

## NLA022 – Betonové konstrukce (S) (odkaz [NLA022](#))

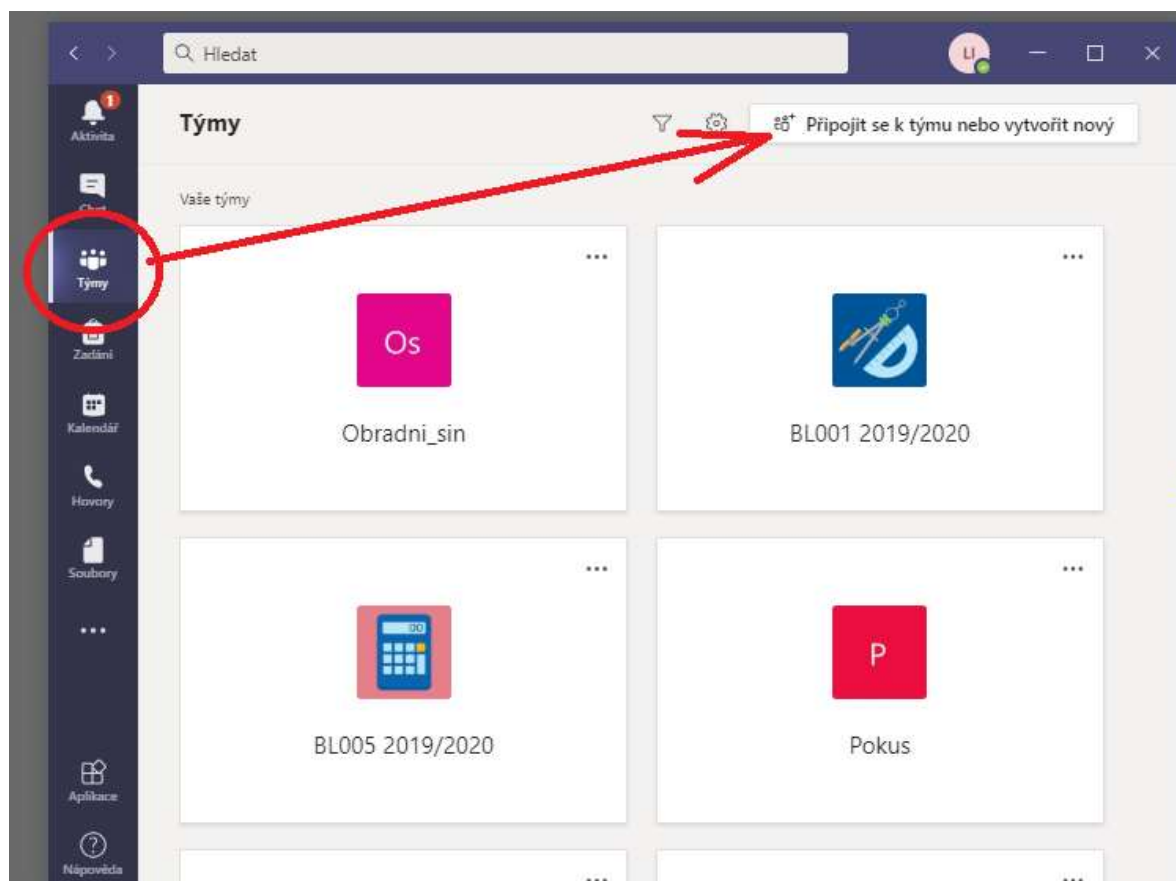
Vyučující: doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D., tel. 541147847, mail: [lanikova.i@fce.vutbr.cz](mailto:lanikova.i@fce.vutbr.cz)  
pracovna E308,  
doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D., tel. 541147860, mail: [zich.m@fce.vutbr.cz](mailto:zich.m@fce.vutbr.cz), pracovna E208.  
- zkoušky, individuální konzultace, zápočty  
Ing. Jiří Strnad, Ph.D., tel. 541147863, mail: [strnad.j@fce.vutbr.cz](mailto:strnad.j@fce.vutbr.cz)  
pracovna E316,  
- individuální konzultace, zápočty

### Pokyny k registraci a účasti ve výuce

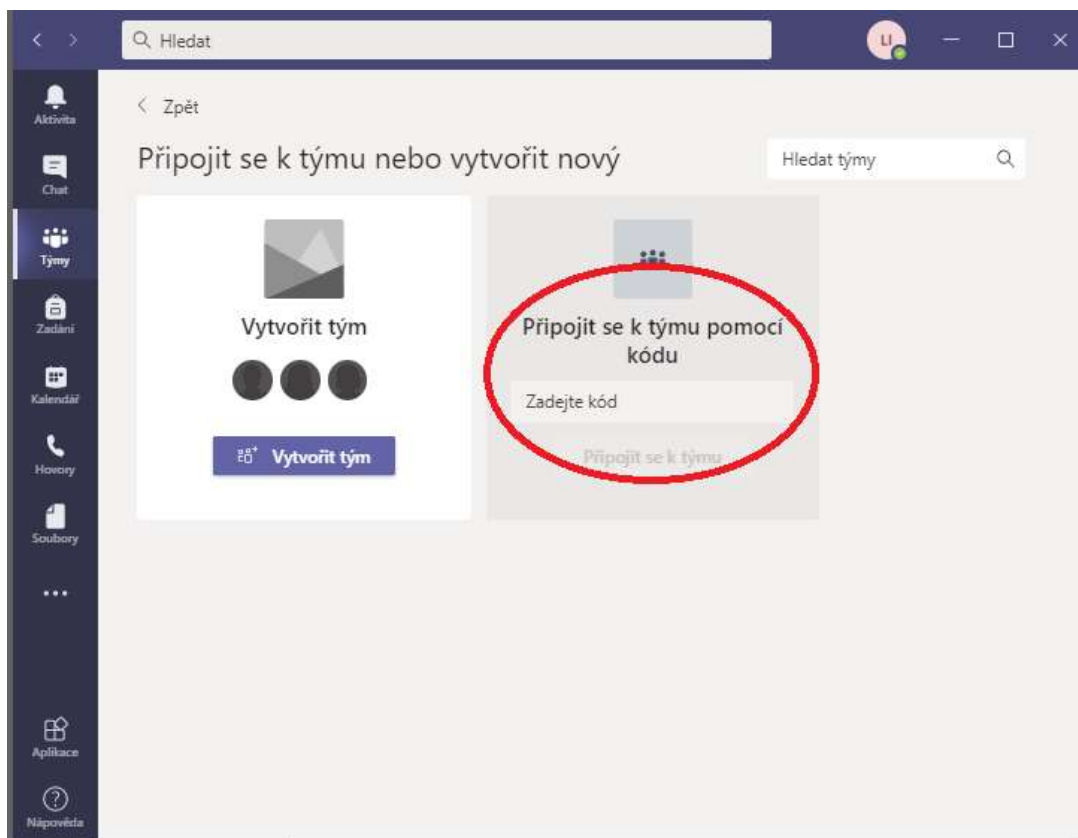
- Dle oficiálního rozvrhu přímá výuka bude probíhat každý pátek v 1. až 6. týdnu zimního semestru (konkrétně: 24. září, 1., 8., 15., 22. a 29. října) dle rozvrhu v **10:00 - 11:50 hodin, učebna C310**.
- Výuka bude probíhat prezenčně.
- Podklady budou umístěné v aplikace MS Teams.
- Konzultace budou probíhat prezenčně, ev. přes MS Teams.
- Další informace budou upřesněny na začátku výuky v hodině.

### Přihlášení do MS Teams:

- po spuštění aplikace MS Teams klikněte nalevo v liště na ikonu **Týmy** a následně **Připojit se k týmu nebo vytvořit nový**:



- Zobrazí se stránka:



- Zadáte Pin, viz obrázek a budete přidáni do týmu. Tým budete mít v seznamu svých týmů. Pin je uveden na nástěnce rozvrhové jednotky IS FAST.

### Požadované znalosti:

Stavební mechanika, pružnost, plasticita, dimenzování betonových prvků, navrhování betonových a zděných konstrukcí. Bez těchto znalostí nelze probíranou látku pochopit.

### Obsah kurzu (komplexní):

- Podstata předpjatého betonu, srovnání s železobetonem, statické působení.
- Vlastnosti materiálů, výroba.
- Technologie předpjatého betonu, základní terminologie, předem a dodatečně předpjatý beton, předpínací systémy.
- Předpětí a jeho změny.
- Účinky předpětí na betonové prvky a konstrukce. Metoda ekvivalentního zatížení. Návrh předpětí metodou vyrovnání zatížení. Vliv výstavby na návrh předpjatých konstrukcí.
- Základní principy dimenzování předpjatých prvků. Mezní únosnost prvků namáhaných osovou silou a ohybem, stav dekomprese, počáteční napjatost průřezu. Prvky namáhané smykem a kroucením, analýza napjatosti, dimenzování.
- Analýza kotevní oblasti – namáhání, výpočetní model, posouzení a vyztužení.
- Mezní stavy použitelnosti. Omezení napětí, mezní stav trhlin, výpočet šířky trhlin. Deformace předpjatých konstrukcí.
- Navrhování a provádění vybraných předpjatých konstrukcí pozemních a inženýrských staveb.
- Zásady statického přístupu k rekonstrukcím betonových a zděných konstrukcí a základů, způsoby zesilování.
- Zesilování betonových a zděných konstrukcí pomocí předpětí - způsoby zesilování, provádění, statická analýza.
- Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru. Účinek požáru na konstrukce. Stanovení požární odolnosti.

