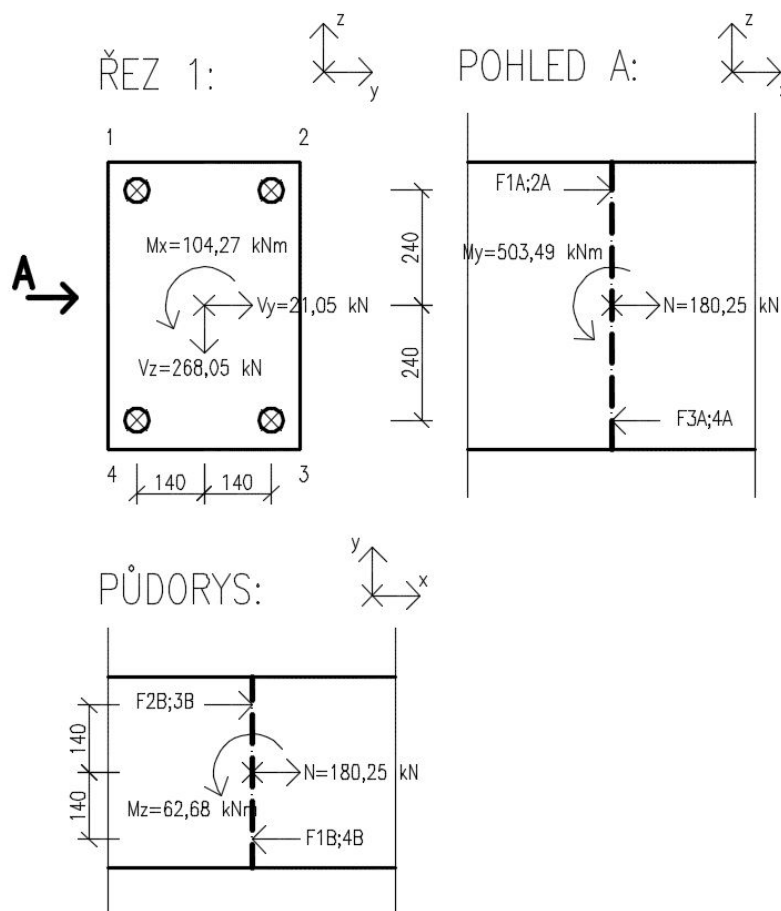
G) Návrh a posouzení spojů prvků pomocí prvků PEIKKO RBC a PPM L

VNITŘNÍ SÍLY V MÍSTĚ NAPOJENÍ DÍLŮ SCHODNIC

| Název řezu | dx [m] | Stav | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|------------------------------------|--------|---------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 0 | MSÚ-Sada B (auto)/6 | -82,39 | 9,75 | -122,49 | 26,29 | -212,78 | 26,65 |
| 1 | 0 | MSÚ-Sada B (auto)/5 | -161,96 | 18,49 | -241,46 | 104,27 | -466,96 | 57,12 |
| 1 | 0 | MSÚ-Sada B (auto)/1 | -180,25 | 21,05 | -268,05 | 96,87 | -503,49 | 62,68 |
| Maximum v absolutní hodnotě | | | 180,25 | 21,05 | 268,05 | 104,27 | 503,49 | 62,68 |
| 12 | 2,626 | MSÚ-Sada B (auto)/1 | -33,87 | 7,19 | -42,2 | 33,67 | 5,06 | 2,21 |
| 12 | 2,626 | MSÚ-Sada B (auto)/5 | -78,26 | 17,26 | -96,8 | 71,61 | 26,03 | 2,95 |
| 12 | 2,626 | MSÚ-Sada B (auto)/6 | -52,35 | 11,84 | -64,1 | 46,35 | 24,4 | 0,9 |
| Maximum v absolutní hodnotě | | | 78,26 | 17,26 | 96,8 | 71,61 | 26,03 | 2,95 |
| 27 | 6,070 | MSÚ-Sada B (auto)/1 | 20,72 | 8,82 | -26,09 | -40,38 | 33,03 | -2,54 |
| 27 | 6,070 | MSÚ-Sada B (auto)/4 | 62,09 | 25,64 | -79,33 | -113,82 | 90,56 | -5,6 |
| 27 | 6,070 | MSÚ-Sada B (auto)/5 | 49,11 | 20,74 | -61,33 | -89,32 | 85,87 | -7,32 |
| Maximum v absolutní hodnotě | | | 62,09 | 25,64 | 79,33 | 113,82 | 90,56 | 7,32 |
| 42 | 9,734 | MSÚ-Sada B (auto)/5 | 146,22 | 22,73 | -257,53 | -122,13 | -532,98 | 80,03 |
| 42 | 9,734 | MSÚ-Sada B (auto)/6 | 75,45 | 11,73 | -132,41 | -32,1 | -251,03 | 38,12 |
| 42 | 9,734 | MSÚ-Sada B (auto)/1 | 163,23 | 25,63 | -286,57 | -113,84 | -579,85 | 88,35 |
| Maximum v absolutní hodnotě | | | 163,23 | 25,63 | 286,57 | 113,84 | 579,85 | 88,35 |

ŘEZ 1:

Působící a počítané síly v průřezu:

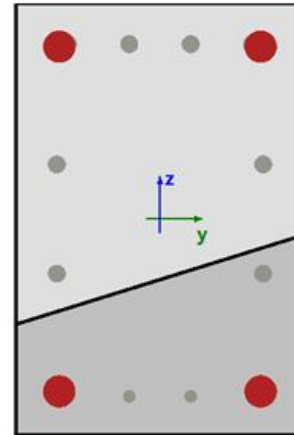
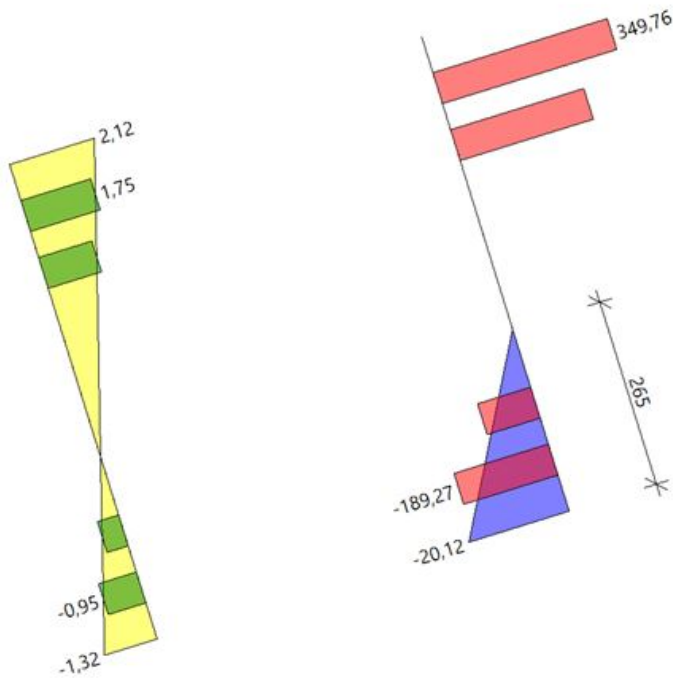


POSOUZENÍ TLAKOVÉ/TAHOVÉ ÚNOSNOSTI

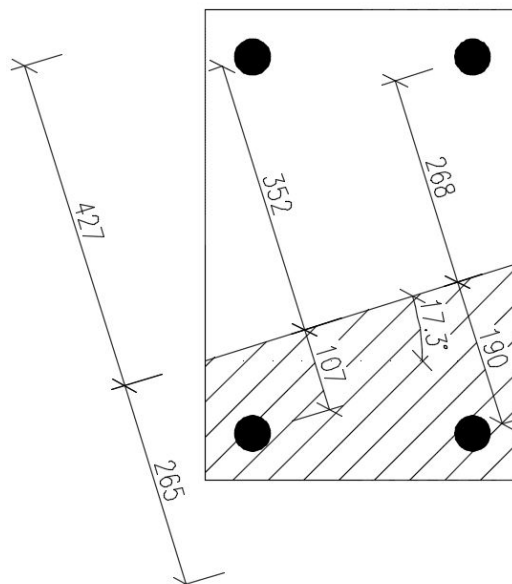
Rozdělení napětí [MPa] a přetvoření [%] po průřezu

Napětí uvedeno pro spoj pomocí prvku PEIKKO PPM 45 L.

Rozdělení napětí a přetvoření



- ***Poloha šroubových spojů vzhledem k neutrální ose***

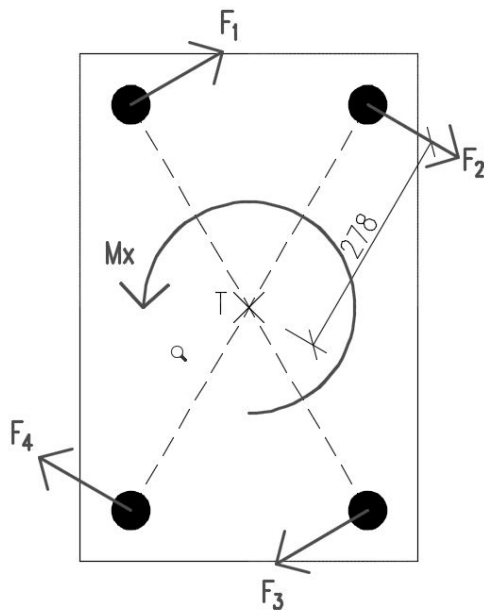


| Číslo prvku | Kolmé rameno od N.O. [m] | Napětí [Mpa] | Přetvoření [%] | Plocha šroubu [mm ²] | Výsledná normálová síla [kN] |
|-------------|--------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,352 | 349,76 | 1,75 | 1590 | 219,97 |
| 2 | 0,268 | 266,29 | 1,33 | 1590 | 167,48 |
| 3 | 0,190 | -189,27 | -0,95 | 1590 | -119,04 |
| 4 | 0,107 | -106,59 | -0,54 | 1590 | -67,04 |

N_{RD} (PPM 45 L) = 697 kN → VYHOVUJE

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Namáhání od kroucího momentu M_x :



$$M_x = r \cdot F_i \cdot 4 \rightarrow F_i = M_x / (4 \cdot r) = 104,27 / (4 \cdot 0,278) = 93,77 \text{ kN}$$

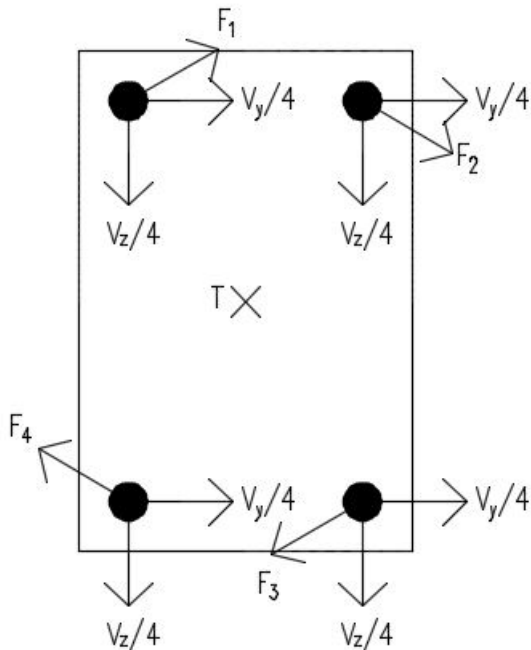
$$\text{tg} \alpha = r_z / r_y \rightarrow \alpha = \text{arctg}(0,240 / 0,140) = 59,74^\circ$$

Namáhání od posouvajících sil V_y a V_z :

$$R_{V_{y,z}} = (V_z^2 + V_y^2)^{1/2} = (268,05^2 + 21,05^2)^{1/2} = 268,88 \text{ kN}$$

$$\text{tg} \alpha = V_z / V_y = 268,05 / 21,05 = 12,74 \rightarrow \alpha = 85,5^\circ$$

Rozložení posouvajících sil a namáhání od kroutícího momentu na prvky:



Výpočet výslednicí sil pro jednotlivé body (spojovací prvky PPM L):

Kladný směr sil uvažován ve směru odspoda nahoru a zleva doprava.

