



NÁZEV AKCE:

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

OBLAST Č.4: NEMOCNICE TŘINEC

**ČÁST 4.3 STŘECHA PŘÍZEMNÍ ČÁSTI BUDOVY L - ŘEDITELSTVÍ
NEMOCNICE TŘINEC, p.o. k.ú. DOLNÍ LÍŠTNÁ**

Kaštanová 268 na parcele 563/15



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 střešní konstrukce objektu „Přízemní část budovy L - ředitelství“, Nemocnice Třinec, Kaštanová 268 Dolní Líštná, na parcele č. 563/15 s ohledem na plánované umístění fotovoltaických panelů (dále FVE) na posuzovanou střechu. 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 – OTS lékárna“, kterou vypracoval STAVOPROJEKT Praha ve stupni III, tedy prováděcí dokumentaci, v září 1954.
2. Projektová dokumentace pro stavební řízení s názvem „Nemocnice Třinec, příspěvková organizace, Rekonstrukce střech objektů, kterou v 04/2006 vypracovala Ing. Blanka Ličmanová – PRIMAPROJEKT a 11.9.2006 byla označena jako Dokumentace skutečného provedení.
3. ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
4. ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
5. ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Zatížení sněhem
6. ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

3. Údaje o místě stavby:

Souřadnice GPS a nadmořská výška terénu: 49° 40' 32,2"; 18° 41' 28,3"; z = 346 m n.m.

Adresa: Kaštanová 268, 739 61 Třinec

Parcela č. a plocha m²: 563/15; k.ú. Dolní Líštná, 301 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: 1,54 kPa/1,54 x 0,8 = 1,23 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 samostatnou část budovy, která je v původní PD označena jako OTS lékárna, která byla v minulosti označována jako „Stará lékárna“ na parcele č. 563/15. Členění budovy L

– ředitelství na jednotlivé části a dilatační celky je nakresleno na **příloze P2**. Přízemní část budovy L má půdorys tvaru písmene „L“, který je složen ze dvou obdélníků 17,98 x 11,25 metru s připočtením dilatace 20 mm pak 18,0 x 11,25 metru a 6,32 x 5,38 metru s připočtením dilatace 20 mm pak 6,32 x 5,4 metru. Celková délka průčelí podél ulice je 24,3 metru (bez říms) a délka dvorního průčelí je $17,98 + 0,02 = 18,00$ metrů. Menší část 6,32 x 5,38 metru je předsunuta před část budovy L se dvěma nadzemními podlažími a suterénem. Všechny uvedené rozměry pochází z výkresu B2 – výkresu bednění stropu nad přízemím původní PD a jsou před zateplením.

Posuzovaná část budovy L má jen jedno nadzemní podlaží - přízemí. Pod podlahou přízemí by měl být jen průchozí instalační kanál.

Svislé nosné zdivo obvodové i vnitřní má tl. 450 mm a je zřejmě zděné z plných cihel. Stropní konstrukce nad přízemím (pod střechou) je železobetonová monolitická ve formě trámečkových stropů celkové výšky 350 mm. Na rozdíl od Hospodářské budovy má stropní konstrukce kromě trámečků a horní desky tl. 50 mm také spodní desku stejné tloušťky. Toto řešení souvisí s topením Crittall, kdy topné trubky byly vloženy do spodní žb desky stropní kce.

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 50 do 180 mm včetně zatření cementovým potěrem, na kterém je lepenková živичná krytina původně ze dvou pásů Ruberoid a asfaltových nátěrů. Nový střešní plášť po zateplení bude uvažován dle dokumentace Ing. Ličmanové – viz č. 2 v článku č. 2 Použité podklady a literatura.

5. Statické posouzení stropní konstrukce pod střechou přízemí:

Posuzovaná budova je řešena jako podélný dvojtrakt, má dvě obvodové a jednu střední nosnou zeď tloušťky 450 mm, mezi kterými je světlá vzdálenost v obou traktech 4950 mm. V místě zúžení konstrukce před patrovou budovou ředitelství zůstává obvodová uliční stěna a podél dilatace u štítu patrové budovy jsou vyžděny nosné pilíře a betonové stropní trámečky končí v betonovém překladu či průvlaku podél dilatace.