- Chování materiálů při účinku požáru. Návrhové přístupy. Zjednodušené výpočetní metody.

### **Osnova přednášek společných konzultací:**

1. Podstata předpjatého betonu, statické působení. Účinky předpětí na betonové prvky a konstrukce, metoda ekvivalentního zatížení - staticky určité konstrukce (Téma 1, část 2).  
Metody návrhu předpětí (Téma 1, část 1 a 2).
2. Účinky předpětí na staticky neurčité konstrukce. Změny předpětí.
3. Základní principy dimenzování předpjatých prvků. Mezní únosnost prvků namáhaných osovou silou a ohybem, stav dekomprese. Mezní stavy použitelnosti. (Téma 1, část 1)
4. Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru. Účinek požáru na konstrukce. Stanovení požární odolnosti. Chování materiálů při účinku požáru. Návrhové přístupy. Zjednodušené výpočetní metody. (Téma 2).
5. Navrhování a provádění vybraných předpjatých konstrukcí pozemních a inženýrských staveb. Zásady statického přístupu k rekonstrukcím betonových a zděných konstrukcí a základů, způsobu zesilování. Zesilování betonových a zděných konstrukcí pomocí předpětí
6. Konzultace, zápočet.

### **Literatura:**

#### ***Základní literatura předmětu***

- COLLINS, Michael P. a MITCHELL, Denis: Prestressed Concrete Structures. New Jersey: Prentice Hall, 1991. ISBN 0-13-691635-X.
- NAVRÁTIL, Jaroslav: Předpjaté betonové konstrukce. Brno: CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- Navrátil, J.: Prestressed concrete structures, ISBN 978-80-248-3625-6, 2014.
- Navrátil, J., Zich, M.: Předpjatý beton (průvodce předmětem BL11, modul P01), studijní opora VUT, Brno, 2006.
- BAŽANT, Zdeněk a KLUSÁČEK, Ladislav: Statika při rekonstrukcích objektů. Brno: CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-692-8.
- PROCHÁZKA, Jaroslav, ŠTEFAN, Radek a VAŠKOVÁ, Jitka: Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.

#### ***Doporučená literatura ke studiu předmětu***

- GERWICK, Ben C: Construction of Prestressed Concrete Structures. USA: Wiley, 1997. ISBN 978-0-471-18113-2.
- PROCHÁZKA, Jaroslav a kol: Navrhování betonových konstrukcí podle norem ČSN EN 1992 (EUROKÓDU 2). Část 2: Předpjatý beton. Praha: ČBS Servis, 2010. ISBN 978-80-87158-21-0.
- MORAVČÍK M., Navrhovanie predpätých konštrukcií podľa Európskych norem, ISBN 978-80-554-1354-9, Žilina, 2017.

### **Pokyny ke studiu:**

**Časový plán výuky** kombinované formy studia na FAST VUT se řídí příslušnou směrnicí děkana. Je vhodné, aby posluchači pro konzultace v maximální míře využívali oficiálních termínů předem určených děkanátem.

#### ***Kontrola studia, zápočet***

- Studium bude v průběhu zimního semestru kontrolováno formou vypracování dvou témat:

##### **Téma č.1: Předpjaté konstrukce:**

- **Část 1. Předpjatý vazník** (zadání bude individuální podle pořadového čísla  $n$ , posluchač ho obdrží na první hodině, ev. si ho vyžádá u vyučujícího).

K zadání jsou přiloženy *Pokyny k vypracování Tématu č.1, část 1: Předpjatý vazník a Příloha P1*, které jsou stručným návodem na vypracování zadání.

- **Část 2. Účinky předpětí na staticky určitých a neurčitých konstrukcích**

**Téma č.2: Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru.**

Témata budou vypracována v souladu s platnými normami.

- Podmínkou udělení zápočtu je průběžná kontrola zpracovávání testů na individuálních konzultacích.
- Při udělování zápočtů bude kontrolováno, zda posluchač výpočtům rozumí.
- Pokud student nesplní podmínky pro udělení zápočtu do konce zimního semestru studia, může o případné prodloužení zápočtového termínu požádat vedoucího ústavu. Žádost se podává u cvičícího ještě před koncem zimního semestru a je na něm potřeba uvést důvod.

**Zkouška**

Zkouška bude obsahovat praktickou a teoretickou část. Okruhy otázek jsou shodné s obsahem kurzu. Termíny zápočtů i zkoušek budou stanoveny po dohodě s posluchači.

V Brně, září 2021

doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

Ústav betonových a zděných konstrukcí  
VUT FAST Brno, Veveří 95

akademický rok 2021/2022  
zimní semestr

Jméno studenta:.....

n: .....

## Téma č.1, část 1: Předpjatý vazník

### Zadání:

Navrhnete předem přepjatý střešní vazník ve tvaru průřezu **symetrického I**, jsou-li známy tyto údaje:

Skladebná délka vazníku: L = 15 m                      18 m                      21 m

Osová vzdálenost vazníků: a = 4,5 m                      6,0 m                      7,5 m

Tíha střešních panelů a střešního pláště :

$g_{1k} =$  2,00 kN/m<sup>2</sup>                      3,00 kN/m<sup>2</sup>                      4,00 kN/m<sup>2</sup>

Proměnné zatížení (sníh):  $q_k =$  1,00 kN/m<sup>2</sup>                      1,50 kN/m<sup>2</sup>                      2,00 kN/m<sup>2</sup>

Beton pevnostní třídy: C40/50                      C45/55                      C50/60

Předpínací výztuž – sedmidrátová lana, třídy A (podle prEN 10138-3):

Y1770S7-15,3-A                      Y1770S7-15,7-A

Y1860S7-15,3-A                      Y1860S7-15,7-A

Betonářská výztuž: B500B                      B550B

Vazník bude předepnut po 24 hodinách, kdy beton již dosáhne 70 % pevnosti v tlaku. V období 1 den až 28 dnů bude vazník umístěn na skládce, v 28 dnech bude zabudován do konstrukce a budou na něj položeny střešní panely a bude vyhotoven střešní plášť. Od 60 dnů bude na konstrukci působit proměnné zatížení. Vazník se nachází v prostředí XC1.

Vzdálenost teoretických podpor od kraje vazníku uvažujte 0,30 m.

### Požadovaný rozsah výpočtu

- Návrh a ověření předpětí.
- Posouzení průřezu v polovině rozpětí v čase  $t=\infty$ .
  - Stanovení ztrát předpětí (okamžité, časově závislé v čase  $t=\infty$ ).
  - Mezní stavy použitelnosti - omezení napětí a omezení trhlin v betonu.
  - Mezní stav únosnosti při porušení momentem a normálovou silou.
- Schéma vyztužení vazníku.

Poznámka: Při provádění výpočtu postupujte podle pokynů, které jsou uvedeny níže.

### Doporučená literatura:

- [1] EUROCODE: Předpisy pro navrhování betonových konstrukcí (EN 1990, EN 1991, EN 1992 a další související normy).
- [2] Navrátil, J.: Předpjaté betonové konstrukce, CERM Brno, 2008
- [3] Navrátil, J., Zich. M.: Předpjatý beton, průvodce předmětem BL11, modul P01, VUT Brno, 20062

**K zápočtu je nutno předložit originál zadání.**

Brno, září 2021

zadal: doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D.  
doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

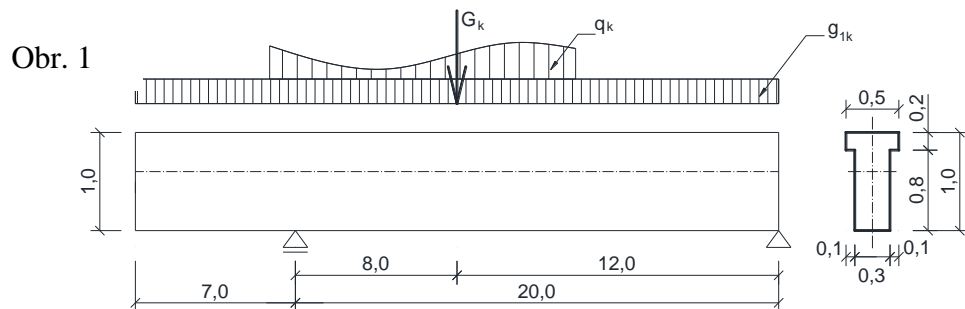
Jméno studenta:.....

n: .....