1)

$$\uparrow: F_{1z} - V_z/4 = 93,77 \cdot \cos 59,74^\circ - 268,05/4 = -19,76 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: F_{1y} + V_y/4 = 93,77 \cdot \sin 59,74^\circ + 21,05/4 = 86,26 \text{ kN}$$

$$R_1 = ((-19,76)^2 + 86,26^2)^{1/2} = \underline{\underline{88,5 \text{ kN}}}$$

2)

$$\uparrow: -F_{2z} - V_z/4 = -93,77 \cdot \cos 59,74^\circ - 268,05/4 = -114,27 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: F_{2y} + V_y/4 = 93,77 \cdot \sin 59,74^\circ + 21,05/4 = 86,26 \text{ kN}$$

$$R_2 = ((-114,27)^2 + 86,26^2)^{1/2} = \underline{\underline{143,2 \text{ kN}}}$$

3)

$$\uparrow: -F_{3z} - V_z/4 = -93,77 \cdot \cos 59,74^\circ - 268,05/4 = -114,27 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: -F_{3y} + V_y/4 = -93,77 \cdot \sin 59,74^\circ + 21,05/4 = -75,73 \text{ kN}$$

$$R_3 = ((-114,27)^2 + (-75,73)^2)^{1/2} = \underline{\underline{137,1 \text{ kN}}}$$

4)

$$\uparrow: F_{4z} - V_z/4 = 93,77 \cdot \cos 59,74^\circ - 268,05/4 = -19,76 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: -F_{4y} + V_y/4 = -93,77 \cdot \sin 59,74^\circ + 21,05/4 = -75,73 \text{ kN}$$

$$R_4 = ((-19,76)^2 + (-75,73)^2)^{1/2} = \underline{\underline{78,3 \text{ kN}}}$$

$$V_{RD} (\text{PPM 45}) = \underline{\underline{207 \text{ kN}}} > R_{\max} = R_2 (143,2 \text{ kN}) \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

POSOUZENÍ NA KOMBINACI NORMÁLOVÉHO A SMYKOVÉHO NAMÁHÁNÍ

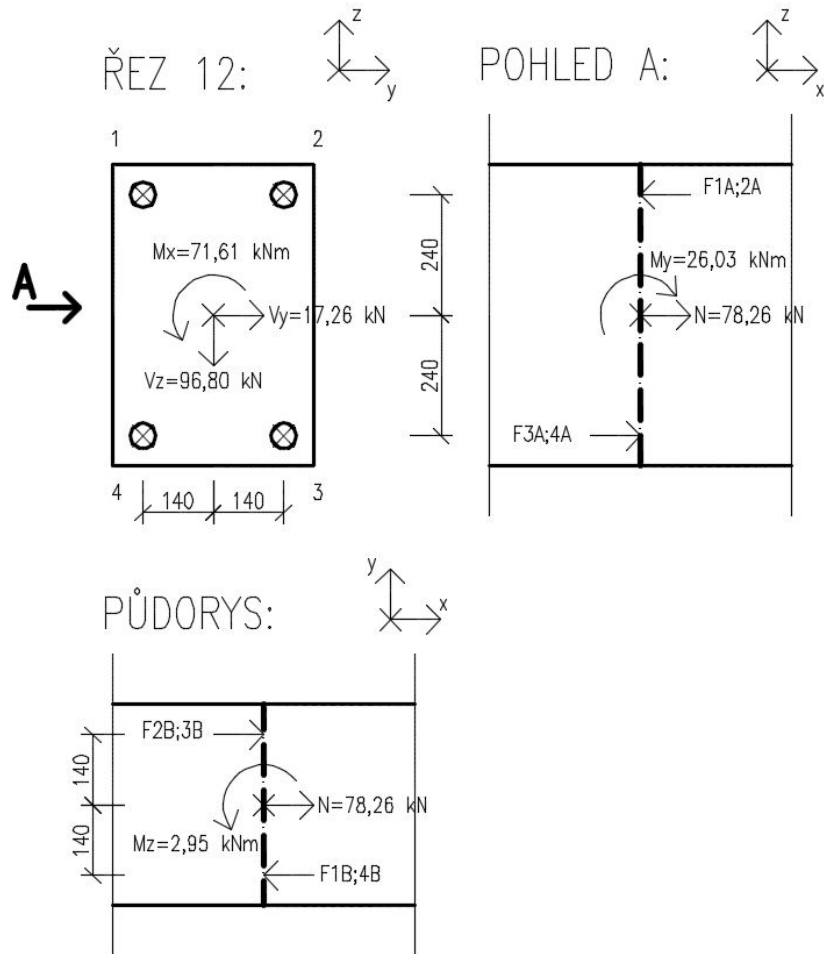
$$\frac{|N_{Ed}|}{1,4 N_{Rd}} + \frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad \frac{|219,97|}{1,4 * 697} + \frac{|143,2|}{207} = 0,918 \leq 1$$

\rightarrow **VYHOVUJE**

NAVRHNUTÝ SPOJ V ŘEZU ČÍSLO 1, POMOCÍ PRVKŮ PEIKKO PMM 45 L A RBC 36 VYHOVUJE.

ŘEZ 12:

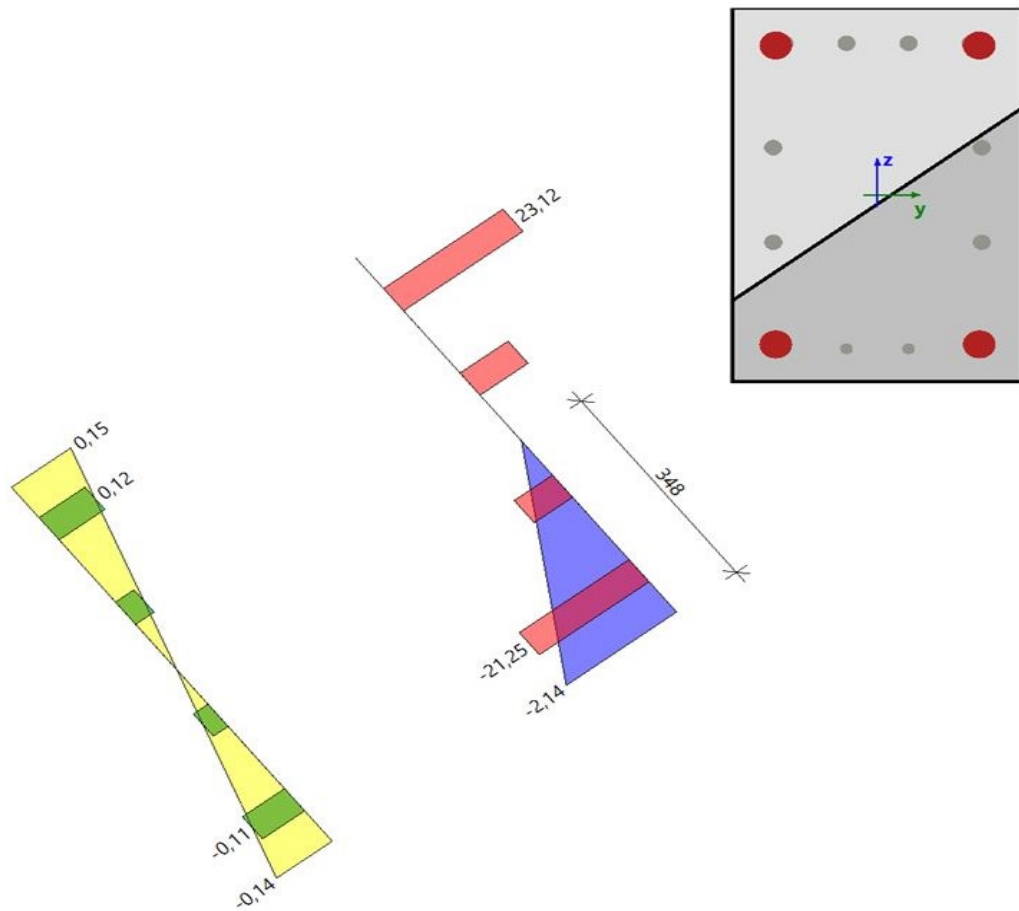
Působící a počítané síly v průřezu:



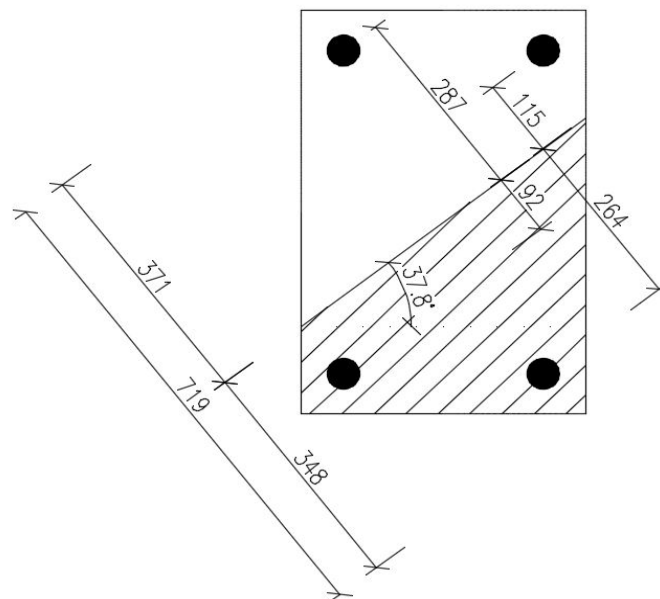
POSOUZENÍ TLAKOVÉ/TAHOVÉ ÚNOSNOSTI

Rozdělení napětí [MPa] a přetvoření [%] po průřezu

Napětí uvedeno pro spoj pomocí prvku PEIKKO PPM 45 L.