V místě dvoutraktu jsou navrženy trámečky (trámy) T1 široké 150 mm v osové rozteči 900 mm. Světlá vzdálenost mezi trámy T1 je 750 mm, což je světlé rozpětí stropní desky D1. Stropní desku D1 tvoří 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 P1** je naskenována výztuž desky D1 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 P1 je vidět, že výška ohybu podélné výztuže desky je jen 25 mm. Co mi vadí za všeho nejvíce, je absence spodní výztuže u horní desky. U horní desky je jen jedna výztuž, která je šikmými ohyby tvarována tak, že přeskakuje od horního líce ke spodnímu líci a naopak. Pokud se ale zamyslíme nad tím, jak se taková stropní konstrukce buduje, tak lze mnohé pochopit. Zkusím to popsat.

Na plnoplošné bednění se položí jako první v místě budoucích trámů 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 s hákem na konci. Tyto kotevní propojovací prvky se osazují v podélné ose trámu s mezerou 200 mm. Dále se položí spodní podélná výztuž desky Ø 5,5 á 400 mm a

ohýbaná výztuž \varnothing 5,5 také po 400 mm. Výsledkem je následující uspořádání výztuže dolní desky: uprostřed desky \varnothing 5,5 po 200 mm a prakticky všechny podélné pruty prochází nad kotevním propojovacím prvkem. 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 místnosti tedy 4,95 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 svázané uzavřenými třmínky \varnothing 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 $3 \times \varnothing$ 18. Proto tam rovná spodní výztuž chybí. Tento problém jsem konzultoval a zjistil jsem, že se takto trámečkové stropy se spodní deskou běžně dělaly. Podíval jsem se i na desku D2, která je ve stropní konstrukci nad celým přízemím dvoupodlažní části ředitelství. Tam má horní deska rovněž tloušťku 50 mm a výztuž je totožná s tím, že místo po 200 mm je kladena po 160 mm. Kdyby to nefungovalo, tak už by se to muselo projevit. A o chybu, či opomenutí také nejde, protože je tam i deska D2^x, která je jen v jednom poli vedle schodiště vzadu u štítu a tam výztuž s ohyby místo po 160 mm dali po 320 mm a přidali tam rovnou spodní výztuž po 160 mm. Důvodem byla skutečnost, že potřebovali lokálně zvednout ohybovou únosnost stropní desky, protože to pole má světlou šířku 950 mm místo běžných 750 mm.

Ted' ještě k výztuži trámů T1. Ty jsou navrženy jako spojitý nosník o dvou stejných polích. Mají spodní výztuž v poli stejnou jako horní výztuž nad střední podporou $3 \varnothing$ 18 při jejich šířce 150 mm a výšce. $250 + 50 = 300$ mm. Třmínky \varnothing 5,5 po 250 mm. Spodní desku do výšky trámů započítat nelze.

Zatížení stropní konstrukce pod střechou přízemní budovy:

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 spodní desku včetně omítky podhledu stropu, případně od zavěšeného podhledem 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, 50 až 180 mm spádového škvárobetonu včetně 20 mm cementového potěru a původní lepenkové krytiny. Na tu se podle PD dle bodu č. 2 literatury přidala nová lepenka 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 D1 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: 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 T1. Posouzení je dokumentováno v **příloze P6 a P7**.

Dolní deska: Tato deska má podobnou výztuž jako horní deska a navíc její spodní výztuž je dovedena až do podpory. Podporou je trám T1, který je podporou v tom smyslu, že je na něm spodní deska zavěšena pomocí výztuže $\varnothing 5,5$ po 200 mm. 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 T1: Stropní trám má výšku spolu s horní deskou 300 mm a šířku 150 mm. Spodní i horní podélnou výztuž $3 \times \varnothing 18$. Blíže viz **přílohy P4 a P5**. 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 ten T průřez, slabá, má malý průměr a velkou rozteč na to, aby se s ní 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).

