



NÁZEV AKCE:

**STATICKÉ POSOUZENÍ STŘEŠNÍCH KONSTRUKCÍ
S OHLEDEM NA PLÁNOVANÉ UMÍSTĚNÍ
FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ PRO:**

OBLAST Č.4: NEMOCNICE TŘINEC

**ČÁST 4.6 STŘECHA BUDOVY P – MAGNETICKÁ REZONANCE
NEMOCNICE TŘINEC, p.o. k.ú. DOLNÍ LÍŠTNÁ**

Kaštanová 268 na parcele 563/7



OBJEDNATEL:

Moravskoslezský kraj, 28. října 2771/117, 702 18 Ostrava

ZHOTOVITEL:

ATRIS s.r.o., Občanská 1116/18, 710 00 Ostrava – Slezská Ostrava

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT:

Ing. František Šindýlek, ČKAIT 1101197

DATUM:

Duben 2023

1. Úvod:

Toto statické posouzení je vypracováno na základě objednávky č. 0076/2023/IM/O Krajského úřadu Moravskoslezského kraje ze dne 19.1.2023. Předmětem statického posouzení je posouzení je střešní konstrukce nad patrovou částí objektu „Budova P – Magnetická rezonance“, Nemocnice Třinec, Kaštanová 268 Dolní Líštná, na parcele č. 563/7 s ohledem na plánované umístění fotovoltaických panelů (dále FVE) na posuzovanou střechu. Přízemní části budovy předmětem posouzení nejsou. Je nutno posoudit, jestli je střecha pro umístění fotovoltaických panelů vhodná a zda má dostatečnou rezervu únosnosti. Předpokládané přetížení konstrukce střechy fotovoltaickými panely stanovené objednatelem je max. 50 kg/m².

Předmětem tohoto statického posouzení naopak není návrh ani posouzení žádných konkrétních fotovoltaických panelů ani jejich ukotvení na střechu proti účinkům sání větru, případně proti pohybu sněhové vrstvy po střeše.

Fotodokumentace byla pořízena při návštěvách nemocnice dne 16.1.2023 a 10.10.2023.

2. Použité podklady, ČSN a literatura:

1. Původní projektová dokumentace s názvem „SON Třinec – OHES a prosektura“, kterou vypracoval STAVOPROJEKT Praha ve stupni II a III, tedy i prováděcí PD, v roce 1954.
2. ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
3. ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
4. ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Zatížení sněhem
5. ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
6. Nemocnice Třinec. Část 4.4 - Střecha patrové části budovy L – Ředitelství. ATRIS s.r.o. 2023

3. Údaje o místě stavby:

Souřadnice GPS a nadmořská výška terénu: 49° 40' 30,4"; 18° 41' 30,8"; z = 346 m n.m.

Adresa: Kaštanová 268, 739 61 Třinec (č.p. 347)

Parcela č. a plocha m²: 563/7; k.ú. Dolní Líštná, 693 m²

Sněhová oblast: III; s_k = 1,50 kPa;
(dle sněhové mapy s_k = 1,55 kPa)

Zatížení sněhem na zemi/na střeše dle sněhové oblasti: 1,50 kPa/1,5 x 0,8 = 1,20 kPa

Zatížení sněhem na zemi/na střeše dle sněhové mapy: 1,55 kPa/1,55 x 0,8 = 1,24 kPa

Poznámka: Zatížení sněhem na střeše je vždy na m² půdorysného průmětu střechy.

V posudku budu uvažovat s_k = 1,5 kPa.

4. Popis konstrukce posuzované budovy:

Jedná se o budovu P - Magnetická rezonance a laboratoře, která je v původní PD označena jako OHES – Prosektura, která byla v minulosti označována také jako Patologie, na parcele č. 563/7. Tato budova P je symetrická k budově L – Ředitelství podle osy vjezdu do nemocnice (patrová i přízemní část), ale nemá oproti budově ředitelství Přístavbu. Uvedená symetrie je patrná také ze schéma areálu nemocnice na **příloze P1**. Podle datování výkresů

byla posuzovaná budova P vyprojektována cca o půl roku dříve než budova ředitelství. Předmětem statického posouzení je pouze patrová část budovy.

Původní patrová část budovy má obdélníkový půdorys šířky 12,15 metru a délky 25,65 metru. Jedná se o podélný symetrický dvojtrakt, kdy oba trakty mají světlou šířku 5400 mm a obvodové zdi i střední zeď mají tloušťku 450 mm. Patrová část má jedno podzemní a dvě nadzemní podlaží (suterén, přízemí a patro). Konstrukční výšky 3,0 až 3,6 + 3,6 + 3,55 metru. Nosné zdi tl. 450 mm jsou zděné z cihel tradičního formátu.

Všechny stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové. Nad suterénem tvoří stropní konstrukci žb trámový strop s deskou. Příčné spojitě trámy cca 250/400 mm včetně horní desky tl. 80 mm v osové rozteči 1,8 metru.

Nad přízemím i patrem jsou stropní konstrukce prakticky stejné, liší se jen celkovou výškou stropní konstrukce, tedy výškou stropních trámů o 50 mm. Stropní trámy mají šířku 150 mm a jejich světlá vzdálenost je 750 mm, osová vzdálenost 900 mm. Jsou spojitě přes oba trakty. Mezi trámy je horní a pod trámem je spodní deska tl. 50 mm. Trámy jsou ukončeny na obvodových stěnách věncem a také nad střední stěnou je žb věnec v rámci celé výšky stropní konstrukce. Světlá vzdálenost mezi spodní a horní deskou je nad přízemím 300 mm a nad patrem jen 250 mm. Takže celková výška stropní konstrukce nad přízemím je 400 mm a nad patrem 350 mm. Spodní deska tl. 50 mm se do statické výšky trámů nepočítá, je totiž na stropní trámy jen zavěšená. Spodní deska byla k běžné stropní konstrukci trámového stropu s horní deskou přidána jen proto, aby bylo možno do ní umístit trubky Crittallového topení. Věnce nad střední stěnou a obvodovými stěnami přízemí mají šířku vždy 450 mm a výšku stejnou jako stropní konstrukce, tedy 400 mm nad přízemím a 350 mm nad patrem. Obvodové věnce stropní konstrukce nad patrem ustupují proti vnějšímu líci zdiva cca o 25 mm a proto mají šířku jen 425 mm. Do obvodových věnců stropní konstrukce nad patrem, které jsou v šířce 300 mm zvýšeny na celkovou výšku 600 mm, je vetknuta i deska římsy tl. 150 (100) mm s vyložení 600 mm. Nad římsou je vyžděna ještě atika tl. 300 mm, jejíž horní líc je 1000 mm nad horním lícem stropní konstrukce nad patrem a současně 750 mm nad římsou a věncem. Viz. podélný řez A-A na **příloze P2** a příčný řez C-C na **příloze P3**.

Střecha je plochá, je po délce budovy rozdělena do tří částí. Cca uprostřed každé z nich je střešní vpust', do které je střešní plášť vypádován, spád cca 3%. Střešní plášť plochých střech je na všech budovách nemocnice z padesátých let tvořen tepelně izolační vrstvou pěnobetonu, která by měla mít podle skladby střešního pláště napsané v řezech původní PD tentokrát tl. 70 mm a nad ní je spádová vrstva škvárobetonu tl. cca od 20 do 180 mm včetně zatření cementovým potěrem, na kterém je lepenková živičná krytina původně ze dvou pásů Ruberoid a asfaltových nátěrů. Nový střešní plášť po zateplení bude uvažován obdobně jako u předchozích posuzovaných objektů včetně budovy L - Ředitelství. Tedy parozábrana z asfaltového pásu s hliníkovou fólií, tepelná izolace 80 mm EPS a fóliová krytina PVC.

5. Statické posouzení stropní konstrukce pod střechou:

Posuzovaná patrová část budovy P je řešena jako podélný dvojtrakt, má dvě obvodové a jednu střední nosnou zeď tloušťky 450 mm, mezi kterými je světlá vzdálenost v obou traktech 5400 mm. Zapůjčená statická část původní projektové dokumentace z roku 1954 obsahuje už od roku 1999 jediný výkres S11 a to Výkres bednění a výztuže desek poliček v přízemí a patře, což je výkres, který se naprosto netýká nosné konstrukce budovy.

Jsou ale k dispozici stavební výkresy, kde je několik řezů budovou. Hlavně z podélného řezu A-A v **příloze P2** jednoznačně vyplývá, že konstrukce stropu pod střechou je totožná

s konstrukcí stropu patrové části budovy L, který byl řešen v části 4.4 a lze jej kompletně převzít. Jednak se jedná o zrcadlově symetrické budovy a také projektant neměl žádný důvod konstrukci měnit.