- ***Poloha šroubových spojů vzhledem k neutrální ose***

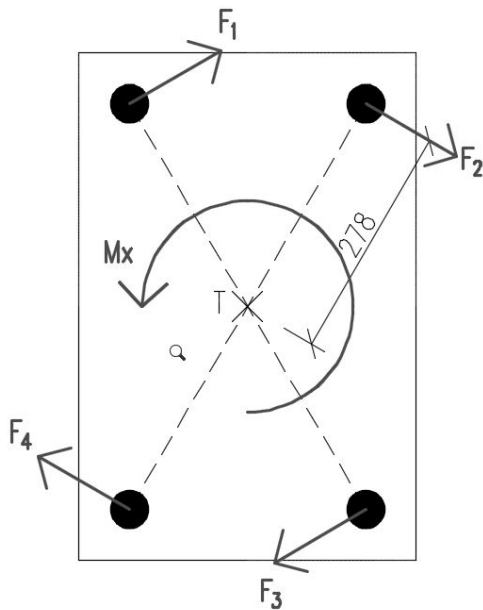


| Číslo prvku | Kolmé rameno od N.O. [m] | Napětí [Mpa] | Přetvoření [%] | Plocha šroubu [mm ²] | Výsledná normálová síla [kN] |
|-------------|--------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,287 | 23,12 | 0,15 | 1018 | 22,71 |
| 2 | 0,115 | 9,26 | 0,06 | 1018 | 9,10 |
| 3 | 0,264 | -21,25 | -0,11 | 1018 | -20,87 |
| 4 | 0,092 | -7,41 | -0,04 | 1018 | -7,27 |

$N_{RD} \text{ (PPM 36 L)} = \underline{436 \text{ kN}} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Namáhání od kroucího momentu M_x :



$$M_x = r \cdot F_1 \cdot 4 \rightarrow F_1 = M_x / (4 \cdot r) = 71,61 / (4 \cdot 0,278) = 64,40 \text{ kN}$$

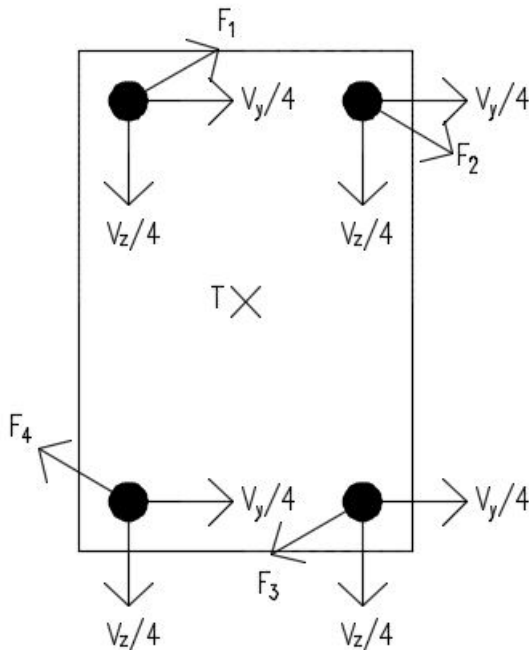
$$\text{tg} \alpha = r_z / r_y \rightarrow \alpha = \text{arctg} (0,240 / 0,140) = 59,74^\circ$$

Namáhání od posouvajících sil V_y a V_z :

$$R_{V_{y,z}} = (V_z^2 + V_y^2)^{1/2} = (96,8^2 + 17,26^2)^{1/2} = 98,33 \text{ kN}$$

$$\text{tg} \alpha = V_z / V_y = 96,8 / 17,26 = 5,61 \rightarrow \alpha = 79,9^\circ$$

Rozložení posouvajících sil a namáhání od kroutícího momentu na prvky:



Výpočet výslednicí sil pro jednotlivé body (spojovací prvky PPM L):

Kladný směr sil uvažován ve směru odspoda nahoru a zleva doprava.

1)

$$\uparrow: F_{1z} - V_z/4 = 64,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 96,8/4 = \mathbf{8,25 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: F_{1y} + V_y/4 = 64,4 \cdot \sin 59,74^\circ + 17,26/4 = \mathbf{59,94 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_1 = (8,25^2 + 59,94^2)^{1/2} = \underline{60,5 \text{ kN}}}$$

2)

$$\uparrow: -F_{2z} - V_z/4 = -64,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 96,8/4 = \mathbf{-56,65 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: F_{2y} + V_y/4 = 64,4 \cdot \sin 59,74^\circ + 17,26/4 = \mathbf{59,94 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_2 = ((-56,65)^2 + 59,94^2)^{1/2} = \underline{82,5 \text{ kN}}}$$

3)

$$\uparrow: -F_{3z} - V_z/4 = -64,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 96,8/4 = \mathbf{-56,65 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: -F_{3y} + V_y/4 = -64,4 \cdot \sin 59,74^\circ + 17,26/4 = \mathbf{-51,31 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_3 = ((-122,15)^2 + (-13,145)^2)^{1/2} = \underline{76,5 \text{ kN}}}$$

4)

$$\uparrow: F_{4z} - V_z/4 = 64,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 96,8/4 = \mathbf{8,25 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: -F_{4y} + V_y/4 = -64,4 \cdot \sin 59,74^\circ + 17,26/4 = \mathbf{-51,31 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_4 = (73,75^2 + (-13,145)^2)^{1/2} = \underline{52,0 \text{ kN}}}$$

$$V_{RD} (\text{PPM 36}) = \underline{130 \text{ kN}} > R_{\max} = R_2 (82,5 \text{ kN}) \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

POSOUZENÍ NA KOMBINACI NORMÁLOVÉHO A SMYKOVÉHO
NAMÁHÁNÍ

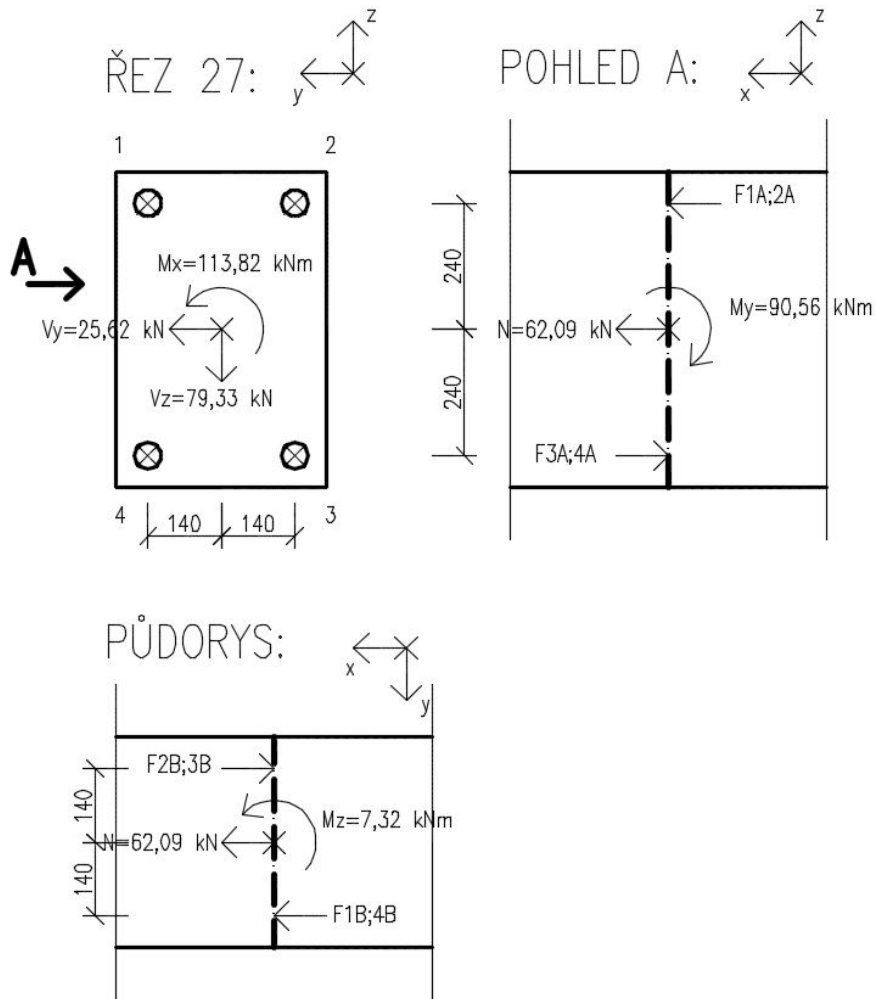
$$\frac{|N_{Ed}|}{1,4N_{Rd}} + \frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad \frac{|22,8|}{1,4 * 436} + \frac{|82,5|}{130} = 0,672 \leq 1$$

\rightarrow **VYHOVUJE**

NAVRHNUTÝ SPOJ V ŘEZU ČÍSLO 12, POMOCÍ PRVKŮ PEIKKO PMM 36
L A RBC 36 VYHOVUJE.