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 10210. 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. Z tohoto důvodu jsem zatížení stálé ani nahodilé vědomě nesnižoval kombinačními součiniteli jak to umožňuje norma ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

Další skutečnosti zvyšující rizikovost posuzovaných konstrukcí stropní konstrukce pod střechou:

- Malá tloušťka horní i spodní části desky D1 a s tím spojené obtížné vtěsnání 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. Všechno uvedené se může projevit především korozí výztuže. Statické posouzení defacto uvažuje všechny materiály jako nové, jak byly předepsány v původní projektové dokumentaci.
- 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.
- 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.

Proto jsem prošel všechny přístupné místnosti pod konstrukcí stropu pod střechou posuzované části, ale nenašel jsem žádné poruchy, protože posuzovaná část budovy prošla rekonstrukcí či opravou, nebo bylo jen čerstvě vymalováno. Chci jen zdůraznit, že vzhledem k výše uvedeným rizikům je nutno podhled stropní konstrukce sledovat a případné nové trhlinky či deformace řešit.

Všechny výpočty a posudky jsou přiloženy ve dvou přílohách, **Příloze P6** s názvem „Statické posouzení“ a **příloze P7** s názvem „Posudky žb desek a trámů“.

Závěr provedeného statického posouzení je, že stávající střecha nad přízemní částí budovy L - ředitelství VYHOVÍ na přetížení do 50 kg/m².

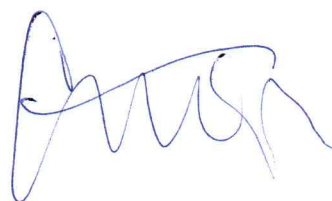
6. Návrh opatření:

S ohledem na oblasti sání větru na střechách podle ČSN EN 1991-1-4 doporučuji se při využívání rezervy v únosnosti stropní konstrukce vyhnout okrajům střechy minimálně do vzdálenosti cca 1,5 metru od okraje střechy a zejména nárožím všech střech! V tomto konkrétním případě vzhledem k malé výšce posuzované části budovy nejde ani tak o vítr a jeho účinky, ale spíše skutečně o regulaci či redukci zatížení 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.

7. Závěr:

Střecha nad přízemní částí budovy L – ředitelství v současném stavu po zvážení všech výše uvedených vlivů VYHOVÍ na přetížení do 50 kg/m².