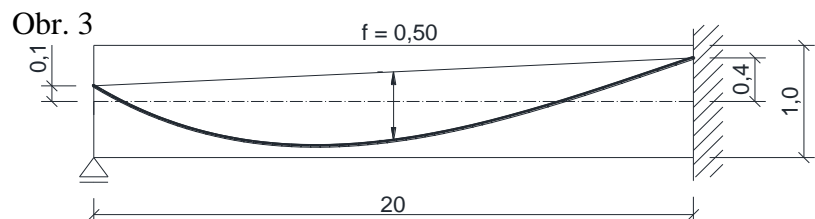
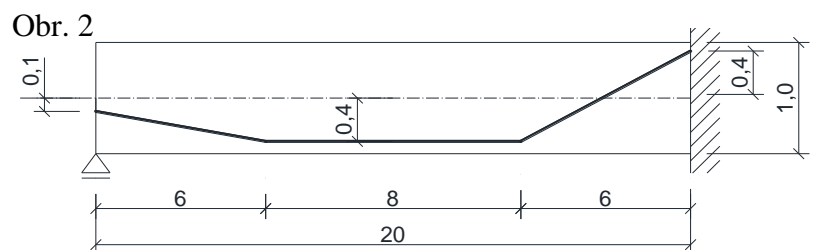
## Téma č.1, část 2: Účinky předpětí na staticky určitých a neurčitých konstrukcích

### Zadání:

- Na nosník (Obr. 1) působí vlastní tíha  $g_{0k}$ , ostatní stálá zatížení  $g_{1k} = 12 \text{ kN/m}'$  a  $G_k = 15 \text{ kN}$  a proměnné zatížení  $q_k = 10 \text{ kN/m}'$  ( $\psi_1=0,7$ ). Předpínací sílu uvažujte 2000 kN (ztráty předpětí zanedbejte).
  - Nakreslete vhodný průběh náhradního kabelu předpínací výztuže.
  - Ve dvou průřezech (tj. v místě maximálního momentu v poli a v místě minimálního momentu nad levou podporou) určete minimální možné excentricity náhradního kabelu tak, aby při působení časté kombinace zatížení byly průřezy tlačeny po celé výšce (tj. nevznikla tažená oblast). **Pro získání extrémních hodnot momentů respektujte možné zatěžovací stavy!**
  - V obou průřezech ověřte, zda pro tyto minimální excentricity nevzniknou na více tlačném okraji podélné trhliny, tj. tlakové napětí nepřekročí hodnotu  $0,6f_{ck}$  pro charakteristickou kombinaci.



- Pro jeden z nosníků na Obr. 2 a 3 (dle Vašeho rozhodnutí):
  - Stanovte průběhy vnitřních sil  $N$ ,  $V$  a  $M$  od předpětí (celkové, primární a sekundární). Výpočet proveďte metodou ekvivalentního zatížení při zanedbání ztrát předpětí a za předpokladu, že vodorovná složka přepínací síly  $P_H = P = 1500 \text{ kN}$  je konstantní.
  - Pro zvolený nosník určete minimální předpínací sílu  $P$  tak, aby v průřezu ve vetknutí nevznikla tažená oblast pro častou kombinaci. Průřez nosníku je obdélníkový  $0,35/1,0 \text{ m}$ . Vlastní tíhu uvažujte, ostatní stálé zatížení je  $g_{1k} = 20 \text{ kN/m}'$ , častá složka proměnného zatížení  $q_{k,\psi_1} = 15 \text{ kN/m}'$  (obě plná rovnoměrná zatížení). Vliv ztrát předpětí zanedbejte.



### Doporučená literatura:

- [1] Navrátil, J.: Předpjaté betonové konstrukce, CERM Brno,
- [2] Kadlčák, J., Kytýr, J.: Statika stavebních konstrukcí I, VUTIUM Brno, 2000
- [3] Kadlčák, J., Kytýr, J.: Statika stavebních konstrukcí II, VUTIUM Brno, 2000
- [4] Příklady k procvičování [http://www.fce.vutbr.cz/BZK/ruzicka.s/predpjaty\\_beton.htm](http://www.fce.vutbr.cz/BZK/ruzicka.s/predpjaty_beton.htm)

Ústav betonových a zděných konstrukcí  
VUT FAST Brno, Veveří 95

akademický rok 2021/2022  
zimní semestr

Jméno studenta:.....

n: .....

## Téma č.2: Posouzení požární odolnosti železobetonové konstrukce

S přihlédnutím k požadavkům požární odolnosti navrhnete monolitickou železobetonovou konstrukci nad 1.NP vícepodlažní nepodsklepené budovy obchodního střediska podle připojeného náčrtu v souladu s ČSN EN 1990, 1991 a 1992 pro tyto stanovené údaje:

třída následků (spolehlivosti): CC2 (RC2)

stupeň vlivu prostředí pro beton uvnitř budovy: XC1

stupeň požární odolnosti [REI]: 90 pro n liché; 120 pro n sudé;

charakteristická hodnota užitečného zatížení pro hlavní místnost v kN/m<sup>2</sup>:

6,0 pro n=5k; 6,5 pro n=5k+1; 7,0 pro n=5k+2; 7,5 pro n=5k+3; 8,0 pro n=5k+4;

charakteristická hodnota užitečného zatížení pro chodby a schodiště v kN/m<sup>2</sup>:

4,0 pro liché n ≤ 30; 4,5 pro liché n > 30; 5,0 pro sudé n ≤ 30; 6,0 pro sudé n > 30;

ostatní stálá zatížení:

plošná hmotnost podlahy [kg/m<sup>2</sup>]: 235 pro n ≤ 30; 250 pro n > 30;

zavěšený podhled bez požární odolnosti [kg/m<sup>2</sup>]: 20 pro n ≤ 30; 15 pro n > 30;

pevnostní třída betonu: C25/30 pro n sudé;

C20/25 pro n liché;

druh oceli: B500B pro n ≤ 30;

B550B pro n > 30;

základní rozměry (v metrech; neurčené hodnoty volte):

A = 5,00 + 0,075 · r

A = ..... m

B = 2,50 + 0,1 · s, ale min. 2,70 a max. 3,60

B = ..... m

C = 19,1 pro n sudé; 19,9 pro n liché

C = ..... m

D = 2,40 nebo 3,00

D = ..... m

E = 3,90 pro n = 3k, E = 4,20 pro n = 3k+2, E = 4,50 pro n = 3k+1

E = ..... m

F = 2,40 pro n = 3k+2, F = 2,70 pro n = 3k+1, F = 2,55 pro n = 3k

F = ..... m

konstrukční výška: KV = 3,60 (pro n liché) nebo KV = 3,90 (pro n sudé)

KV = ..... m

Ve výše uvedených údajích je:

**n** číslo zadání (pořadové číslo studenta ve skupině),

**s** = n pro n = 1 až 10, **s** = n-10 pro n = 11 až 20, **s** = n-20 pro n = 21 až 30, **s** = n-30 pro n = 31 až 40, atd.,

**r** = n pro n ≤ 30, **r** = n-30 pro n > 30,

**k** libovolné celé číslo.

Pozn.: pro spojitou desku nad hlavní místností volte 8 polí (krajní pole mohou být kratší až o 10%).

Požadovaný rozsah zpracování tématu:

Schéma konstrukce v měřítku 1:100 s vyznačením požadavku osové vzdálenosti výztuže od líce prvku. Dimenzování desky D1 na MSÚ a stanovení požární její odolnosti dle tabulek a dle metody izoterma 500°C.

Literatura:

[1] Procházka, J., Štefan, R., Vašková, J.: Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.