ŘEZ 27:

Působící a počítané síly v průřezu:

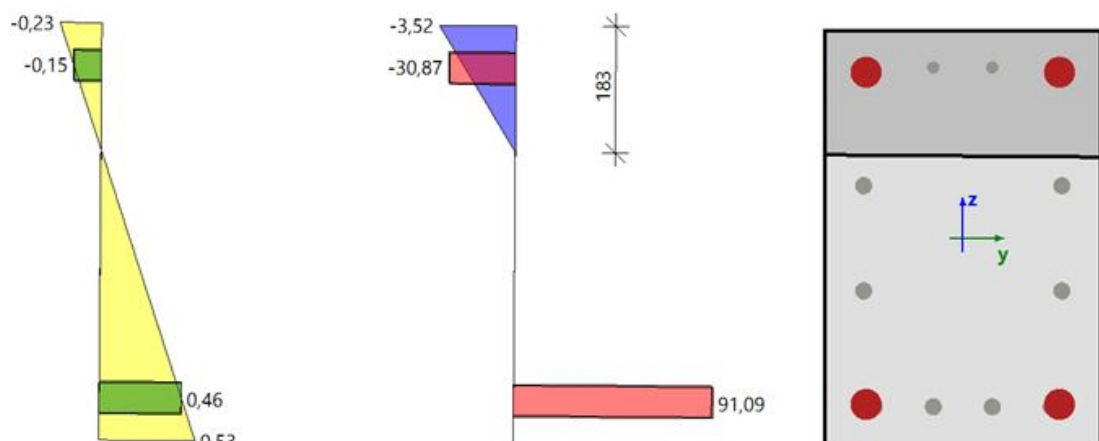


POSOUZENÍ TLAKOVÉ/TAHOVÉ ÚNOSNOSTI

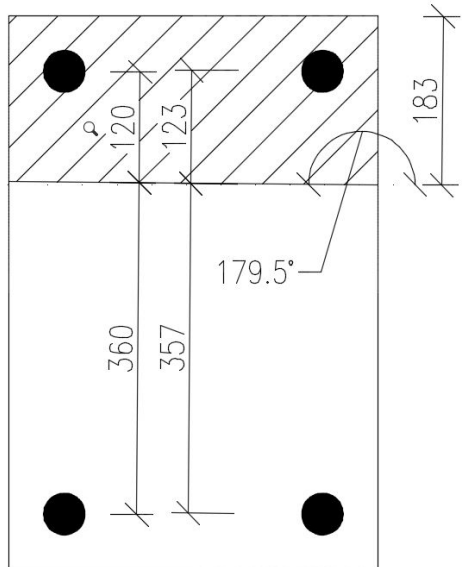
Rozdělení napětí [MPa] a přetvoření [%] po průřezu

Napětí uvedeno pro spoj pomocí prvku PEIKKO PPM 45 L.

Rozdělení napětí a přetvoření



▪ **Poloha šroubových spojů vzhledem k neutrální ose**

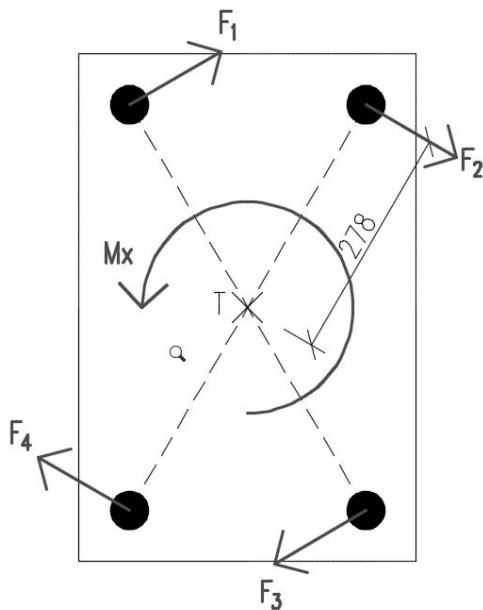


| Číslo prvku | Kolmé rameno od N.O. [m] | Napětí [Mpa] | Přetvoření [%] | Plocha šroubu [mm ²] | Výsledná normálová síla [kN] |
|-------------|--------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,120 | -30,12 | -0,15 | 1018 | -29,58 |
| 2 | 0,123 | -30,87 | -0,15 | 1018 | -30,32 |
| 3 | 0,357 | 90,33 | 0,46 | 1018 | 88,73 |
| 4 | 0,360 | 91,09 | 0,46 | 1018 | 89,48 |

$N_{RD} (PPM 36 L) = \underline{436 \text{ kN}} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Namáhání od kroucího momentu M_x :



$$M_x = r \cdot F_i \cdot 4 \rightarrow F_i = M_x / (4 \cdot r) = 113,82 / (4 \cdot 0,278) = 102,4 \text{ kN}$$

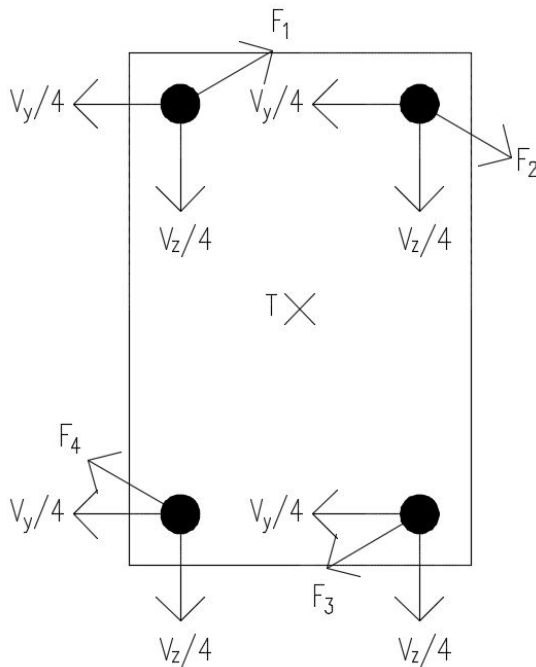
$$\text{tg} \alpha = r_z / r_y \rightarrow \alpha = \text{arctg} (0,240 / 0,140) = 59,74^\circ$$

Namáhání od posouvajících sil V_y a V_z :

$$R_{V_{y,z}} = (V_z^2 + V_y^2)^{1/2} = (79,33^2 + 25,62^2)^{1/2} = 83,4 \text{ kN}$$

$$\text{tga} = V_z / V_y = 79,33 / 25,62 = 3,10 \rightarrow \alpha = 72,1^\circ$$

Rozložení posouvajících sil a namáhání od kroutícího momentu na prvky:



Výpočet výslednicí sil pro jednotlivé body (spojovací prvky PPM L):

Kladný směr sil uvažován ve směru odspoda nahoru a zleva doprava.

1)

$$\uparrow: F_{1z} - V_z/4 = 102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = 31,77 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: F_{1y} - V_y/4 = 102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = 82,04 \text{ kN}$$

$$R_1 = (31,77^2 + 82,04^2)^{1/2} = \underline{\underline{88,0 \text{ kN}}}$$

2)

$$\uparrow: -F_{2z} - V_z/4 = -102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = -71,44 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: F_{2y} - V_y/4 = 102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = 82,04 \text{ kN}$$

$$R_2 = ((-71,44)^2 + 82,04^2)^{1/2} = \underline{\underline{108,8 \text{ kN}}}$$

3)

$$\uparrow: -F_{3z} - V_z/4 = -102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = -71,44 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: -F_{3y} - V_y/4 = -102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = -94,86 \text{ kN}$$

$$R_3 = ((-71,44)^2 + (-94,86)^2)^{1/2} = \underline{\underline{118,8 \text{ kN}}}$$

4)

$$\uparrow: F_{4z} - V_z/4 = 102,4 * \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = \mathbf{31,77 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: -F_{4y} + V_y/4 = -102,4 * \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = \mathbf{-94,86 \text{ kN}}$$

$$R_4 = (31,77^2 + (-94,86)^2)^{1/2} = \mathbf{100,1 \text{ kN}}$$

$$V_{RD} (\text{PPM 36}) = \mathbf{130 \text{ kN}} > R_{\max} = R_3 (118,8 \text{ kN}) \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA KOMBINACI NORMÁLOVÉHO A SMYKOVÉHO NAMÁHÁNÍ

$$\frac{|N_{Ed}|}{1,4 N_{Rd}} + \frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad \frac{|89,5|}{1,4 * 436} + \frac{|118,8|}{130} = 1,061 > 1$$

\rightarrow **NEVYHOVUJE**

Změna na prvek PPM 39 L $\rightarrow N_{Rd} = 521 \text{ kN}; V_{Rd} = 155 \text{ kN}$

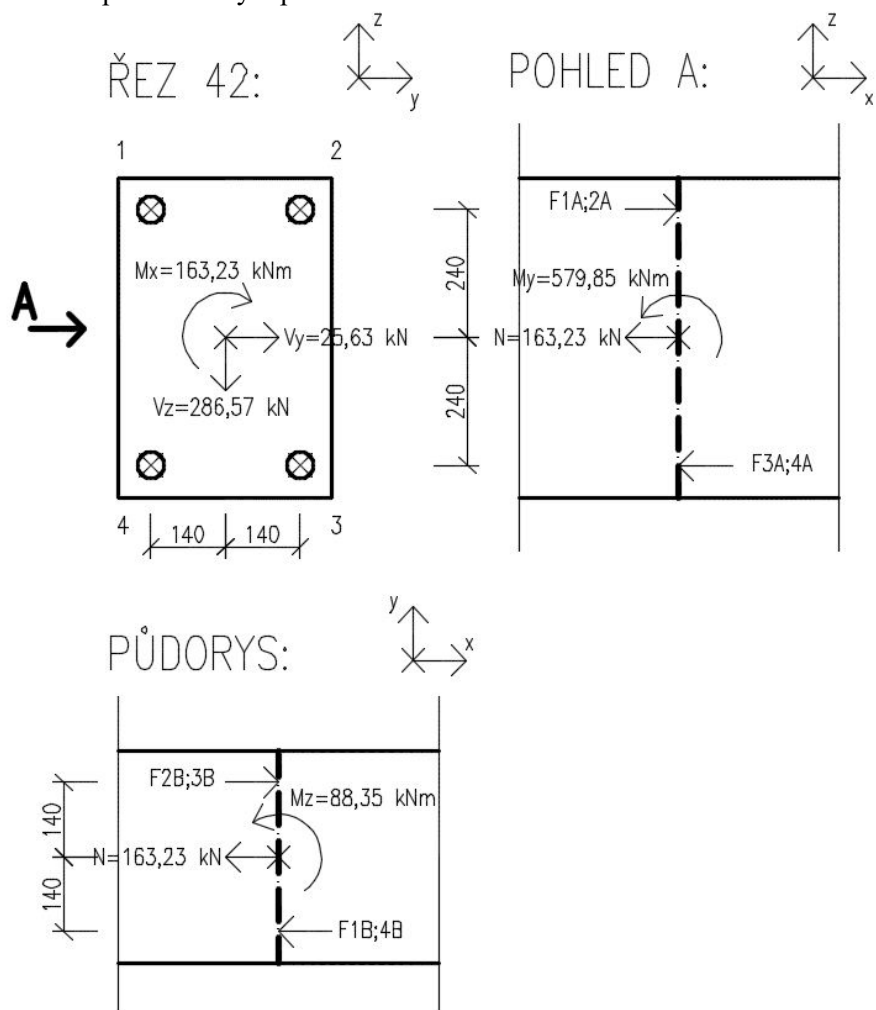
$$\rightarrow \frac{|89,5|}{1,4 * 521} + \frac{|118,8|}{155} = 0,889 > 1$$

\rightarrow **VYHOVUJE**

NAVRHNUTÝ SPOJ V ŘEZU ČÍSLO 27, POMOCÍ PRVKŮ PEIKKO PPM 39 L A RBC 36 VYHOVUJE.