V Ostravě leden až říjen 2023

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

15

Det

MÉRÍTOKO 1 100

A.4. BUDOVA L PATROVÁ ČÁST
NA PARCELE 565/4

4.4. PRÍSTAVOK BUDOVY
KOTROVÉ ČÍSLO
NA PANCUE 563/4

PRÍLOHA P2

SKLADBA NOVÉ S-ŘECHY – viz. ÚPRAVA C

± 0,000 = PODLAHA 1.NP

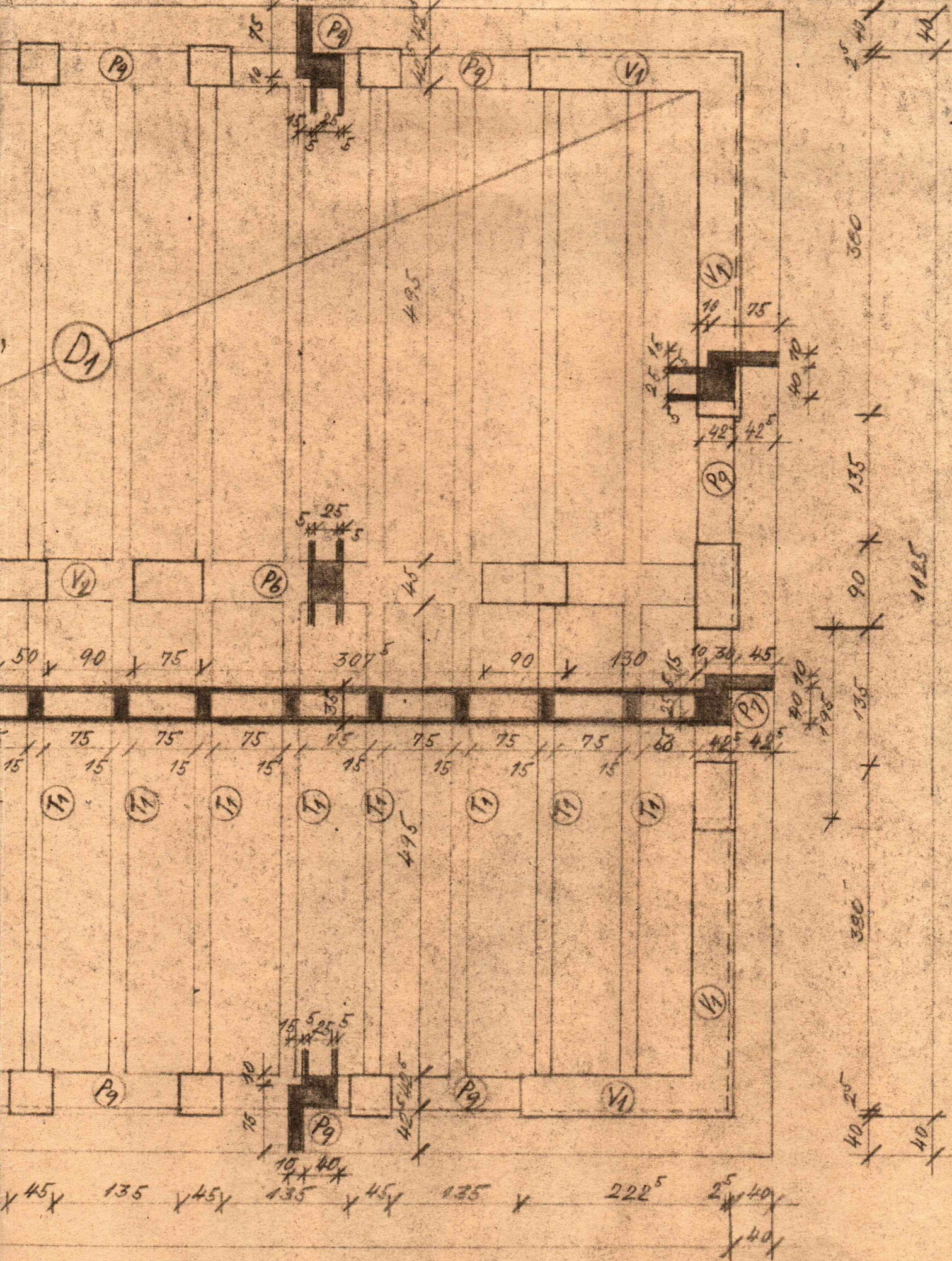
Číslo kopie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

pozn. Větrací otvorové kanálky 100mm po obvodu střechy

BITUMOVÉ DLAŽDKY 300x300x10mm a 60mm tl. 49mm
VODOTĚSNÁ IZOLACE (Na, P) 500μ, 2x BITUGUT SLSA 30l tl. 20mm
POLISID LEPENÝ ASFALTOVÝM NÁTĚREM tl. 160mm
VELOY 5 VĚTRÁČNÍ KANÁLY tl. 50mm
NÁSTYV Z HUTNÉ STRUKY VE SPADU tl. 250-50mm
STROPNÍ PANEL PZD 190/10 tl. 250mm

ŘEZ A - A

[illegible]



I 1 x 20

⑥ 25' A

3410

495

5' d. 430, 4000' 50

420

18 d. 755, 4000' 40

370

18

160

② 18 d. 400, 4000' 20

465

56

215

19

③

3410

45

3410

495

①

19

58

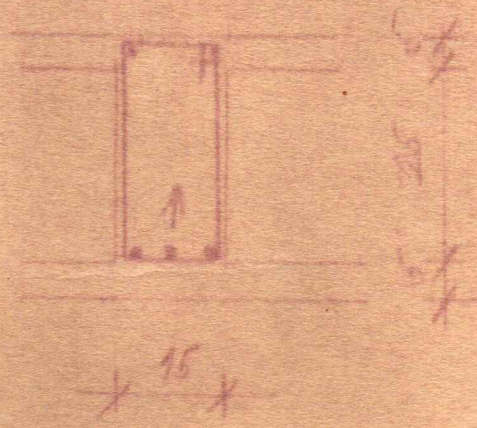
59

18

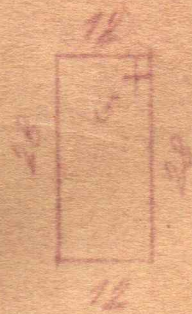
④

18 d. 230, 4000' 20

Rez A-A'