[2] EN ČSN 1992-1-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2:Obecná pravidla – Navrhování na účinky požáru

Brno, září 2021

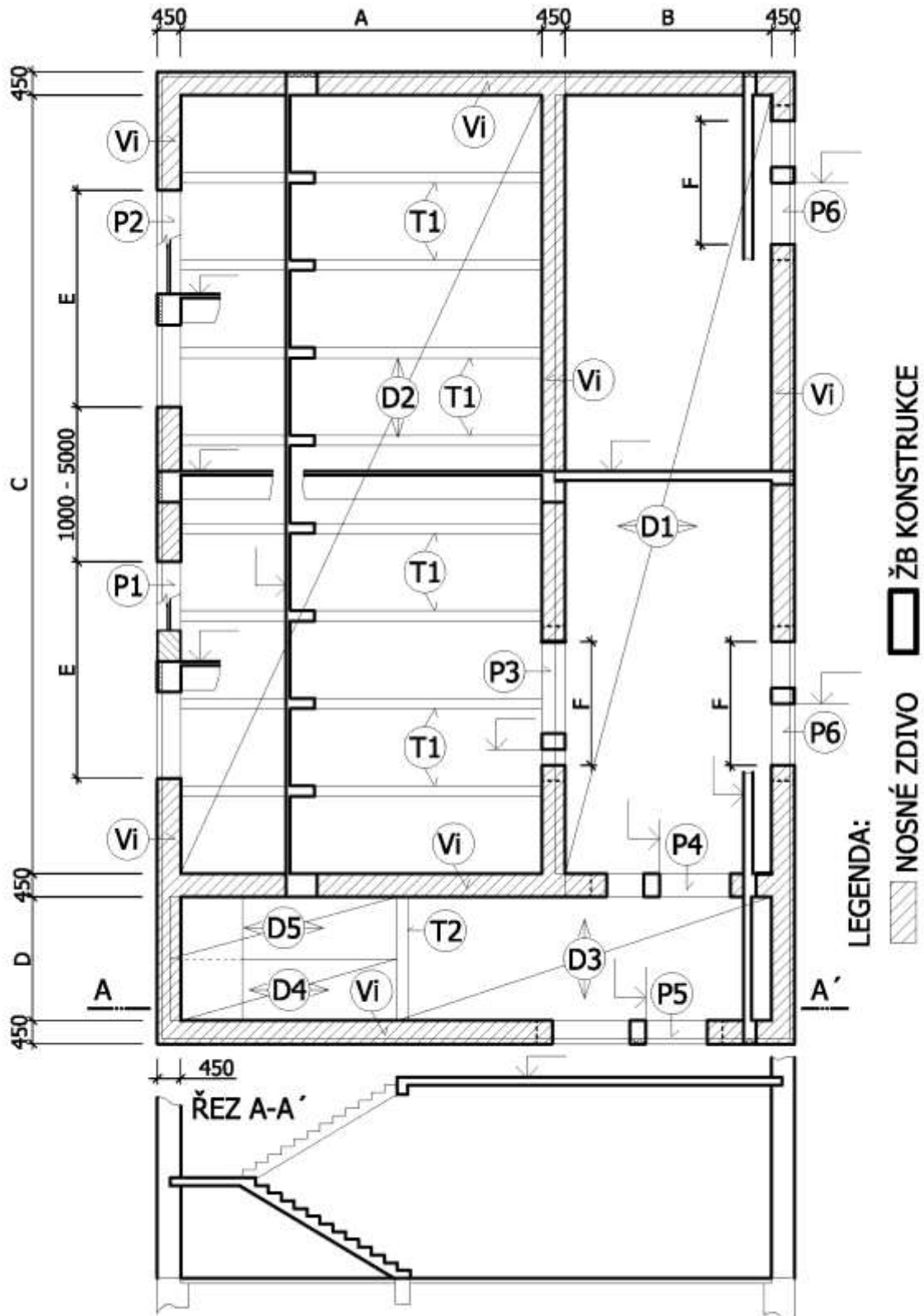
zadal:

doc. Ing. Laníková Ivana, Ph.D.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D. Ing.

Strnad Jiří, Ph.D.

### SCHÉMA KONSTRUKCE 1. NP





## Pokyny k vypracování Tématu č.1, část 1: Předpjatý vazník

### Obecné pokyny:

- Při výpočtu lze v omezeném rozsahu postupovat podle studijní opory [3] podle následovně uvedených kapitol.
- Další doplňující údaje jsou uvedeny v Příloze P1.
- Značení v opoře [3] je odlišné oproti normě (v opoře se vychází z anglických názvů). V projektu by značení mělo odpovídat značení uvedenému v příloze P1.7.
- Některé výpočty je možné dle pokynů zjednodušit, např. při výpočtu změn předpětí lze některé hodnoty „odhadnout“ podle následujících pokynů.
- Pokud některá kapitola zde uvedená není, výpočet se nepožaduje.

### Postup výpočtu:

#### • **Návrh a ověření předpětí** (kap. 3.2):

- návrh rozměrů vazníku tvaru I dle přílohy P1.1 a statické schéma (při návrhu výšky je vhodnější použít „přesnější odhad“ uvedený v P1.1),
- materiálové charakteristiky betonu a výztuže (kap. 3.2.1); materiálové charakteristiky předpínacích lan a jejich výpočet jsou uvedeny v P1.5,  $\sigma_{p,max}$ ,  $\sigma_{pm0(t)}$ ,
- krytí předpínací výztuže (kap. 3.2.2), doplňující údaje k výpočtu krytí jsou v P1.3,
- zatížení a kombinací zatížení (kap. 3.2.3), (hodnoty součinitelů kombinace musí odpovídat druhu proměnného zatížení dle zadání, tj. pro sníh:  $\psi_0=0,5$ ;  $\psi_1=0,2$ ;  $\psi_2=0,0$ ),
- výpočet vnitřních sil (kap. 3.2.4), vliv převislých konců vazníku lze zanedbat,
- průřezové charakteristiky včetně vykreslení tvaru a rozměrů vazníku (kap. 3.2.5),
- návrh předpětí (kap. 3.2.7), lana je vhodné rozmístit v rastru 50 x 50 mm, což by odpovídalo rozmístění otvorů pro kotvení lan v čelech předpínací formy, ale není to nutné, (konstrukční zásady rozmístění lan viz příloha P1.2). Pokud při ověřování průřezu u podpory (str. 26) některá z podmínek nevyhoví, je třeba provést ověření reálnosti snížení předpínací síly pomocí separace lan. Toto ověření se provádí právě a pouze pro tu podmínku, která nevyhověla !!!,
- rozmístění lan a charakteristiky ideálního průřezu včetně vykreslení tvaru (kap. 3.2.8);

#### • **Posouzení průřezu uprostřed rozpětí v čase $t=\infty$ :**

- určení **počátečního napětí** v předpínací výztuži  $\sigma_{p,0}$  (vyvozené předpínací pistolí při předpínání) a velikost **předpínací síly**, na kterou se lana budou napínat,
- **výpočet změn předpětí** (kap. 3.3):
  - okamžité ztráty při napínání (kap. 3.3.1),
    - ztráty popsané v odstavcích i. až vi. spočítáme,
    - ztrátu relaxací předpínací výztuže popsanou v odstavci vii. určíme odhadem jako 2% počátečního předpětí,
    - ztráty v odstavcích viii. a ix. spočítáme,
    - pro okamžik po vnesení napětí předpětí do prvku spočítáme celkovou okamžitou ztrátu předpětí, napětí ve výztuži a předpínací sílu; napětí ve výztuži  $\sigma_{pa}$  posoudíme s přípustnou hodnotou,
    - (Pozn: V tomto okamžiku je vhodné zkontrolovat velikost předpínací síly s tou, která byla uvažována v návrhu při ověření průřezu u podpory. Pokud se významně liší, je ve výpočtu chyba),
  - dlouhodobé (provozní) ztráty v polovině rozpětí nosníku v čase  $t=\infty$  (3.3.2),
    - ztrátu předpětí okamžitým pružným přetvořením betonu (kap. 3.3.2.1) spočítáme,
    - ztrátu předpětí relaxací výztuže popsanou v kap. 3.3.2.2 odhadneme jako 2% napětí  $\sigma_{pa}$ ,
    - při výpočtu ztráty předpětí smršťováním betonu (kap. 3.3.2.4) odhadneme celkovou hodnotu poměrného smrštění  $\varepsilon_{cs} = 0,0005$ ,

- ztrátu dotvarováním betonu popsanou v kapitolách až 3.3.2.5 spočítáme pro součinitel dotvarování  $\varphi(t, t_0) = 1,8$  až  $2,3$  (odhad),
  - spočítáme celkovou ztrátu předpětí způsobnou relaxací, smršťováním a dotvarováním betonu  $\Delta\sigma_{p,c+s+r}$  (str. 41)
  - Pozn.: Nyní je vhodné si veškeré ztráty sepsat do tabulky (a vyznačit, které jsou vlivem pružného přetvoření betonu od předpínací síly, vl. tíhy a dalšího zatížení) obdobně jako je na straně 46, ale s tím rozdílem, že místo jednotlivých dlouhodobých ztrát relaxací výztuže, smršťováním a dotvarováním betonu tam bude výsledná ztráta od těchto účinků  $\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ ,
  - s pomocí připravené tabulky určíme napětí a sílu ve výztuži po 50. letech (viz. příloha P.1) a to ve dvou variantách
    - včetně ztrát pružným přetvořením od dlouhodobého zatížení
    - bez ztrát pružným přetvořením od dlouhodobého zatížení
  - (Pozn. Opět zkontrolujeme velikost předpínací síly v čase  $t=\infty$  s návrhem předpínací síly.)
  - ztrátu předpětí okamžitým pružným přetvořením betonu od krátkodobého proměnného zatížení (kap. 3.3.2.6) spočítáme; jedná se o zatížení sněhem, kde  $\psi_2=0,0$ ,
  - poznámka: ztráty předpětí u podpory (kap. 3.3.3) nepočítáme,
- **mezní stavy omezení napětí v předpínací výztuži a betonu a kontrola trhlin v betonu** (kap. 3.4.)
    - bude provedeno pro průřez v polovině rozpětí v čase  $t=\infty$  včetně vykreslení průběhů napětí po výšce průřezu (kap. 3.4.1) pro každou kombinaci zatížení.
  - **mezní stav únosnosti při porušení momentem a normálovou silou** (kap. 3.5)
    - pouze pro průřez v polovině rozpětí v čase  $t=\infty$  (kap. 3.5.1), opět je potřeba vykreslit příčný řez, přetvoření průřezu po výšce ve vhodném měřítku a působící síly.
  - **výpočet mezního stavu únosnosti při porušení posouvající silou** nebudeme provádět.