ŘEZ 42:

Působící a počítané síly v průřezu:

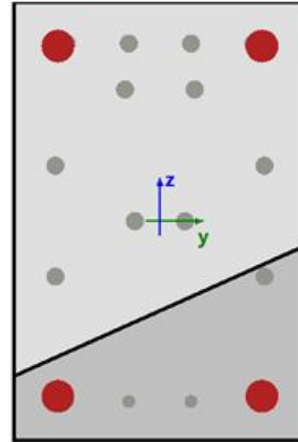
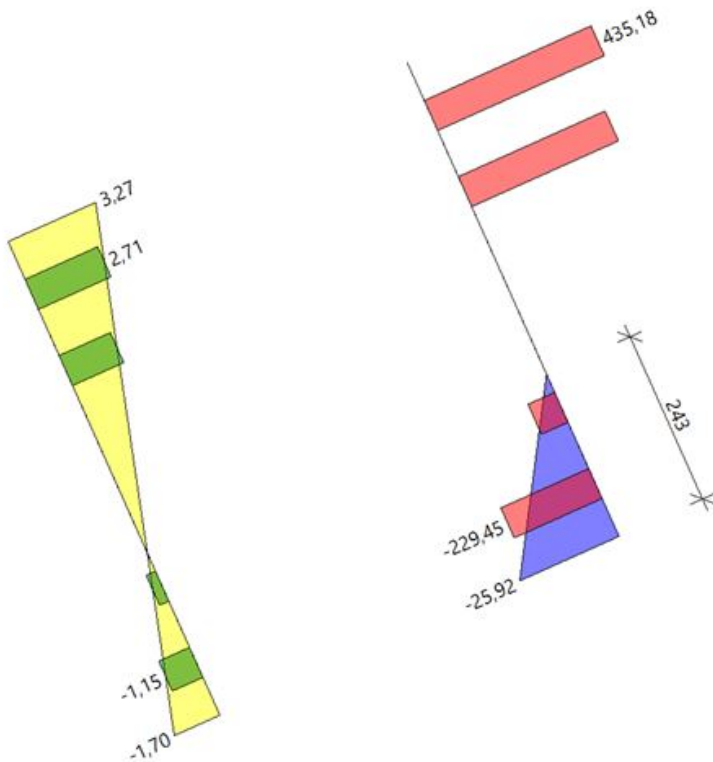


POSOUZENÍ TLAKOVÉ/TAHOVÉ ÚNOSNOSTI

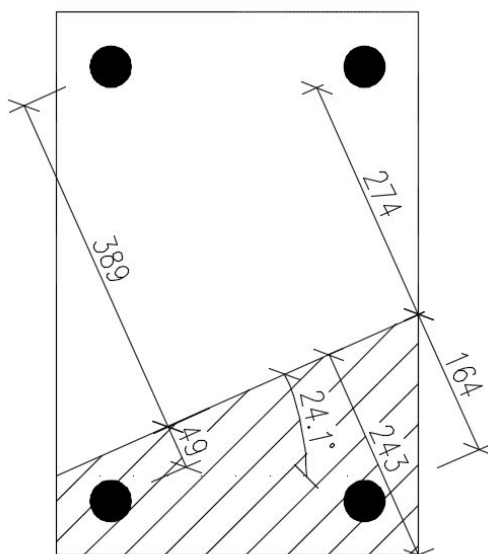
Rozdělení napětí [MPa] a přetvoření [%] po průřezu

Napětí uvedeno pro spoj pomocí prvku PEIKKO PPM 45 L.

Rozdělení napětí a přetvoření



- **Poloha šroubových spojů vzhledem k neutrální ose**

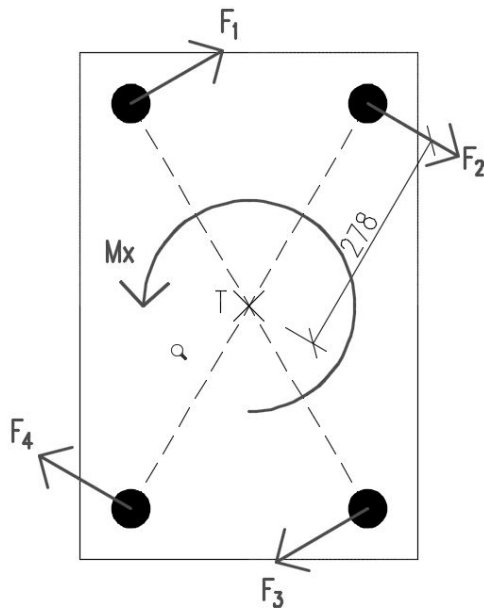


| Číslo prvku | Kolmé rameno od N.O. [m] | Napětí [Mpa] | Přetvoření [%] | Plocha šroubu [mm ²] | Výsledná normálová síla [kN] |
|-------------|--------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,389 | 435,18 | 2,71 | 1590 | 273,70 |
| 2 | 0,274 | 306,53 | 1,91 | 1590 | 192,78 |
| 3 | 0,164 | -229,45 | -1,15 | 1590 | -144,31 |
| 4 | 0,049 | -68,56 | -0,34 | 1590 | -43,12 |

$N_{RD} \text{ (PPM 45 L)} = \underline{697 \text{ kN}} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Namáhání od kroucího momentu M_x :



$$M_x = r \cdot F_i \cdot 4 \rightarrow F_i = M_x / (4 \cdot r) = 113,82 / (4 \cdot 0,278) = \mathbf{102,4 \text{ kN}}$$

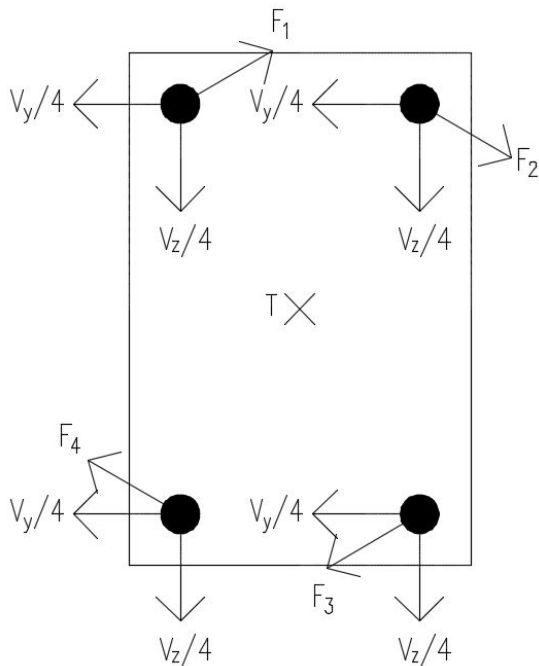
$$\operatorname{tg} \alpha = r_z / r_y \rightarrow \alpha = \arctg(0,240 / 0,140) = \mathbf{59,74^\circ}$$

Namáhání od posouvajících sil V_y a V_z :

$$R_{V_{y,z}} = (V_z^2 + V_y^2)^{1/2} = (79,33^2 + 25,62^2)^{1/2} = \mathbf{83,4 \text{ kN}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = V_z / V_y = 79,33 / 25,62 = \mathbf{3,10} \rightarrow \alpha = \mathbf{72,1^\circ}$$

Rozložení posouvajících sil a namáhání od kroutícího momentu na prvky:



Výpočet výslednicí sil pro jednotlivé body (spojovací prvky PPM L):

Kladný směr sil uvažován ve směru odspoda nahoru a zleva doprava.

1)

$$\uparrow: F_{1z} - V_z/4 = 102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = \mathbf{31,77 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: F_{1y} - V_y/4 = 102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = \mathbf{82,04 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_1 = (31,77^2 + 82,04^2)^{1/2} = \underline{\underline{88,0 \text{ kN}}}}$$

2)

$$\uparrow: -F_{2z} - V_z/4 = -102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = \mathbf{-71,44 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: F_{2y} - V_y/4 = 102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = \mathbf{82,04 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_2 = ((-71,44)^2 + 82,04^2)^{1/2} = \underline{\underline{108,8 \text{ kN}}}}$$

3)

$$\uparrow: -F_{3z} - V_z/4 = -102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = \mathbf{-71,44 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow: -F_{3y} - V_y/4 = -102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = \mathbf{-94,86 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{R_3 = ((-71,44)^2 + (-94,86)^2)^{1/2} = \underline{\underline{118,8 \text{ kN}}}}$$

4)

$$\uparrow: F_{4z} - V_z/4 = 102,4 \cdot \cos 59,74^\circ - 79,33/4 = 31,77 \text{ kN}$$

$$\rightarrow: -F_{4y} + V_y/4 = -102,4 \cdot \sin 59,74^\circ - 25,62/4 = -94,86 \text{ kN}$$

$$R_4 = (31,77^2 + (-94,86)^2)^{1/2} = \underline{100,1 \text{ kN}}$$

$$V_{RD} (\text{PPM 36}) = \underline{130 \text{ kN}} > R_{\max} = R_3 (118,8 \text{ kN}) \quad \rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

POSOUZENÍ NA KOMBINACI NORMÁLOVÉHO A SMYKOVÉHO NAMÁHÁNÍ

$$\frac{|N_{Ed}|}{1,4 N_{Rd}} + \frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad \frac{|89,5|}{1,4 \cdot 436} + \frac{|118,8|}{130} = 1,061 > 1$$

\rightarrow NEVYHOVUJE

Změna na prvek PPM 39 L $\rightarrow N_{Rd} = 521 \text{ kN}; V_{Rd} = 155 \text{ kN}$

$$\rightarrow \frac{|273,70|}{1,4 \cdot 697} + \frac{|118,8|}{207} = 0,855 > 1$$

\rightarrow VYHOVUJE

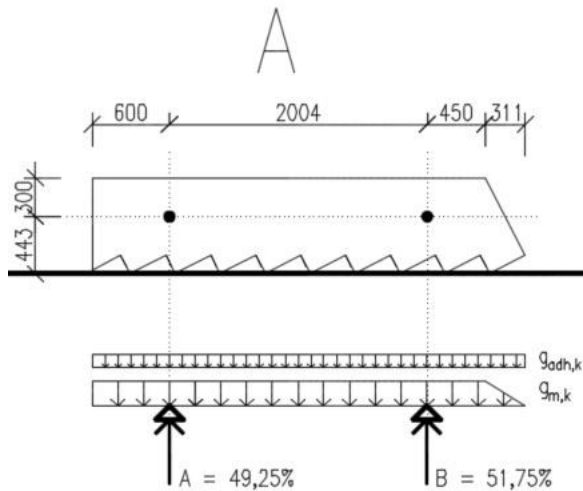
NAVRHNUTÝ SPOJ V ŘEZU ČÍSLO 42, POMOCÍ PRVKŮ PEIKKO PMM 45 L A RBC 36 VYHOVUJE.