6 1 5/25, d. 90, koso 840

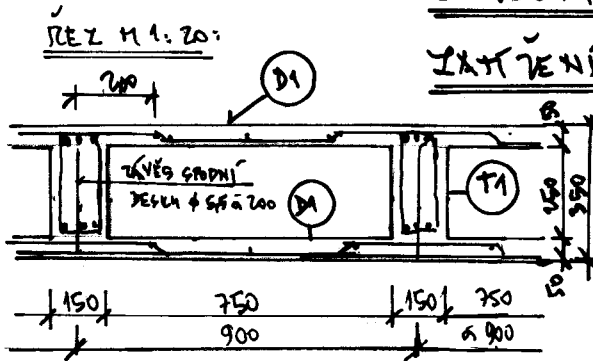


6 + T^x₃

Rez

STŘECHA PŘÍZEMNÍ ČÁSTI BUDOVY L - ŘEZEMSKÝ:

ZATÍŽENÍ PLOCHÉ STŘECHY NAD PŘÍZEMNÍ ČÁSTÍ BUDOVY L:



ZATÍŽENÍ DO SPODNÍ DESKY:

OD JEJÍ VLASTNÍ TÍHY $0,05 \cdot 25 = 1,25 \cdot 1,35 = 1,70 \text{ kN/m}^2$

OD OHŮBY PODKLADU STROPU $0,015 \cdot 20 = 0,30 \cdot 1,35 = 0,40 \text{ kN/m}^2$

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

ZATÍŽENÍ OD SPODNÍ DESKY DO TRÁVU (T1):

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

POSOUZENÍ ZÁVĚSU Ø 55 mm a 200 mm:

SÍLA DO JEDNOHO ZÁVĚSU: $N_d = \frac{1,89}{5} = 0,40 \text{ kN}$

VÝKUV Ø 5,5 mm: $A = 23,8 \text{ mm}^2$; $f_{td} = 179 \text{ MPa}$

POSOUZENÍ: $N_{red} = 23,8 \cdot 179 \cdot 10^{-3} = 4,26 \text{ kN} \gg N_d = 0,40 \text{ kN}$; UHODVUJE!

ZATÍŽENÍ HORNÍ DESKY D1:

1. UHODVUJE (VŽITNĚ):

OD SNĚHU $0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \cdot 1,35 = 1,60 \text{ kN/m}^2$

POŽADOVANÁ REZERVA ÚNOSNOSTI (50 kg/m²) $0,5 \cdot 1,35 = 0,75 \text{ kN/m}^2$

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

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

OD KONTINNY PVC A EPS TL. 70 mm $0,05 \cdot 1,35 = 0,07 \text{ kN/m}^2$

PAROZÁBRANA + PŮVODNÍ KERAMICKÁ KONTINNA TL. 20 mm $0,20 \cdot 1,35 = 0,27 \text{ kN/m}^2$

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

ŠÍKÁ ŽABETON $30 + 150 \text{ mm}$: $0,23 + 0,15 = 0,38 \cdot 1,35 = 0,51 \text{ kN/m}^2$

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

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

ZATÍŽENÍ STĚLÉ CELKEM: $g_{k2} = 3,06 \text{ kN/m}^2$; $q_{d2} = 5,22 \text{ kN/m}^2$

3. ZATÍŽENÍ DESKY (D1) CELKEM: $\Sigma g_k = 5,56 \text{ kN/m}^2$; $\Sigma q_d = 7,77 \text{ kN/m}^2$

POSOUZENÍ VÝKUVU Ø 5,5 a 200 mm JAKO ŠIKMÝHO ZÁVĚSU HORNÍ DESKY:

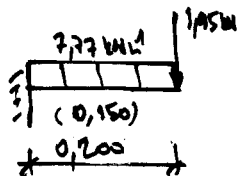
ZATÍŽENÍ SVISLE: ZATĚŽOVACÍ ŠÍŘKA: $(900 - 2 \cdot 200) \cdot 0,5 = 250 \text{ mm}$

$P_d = 7,77 \cdot 0,25 = 1,95 \text{ kN}$

SÍLA V DIAGONÁLE: $N_d = \frac{1,95}{\sin 30^\circ} = \frac{1,95}{0,5} = 4 \text{ kN} < N_{adm} = 4,26 \cdot 5 = 21,3 \text{ kN}$

UHODVUJE!