• **Schéma vyztužení vazníku.**

Pokud budete mít nějaké nejasnosti nebo připomínky, můžete poslat dotaz vyučujícím.

## Příloha P1 - k vypracování Tématu č.1, část 1: Předpjatý vazník

### P1.1) Návrh rozměrů průřezu vazníku

Návrh výšky  $h$ :  $h \cong \left( \frac{1}{15} \text{ až } \frac{1}{18} \right) l$  (hrubší odhad)

$$h \cong \alpha \sqrt{\frac{M}{\beta b R}} \quad (\text{přesnější odhad})$$

Návrh šířky  $b$ :  $b \cong \left( \frac{1}{3} \text{ až } \frac{1}{3,5} \right) h$ ,  
(v rozmezí 250mm až 450 mm)

Ostatní veličiny:

$l$  je rozpětí prvku

$\alpha = 1,00$  až  $1,05$  dle míry předpětí

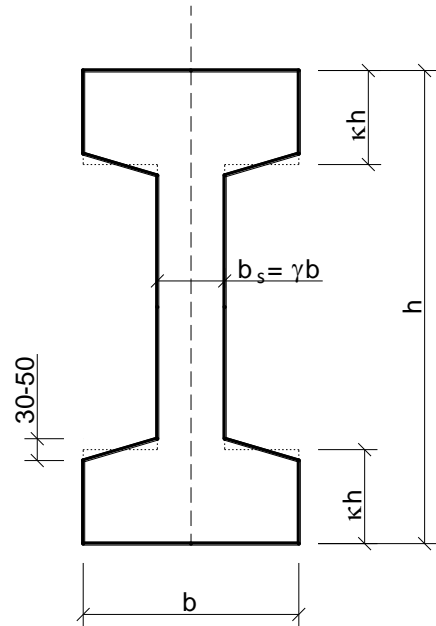
$$\beta = \frac{1}{6} [1 - (1 - \gamma) \cdot (1 - 2\kappa)^3]$$

$\kappa = 0,15$  až  $0,20$

$\gamma = 0,33$  až  $0,5$

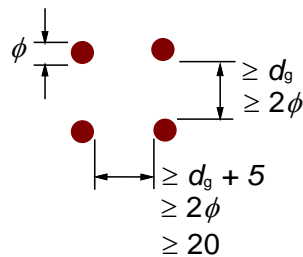
$R$  budeme uvažovat  $0,45 f_{ck}$  v MPa

$M$  je součet momentů od ostatního stálého zatížení a proměnného zatížení v charakteristické hodnotě v MNm.



### P1.2) Uspořádání předpínacích vložek

Minimální světlá vodorovná a svislá vzdálenost mezi předem napjatými předpínacími vložkami je uvedena na obrázku



kde  $\phi$  je průměr předem napjaté předpínací výztuže a  $d_g$  je největší rozměr zrna kameniva.

Při umístění předpínacích vložek poblíž (všech) okrajů průřezu je nutné brát zřetel na dodržení krycí vrstvy ( $\geq c_{nom}$ ).

### P1.3) Doplnující údaje k výpočtu krycí předpínací výztuže

#### a) Minimální krycí vrstva $c_{min,b}$ z hlediska soudržnosti

Uspořádání prutů:	Minimální krycí vrstva $c_{min,b}$ *):
- oddělené	průměr prutu
- svazky	náhradní průměr ( $\phi_h$ ) (viz 8.9.1 normy)

\*) Pokud je jmenovitý maximální rozměr kameniva větší než 32 mm,  $c_{min,b}$  se má zvýšit o 5 mm.

Poznámka:

Doporučené hodnoty  $c_{\min,b}$  pro kanálky s dodatečně napjatými vložkami jsou:

- kruhové kanálky: průměr;
- pravoúhelníkové kanálky: větší z hodnot: menší rozměr, nebo polovina většího rozměru.

Není však třeba uvažovat hodnotu větší než 80 mm, jak u kruhového, tak pravoúhelníkového kanálku.

Doporučené hodnoty pro předem napjaté předpínací vložky jsou:

- 1,5násobek průměru lana nebo hladkého drátu;
- 2,5násobek průměru drátu s vtisky.

#### b) Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{\min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro předpínací výztuž

Požadavek prostředí pro $c_{\min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

### P1.4) Omezení šířky trhlin

(Tabulka 7.1N) Doporučené hodnoty  $w_{\max}$  (mm)

Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazi-stálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4 <sup>1)</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 <sup>2)</sup>
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekomprese
<p>1) Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má vést k přijatelnému vzhledu. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit.</p> <p>2) Pro tyto stupně vlivu prostředí má být kromě toho posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.</p>		

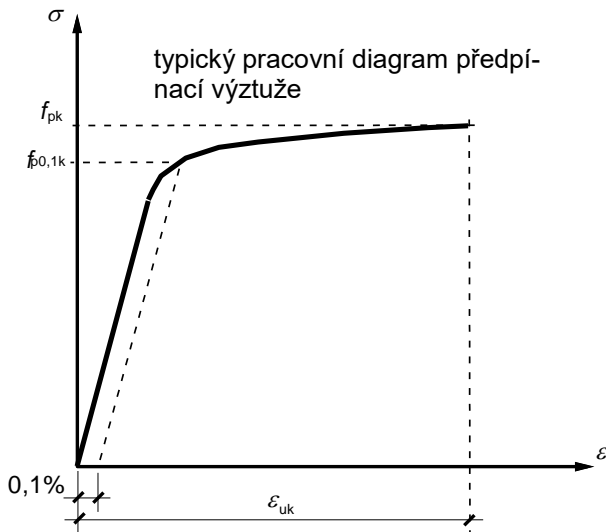
Poznámka:

Při dekompresi se požaduje, aby veškerá soudržná předpínací výztuž nebo hadice byly alespoň 25 mm uvnitř tlačeného betonu.

## P1.5) Předpínací výztuž – některé vlastnosti a charakteristiky

### a) Některé vlastnosti:

**Smluvní mez kluzu 0,1% ( $f_{p0,1k}$ )** a stanovená hodnota **pevnosti v tahu ( $f_{pk}$ )** se definují charakteristickou hodnotou síly při poměrném přetvoření 0,1 %, popř. charakteristickou hodnotou maximálního zatížení v dostředném tahu, dělenou jmenovitou průřezovou plochou – viz obrázek.

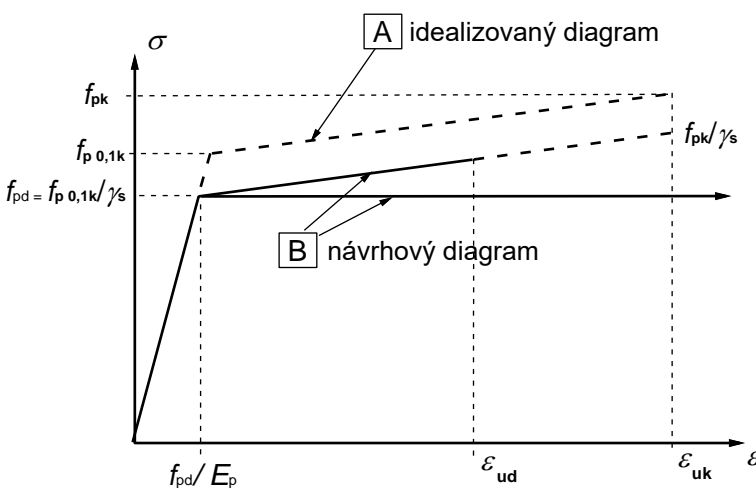


Návrhovou hodnotu **modulu pružnosti  $E_p$**  pro **dráty a tyče** lze předpokládat rovnou 205 GPa. Skutečná hodnota může být v rozsahu 195 GPa až 210 GPa v závislosti na výrobním postupu. V průvodním certifikátu dodávky má být uvedena příslušná hodnota.