Proto bude v rámci tohoto statického posouzení opět posouzena stropní deska ID1 a trám IT1. Trámy IT₁ jsou široké 150 mm v osové rozteči 900 mm. Světla vzdálenost mezi trámy je 750 mm, což je světla rozpětí stropní desky ID₁. Stropní desku ID₁ tvoří z hlediska výkresu výztuže ve skutečnosti dvě desky tl. 50 mm. Jedna vytváří horní líc stropní konstrukce a druhá zase spodní líc stropní konstrukce. Mezi horní a spodní stropní deskou je dutina výšky 250 mm a do ní muselo být vloženo ztracené bednění, jinak nemohla být stropní konstrukce vyrobena.

Na **příloze P5** je naskenována výztuž desky ID₁ v příčném řezu. Pomímám to, že podle současně platných norem desku tl. 50 mm nelze s ohledem na požadavky na krytí výztuže betonem téměř navrhnout a pokud ano, pak určitě ne s výztuží při obou površích. Na příloze **P5** je vidět, že výška ohybu podélné výztuže desky je jen 25 mm. Co mi vadí je skutečnost, že žádná spodní výztuž desky nedobíhá až do podpory, tedy do stropního trámu. Ona dobíhá, ale ve formě horní výztuže cca o 20 mm výše. U horní desky je jen jedna výztuž, která je šikmými ohyby tvarována tak, že přeskakuje od horního líce desky ke spodnímu líci desky a naopak. Pokud se ale zamyslíme nad tím, jak se taková stropní konstrukce buduje, tak lze mnohé pochopit. Zkusím to popsat.

Na plnoplošné bednění stropní konstrukce se položí jako první v místě budoucích trámů svislá propojovací výztuž z profilu Ø 5,5 mm, která je ohnutá ve tvaru U, dole široká 200 mm a obě svislé části prutu délky 300 mm jsou na konci opatřeny hákem. Tyto kotevní propojovací prvky se osazují v podélné ose trámu s mezerou 200 mm (viz. druhá strana **Přílohy P5**). Dále se položí spodní podélná výztuž spodní desky Ø 5,5 a 400 mm a ohýbaná výztuž Ø 5,5 také po 400 mm. Výsledkem je následující uspořádání výztuže dolní desky: uprostřed desky Ø 5,5 po 200 mm a prakticky všechny podélné pruty prochází nad kotevním propojovacím prvkem s trámem. Položí se rozdělovací výztuž (RV) a trubky topení Crittall a spodní deska v tl. 50 mm se zabetonuje. Na zabetonovanou spodní desku se položí bednicí krabice ztraceného bednění šířky 750 mm a výšky 250 mm v délce rovné světlé šířce místností tedy 5,40 metru. Mezi bednicí krabice se vloží armokoše výztuže trámů, které jsou položeny na spodní desku, ale zasahují až k hornímu líci horní desky. Do armokošů jsou vloženy spodní i horní výztuž trámu svázaná uzavřenými třmínky Ø 5,5 po 250 mm. Na armokoše se uloží výztuž horní desky a ta je tak na trámy vlastně zavěšena. Spodní výztuž horní desky by se musela složitě provlékat přes armokoše trámů a nutně by narazila na horní podélnou výztuž trámů. Proto tam rovná spodní výztuž chybí. Tento problém jsem konzultoval a zjistil jsem, že se takto trámečkové stropy se spodní deskou běžně dělaly.

Ted' ještě k výztuži trámů IT₁ – viz **Příloha P6**. Ty jsou navrženy jako spojitý nosník o dvou stejných polích. Mají spodní výztuž v poli 1 Ø 20 + 1 Ø 18 (2 Ø 22) a uprostřed 1 Ø 20 (1 Ø 22) s ohyby k hornímu povrchu v druhé řadě nad střední podporou. V závorce jsou uvedeny průměry profilů možného skutečného provedení.

Horní výztuž nad střední podporou je 2 x 2 Ø 20 + 1 Ø 18 (2 x 2 Ø 22 + 1 Ø 16) při jejich šířce 150 mm a výšce 250 + 50 = 300 mm. Přitom profily Ø 18 (Ø 16) jsou rovnou příložkou horní výztuže nad střední podporou a profil v závorce opět pravděpodobné skutečné provedení. Třmínky jsou dvoustřížné Ø 5,5 po 250 mm. Ovšem posouvající síly u podpor obvodových i vnitřní přenášejí hlavně ohyby podélné výztuže a smyková příložka u vnitřní podpory. Spodní desku do výšky trámů započítat nelze. Výztuž napsaná v závorkách posouzena nebude. Není zdaleka jisté, že právě taková výztuž byla na stavbě zabudována.

Zatížení stropní konstrukce pod střechou:

Kromě zatížení nahodilého od sněhu v charakteristické hodnotě $0,8 \times 1,5 = 1,2$ kPa jsem již ve všech posudcích uvažoval i s rezervou zatížení $50 \text{ kg/m}^2 = 0,5$ kPa. Takže nahodilé zatížení je včetně zatížení sněhem $0,8 \times 1,5 = 1,2$ kN/m² celkem $1,7$ kN/m² plochy střechy. Zatížení stálé horní desky je tvořeno zatížením od střešního pláště a od vlastní tíhy horní desky tl. 50 mm. Zatížení stropního trámu se zvedá ještě o vlastní tíhu spodní desky včetně omítky podhledu stropu, případně od zavěšeného podhledu stropu a o vlastní tíhu trámu.

Skladbu původního střešního pláště jsem uvažoval dle stavebních řezů v maximální výšce u atiky 250 mm. Od spodu ze 70 mm pěnobetonu, 20 až 180 mm spádového škvárobetonu včetně 20 mm cementového potěru a původní lepenkové krytiny tl. také 20 mm. Na tu se v rámci rekonstrukce a zateplení střechy přidala nová lepenka s Al vložkou jako parozábrana, tepelná izolace EPS 80 mm a nová střešní krytina z fólie PVC. Stanovil jsem charakteristické i návrhové zatížení spodní i horní části stropní desky ID1 a výztuž jsem vzal z původních armovacích výkresů. Pak jsem desku posoudil programem pro posuzování žb konstrukcí podle EC 2. Ale vnitřní síly v desce i trámu byly vypočteny ručně.

Výsledky statického posouzení:

Horní deska ID1: Tato deska nese vlastní tíhu střešního pláště a s ním i zatížení nahodilé od sněhu, ke kterému byla připočtena i potřebná rezerva zatížení. Toto zatížení horní deska vnáší do stropního trámu IT1. Výztuž desky ID1 je na **příloze P5**. Posouzení je dokumentováno v **příloze P7 a P8**. Deska ID1 vyhovuje a má tedy rezervu únosnosti 50 kg/m^2 půdorysné plochy střechy!

Dolní deska ID1: Tato deska má podobnou výztuž jako horní deska a navíc její spodní výztuž je dovedena až do podpory. Podporou je trám IT1, který je podporou v tom smyslu, že je na něm spodní deska zavěšena pomocí svislé propojovací výztuže $\varnothing 5,5$ po 200 mm. Dolní deska nese jen vlastní tíhu, případně zatížení od bednicích krabic pro betonáž horní desky. Takže ji není nutno posuzovat, ale propojovací (závěsná) výztuž $\varnothing 5,5$ po 200 mm byla posouzena a vyhovuje i když její průměr je hodně malý a je náchylný oslabení korozí.

Stropní trám IT1: Stropní trám má výšku spolu s horní deskou 300 mm a šířku 150 mm. Trám má spodní podélnou výztuž $2 \times \varnothing 20 + 1 \times \varnothing 18$, z toho je jeden profil $\varnothing 20$ s ohyby k hornímu povrchu nad krajní i vnitřní podporou. Horní výztuž nad vnitřní podporou je rovněž $2 \times \varnothing 20 + 1 \times \varnothing 18$. Z toho $2 \times \varnothing 20$ jsou profily s ohybem ze spodní výztuže jdoucí proti sobě a $\varnothing 18$ je dlouhá příložka horní výztuže nad vnitřní podporou. Blíže viz **příloha P6**. Stropní trám má nejmenší rezervu únosnosti, přesněji vyhoví až po redistribuci ohybových momentů z průřezu nad střední podporou, kde je překročena jeho únosnost, do obou přilehlých polí, kde je naopak rezerva únosnosti trámu a to nebylo využito jeho T průřezu, protože je výztuž horní desky tvořící spolu s trámem T průřez slabý, má malý průměr a velkou rozteč na to, aby se s ním dalo v T průřezu uvažovat. Nějaký vliv nepochybně má, ale nelze jej stanovit výpočtem. Naopak redistribuce momentů může proběhnout díky poddajnosti relativně slabého betonu B170 (C 12/15). Při výpočtu zatížení trámu IT1 bylo nutno využít kombinačních součinitelů a zatížení počítat podle výrazů 6.10a a 6.10b z ČSN EN 1990.