POSOUZENÍ HORNÍ VÝTVUŽE NAD TRÁMEM:

$$M_{d_k} = 0,5 \cdot 7,77 \cdot 0,200^2 + 1,95 \cdot 0,200 = 0,155 + 0,390 = 0,545 \text{ kNm}; \quad (0,590 \text{ kNm})$$

STANOVENÍ MOMENTŮ V HORNÍ DESCE OD ROVNOMĚRNĚHO ZATÍŽENÍ:

NAD PODPOROU: $M_A = 1/12 \cdot 7,77 \cdot 0,9^2 = 0,575 \text{ kNm};$

V POLI: $M_A = 1/10 \cdot 7,77 \cdot 0,9^2 = 0,63 \text{ kNm};$

POSOUZENÍ VÝTVUŽE DESKY D1: $\phi 5,5 \times 200 \text{ mm}; \text{ BETON C12/15}$

POSOUZENÍ: $M_{Ed} = 0,76 \text{ kNm} > M_A = 0,63 \text{ kNm}. \text{ VYHOVUJE!}$

POSOUZENÍ VIZ. PŘÍLOHA!

STŘEŠNÍ TRÁM (T1): VÝTVUŽ VIZ. PŘÍLOHY PH + PS.

ZATÍŽENÍ: OD HORNÍ DESKY STŘEŠE $3,86 \cdot 0,9 \cdot 3,48 \cdot 1,35 = 4,7 \text{ kNm}^2$

OD HORNÍ DESKY NĚKODIVĚ $1,7 \cdot 0,9 = 1,53 \cdot 1,5 = 2,3 \text{ kNm}^2$

OD SPODNÍ DESKY $1,55 \cdot 0,9 = 1,40 \cdot 1,35 = 1,89 \text{ kNm}^2$

OD VLASTNÍ TÍHY TRÁMU $25 \cdot 0,15 \cdot 0,25 = 0,94 \cdot 1,35 = 1,27 \text{ kNm}^2$

$\phi_{xf} = 1,38; \quad q_k^T = 7,35 \text{ kNm}^2; \quad q_d^T = 10,16 \text{ kNm}^2;$

$l = 4,95 + 0,45 = 5,4 \text{ m};$

$M_{db} = 0,125 \cdot 10,16 \cdot 5,4^2 = 35,0 \text{ kNm};$

MOMENT NAD PODPOROU: $M_{db} = 0,125 \cdot 10,16 \cdot 5,4^2 = 37,0 \text{ kNm}; \quad [33,03 \text{ kNm}]$

MOMENT V POLI: $M_{A1} = M_{A2} = 0,0703 \cdot 10,16 \cdot 5,4^2 = 20,83 \text{ kNm}; \quad [18,58 \text{ kNm}]$

POSOUZENÍ: $h = 300 \text{ mm}; b = 150 \text{ mm}. \text{ BETON C12/15}; \text{ OCEL 10216}$
TRÁM NA PODPORU (ORIGINAL: B 170, OCEL 10370)

$M_{Ed} = 29,95 \text{ kNm} < M_{d \text{ max}} = 37,0 \text{ kNm}; \text{ NEVYHOVUJE!}$

VELIKÁ VZDÁLENOST TRÁMÍKŮ JE KOMPENZOVÁNA OHYBEM PODÉLNĚ VÝTVUŽE

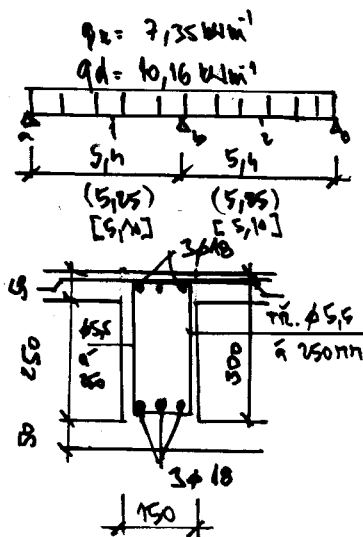
POSOUZENÍ TRÁMU V POLI JAKO T PRŮŘEZ:

NELZE UVAŽOVAT. KOLMÁ VÝTVUŽ V DESCE $\phi 5,5 \times 200 \text{ mm}$ JE SLABÁ

POSOUZENÍ TRÁMU V POLI BEZ Vlivu T PRŮŘEZU.