Návrhovou hodnotu **modulu pružnosti  $E_p$**  pro **lana** lze předpokládat rovnou 195 GPa. Skutečná hodnota může být v rozsahu 185 GPa až 205 GPa v závislosti na výrobním postupu. V průvodním certifikátu dodávky má být uvedena příslušná hodnota.

Průměrnou hodnotu **objemové hmotnosti předpínací výztuže** lze při návrhu obvykle uvažovat 7850 kg/m<sup>3</sup>.

### b) Pracovní diagramy pro předpínací výztuž (idealizovaný a návrhový):



Návrhová hodnota napětí v předpínací výztuži  $f_{pd}$  se vypočítá dle vztahu  $f_{pd} = f_{p0,1k}/\gamma_s$ , kde pro trvalé a dočasné návrhové situace  $\gamma_s = 1,15$ .

Pokud není známá hodnota  $f_{p0,1k}$  doporučuje se uvažovat  $f_{p0,1k}/f_{pk} = 0,9$

Hodnota **návrhového mezního přetvoření** v předpínací výztuži  $\epsilon_{ud}$  se určí dle národní přílohy ČR normy EC2 jako  $0,9\epsilon_{uk}$ . Pokud nejsou známy přesnější hodnoty vlastností předpínací výztuže, doporučuje se uvažovat  $\epsilon_{ud} = 0,02$ .

### c) Rozměry a vlastnosti předpínacích lan:

Označení oceli	Číslo oceli	Průměr $\phi$ [mm]	Průřezová plocha $A_{p,1}$ [mm <sup>2</sup> ]	Hmotnost na 1 bm [g/m]	Charakteristická pevnost v tahu $f_{pk}$ [MPa]	Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% $f_{p0,1k}$ [MPa]
Y1770S7	1.1365	15,3	140	1093	1770	1560
		15,7	150	1172	1770	1560
Y1860S7	1.1366	15,3	140	1093	1860	1640
		15,7	150	1172	1860	1640

V tabulce je uvedena pouze část sortimentu předpínacích lan pro potřebu výuky.

## d) Označování předpínací výztuže

Zprava odleva odděleny spojovníky (-) se uvádějí údaje:

a) číslo příslušné části normy (pr) EN 10138:

EN 10138-2 dráty

EN 10138-3 lana

EN 10138-4 tyče

b) značení vlastní předpínací oceli:

- písmeno Y značí předpínací ocel
- jmenovitá tahová pevnost v MPa
- písmeno C (dráty tažené za studena) nebo S (lana) nebo H (tyče válcované za tepla)
- pouze pro lana: číslice 2 nebo 3 nebo 7 udávající počet drátů v pramenci nebo laně,
- případně ještě písmeno G značící kompaktní lano



sedmidrátové lano

sedmidrátové kompaktní lano

c) jmenovitý průměr (drátu/lana/tyče) v mm

d) písmeno I značící povrch s vtisky (u drátů a lan) nebo písmeno R značící povrch s žebírky (u tyčí)

e) pouze pro dráty:

- typ vtisku T1 nebo T2 (specifikuje prEN 10138-2)
- třídu relaxace R1 nebo R2

f) pouze pro dráty a lana: třídu únavového chování F1 nebo F2

g) třídu odolnosti proti korozi pod napětím C1 nebo CL1 nebo C2 (u drátů a lan), C1 nebo C2 (u tyčí)

Příklad označení předpínacího lana s pevností 1860 MPa a průměrem 15,7 mm používaného v ČR:  
EN 10138-3-Y1860S7-15,7-I-F1-C1

Příklad označení tyče s žebírky pevnosti 1050 MPa a průměru 36 mm používané v ČR:  
EN 10138-4-Y1050H-36-R-C1

## P1.6) Předpínací síla

### a) Předpínací síla v průběhu napínání

Napětí v předpínací vložce  $\sigma_{pa}$  při napínání před zakotvením (na napínaném konci) nesmí překročit hodnotu  $\sigma_{p,max}$ :

$$\sigma_{p,max} = \min\{0,8 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p0,1k}\}$$

Odpovídající předpínací síla je  $P_a = A_p \sigma_{pa}$ .

### b) Předpínací síla v čase transferu předpětí do betonu $t_0$

Střední hodnota počáteční předpínací síly  $P_{m0}(x)$  (v okamžiku  $t = t_0$  a ve vzdálenosti  $x$  od napínaného konce) vnesená do betonu bezprostředně po napnutí a zakotvení (dodatečné napínání) nebo po zavedení předpětí (napínání předem) se stanoví ze síly při napínání  $P_a$  se zohledněním *okamžitých ztrát*  $\Delta P_i(x)$ .

Napětí  $\sigma_{pm0}(x)$  odpovídající síle  $P_{m0}(x)$  a nemá překročit následující hodnotu:

$$\sigma_{pm0,max} = \min\{0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p0,1k}\}$$

### c) Předpínací síla v čase $t > t_0$

Střední hodnota předpínací síly  $P_{m,t}(x)$  v okamžiku  $t > t_0$  má být stanovena s ohledem na způsob předpínání (okamžité ztráty) a dále mají být uvažovány časově závislé ztráty předpětí  $\Delta P_{c+s+r}(x)$  vyplývající z dotvarování a smršťování betonu a dlouhodobé relaxace předpínací oceli, ev. ztráty pružným přetvořením od ostatního stálého zatížení a proměnného zatížení.

### d) Účinky předpětí v mezních stavech únosnosti (MSÚ)

Obecně se návrhová hodnota předpínací síly v čase  $t$  stanoví ze vztahu  $P_{d,t}(x) = \gamma_{P, fav} \cdot P_{m,t}(x)$ , kde  $\gamma_{P, fav}$  je dílčí součinitel pro zatížení od předpětí P (dle NAČR pro dočasné a trvalé návrhové situace je  $\gamma_{P, fav}=1$ ).

**Poznámka:** Pro posouzení MSÚ průřezu namáhaného ohybovým momentem a normálovou silou je potřeba znát návrhovou hodnotu základní předpínací síly  $P_{d,t}^0$ . V případě prvků předem předpjatých se tato rovná návrhové hodnotě předpínací síly v čase  $t$ , ve které nebyly zohledněny ztráty pružným přetvořením betonu od předpínací síly a zatížení. Lze ji spočítat podle vztahu:

$$P_{d,t}^0(x) = \gamma_{P, fav} \cdot P_{m,t,u}(x)$$

kde  $P_{m,t,u}(x)$  je střední hodnota předpínací síly v čase  $t$ , ve které jsou zohledněny krátkodobé a časově závislé ztráty předpětí proběhlé až do času  $t$  kromě ztrát pružným přetvořením betonu od předpínací síly P a zatížení.

### e) Účinky předpětí v mezních stavech použitelnosti

Při výpočtech použitelnosti musí být uvažovány odchylky možných změn předpětí. V mezním stavu použitelnosti se stanoví dvě charakteristické hodnoty předpínací síly ze vztahů

$$P_{k, sup} = r_{sup} \cdot P_{m,t}(x)$$

$$P_{k, inf} = r_{inf} \cdot P_{m,t}(x)$$

kde:  $P_{k, sup}$  je horní charakteristická hodnota;  
 $P_{k, inf}$  dolní charakteristická hodnota.

Doporučené hodnoty  $r_{sup}$  a  $r_{inf}$  dle NAČR jsou:

- pro předem napínané nebo nesoudržné předpínací vložky:  $r_{sup} = 1,05$  a  $r_{inf} = 0,95$ ;
- pro dodatečně napínané soudržné předpínací vložky:  $r_{sup} = 1,10$  a  $r_{inf} = 0,90$ ;
- pokud se provádějí příslušná měření (např. přímé měření předpětí), pak lze uvažovat:  $r_{sup} = r_{inf} = 1,0$ .

V hodnotě předpínací síly  $P_{m,t}(x)$  jsou zahrnuty veškeré ztráty předpětí včetně ztrát pružným přetvořením betonu od předpínací síly a kombinace účinků zatížení, pro kterou se bude posudek provádět. Pro posouzení MSP – omezení napětí na průřezu od předpínací síly a kombinace účinků zatížení se vyčísluje pomocí charakteristik betonového průřezu ( $A_c$ ,  $I_c$ ,  $e_p$  - excentricita předpínací síly vztažená k těžišti betonového průřezu).

**Poznámka:** V případě, kdy se napětí na průřezu od předpínací síly a kombinace účinků zatížení budou vyjadřovat pomocí charakteristik ideálního průřezu (tzn. se zahrnutím vlivu výztuže, tj.  $A_i$ ,  $I_i$ ,  $e_{pi}$ ), charakteristické hodnoty předpínací síly se stanoví ze střední hodnoty předpínací síly  $P_{m,t,u}(x)$ , tj. síly, ve které jsou zohledněny krátkodobé a časově závislé ztráty předpětí kromě ztrát pružným přetvořením betonu od předpínací síly P a zatížení.