6. Poznámky ke statickému posouzení:

Zatížení bylo vypočteno v charakteristické i návrhové velikosti, takže bylo možno žb monolitické desky a trámy posoudit podle eurokódu EC 2. Posuzované žb konstrukce byly v původní PD navrženy z betonu B170 a oceli 10370. Místo betonu B170 byl zvolen beton C12/15 a ocel betonářské výztuže 10370 byla nahrazena ocelí 10216. Jedná se o beton a ocel, které se svými mechanickými parametry původnímu betonu a oceli nejvíce blíží.

Určitou nejistotu vnáší do posudků otázka nakolik odpovídá skutečnosti skladba a objemové hmotnosti materiálů jednotlivých vrstev střešního pláště se kterými je uvažováno ve statickém posouzení. Naopak nelze vyloučit, že je na stavbě v trámech osazena výztuž \varnothing 22 místo \varnothing 20, jak bylo tužkou napsáno do armovacích výkresů, což by vedlo k větší únosnosti stropních trámů IT1. Ovšem ověřit skutečné provedení výztuže trámu není vůbec jednoduché. Dá se realizovat buď shora nad vnitřní podporou trámu po dočasném odstranění stávajícího střešního pláště. Nebo naopak zespoda cca uprostřed šířky traktů o světlé šířce 5400 mm, ale trámy jsou až nad spodní deskou (podhledovou žb deskou tl. 50 mm), protože výztuž trámu je uložena až nad touto deskou.

Další skutečnosti zvyšující rizikovost posuzovaných konstrukcí stropní konstrukce pod střechou:

- a) Malá tloušťka horní i spodní části desky ID1 a s tím spojené obtížné umístění výztuže do desky a malé krytí výztuže betonem, které se v té době tak neřešilo, jak v současnosti. S tím souvisí i možnost, že beton desky může být zkarbonatovaný v celé tloušťce desky. Všechno uvedené se může projevit především korozí výztuže. Statické posouzení defacto uvažuje všechny materiály jako nové, jak byly předepsány v původní projektové dokumentaci.
- b) Malý průměr výztuže 5,5 mm. Korozivní úbytek na povrchu výztuže, který zmenší průměr výztuže o 1 mm zmenší plochu výztuže o 33%. Zmenšení průměru o 2 mm už zmenší plochu výztuže o 60%! Přitom se nemusí jednat o souvislou korozi, stačí jen lokální koroze nebo i důlková koroze.
- c) U spodní desky k tomu přistupuje skutečnost, že přímo do desky byly zabudovány trubky topení Crittall. Podle sdělení zástupce uživatele toto topení dlouho nevydrželo, protože při stavbě byly místo měděných trubek použity ocelové. Unikající vlhkost z trubek při jejich prorezavění nebo ze spojů vytváří ideální podmínky pro korozi betonu i výztuže.

Na střechu budovy P není možný přístup například zabudovaným žebříkem, potřeba přístupu na střechu se musí předem ohlásit a připravit. Ale prý se připravuje. Nedostal jsem se ani dovnitř budovy, kde jsem chtěl prohlédnout stav podhledu stropní konstrukce pod střechou. V budově L – Ředitelství jsem v jedné místnosti pod střechou našel trhlinu cca uprostřed místnosti a byla rovnoběžná se stropním trámem. Chci zdůraznit, že vzhledem k výše uvedeným rizikům je nutno podhled stropní konstrukce sledovat, zejména během montáže FVE a po ní a případné nové trhlinky či deformace hlásit a řešit.

Všechny výpočty a posudky jsou přiloženy ve dvou přílohách, **Příloze P7** s názvem „Statické posouzení“ a **příloze P8** s názvem „Posudky žb desek a trámů“.

Závěr provedeného statického posouzení patrové části budovy P je, že stávající střecha nad 1. patrem budovy P – Magnetická rezonance VYHOVÍ na přitížení do 50 kg/m².

7. Návrh opatření:

S ohledem na oblasti sání větru na střechách podle ČSN EN 1991-1-4 se doporučuje při využívání rezervy v únosnosti stropní konstrukce vyhnout okrajům střechy do vzdálenosti cca 1,5 metru od okraje střechy a zejména nárožím střechy!

Po obvodu střechy jsou i největší výšky spádové vrstvy střešního pláště a navíc je možno okraje střechy využít při případném odstraňování sněhu se střechy.

Stávající střešní krytina pravděpodobně nesplňuje požadavek na její životnost cca 20 let po montáži FVE bez možnosti její běžné údržby a oprav.

Patrová část Budovy P Magnetická rezonance je ze všech posuzovaných budov nejvíce stíněna vzrostlými stromy rostoucími v její blízkosti a to i z jižní strany.

8. Závěr:

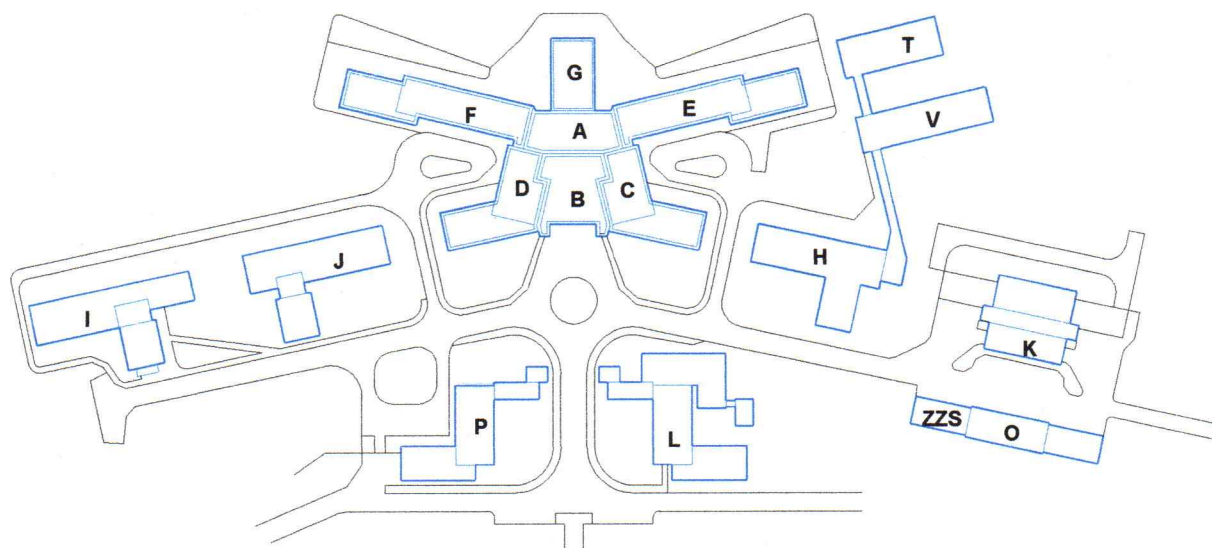
Stropní konstrukce pod plochou střechou nad patrovou částí budovy P – Magnetická rezonance (dříve OHES a prosektura) má rezervu únosnosti do 50 kg/m².

V Ostravě leden až říjen 2023



Ing. František Šindýlek
602 825 905, f.sindylek@volny.cz

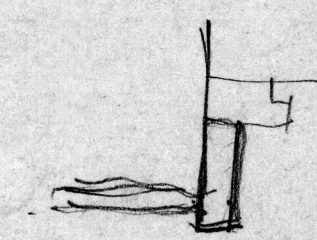
AREÁL NEMOCNICE TŘINEC



Legenda :

- A spojovací křídlo monobloku
- B vstupní křídlo monobloku
- C operační křídlo monobloku
- D vyšetřovací a ambulantní křídlo monobloku
- E lůžkové křídlo monobloku
- F lůžkové křídlo monobloku
- G lůžkové křídlo monobloku
- H hospodářská budova
- I infekční pavilon
- J pavilon psychiatrie
- K kotelna a údržba
- L budova ředitelství a skladu
- M vrátnice
- N dispečink záchranné služby
- O garáže + záchranná stanice
- P patologie a soukromá laboratoř
- T pavilon rehabilitace a transfúzní stanice
- V vodoléčba
- ZZS Územní středisko zdravotnické záchranné služby

SEYER!