H) Návrh manipulačních kotev [4]

- *pro odbednění*

DÍL A

Umístění odbedňovacích kotev a jejich procentuální zatížení:



Vzhledem k umístění odbedňovacích úchyťů je jejich zatížení takřka totožné, lze tedy uvažovat rozdělení zatížení 50/50.

Zatížení kotev:

- **Hmotností dílce**

$$F_{m,k} = A \cdot t_{schodnice} \cdot \rho_v$$

$$A = 2,17 \text{ m}^2 \text{ (změřeno pomocí softwaru AutoCad 17); } t_{schodnice} = 0,4 \text{ m; } \rho_v = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$F_{m,k} = 2,17 \cdot 0,4 \cdot 25 = 21,7 \text{ kN}$$

- **Přilnavostí k bednění**

$$g_{adh,k} = 2 \text{ kN/m}^2$$

- **odbedňovaná plocha stupňů:**

$$\text{šířka schodnice} \cdot (\text{výška} + \text{šířka stupně}) / \text{přepona} = 0,4 \cdot (0,161 + 0,310) / 0,349 = 0,54 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\text{celková plocha} = 0,54 \cdot 3,365 = 1,82 \text{ m}^2 = A_{odb}$$

- **celkové zatížení na kotvy**

$$F_{CELK,k} = F_{m,k} + F_{adh,k} = F_{m,k} + A_{odb} \cdot g_{adh,k} = 21,7 + 1,82 \cdot 2 = 25,34 \text{ kN}$$

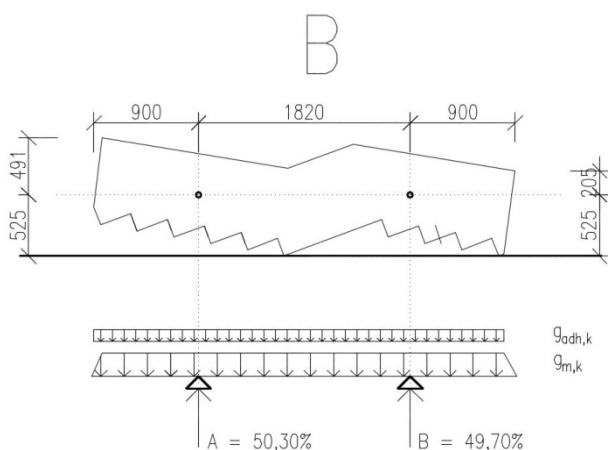
- **CELKOVÉ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ NA KOTVY**

$$F_{\text{CELK, Ed}} = 1,3 * \frac{\gamma G}{n \cos \alpha} * F_{\text{CELK, k}} = 1,3 * \frac{1,35}{2 \cos 0} * 25,34 = 22,24 \text{ kN}$$

**PRO DÍLEC A NAVRHNUTY MANIPULAČNÍ KOTVY PEIKKO JENKA
WAL 24x350 (N_{RD} = 25 kN).**

DÍL B

Umístění odbedňovacích kotev a jejich procentuální zatížení:



Vzhledem k umístění odbedňovacích úchyťů je jejich zatížení takřka totožné, lze tedy uvažovat rozdělení zatížení 50/50.

Zatížení kotev:

- **Hmotností dílce**

$$F_{m,k} = A * t_{\text{schodnice}} * \rho_v$$

$$A = 2,168 \text{ m}^2 \text{ (změřeno pomocí softwaru AutoCad 17); } t_{\text{schodnice}} = 0,4 \text{ m; } \rho_v = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$F_{m,k} = 2,68 * 0,4 * 25 = 26,8 \text{ kN}$$

- **Přilnavostí k bednění**

$$g_{\text{adh,k}} = 2 \text{ kN/m}^2$$

- **odbedňovaná plocha stupňů:**

$$O = 5,15 \text{ m (změření obbedněného obvodu pomocí softwaru AutoCad 17)}$$

$$\text{celková plocha} = 0,54 * 5,15 = 2,78 \text{ m}^2$$

- celkové zatížení na kotvy

$$F_{\text{CELK},k} = F_{m,k} + F_{\text{adh},k} = F_{m,k} + A_{\text{odb}} * g_{\text{adh},k} = 26,8 + 2,78 * 2 = 32,36 \text{ kN}$$

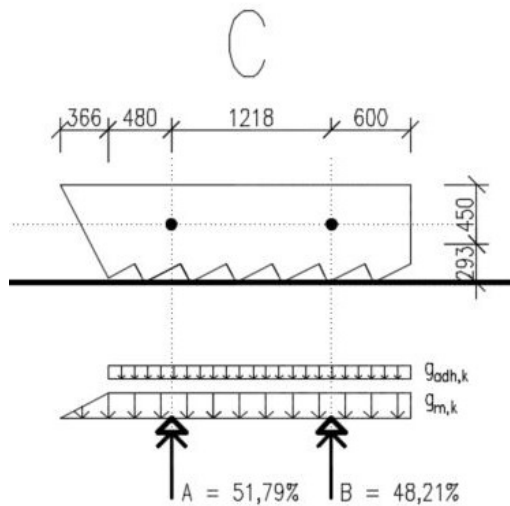
- CELKOVÉ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ NA KOTVY

$$F_{\text{CELK}, \text{Ed}} = 1,3 * \frac{\gamma G}{n \cos \alpha} * F_{\text{CELK},k} = 1,3 * \frac{1,35}{2 \cos 0} * 32,36 = 28,40 \text{ kN}$$

PRO DÍLEC B NAVRHNUTY MANIPULAČNÍ KOTVY PEIKKO JENKA WAS 30x300 (N_{RD} = 40 kN).

DÍL C

Umístění odbedňovacích kotev a jejich procentuální zatížení:



Vzhledem k umístění odbedňovacích úchyťů je jejich zatížení takřka totožné, lze tedy uvažovat rozdělení zatížení 50/50.

Zatížení kotev:

- Hmotností dílce

$$F_{m,k} = A * t_{\text{schodnice}} * \rho_v$$

$$A = 1,67 \text{ m}^2 \text{ (změřeno pomocí softwaru AutoCad 17); } t_{\text{schodnice}} = 0,4 \text{ m; } \rho_v = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$F_{m,k} = 1,67 * 0,4 * 25 = 16,7 \text{ kN}$$

- Přílnavostí k bednění

$$g_{\text{adh},k} = 2 \text{ kN/m}^2$$

○ **odbedňovaná plocha stupňů:**

šířka schodnice * (výška + šířka stupně) / přepona = $0,4 * (0,161 + 0,310) / 0,349 = 0,54 \text{ m}^2/\text{m}$

celková plocha = $0,54 * 2,298 = 1,24 \text{ m}^2$

• **celkové zatížení na kotvy**

$$F_{\text{CELK,k}} = F_{\text{m,k}} + F_{\text{adh,k}} = F_{\text{m,k}} + A_{\text{odb}} * g_{\text{adh,k}} = 16,7 + 1,24 * 2 = 19,18 \text{ kN}$$

• **CELKOVÉ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ NA KOTVY**

$$F_{\text{CELK, Ed}} = 1,3 * \frac{\gamma G}{n \cos \alpha} * F_{\text{CELK,k}} = 1,3 * \frac{1,35}{2 \cos 0} * 19,18 = 16,84 \text{ kN}$$

NAVRHNUTY MANIPULAČNÍ KOTVY PEIKKO JENKA WAL 24x350 (N_{RD} = 25 kN).

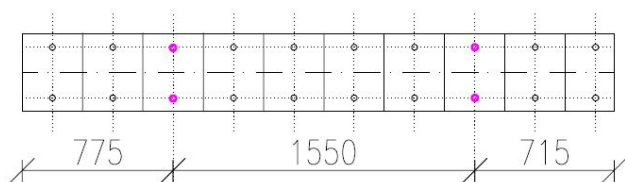
▪ **pro manipulaci a osazení**

Při manipulaci bude používán vyvažovací segment např. vahadlo PEWAG AGWW.

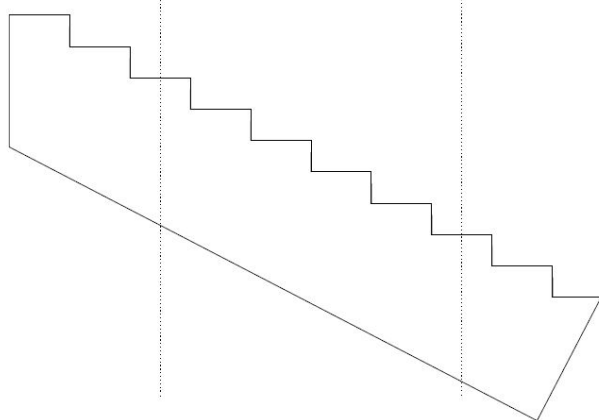
DÍL A

Umístění manipulačních kotev:

PŮDORYS:



POHLED:



Zatížení kotev:

- **Hmotností dílce**

$$F_{m,k} = 21,7 \text{ kN}$$

- **CELKOVÉ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ NA KOTVY**

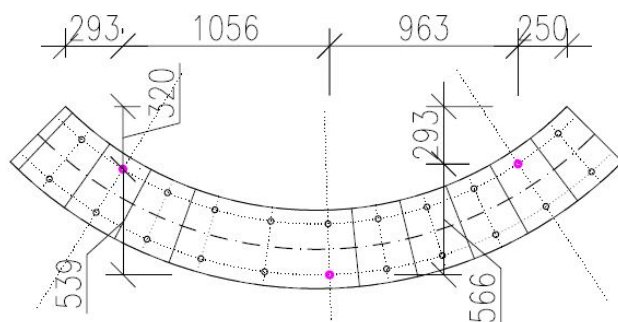
$$F_{\text{CELK, Ed}} = 1,3 * \frac{\gamma G}{n_{\text{co}} \alpha} * F_{m,k} = 1,3 * \frac{1,35}{4 \cos} * 21,70 = 11,00 \text{ kN}$$

PRO DÍLEC A NAVRHNUTY MANIPULAČNÍ KOTVY PEIKKO JENKA SRA 20x360 (N_{RD} = 20 kN).