## P1.7) Základní přehled značení některých veličin pro NLA022, Téma č. 1

### Účinky zatížení:

Rozlišujeme účinky zatížení od „zatížení“ -  $F$  a od předpětí  $P$  a celkové  $E$ :  $F+P=E$

$M_{g0,k}$  moment od  $g_0$  – charakteristická hodnota

$M_{g1,k}$  moment od  $g_1$  – charakteristická hodnota

$M_{q,k}$  moment od  $q$  – charakteristická hodnota

### Kombinace účinků zatížení:

$M_{Fk}$  moment - charakteristická kombinace od „zatížení“ (tedy bez  $P$ )

$M_{Fk,\psi_1}$  moment - častá kombinace od „zatížení“ (bez  $P$ )

$M_{Fk,\psi_2}$  moment - kvazistálá kombinace od „zatížení“ (bez  $P$ )

$M_{Fd}$  moment - návrhová kombinace od „zatížení“ (bez  $P$ )

### Předpínací síla, napětí:

$P_{m,t}$  střední hodnota předpínací síly v čase  $t$

$P_{k,t}$  charakteristická hodnota předpínací síly v čase  $t$

$P_{d,t}$  návrhová hodnota předpínací síly v čase  $t$

$P_{d,\infty}^0$  návrhová hodnota základní předpínací síly v čase  $\infty$

$\sigma_{pd,\infty}^0$  základní (návrhová hodnota) napětí v předpínací výztuži v čase  $\infty$ , atd.

### Změny předpětí okamžité (některé závisí na $x$ , tj. vzdálenosti vyšetřovaného místa od napínaného konce):

$\Delta\sigma_{psl}$  ev.  $\Delta P_{sl}$  ztráta vyvozená pokluzem klínu (kuželíku) v kotvě (anchorage set loos)

$\Delta\sigma_{pda}$  ev.  $\Delta P_{da}$  ztráta vyvozená změnou vzdálenosti opěr (deformation of abutment)

$\Delta\sigma_{pr,st}$  ev.  $\Delta P_{r,st}$  ztráta vyvozená relaxací oceli (okamžitá – short term)

$\Delta\sigma_{pT}$  ev.  $\Delta P_T$  ztráta vyvozená rozdílem teplot (temperature)

$\Delta\sigma_{pel}$  ev.  $\Delta P_{el}$  ztráta vyvozená pružným přetvořením betonu obecně (elastic strain)

$\Delta\sigma_{pel,P}$  ev.  $\Delta P_{el,P}$  změna vyvozená pružným přetvořením betonu od  $P$  (obdobně indexy od vlastní tíhy  $g_0$ , provozní ztráty od dlouhodobé složky „zatížení“ bez  $g_0 \rightarrow (g_1+\psi_2Q)$ , nebo jen od krátkodobé složky od  $Q \rightarrow (1-\psi_2)Q$ )

### Změny předpětí časově závislé (závisí na vyšetřovaném čase $t$ a $x$ ):

$\Delta\sigma_{pr,lt}$  ev.  $\Delta P_{r,lt}$  ztráta vyvozená relaxací oceli (dlouhodobá – long term)

$\Delta\sigma_{pc}$  ev.  $\Delta P_c$  ztráta vyvozená dotvarováním betonu (creep)

$\Delta\sigma_{ps}$  ev.  $\Delta P_s$  ztráta vyvozená smršťováním betonu (shrinkage)

$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$  ev.  $\Delta P_{c+s+r}$  výsledná časově závislá ztráta zohledňující dotvarování, smršťování relaxaci a jejich vzájemnou redukci.

### Značení předpětí v čase $t$ v místě $x$ :

$\sigma_{pa}$  ev.  $P_a$  napětí ev. síla v předpínací vložce při předpínání (před zakotvením) v místě pod kotvou, říkáme mu kotevní (napínaní) napětí, nemá překročit hodnotu  $\sigma_{p,max}$

$\sigma_{pm0}(x)$  ev.  $P_{m0}(x)$  napětí ev. síla (v okamžiku  $t = t_0$ ) bezprostředně po zavedení předpětí, nemá být větší než  $\sigma_{pm0,max}$

$\sigma_{pm0,u}(x)$  ev.  $P_{m0,u}(x)$  napětí ev. síla (v okamžiku  $t = t_0$ ) bezprostředně po zavedení předpětí bez ztrát pružným přetvořením

$\sigma_{pm,\infty}(x)$  ev.  $P_{m,\infty}(x)$  napětí ev. síla v okamžiku  $t = \infty$  se zohledněním časově závislých ztrát

$\sigma_{pm,\infty,u}(x)$  ev.  $P_{m,\infty,u}(x)$  napětí ev. síla v okamžiku  $t = \infty$  se zohledněním časově závislých ztrát bez ztrát pružným přetvořením

### Obecně:

$\sigma_{pm,t}(x)$  ev.  $P_{m,t}(x)$  napětí ev. síla v okamžiku  $t > t_0$  se zohledněním časově závislých ztrát, za  $t$  se dosadí číslo nebo značka zatížení

$\sigma_{pm,t,u}(x)$  ev.  $P_{m,t,u}(x)$  napětí ev. síla v okamžiku  $t > t_0$  se zohledněním časově závislých ztrát bez ztrát pružným přetvořením

Poznámka: Index  $m$  znamená, že se jedná o střední hodnotu (mean) (v popisu značení bylo vynecháno): tj. střední hodnota napětí v přepínací výztuži ..., střední hodnota předpínací síly ...

Tabulka sumarizace změn předpětí pro potřebu výuky



Změny předpětí v polovině rozpětí		Označení	$\sigma$ [MPa] $\Delta\sigma$ [MPa]	P [kN]
Napětí (síla) při předpínání výztuže		$\sigma_{pa}   P_a$		
Výrobní (okamžité)	ztráta vyvozená pokluzem klínu v kotvě	$\Delta\sigma_{psl}$		
	ztráta vyvozená změnou vzdálenosti opěr	$\Delta\sigma_{pda}$		
	ztráta vyvozená relaxací oceli	$\Delta\sigma_{pr,st}$		
	ztráta vyvozená rozdílem teplot	$\Delta\sigma_{pT}$		
	ztráta vyvozená pružným přetvořením betonu od P	$\Delta\sigma_{pel,P}$		
	změna vyvozená pružným přetvořením betonu od $g_0$	$\Delta\sigma_{pel,g0}$		
Napětí (síla) bezprostředně po zavedení předpětí		$\sigma_{pm0}   P_{m0}$		
Napětí (síla) bezprostředně po zavedení předpětí, bez zohlednění ztrát pružným přetvořením		$\sigma_{pm0,u}   P_{m0,u}$		
Provozní (dlouhodobé)	změna pružným přetvořením betonu od dlouhodobé složky zatížení bez vlastní tíhy (kvazistálá kombinace bez $g_0$ )	$\Delta\sigma_{pel,(g1+\Psi2)Q}$		
	ztráta vyvozená relaxací oceli $\Delta\sigma_{pr,lt}$	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$		
	ztráta vyvozená dotvarováním betonu $\Delta\sigma_{pc}$			
	ztráta vyvozená smršťováním betonu $\Delta\sigma_{ps}$			
změna pružným přetvořením betonu od krátkodobé složky proměnného zatížení		$\Delta\sigma_{pel,(1-\Psi2)Q}$		
Napětí (síla) v okamžiku $t = \infty$		$\sigma_{pm,\infty}   P_{m,\infty}$		
Napětí (síla) v okamžiku $t = \infty$ , bez zohlednění ztrát pružným přetvořením		$\sigma_{pm,\infty,u}   P_{m,\infty,u}$		

## Téma č.1 - Předpjatý vazník - klíč k zadání 2021/2022

n	L	a	gk1	qk	beton	Přepínací výztuž	bet. výztuž	n	L	a	gk1	qk	beton	Přepínací výztuž	bet. výztuž
1	18	7,50	2,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	37	18	4,50	3,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
2	18	4,50	2,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	38	18	6,00	3,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
3	18	6,00	2,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	39	18	7,50	3,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
4	15	7,50	2,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	40	15	4,50	3,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
5	15	4,50	2,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	41	15	6,00	3,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
6	15	6,00	2,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	42	15	7,50	3,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B550
7	21	7,50	2,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	43	21	4,50	3,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
8	21	4,50	2,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	44	21	6,00	3,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
9	21	6,00	2,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	45	21	7,50	3,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
10	18	7,50	3,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	46	18	4,50	4,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
11	18	4,50	3,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	47	18	6,00	4,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
12	18	6,00	3,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	48	18	7,50	4,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
13	15	7,50	3,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	49	15	4,50	4,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
14	15	4,50	3,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	50	15	6,00	4,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
15	15	6,00	3,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	51	15	7,50	4,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
16	21	7,50	3,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	52	21	4,50	4,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B550
17	21	4,50	3,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	53	21	6,00	4,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
18	21	6,00	3,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	54	21	7,50	4,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
19	18	7,50	4,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	55	18	4,50	2,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
20	18	4,50	4,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	56	18	6,00	2,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
21	18	6,00	4,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	57	18	7,50	2,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
22	15	7,50	4,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	58	15	4,50	2,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B550
23	15	4,50	4,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	59	15	6,00	2,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
24	15	6,00	4,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B550	60	15	7,50	2,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
25	21	7,50	4,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500	61	21	4,50	2,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550
26	21	4,50	4,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	62	21	6,00	2,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
27	21	6,00	4,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	63	21	7,50	2,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550
28	18	7,50	2,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	64	18	4,50	3,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
29	18	4,50	2,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	65	18	6,00	3,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550
30	18	6,00	2,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	66	18	7,50	3,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
31	15	4,50	2,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	67	15	4,50	3,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550
32	15	6,00	2,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	68	15	6,00	3,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
33	15	7,50	2,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	69	15	7,50	3,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550
34	21	4,50	2,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	70	21	4,50	3,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
35	21	6,00	2,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	71	21	6,00	3,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550
36	21	7,50	2,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	72	21	7,50	3,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500