150

Statní projektový ústav
pro výstavbu měst a vesnic v Praze
PRAHA VII, KOSTELNÍ 44

7

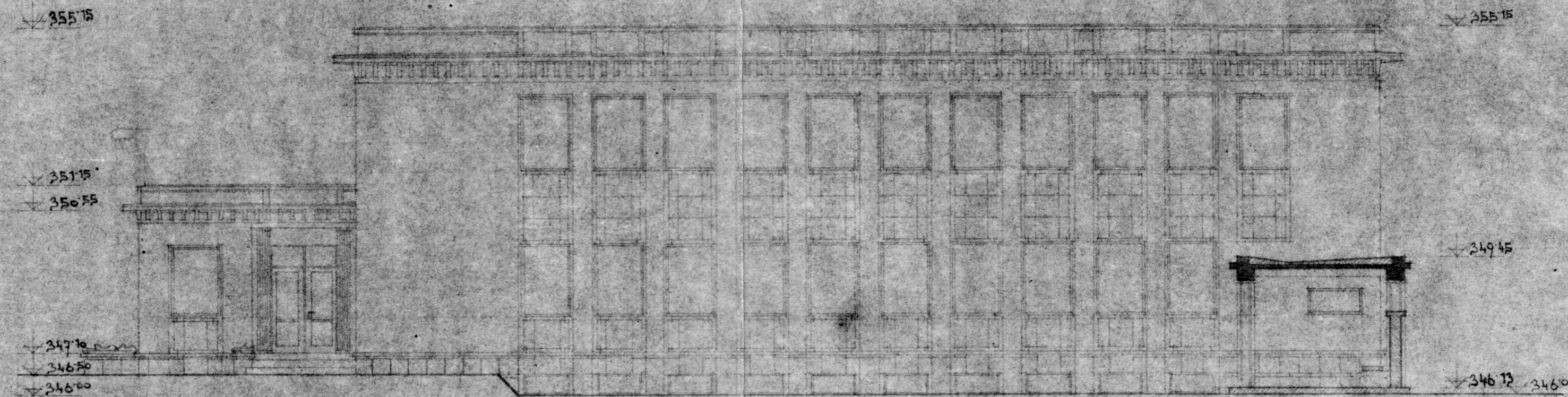
Ughy!

[illegible]

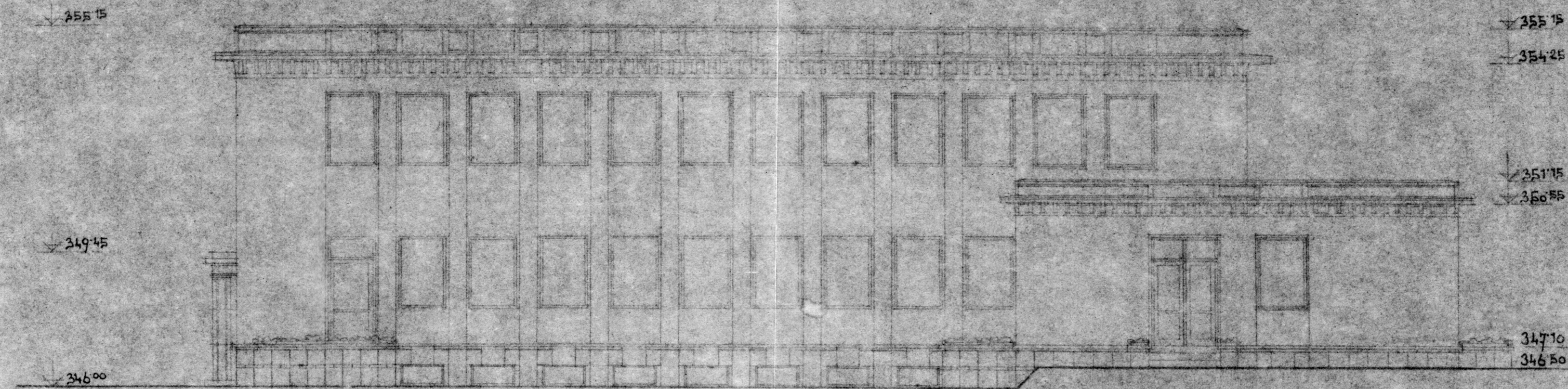
Schváleno ministrem zdravotnictví
výnosem ze dne 25. III. 1954
čís. jedn. II/2 - 610/30862

Státní ústav pro projektování st. inž.
• pozemních a inženýr. a.
STAVOPROJEKT st. inž.
Praha VII, Kostelní 44
Telefon 747-69, 747-98 (9)

9



POHLED SEVEROZÁPADNÍ



POHLED JIHOVÝCHODNÍ

Povolení ke stavbě uděleno
stavebním úřadem města Třince
Dne *XI-21/1*
- 9 VI 1954 *Potus*

Schváleno ministrem zdravotnictví
výnosem ze dne 25. III. 1954
čís. jedn. II/2-610/30862

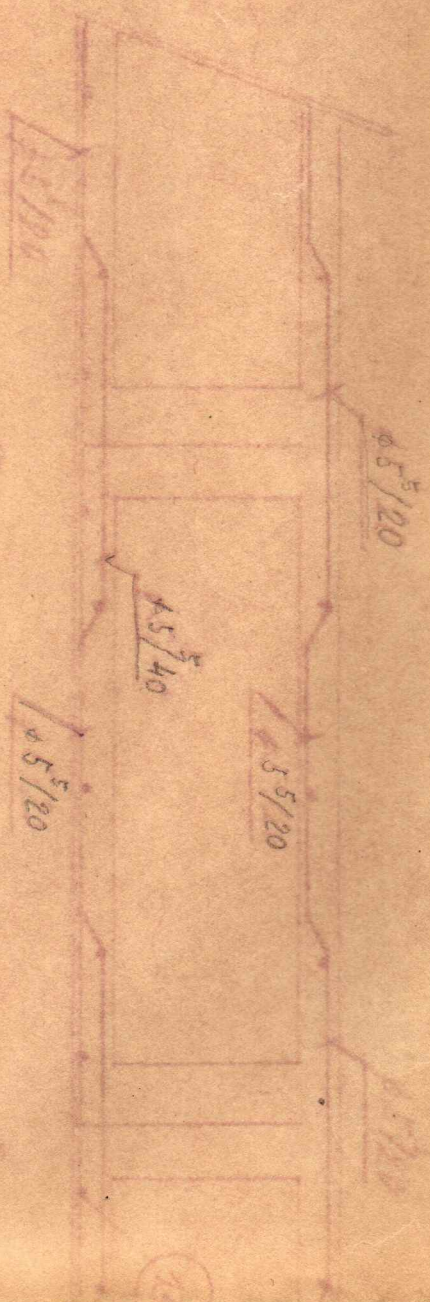
hufy

1057

Státní ústav pro projektování státních
a pozemních a inženýrských staveb
STAVOPROJEKT státního ústavu
Praha VII, Kostelní 44
Telefon 347-49, 347-98

| | | |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ARCH. ING. M. PIŠOVÁ <i>Pišová</i> | ARCH. ING. G. PAUL <i>Paul</i> | ARCH. ING. G. PAUL <i>Paul</i> |
| ARCH. ING. M. PIŠOVÁ <i>Pišová</i> | ARCH. ING. G. PAUL <i>Paul</i> | ARCH. ING. G. PAUL <i>Paul</i> |
| ARCH. ING. V. OBTEL | | 12. II. 1954 |
| KNV OSTRAVA | ONV ČESKÝ TĚŠÍN | |
| SON TŘINEC | OHES - PROSEKTURA | |
| POHLEDY | HEŘÍTKO | |
| ONV ČESKÝ TĚŠÍN | 4883/4264 | 4883/4264/A/19/II. |
| | | 4A4 |