$M_{Ed} = 29,95 \text{ kNm} > M_{Ed} = 20,83 \text{ kNm}; \text{ VYHOVUJE!}$

JE ZDE REZERVA NA REDISTRIBUCI MOMENTŮ Z PRŮŘEZU NAD VNITŘNÍ PODPOROU DO POLI. MOMENT V POLI JEŠTĚ NI RNĚ VYLETŠÍ NEŽ TÍH, JE 1,5 OD OKRAJE STŘECHY PŘÍPADNÁ FOTOVOUKA INŠTALOVÁNA NEBUDE!



Nem.Třinec_budova L přízemní Deska D1

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

$m_{Ed} = 0,63$ 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		
$\alpha_{cc} = 1$ 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			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,90$ [‰]		
$E_{cm} = 27,1$ Gpa					
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd} po výšce λx

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

$$\lambda = 0,8$$

- 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
$\phi i =$	5,5			
si =	200			
ci =	10			
ai =	119	0	0	0
$a_{s1} =$	119			
$d_1 =$	13			
$d =$	37			

min. vzdálenosti prutů

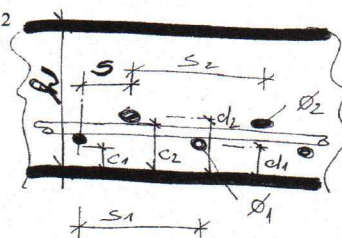
$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

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

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

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



Posouzení

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

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

Vyhovuje

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

$$m_{Ed} = 0,63 < m_{Rd} = 0,76 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

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

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

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

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

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

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 2000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 119 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Nem. Třinec budova L přízemní trám T1 nad podpo

Rozpětí stropní kce L = 5,4 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

50 let

Požární odolnost

60 REI

Materiály:

Je nutné použít kvalitnější pevnostní

$m_{Ed} = 37$ kNm

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

$m_{Ed,ch} =$ kNm

$V_{Ed} = 25,1$ 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		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ 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 po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{\lambda} = 0,8 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,796$$

- 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
$\phi i =$	18			
ks =	3			
ci =	15			
ai =	763	0	0	0
$a_{s1} =$	763			
$d_1 =$	24			
d =	276			

min. vzdálenosti prutů

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

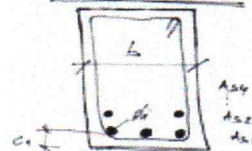
$$= s_{min} \quad 27 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 22 mm$$

TRAM - ODEŠLÁK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 142,4 \quad mm$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,5161 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 29,95 \quad kNm/m$$

$$m_{Ed} = 37 < m_{Rd} = 29,95 \quad kNm/m$$

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

Kontrola vyztužení

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

$$a_{s1} = 763 > a_{s,min} = 82,2 \quad mm^2$$

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

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

$$> a_{s1} = 763 \quad mm^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 51,768 \quad kN$$

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

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

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 219 \quad mm$$

Třmínky

n = 2 počet střihů 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!!!

$$\max = 207 \quad mm$$

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 18,64 \quad kN$$

$$|V_{Ed}| = 25,1 \quad kN \leq V_{rd,s} = 18,64 \quad kN$$

Třmínky nevyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 207,0 \quad mm$$

$$s \leq 400 \quad mm$$

$$s_{vr,min} = 207 \quad mm$$

- omezení stupně vyztužení

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

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

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

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 207,00 \quad mm$$

Nem. Třinec budova L přízemní trám T1 v poli

Rozpětí stropní kce L = 4,95 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

50 let

Požární odolnost

60 REI

Materiály:

Je nutné použít kvalitnější pevnostní

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 20,83$ kNm

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

$V_{Ed} = 15$ kN

$m_{Ed,ch} =$ kNm

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		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 8,00$ 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