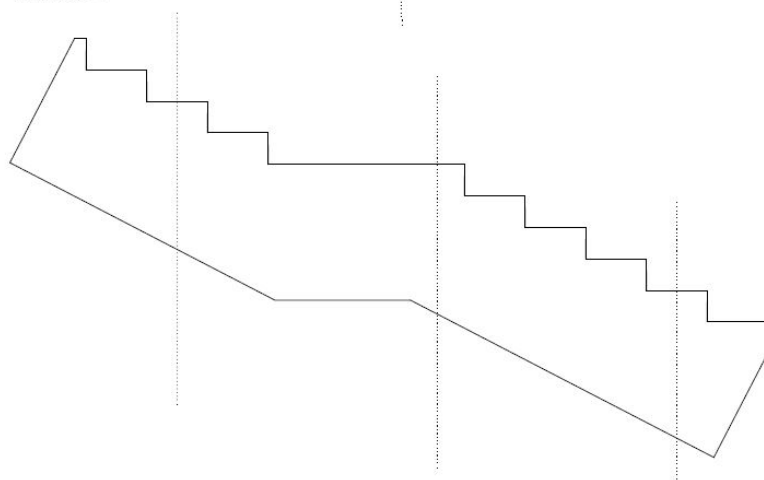
DÍL B

Umístění manipulačních kotev:

PŮDORYS:



POHLED:



Zatížení kotev:

- Hmotností dílce

$$F_{m,k} = 26,8 \text{ kN}$$

- CELKOVÉ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ NA KOTVY

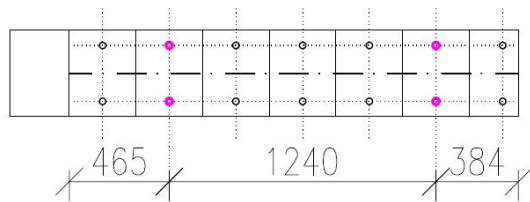
$$F_{\text{CELK, Ed}} = 1,3 * \frac{\gamma_G}{n \cos \alpha} * F_{m,k} = 1,3 * \frac{1,35}{3 \cos 3} * 26,80 = 18,11 \text{ kN}$$

**PRO DÍLEC B NAVRHNUTY MANIPULAČNÍ KOTVY PEIKKO JENKA
SRA 20x360 (N_{RD} = 20 kN).**

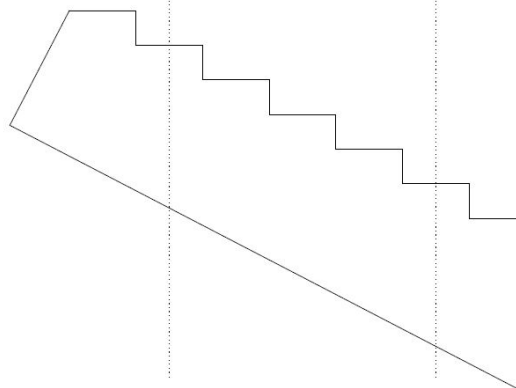
DÍL C

Umístění manipulačních kotev:

PŮDORYS:



POHLED:



Zatížení kotev:

- **Hmotností dílce**

$$F_{m,k} = 16,7 \text{ kN}$$

- **CELKOVÉ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ NA KOTVY**

$$F_{\text{CELK, Ed}} = 1,3 * \frac{\gamma_G}{n \cos \alpha} * F_{m,k} = 1,3 * \frac{1,35}{4 \cos 30} * 16,70 = \mathbf{8,46 \text{ kN}}$$

PRO DÍLEC C NAVRHNUTY MANIPULAČNÍ KOTVY PEIKKO JENKA SRA 20x360 (N_{RD} = 20 kN).

Při odbedňování bude použito závitových závěsných lanových ok s kloubem např. PEIKKO JENKA JLW. Při další manipulaci může být využito i jiných závitových úchytu s přihlédnutím k předepsanému maximálnímu úhlu osy úchytu ke zvedanému prvku.

I) MSP

Omezení přetvoření bez přímého výpočtu

$$L/d \leq \lambda_d ; \lambda_d = K_{c1} * K_{c2} * K_{c3} * \lambda_{d,tab}$$

$$\text{Součinitel tvaru průřezu} \quad \rightarrow K_{c1} = 1,0$$

$$\text{Součinitel závislý na rozpětí (L=8,288 m)} \quad \rightarrow K_{c2} = 7/L = 7/8,288 = 0,845$$

$$\text{Součinitel napětí tahové výztuže} \rightarrow K_{c3} = 310/\sigma_s = \text{cca } 500/(f_{yk} * A_{s,req}/A_{s,prov})$$

$$A_{s,prov} = \text{navržená plocha výztuže (9*Ø25 mm)} \rightarrow A_{s,prov} = 4418 \text{ mm}^2$$

$A_{s,req}$ = potřebné množství výztuže - pro výpočet využito jednotkového posudku UC v kritickém řezu (Scia Engineer) znázorňující využití výztuže.

$$UC = 0,48 \rightarrow A_{s,req} = A_{s,prov} * UC = 4418 * 0,48 = 2121 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow K_{c3} = 500/(500*2121/4418) = 2,083$$

$$\lambda_{d,tab} = K[11+1,5*\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2*\sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{\frac{3}{2}}]; \quad \text{pokud } \rho \leq \rho_0$$

$$\lambda_{d,tab} = K[11+1,5*\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12}\sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}}]; \quad \text{pokud } \rho > \rho_0$$

$$\rho_0 = 10^{-3}\sqrt{f_{ck}} = 10^{-3}\sqrt{40} = 0,00632$$

$$\text{tahová výztuž } 3 * \text{Ø25 mm} \rightarrow A_s = 1473 \text{ mm}^2$$

$$\rho = A_s/A = 1473/240000 = 0,00614$$

$$\begin{aligned} \rho \leq \rho_0 \quad & \rightarrow \lambda_{d,tab} = K[11+1,5*\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2*\sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{\frac{3}{2}}] \\ & \rightarrow \lambda_{d,tab} = 1,3[11+1,5*\sqrt{40} \frac{0,00632}{0,00614} + 3,2*\sqrt{40} \left(\frac{0,00632}{0,00614} - 1\right)^{\frac{3}{2}}] \\ & \rightarrow \lambda_{d,tab} = 26,99 = 27 \end{aligned}$$

$$\lambda_d = 1,0 * 0,845 * 2,083 * 27 = 47,52$$

$$L/d \leq \lambda_d ; d = 515 \text{ mm}$$

$$L/d = 8288/515 = 16,10 \leq \lambda_d (47,52)$$

→ Vzhledem k výskytu všech vnitřních sil není tento posudek vypovídající. Je tedy nutné průhyb ověřit přímým výpočtem.

Omezení napětí

1. Pro kvazistálou kombinaci absolutní hodnota tlakového napětí v betonu $\leq 0,45 f_{ck}$

Posudek omezení napětí

Hodnoty: $\sigma_c, q_p - \sigma_c, q_p, \lim$

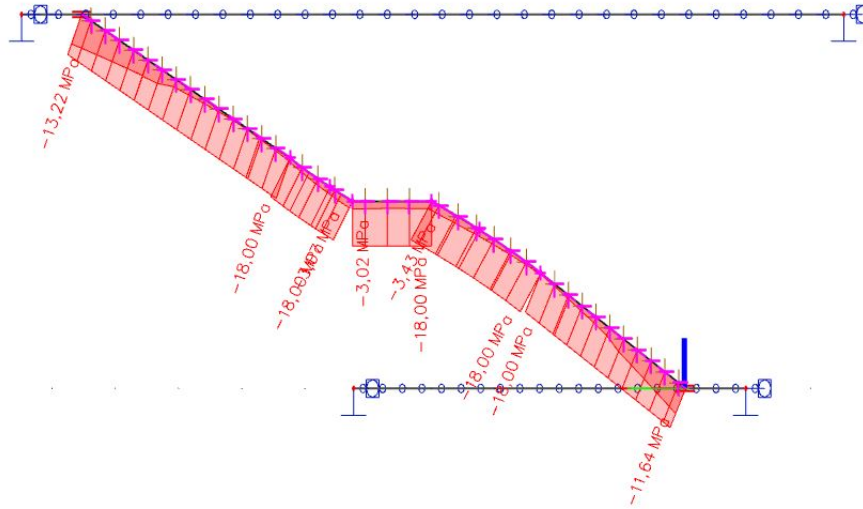
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Kvazi (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B6..B10



→ VYHOVUJE

2. Pro charakteristickou kombinaci absolutní hodnota tlakového napětí v betonu $\leq 0,6 f_{ck}$

Stupeň vlivu prostředí XC1 → NEBUDEME POSUZOVAT

3. Pro charakteristickou kombinaci napětí v tažené výztuži $\leq 0,8 f_{yk}$

Posudek omezení napětí

Hodnoty: $\sigma_s, \text{char} - \sigma_s, \text{char}, \lim$

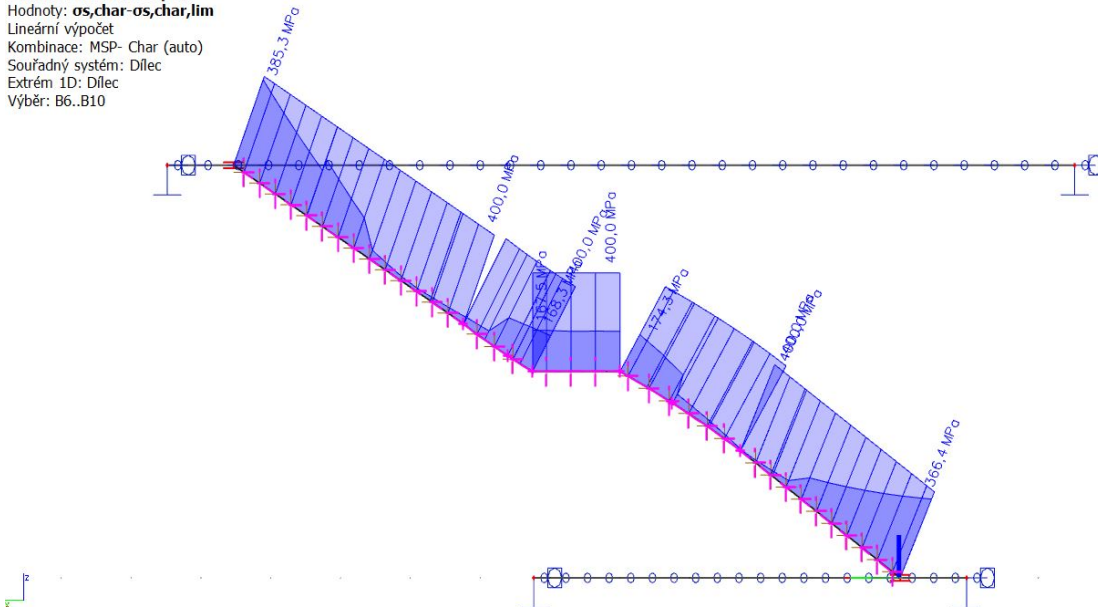
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B6..B10



→ VYHOVUJE

Omezení šířky trhlin

S ohledem na stupeň vlivu prostředí (XC1) je omezena šířka trhlin na 0,4 mm.