104



$45\frac{5}{20}$ $45\frac{5}{40}$ $45\frac{5}{20}$

Proportional change (9) to $45\frac{5}{20}$, with $45\frac{5}{40}$



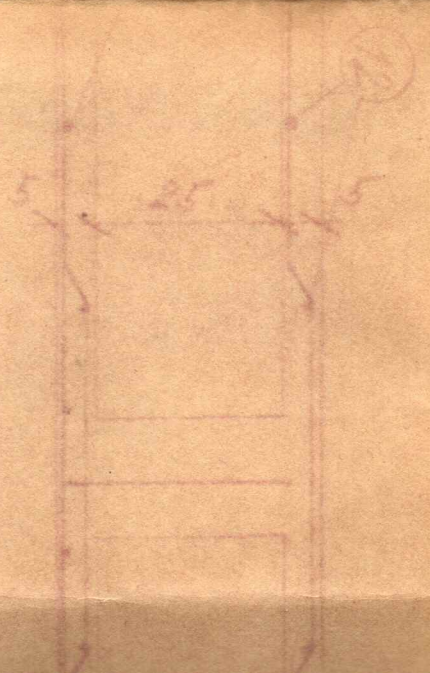
41

Proportional change (10) to $45\frac{5}{20}$, with $45\frac{5}{40}$



41

Proportional change (11) to $45\frac{5}{20}$, with $45\frac{5}{40}$



$45\frac{5}{20}$ $45\frac{5}{40}$ $45\frac{5}{20}$

Proportional change (12) to $45\frac{5}{20}$, with $45\frac{5}{40}$



41

IT₁ × 26 IT₁^x

⑦ 1/25

$$\frac{26.20 + 14.18}{22} = 540$$

① 2 × 2φ 5⁵ d. 440, k₀₀₀ 104 + 2 = 106

③ 2 × 1φ 20 d. 620, k₀₀₀ 52 + 1 = 53

⑤ 2 × 1φ 20 d. 655, k₀₀₀ 52 + 1 = 53

$$\frac{26.20 + 14.18}{22} = 16$$

$$45$$

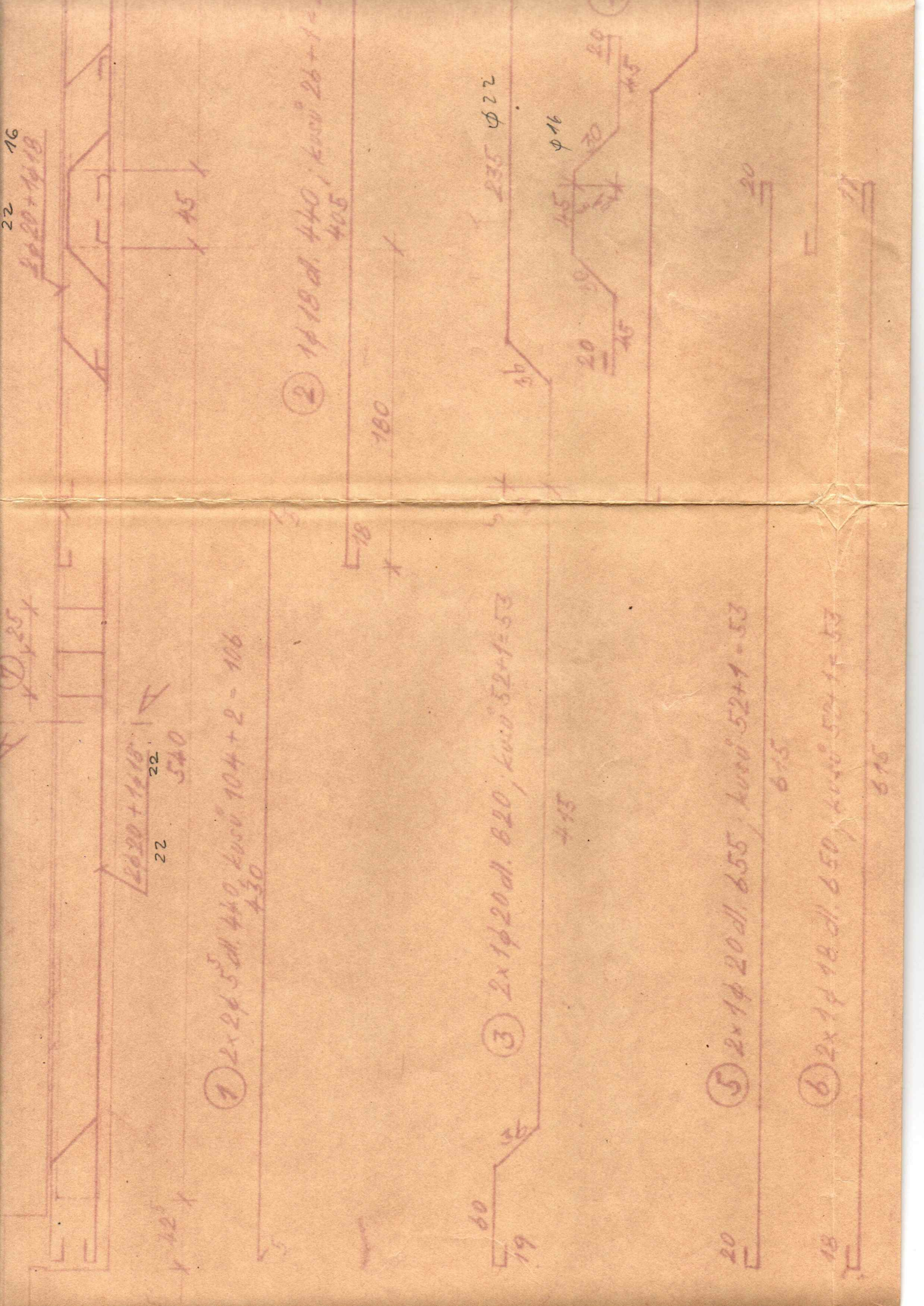
② 1φ 18 d. 440, k₀₀₀ 26 + 1 = 27

$$180$$

$$235 \phi 22$$

$$\phi 16$$

④



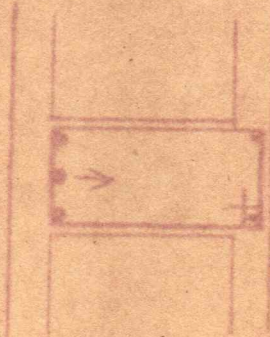
IT₁

$$\frac{2420 + 1018}{22} = 540$$

(1)

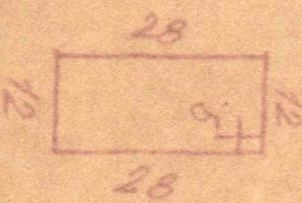
4.5 57

Per A-A



4.5 25

(1) 145/25 01 90

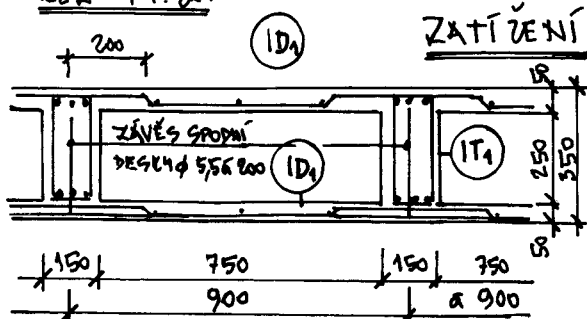


2001 235, 6000 26+1-27

(3)

STŘECHA PÁTROVÉ ČÁSTI BUDOVY P - MAGNETICKÁ REZONANCE:

ŘEZ 1:20:



ZATÍŽENÍ:

ZATÍŽENÍ DO SPODNÍ DESKY (TOUZE STĚLE)

$$\text{OD VLASTNÍ TÍHY DESKY } 0,05 \cdot 25 = 1,25 \cdot 1,35 = 1,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{OD OHNÍČY PODHLEDU STROPU } 0,015 \cdot 20 = 0,30 \cdot 1,35 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{CELKEM: } g_k = 1,55 \text{ kN/m}^2; g_d = 2,10 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ OD SPODNÍ DESKY DO TRÁHU (IT1):

$$g_d = 2,1 \cdot 0,9 = 1,89 \text{ kN/m}; g_k = 1,55 \cdot 0,9 = 1,4 \text{ kN/m}$$

POSOUZENÍ ZÁVĚSU Ø 5,5 mm a 200 mm:

$$\text{ZATÍŽENÍ DO JEDNOHO ZÁVĚSU Ø 5,5 mm: } N_d = \frac{1,89}{5} = 0,378 \text{ kN} = 0,4 \text{ kN}$$

$$\text{VÝZTUŽ Ø 5,5 mm: } A = 23,8 \text{ mm}^2; f_{yk} = 206 \text{ MPa}; f_{yk} \cdot A = 1,15; f_{yk} = \frac{206}{1,15} = 179 \text{ MPa}$$

$$\text{POSOUZENÍ: } N_{Rd} = 23,8 \cdot 179 \cdot 10^{-3} = 4,26 \text{ kN} > N_d = 0,4 \text{ kN}; \text{ VYHOVUJE!}$$

ZATÍŽENÍ HORNÍ DESKY (ID1):