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

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

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 =	18			
ks =	3			
ci =	15			
ai =	763	0	0	0
$a_{s1} =$	763			
$d_1 =$	24			
d =	276			

min. vzdálenosti prutů

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

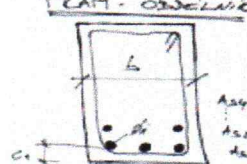
$$s_{min} = 27 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_s = 22 mm$$

TRAM - OZDĚLENÍ



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 142,4 mm$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,5161 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 29,95 kNm/m$$

$$m_{Ed} = 20,83 < m_{Rd} = 29,95 kNm/m$$

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

Kontrola vyztužení

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

$$a_{s1} = 763 > a_{s,min} = 82,2 mm^2$$

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

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

$$> a_{s1} = 763 mm^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 82,16 mm^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 53,82 mm^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 51,768 kN$$

$$\cot \Theta = 2,5 - volime$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 219 mm$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ 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!!!

$$\max = 207 mm$$

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 18,64 kN$$

$$|V_{Ed}| = 15 kN \leq V_{rd,s} = 18,64 kN$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 207,0 mm$$

$$s \leq 400 mm$$

$$s_{vr,min} = 207 mm$$

- omezení stupně vyztužení

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

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

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

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 207,00 mm$$

Nem. Třinec L přízemní, trám T1 v poli jako Tprůřez

Rozpětí stropní kce L = 4,95 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
Návrhová životnost 50 let
Požární odolnost 60 REI

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 20,83$ kNm
 $m_{Ed,q} = 0,00$ $m_{Ed,ch} = 0,00$ kNm
 $V_{Ed} = 15$ kN

Zadání geometrie

h = 300 mm
hf = 50 mm
bw = 150 mm
b = 900 mm
b1 = 375 mm
bef, f1 = 570 mm
beff = 900 mm
osová vzdálenost mezi trámy

Materiály:

Třída betonu :	C16/20	C16/20	Výztuž :	10 216 E	10 216 E
$f_{ck} = 16$ Mpa			$f_{yk} = 206$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 10,67$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 179,13$ Mpa		
$f_{ctm} = 1,9$ Mpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,90$ [‰]		
$E_{cm} = 28,6$ Gpa					
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

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

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

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
ϕ i =	18			
ks =	3			
ci =	15			
ai =	763	0	0	0
$a_{s1} =$	763			
$d_1 =$	24			
d =	276			

$$s1 = 33 \text{ mm}$$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(\ell_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

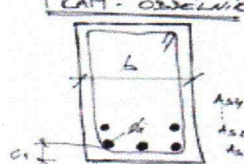
$$= s_{min} \quad 27 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

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

TRÁM - OBLÉZÁK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 17,81 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0645 < \xi_{bal,1} = 0,796$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 36,77 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 20,83 < m_{Rd} = 36,77 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

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

$$a_{s1} = 763 > a_{s,min} = 99,5 \text{ mm}^2$$

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

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

$$> a_{s1} = 763 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Návrh příčné výztuže desky nad trámem

vzdálenost mezi průřezy s maximálním a nulovým momentem

$$\Delta x = 2,475$$

Změna normálové síly v přírubě

Zadání plochy příčné výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Vzdálenost prutů

plocha jednoho prutu

Plocha na 1 mb

i =	1			
ϕ i =	6			
sf =	125			
	28,27		24,419	mm ²
Asf =	226,19			mm ² /m

Vyhovuje

úhel diagonál

$$\Theta = 45$$

$$\cotg \Theta = 1$$

$$\sin \Theta = 0,7071$$

$$\Delta F_d = b_{eff,1} \lambda x \eta f_{cd}$$

$$V_{Ed} = 699,9 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta$$

$$v_{fcd} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta$$

$$4235,9$$

$$v_{Ed} = \Delta F_d / (h_f \Delta x)$$

$$v_{Ed} = 699,86$$

Vyhovuje

$$f_{ctm} = 1,3 \text{ Mpa}$$

$$0,4 \cdot f_{ctd} = 355,6$$

$$< 699,86 \text{ kPa}$$