Posouzení šířky trhlin (MSP)

Hodnoty: **w**

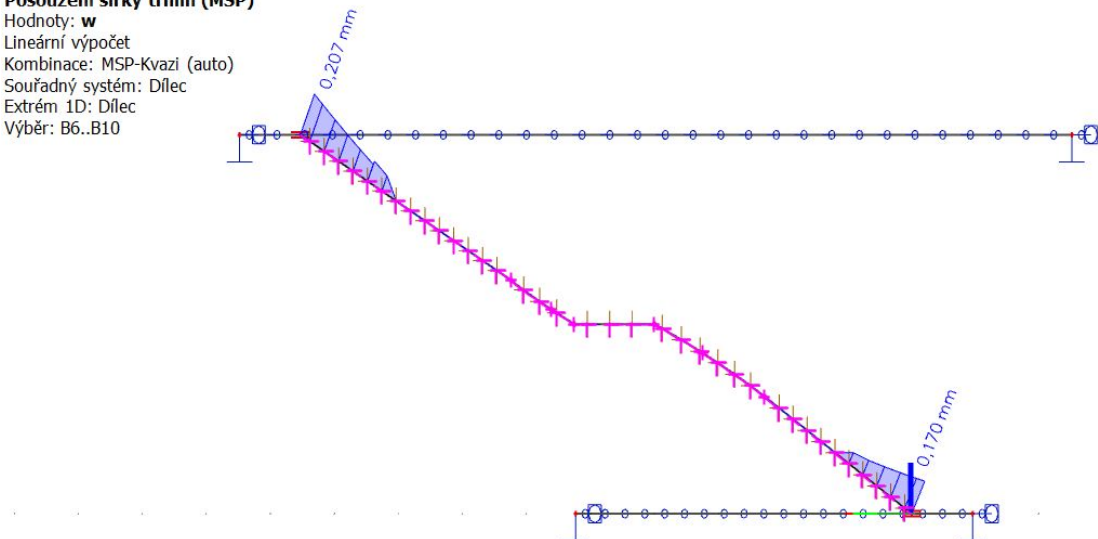
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Kvazi (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B6..B10



Z posouzení šířky trhlin pomocí softwaru Scia Engineer je vypočtena maximální šířka trhlin 0,207 mm.

Posouzení šířky trhlin (MSP)

Hodnoty: **UC**

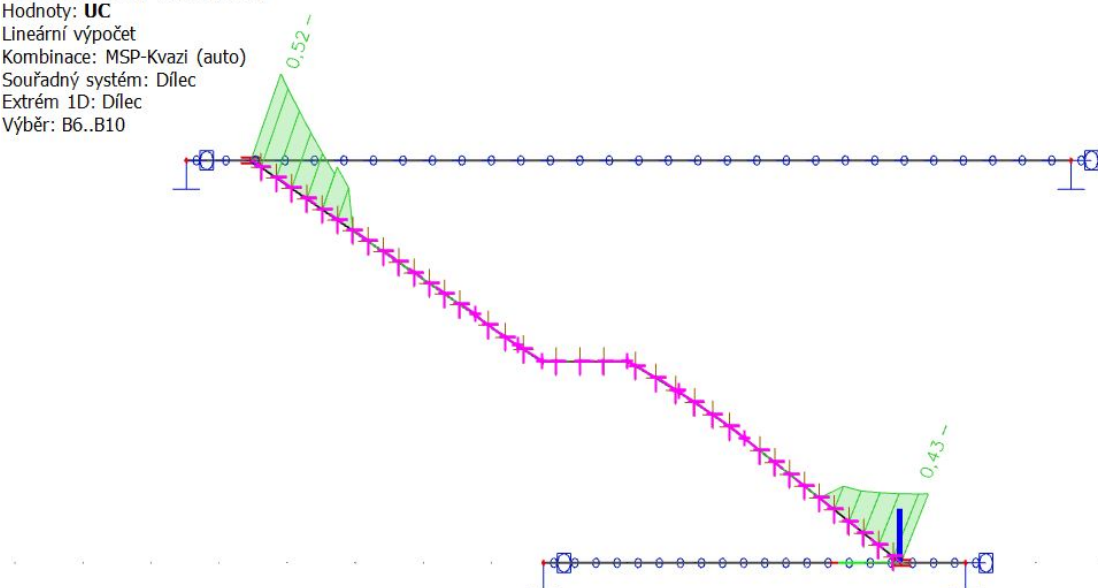
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Kvazi (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B6..B10



Z jednotkového posudku šířky trhlin s omezením na 0,4 mm je patrné, že po celé délce schodnice nedojde k překročení této limitní hodnoty.

→ **VYHOVUJE**

Průhyb pomocí Scia Engineer (není zahrnut vliv od smršťování)

Normově závislý průhyb

Hodnoty: 0totz

Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Kvazi (auto)Extrém:

Globální

Výběr: B6..B10

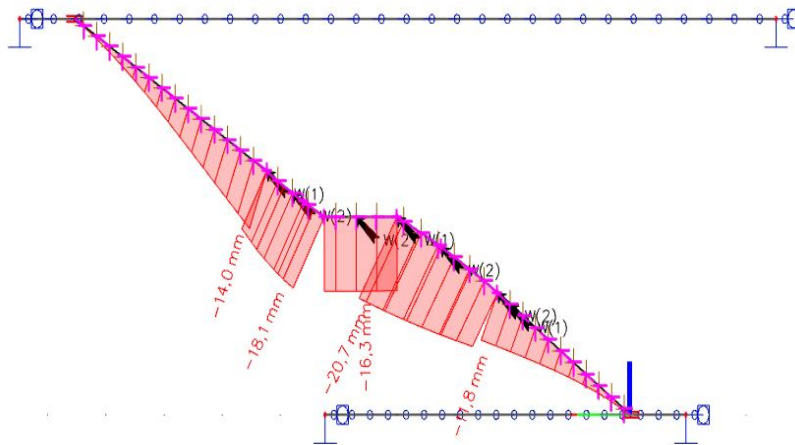
Poloha: V těžištích. Systém: LSS prvku sítě

Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

Systém: LSS prvku sítě

Výběr NZP: B6, B7, B8, B9, B10

Na vybraných dílcích se vyskytuje 3 varování. 3 z nich je zobrazeno.



K největšímu průhybu bez započtení vlivu smršťování dochází přibližně v polovině schodnice s hodnotou **20,7 mm**.

Výpočet vlivu smršťování

1. Autogenní smršťování

Vzhledem k betonáži schodnice v prefě proběhne autogenní smršťování před osazením schodiště. Vliv autogenního smršťování nemá vliv na celkový průhyb.

2. Smršťování vysycháním [3]

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp \left(-\alpha_{ds2} * \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] * 10^{-6} * \beta_{RH}$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}; f_{cm} = 48 \text{ Mpa}; RH = 60\%; RH_0 = 100\%$$

$$\beta_{RH} = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{0,6}{1} \right)^3 \right] = 1,2152$$

$$\alpha_{ds1} - \text{součinitel druhu cementu (druh R)} \rightarrow \alpha_{ds1} = 6$$

$$\alpha_{ds2} - \text{součinitel druhu cementu (druh R)} \rightarrow \alpha_{ds2} = 0,11$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110 * 6) * \exp \left(-0,11 * \frac{48}{10} \right) \right] * 10^{-6} * 1,2152 = 0,000536$$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}; \varepsilon_{ca} = 0$$

$$\left(\frac{1}{r} \right)_{cs} = -\varepsilon_{cs} * \alpha_{eff} * \frac{S_y}{I_y}$$

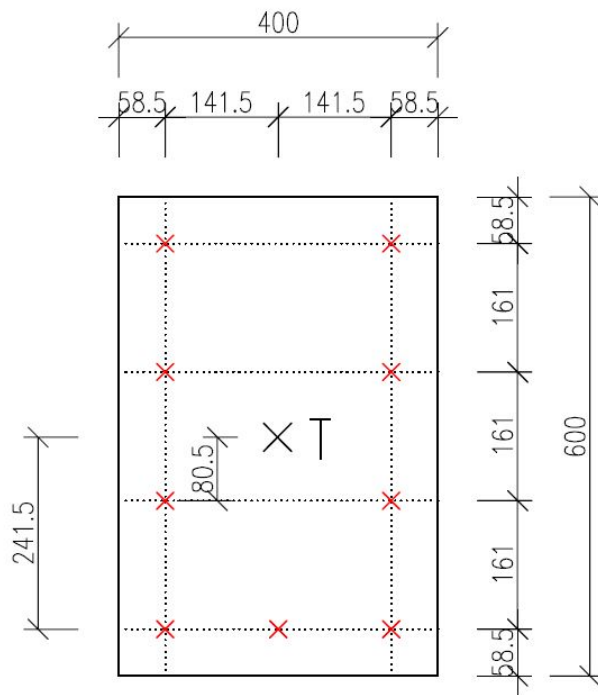
$$\alpha_{eff} = \frac{E_s}{E_{ceff}}; E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty; t_0)}; \varphi(\infty; t_0) = 1,81 \text{ (SCIA);}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}; E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$E_{ceff} = \frac{35}{1+1,81} = 12,456 \text{ GPa}$$

$$\alpha_{eff} = \frac{200}{12,456} = 16,057$$

$$I_y = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 0,4 * 0,6^3 = 0,0072 \text{ m}^4$$



× ŽEBÍRKOVÁ VÝZTUŽ $\varnothing 25\text{mm}$;
 $A = 491\text{mm}^2$

$$s_y = A_1 * r_1 + A_2 * r_2 = 3 * 0,000491 * 0,2415 + 2 * 0,000491 * 0,0805 = 4,3478 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cs} = -0,000536 * 16,057 * \frac{4,3478 * 10^{-4}}{0,0072} = 5,197 * 10^{-4}$$

$$w_{cs} = \left(\frac{1}{r}\right)_{cs} * \frac{L^2}{8} = 5,197 * 10^{-4} * 8,288^2 / 8 = 4,46 * 10^{-3} \text{ m} = \underline{\underline{4,5 \text{ mm}}}$$

Celkový průhyb

$$w = w_{SCIA} + w_{cs}$$

$$w = 20,7 + 4,5 = \underline{\underline{25,2 \text{ mm}}}$$

$$w_{Max} = L/250 = 8288/250 = \underline{\underline{33,1 \text{ mm}}}$$

$$w \leq w_{Max}$$

→ **VYHOVUJE**