1. ZATÍŽENÍ NÁHODNÉ (UŽITNÉ):

$$\text{OD SNĚHU } 0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \cdot 1,5 = 1,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{PŘEDPOKLÁDANÁ REZERVA ÚMOSNOSTI (50 kN/m}^2) \text{ } 0,15 \cdot 1,5 = 0,225 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{NÁHODNÉ CELKEM: } g_{k1} = 1,7 \text{ kN/m}^2; g_{d1} = 2,55 \text{ kN/m}^2$$

2. ZATÍŽENÍ STĚLE OD STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ A VLASTNÍ TÍHY HORNÍ DESKY:

$$\text{OD KRYTINY PVC A EPS TL. 80 mm } 0,05 \cdot 1,35 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{PAROZÁBRANA + PŮVODNÍ KOPENKOVÁ KRYTINA TL. 20 mm } 0,25 \cdot 1,35 = 0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{CEMENTOVÝ POTĚR TL. 20 mm } 0,020 \cdot 23 = 0,46 \cdot 1,35 = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ŠKŮV BETON Ø 160 mm: } \frac{0,00 \cdot 0,160}{2} \cdot 1,2 = 0,12 \cdot 1,35 = 0,162 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{PĚCHO BETON TL. 70 mm } 0,070 \cdot 10 = 0,70 \cdot 1,35 = 0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{VLASTNÍ TÍHA } 0,050 \cdot 25 = 1,25 \cdot 1,35 = 1,69 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ZATÍŽENÍ STĚLE CELKEM: } g_{k2} = 3,91 \text{ kN/m}^2; g_{d2} = 5,29 \text{ kN/m}^2$$

3. ZATÍŽENÍ HORNÍ DESKY ID1 CELKEM: $\Sigma g_k = 5,61 \text{ kN/m}^2; \Sigma g_d = 7,84 \text{ kN/m}^2$

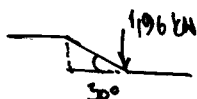
POSOUZENÍ VÝZTUŽE Ø 5,5 a 200 mm JAKO ŠIKMÉHO ZÁVĚSU HORNÍ DESKY:

$$\text{ZATÍŽENÍ SVISLÉ: ZATĚŽOVÁ ŠÍŘKA: } (0,90 \cdot 2 \cdot 20) \cdot 0,5 = 250 \text{ mm}$$

$$P_d = 7,84 \cdot 0,25 = 1,96 \text{ kN}$$

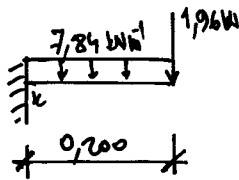
$$\text{SÍLA V DIAGONÁLE: } N_d = \frac{1,96}{\sin 30^\circ} = \frac{1,96}{0,5} = 3,92 \text{ kN} < N_{Rd} = 4,26 \cdot 5 = 21,3 \text{ kN}$$

VYHOVUJE!



OCEL 10370

BUDE VE STATICKÉM
VÝPOČTU NA HŘÍZENÍ
OCELI 10216 E



POSOUZENÍ HORNÍ VÝZTUŽE HORNÍ DESKY NAD TRÁHEM:

$$M_{dk} = 0,5 \cdot 7,84 \cdot 0,200^2 + 1,96 \cdot 0,200 = 0,157 + 0,392 = 0,55 \text{ kNm}$$

STANOVENÍ MOMENTŮ V HORNÍ DESCE OZ. ROVNOMĚRNĚHO ZATÍŽENÍ:

NAD TRÁHEM: $M_d = 1/12 \cdot 7,84 \cdot 0,9^2 = 0,53 \text{ kNm}$

V POLI: $M_d = 1/10 \cdot 7,84 \cdot 0,9^2 = 0,635 \text{ kNm}$

POSOUZENÍ VÝZTUŽE DESKY (ID1) Ø 5,5 a 200 mm; BETON C 12/15

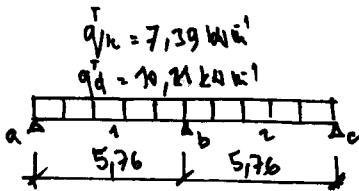
POSOUZENÍ: $M_{rd} = 0,76 \text{ kNm} > M_d = 0,635 \text{ kNm}$, VYHOVUJE!

VIZ. PŘÍLOHA P 8

a) STROPNÍ TRÁH (IT1): VÝZTUŽ V POLI 2Ø20 + 1Ø18
NAD VNITŘNÍ PODPOROU 2Ø20 + 1Ø18

| | | |
|------------------|-------------------------|---|
| <u>ZATÍŽENÍ:</u> | OD HORNÍ DESKY STĚLÉ | $3,91 \cdot 0,9 = 3,52 \cdot 1,35 = 4,75 \text{ kNm}^2$ |
| | OD HORNÍ DESKY NAHODILÉ | $1,17 \cdot 0,9 = 1,53 \cdot 1,50 = 2,30 \text{ kNm}^2$ |
| | OD SPODNÍ DESKY STĚLÉ | $1,55 \cdot 0,9 = 1,40 \cdot 1,35 = 1,89 \text{ kNm}^2$ |
| | OD VLASTNÍ TÍHM TRÁHU | $0,15 \cdot 0,15 \cdot 25 \cdot 0,94 \cdot 1,35 = 1,27 \text{ kNm}^2$ |

$$l = \frac{2 \cdot 5,14 + 0,45 + 5,14 \cdot 0,05}{2} = 5,76 \text{ m}$$



$$q_k^T = 7,39 \text{ kNm}^2; q_d^T = 10,21 \text{ kNm}^2$$

MOMENT NAD PODPOROU: $M_b = 0,125 \cdot 10,21 \cdot 5,76^2 = 42,34 \text{ kNm}$, $M_d = 23,81 \text{ kNm}$

MOMENT V POLI: $M_{d1} = M_{d2} = 0,0703 \cdot 10,21 \cdot 5,76^2 = 23,81 \text{ kNm}$

POSOUZENÍ: (VÝZTUŽ 2Ø20 + 1Ø18)

$h = 300 \text{ mm}; b = 150 \text{ mm}; \text{BETON B40} \Rightarrow \text{C12/15}; \text{OCEL A500} \Rightarrow \text{S235}$

$M_{rd} = 33,11 \text{ kNm} > M_{d1} = M_{d2} = 23,81 \text{ kNm}$, VÝZTUŽ V POLI VYHOVUJE!

NAD PODPOROU: $M_{rd} = 33,11 \text{ kNm} < M_d = 42,34 \text{ kNm}$, VÝZTUŽ NAD PODPOROU NEVYHOVUJE!

POSOUZENÍ MOŽNOSTI REDISTRIBUCE:

$\Sigma M_{rd} = 33,11 + 33,11 = 66,22 \text{ kNm} > \Sigma M_d = 42,34 + 23,81 = 66,15 \text{ kNm}$

ABY VÝZTUŽ TRÁHU VYHOVĚLA, MUSELA BY BÝT REDISTRIBUCE TOTÁLNÍ!

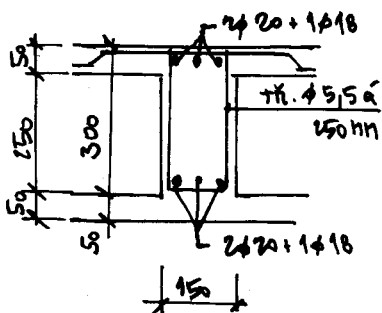
b) POSOUZENÍ PRO VÝZTUŽ ALTERNATIVNÍ DLE TEORETICKÉHO SKUTEČNÉHO PROVEDENÍ:

V POLI VÝZTUŽ 3Ø22: $M_{rd} = 38,59 \text{ kNm} > M_d = 23,81 \text{ kNm}$, VYHOVUJE!

V PODPĚ VÝZTUŽ 2Ø22 + 1Ø16: $M_{rd} = 34,94 \text{ kNm} < M_d = 42,34 \text{ kNm}$, NEVYHOVUJE!

MOŽNOST REDISTRIBUCE: $\Sigma M_{rd} = 38,59 + 34,94 = 73,53 > M_d = 66,15 \text{ kNm}$

REDISTRIBUCE BY BYLA MOŽNÁ, POKUD NA STAVBĚ TAKOVÁ VÝZTUŽ SKUTEČNĚ JE!



POSOUZENÍ TRÁHU IT₁ NA KOMBINACI ZATÍŽENÍ DLE ČSN EN 1990:

0. ZATÍŽENÍ STÁLE CHARAKTERISTICKÉ: [kN/m¹]

$$\begin{array}{ccc} \text{HORNÍ DESKA} & \text{DOLNÍ DESKA} & \text{VL. TRÁH} \\ q_k = 3,52 & + 1,40 & + 0,94 = \underline{5,86 \text{ kN/m}^1} \end{array}$$

1. ZATÍŽENÍ NÁHODNÉ OD SNĚHU: $Q_{k1} = 0,8 \cdot 1,50 = 1,20 \cdot q_s = \underline{1,08 \text{ kN/m}^1}$

2. ZATÍŽENÍ NÁHODNÉ REZERVA 50 kg/m²: $Q_{k2} = 0,5 \cdot 0,9 = \underline{0,45 \text{ kN/m}^1}$

KONTROLA: $5,86 + 1,08 + 0,45 = 7,39 \Rightarrow \underline{7,39 = 7,39, OK!}$

TABULKA A1.2 B - NÁVRHOVÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ (STR/GEO) SOUBOR B

$$\gamma_{G1, sup} = 1,35, \gamma_{Q1} = 1,5$$

TABULKA A1.1. ČSN EN 1990:

DOPORUČENÉ HODNOTY

SOVĚDITELŮ PS:

KATEGORIE A, B, C, D, E, G: 0,7

KATEGORIE H - STŘECHY: 0

ZATÍŽENÍ SNĚHU H < 1000 mm: 0,5

(VÝRAZ 6.10): $\gamma_{G1, sup} G_{k1, sup} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{01} \cdot Q_{k2}$
 $= 1,35 \cdot 5,86 + 1,5 \cdot 1,08 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,45 = \underline{10,0 \text{ kN/m}^1}$

(VÝRAZ 6.10a): $\gamma_{G1, sup} \cdot G_{k1, sup} + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{01} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{01} \cdot Q_{k2}$
 $= 1,35 \cdot 5,86 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,08 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,45 = \underline{9,2 \text{ kN/m}^1}$

(VÝRAZ 6.10b): $\xi \cdot \gamma_{G1, sup} \cdot G_{k1, sup} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{01} \cdot Q_{k2}$
 $= 0,85 \cdot 1,35 \cdot 5,86 + 1,5 \cdot 1,08 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,45 = \underline{8,82 \text{ kN/m}^1} < 9,2 \text{ kN/m}^1$

VOUŠE 6.10 NEBO NEPŘÍZNIVĚJŠÍ Z 6.10a A 6.10b. VOLÍM 6.10a $\Rightarrow 9,2 \text{ kN/m}^1$!

MOMENT NA D PODPORU:

$$M_d = 0,125 \cdot 9,2 \cdot 5,76^2 = \underline{38,15 \text{ kNm}} > M_{rd} = 33,1 \text{ kNm}; \text{ NEVYHODUJE!}$$

MOMENT V POLI:

$$M_{d1} = M_{d2} = 0,0703 \cdot 9,20 \cdot 5,76^2 = \underline{21,46 \text{ kNm}} < M_{ra} = 33,1 \text{ kNm};$$

POSOUZENÍ MOŽNOSTI REDISTRIBUCE OHYBOVÝCH MOMENTŮ:

$$\Sigma M_d = 38,15 + 21,46 = 59,61 \text{ kNm} < \Sigma M_{ra} = 33,1 + 33,1 = 66,22 \text{ kNm}$$

ZÁVĚR: REDISTRIBUCE OHYBOVÝCH MOMENTŮ Z PRŮŘEZU NA D

PODPOR DO OBOU POLÍ JE MOŽNÁ A PO REDISTRIBUCI

TRÁH IT₁ VYHODUJE!

POZNÁMKA: V UVAŽOVANÉM NÁHODNÉM ZATÍŽENÍ JE UVAŽOVÁNO I S REZERVOU ZATÍŽENÍ V CHARAKTERISTICKÉ HODNOTĚ $0,5 \text{ kPa} = 50 \text{ kg/m}^2$ A TO TAK UDESCH ID₁ TAK I U TRÁHU IT₁.

Nem. Třinec_budova P Deska ID1 pod střechou

Rozpětí stropní kce L = 0,9 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

30

REI

Materiály:

Je nutné použít kvalitnější pevnostní třídu betonu !!!!

C16/20

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 0,635$ kNm

$m_{Ed,q} =$

$m_{Ed,ch} =$ kNm

$V_{Ed} = 3$ kN

Zadání geometrie

h = 50 mm

| Třída betonu : | C12/15 | C12/15 | Výztuž : | 10 216 E | 10 216 E |
|---|--------|--------|--|----------|----------|
| $f_{ck} = 12$ Mpa | | | $f_{yk} = 206$ Mpa | | |
| $\alpha_{cc} = 1$ | | | $\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu | | |
| $\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu | | | $E_s = 200,00$ Gpa | | |
| $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 8,00$ Mpa | | | $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 179,13$ Mpa | | |
| $f_{ctm} = 1,6$ Mpa | | | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,90$ [‰] | | |
| $E_{cm} = 27,1$ Gpa | | | | | |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] | | | | | |

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$\eta = 1$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,796$$

$\lambda = 0,8$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Osová vzdálenost

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

| | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 27 mm | 27 mm | 27 mm | 27 mm |
| i = | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ϕ i = | 5,5 | | | |
| si = | 200 | | | |
| ci = | 10 | | | |
| ai = | 119 | 0 | 0 | 0 |
| $a_{s1} = 119$ mm ² | | | | |
| $d_1 = 13$ mm | | | | |
| $d = 37$ mm | | | | |

min. vzdálenosti prutů

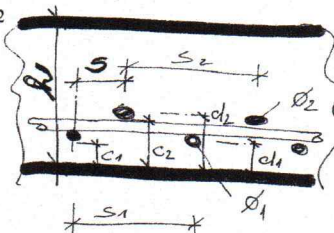
$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

$$= s_{min} \quad 27 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 22 \text{ mm}$$



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 3,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,089258 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 0,76 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 0,635 < m_{Rd} = 0,76 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 119 > a_{s,min} = 73,9 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 2000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 119 \text{ mm}^2 \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 73,93 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 48,43 \text{ mm}^2$$

Nem. Třinec budova P trám IT1 pole 2x20 + 1x18

Rozpětí stropní kce L = 5,76 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

50

let

Požární odolnost

60

REI

Materiály:

Je nutné použít kvalitnější pevnostní

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 23,81$ kNm

$m_{Ed,q} = 0,00$

$m_{Ed,ch} =$ kNm

$V_{Ed} =$ kN

Zadání geometrie

h = 300 mm

b = 150 mm

| Třída betonu : | C12/15 | C12/15 | Výztuž : | 10 216 E | 10 216 E |
|---|--------|--------|--|----------|------------------------------------|
| $f_{ck} = 12$ Mpa | | | $f_{yk} = 206$ Mpa | | |
| $\alpha_{cc} = 1$ | | | $\gamma_s = 1,15$ | | součinitel spolehlivosti materiálu |
| $\gamma_c = 1,50$ | | | $E_s = 200,00$ Gpa | | |
| $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 8,00$ Mpa | | | $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 179,13$ Mpa | | |
| $f_{ctm} = 1,6$ Mpa | | | $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,90$ [‰] | | |
| $E_{cm} = 27,1$ Gpa | | | | | |
| $\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] | | | | | |

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,796$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty $s \leq s_{s1,max}$

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 27 mm | 27 mm | 27 mm | 27 mm |
| i = | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ϕi = | 20 | 18 | | |
| ks = | 2 | 1 | | |
| ci = | 15 | 15 | | |
| ai = | 628 | 254 | 0 | 0 |
| $a_{s1} =$ | 883 | | | |
| $d_1 =$ | 25 | | | |
| d = | 275 | | | |

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

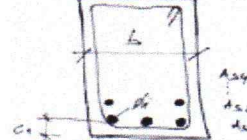
$$= s_{min} \quad 27 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 22 mm$$

TRAM - ODEKOVÁ



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 164,7 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,5984 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 33,11 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 23,81 < m_{Rd} = 33,11 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 883 > a_{s,min} = 82,0 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 12000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 883 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 49,493 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,571$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 209 \text{ mm}$$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 5,5$ mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 48$ mm² - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Velká osová vzdálenost třmínků!!!

$$\max = 206 \text{ mm}$$

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 17,82 \text{ kN}$$

$$|V_{ed}| = 0 \text{ kN} \leq V_{rd,s} = 17,82 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 206,5 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{vr,min} = 206,4662 \text{ mm}$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00135$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 235,47 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 206,47 \text{ mm}$$

Nem. Třinec bud. P trám IT1 podpora 2x20+1x18

Rozpětí stropní kce L = 5,76 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
Návrhová životnost 50 let
Požární odolnost 60 REI
Materiály: Je nutné použít kvalitnější pevnostní!

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 42,34$ kNm
 $m_{Ed,q} = 0,00$ kNm
 $V_{Ed} = 27,6$ kN

Zadání geometrie

h = 300 mm
b = 150 mm

| Třída betonu : | C12/15 | C12/15 | Výztuž : | 10 216 E | 10 216 E |
|---|--------|--------|--|----------|----------|
| $f_{ck} = 12$ Mpa | | | $f_{yk} = 206$ Mpa | | |
| $\alpha_{cc} = 1$ v ČR se uvažuje hodnotou 1 | | | $\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu | | |
| $\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu | | | $E_s = 200,00$ Gpa | | |
| $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 8,00$ Mpa | | | $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 179,13$ Mpa | | |
| $f_{ctm} = 1,6$ Mpa | | | $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,90$ [‰] | | |
| $E_{cm} = 27,1$ Gpa | | | | | |
| $\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] | | | | | |

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,796$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva
Profil ve vrstvě
Počet prutů
Krytí profilu
Plocha na 1 mb
Celková plocha
Teoretická osa plochy výztuže
Účinná výška průřezu
Vzdálenost mezi pruty
Min světlost mezi pruty

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 27 mm | 27 mm | 27 mm | 27 mm |
| i = | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $\phi i =$ | 20 | 18 | | |
| ks = | 2 | 1 | | |
| ci = | 15 | 15 | | |
| ai = | 628 | 254 | 0 | 0 |
| $a_{s1} =$ | 883 | | | |
| $d_1 =$ | 25 | | | |
| d = | 275 | | | |

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

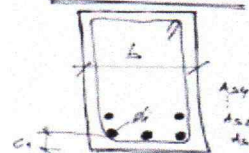
$$= s_{min} \quad 27 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 22 mm$$

TRAM - OSOVLNÍK



$a_{s1} = d - d_1$
 $a_{s1} = 275 - 25 = 250 mm$
 $d_1 = \frac{\sum A_i}{\sum A_i} \cdot d$

Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 164,7 mm$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,5984 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 33,11 kNm/m$$

$$m_{Ed} = 42,34 < m_{Rd} = 33,11 kNm/m$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ Nevyhovuje !!!

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 883 > a_{s,min} = 82,0 mm^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 12000 mm^2 > a_{s1} = 883 mm^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 81,95 mm^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 53,68 mm^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 49,493 kN$$

$\cot \Theta = 2,5 - volíme$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,571$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 209 mm$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku
 $\phi i = 5,5$ mm - profil třmínku
a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků
 $A_{sw} = 48$ mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$
Velká osová vzdálenost třmínků!!!
max = 206 mm

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 17,82 kN$$

$$|V_{Ed}| = 27,6 kN \leq V_{rd,s} = 17,82 kN$$

Třmínek nevyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků
 $s \leq 0,75 \cdot d = 206,5 mm$
 $s \leq 400 mm$
 $s_{vr,min} = 206,4662 mm$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00135$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 235,47 mm$$

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 206,47 mm$$

Nem. Třinec bud. P trám IT1 podpora 2x22+1x16

Rozpětí stropní kce L = 5,76 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

50

let

Požární odolnost

60

REI

Materiály:

Je nutné použít kvalitnější pevnostní

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 42,34$ kNm

$m_{Ed,q} = 0,00$

$m_{Ed,ch} =$ kNm

$V_{Ed} = 27,6$ kN

Zadání geometrie

h = 300 mm

b = 150 mm

| Třída betonu : | C12/15 | C12/15 | Výztuž : | 10 216 E | 10 216 E |
|---|--------|--------|---|----------|------------------------------------|
| $f_{ck} = 12$ Mpa | | | $f_{yk} = 206$ Mpa | | |
| $\alpha_{cc} = 1$ | | | $\gamma_s = 1,15$ | | součinitel spolehlivosti materiálu |
| $\gamma_c = 1,50$ | | | $E_s = 200,00$ Gpa | | |
| $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 8,00$ Mpa | | | $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 179,13$ Mpa | | |
| $f_{ctm} = 1,6$ Mpa | | | $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,90$ [‰] | | |
| $E_{cm} = 27,1$ Gpa | | | | | |
| $\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰] | | | | | |

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

ηf_{cd}

po výšce λx

$\eta = 1$

$\lambda = 0,8$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,796$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty $s \leq s_{s1,max}$

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 27 mm | 27 mm | 27 mm | 27 mm |
| i = | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $\phi i =$ | 22 | 16 | | |
| ks = | 2 | 1 | | |
| ci = | 15 | 15 | | |
| ai = | 760 | 201 | 0 | 0 |
| $a_{s1} =$ | 961 | | | |
| $d_1 =$ | 25 | | | |
| $d =$ | 275 | | | |

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

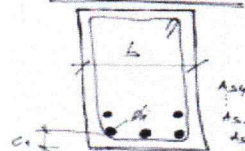
$$= s_{min} \quad 27 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 22 \text{ mm}$$

TRAM - ODESLAV



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 179,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,6532 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 34,94 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 42,34 < m_{Rd} = 34,94 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Nevyhovuje !!!}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 961 > a_{s,min} = 81,8 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 12000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 961 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 47,952 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,571$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 203 \text{ mm}$$

$$|V_{ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 5,5$ mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 48$ mm² - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Velká osová vzdálenost třmínků!!!

$$\max = 206 \text{ mm}$$

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 17,27 \text{ kN}$$

$$|V_{ed}| = 27,6 \text{ kN} \leq V_{rd,s} = 17,27 \text{ kN}$$

Třmínky nevyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 206,0 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{v,min} = 205,9706 \text{ mm}$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00135$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 235,47 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 205,97 \text{ mm}$$

Nemocnice Třinec budova P trám IT1 pole 3x22

Rozpětí stropní kce L = 5,76 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

50

let

Požární odolnost

60

REI

Materiály:

Je nutné použít kvalitnější pevnostní

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 23,81$ kNm

$m_{Ed,q} = 0,00$ $m_{Ed,ch} =$ kNm

$V_{Ed} =$ kN

Zadání geometrie

h = 300 mm

b = 150 mm

| Třída betonu : | C12/15 | C12/15 | Výztuž : | 10 216 E | 10 216 E |
|--|--------|------------------------------------|---|----------|------------------------------------|
| $f_{ck} =$ | 12 | Mpa | $f_{yk} =$ | 206 | Mpa |
| $\alpha_{cc} =$ | 1 | v ČR se uvažuje hodnotou 1 | $\gamma_s =$ | 1,15 | součinitel spolehlivosti materiálu |
| $\gamma_c =$ | 1,50 | součinitel spolehlivosti materiálu | $E_s =$ | 200,00 | Gpa |
| $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$ | 8,00 | Mpa | $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$ | 179,13 | Mpa |
| $f_{ctm} =$ | 1,6 | Mpa | $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} =$ | 0,90 | [‰] |
| $E_{cm} =$ | 27,1 | Gpa | | | |
| $\varepsilon_{cu3} =$ | 3,5 | [‰] | | | |

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,796$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větvi bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty $s \leq s_{s1,max}$

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 27 mm | 27 mm | 27 mm | 27 mm |
| i = | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $\phi i =$ | 22 | | | |
| ks = | 3 | | | |
| ci = | 15 | | | |
| ai = | 1140 | 0 | 0 | 0 |
| $a_{s1} =$ | 1140 | | | |
| $d_1 =$ | 26 | | | |
| d = | 274 | | | |

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$$

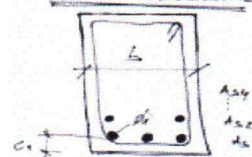
$$s_{min} = 27 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 22 mm$$

TRAM - OZVLÁČNĚNÍ



$a_{s1} = \frac{A_{s1}}{b \cdot d}$ - celková plocha výztuže
 $d = d_1 + \frac{\phi_i}{2}$
 $d = d_1 + \frac{\phi_i}{2} = 274 + \frac{22}{2} = 285 mm$

Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 212,8 mm$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,7766 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 38,59 kNm/m$$

$$m_{Ed} = 23,81 < m_{Rd} = 38,59 kNm/m$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1140 > a_{s,min} = 81,6 mm^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 12000 mm^2$$

$$> a_{s1} = 1140 mm^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 44,644 kN$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,571$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 189 mm$$

$$|V_{ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 5,5$ mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 48$ mm² - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Velká osová vzdálenost třmínků!!!

$$\max = 206 mm$$

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 16,08 kN$$

$$|V_{ed}| = 0 kN \leq V_{rd,s} = 16,08 kN$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 205,5 mm$$

$$s \leq 400 mm$$

$$s_{v,min} = 205,5 mm$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00135$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 235,47 mm$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 205,50 mm$$