## Pokyny k vypracování Téma č.2: Posouzení požární odolnosti železobetonové konstrukce

### Literatura:

- [1] Procházka, J., Štefan, R., Vašková, J.: Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [2] EN ČSN 1992-1-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2:Obecná pravidla – Navrhování na účinky požáru
- [3] Přednášky
- [4] Další podklady, které budou přístupny v MS Teams.

Pozn.: V přednáškách jsou uvedeny všechny potřebné vztahy a tabulky k vypracování tématu.

Tabulky jsou značeny stejně jako v normě [2].

K posuzování dle tabulek jsou v přednáškách:

- napřed uvedeny obecné informace (ty jsou v přednášce 9)
  - o pak obecné informace vždy pro určitý prvek (stěny, nosníky, ...), (v přednášce 10)
    - informace pro určitý prvek rozlišené většinou dle podepření (deska prostě podepřená, spojitá deska, ...)

Je třeba proto sledovat zásady nadřazených kapitol, kde jsou informace vztahující se vždy na následujících kapitoly nebo kapitolu.

### Postup výpočtu:

a) Postup vedoucí ke splnění požadavku: „Schéma konstrukce v měřítku 1:100 s vyznačením požadavku osovou vzdáleností výztuže od líce prvku“:

- Rozvrhněte si rozmístění trámů, dodržte přitom pokyny v zadání.
- Navrhněte rozměry jednotlivých prvků stropní konstrukce (**D1, D2, T1, P1, P2 a P3**) dle empirických vztahů závislých na statickém schématu, rozpětí a typu prvku. Např. dle skript k BL001, které jsou dostupné [zde](#) - Pomůcka 10, nebo přímo v podkladech MS Teams.
- Stanovte minimální osovou vzdálenost výztuže od líce prvků a upravte rozměry prvků tak, aby vyhovovaly podmínkám spolehlivosti požární odolnosti podle tabulek. (Bez využití rezervy únosnosti výztuže). Obecné (potřebné) informace jsou v přednášce [3] str. 26-30, přečtěte si je.
- podrobnější pokyny
  - o U **desek** bude výztuž umístěna v jedné vrstvě.
    - Přednáška [3] str. 34-37, tab. 5.8 + příslušné podmínky a požadavky, D1 deska prostě podepřená, D2 jako žebrová deska.
    - Norma [2] kapitola 5, Desky 5.7 (tab. 5.8 + příslušné podmínky a požadavky).
    - Skripta [1] kap. 2.2.1, Desky 2.2.1.4 (tab.2.2.9 + příslušné podmínky a požadavky).
  - o Pro **výztuž trámu** předpokládejte, že dvou vrstvách (profil výztuží odhadněte např.  $\phi 12$  a napočítejte pro tento odhad).
    - Přednášky [3] str. 31-33, tab. 5.5., str. 30 týkající se výztuže umístěné v jedné nebo více vrstvách.
    - Norma [2] kapitola 5, Nosníky 5.6 (tab. 5.5 + příslušné podmínky a požadavky). Pro výpočet průměrné vzdálenosti výztuže  $a_m$  při více vrstvách výztuže použijte vztah 5.5 a příslušné pokyny v odstavcích 5.2 (15) až (17).
    - Skripta [1] kap. 2.2.1, Nosníky 2.2.1.3 (tab.2.2.6 + příslušné podmínky a požadavky). Pro výpočet průměrné vzdálenosti výztuže  $a_m$  při více vrstvách výztuže použijte vztah 2.2.3, kde  $a_i$  je vzdálenost výztužného prutu k nejbližšímu povrchu vystavenému požáru (nosních je vystaven požáru ze tří stran zespodu).

Poznámka: Z obr. 2.2.1 skript [1] vyplývá, že je tato vzdálenost chápána jako vzdálenost těžiště výztuže od spodního líce, tento výklad ustanovení normy je však chybný a neřídte se jím.

- V **překladech** bude výztuž umístěna v jedné vrstvě.
  - Přednášky [3] str. 31-33, tab. 5.5., str. 32 týkající se krajních prutů výztuže v jedné vrstvě.
  - Norma [2] kapitola 5, Nosníky 5.6 (tab. 5.5 + příslušné podmínky a požadavky).
  - Skripta [1] kap. 2.2.1, Nosníky 2.2.1.3 (tab.2.2.6 + příslušné podmínky a požadavky).
- Vykreslete schéma konstrukce v měřítku 1:100 (bez části konstrukce, která se nenavrhovala, tj. deska se schodištěm), tak jako se kreslí výkres tvaru (obdobně jak je v zadání, pouze nešrafovat nosné zdivo). Napočítanou osovou vzdálenost připište ke značce prvku nebo vedle do tabulky.
- Poznámka: Prvky se na únosnost nedimenzujte, není to cílem zadání!!!

b) Postup vedoucí ke splnění požadavku “Dimenzování **desky D1** a stanovení požární odolnosti dle tabulek a dle metody izotermy 500°C:

- Nadimenzujte desku D1 dle MSÚ (pouze na ohybový moment včetně konstrukčních zásad, smyk a kotevní délky nepočítejte) obvyklým způsobem (za běžné teploty) bez ohledu na požadavky požární odolnosti, tj. krytí výztuže stanovte dle požadavků normy EN 1992-1-1 a úmyslně ho nezvyšujte (tedy  $a$  nemá vyhovovat  $a_{min}$  dle tabulek pro požární odolnost). Zatížení počítejte dle NAČR, tj. pro kombinace zatížení dle rovnic 6.10a a 6.10b. Navrhněte plochu výztuže  $A_{s,prov}$  cca o 10% větší než vyjde nutná plocha výztuže  $A_{s,req}$ , tedy aby výztuž byla využita cca na 90% únosnosti. Je třeba  $A_{s,req}$  spočítat podle přesného vztahu (tj. s odmocninou) a ne odhadem nebo zjednodušeně.
- Proveďte posouzení požární odolnosti D1 pomocí tabulkových hodnot s přihlédnutím ke skutečnému napětí ve výztuži při požární situaci a vypočítanému redukčnímu součiniteli ve výztuži, viz postup:
  - Přednášky [3]: redukční součinitel zatížení spočítejte dle vztahů na str. 10, zbytek viz. postup uvedený na str. 39, tj. výsledkem je upravená hodnota  $a_{min}$ .
  - Norma [2] kapitola 5, Desky 5.7 (tab. 5.8 + příslušné podmínky a požadavky),
    - redukční součinitel zatížení: 2.4.2 (3),
    - redukce napětí ve výztuži, stanovení kritické teploty a úprava krytí viz příslušné pokyny v odstavcích 5.2 (7) až (8).
  - Skripta [1] kap. 2.2.1, Desky 2.2.1.4 (tab. 2.2.9 + příslušné podmínky a požadavky),
    - redukční součinitel zatížení: vztah 1.2.14a a 1.2.14b,
    - redukce napětí ve výztuži, stanovení kritické teploty a úprava krytí viz příslušné pokyny v odstavcích vztah 2.2.8 až 2.2.11,
    - lze využít část postupu použitého v příkladu 2.4.1.

Poznámka: Pokud deska nevyhoví na požadovanou požární odolnost, pouze tuto skutečnost konstatujte a nic neopravujte, protože lze posudek provést „přesněji“, viz další metoda.

- Proveďte posouzení požární odolnosti pomocí zjednodušené metody izotermy 500°C
  - Přednáška [3] str. 43-48, konkrétně postup od str. 45; poznámka k výpočtu únosnosti: požár v desce je jen zespodu a šířka průřezu není redukována  $b_{fi}=b$  (str 48).
  - Norma [2] příloha B1.
  - Skripta [1] kap. 2.2.2.1, lze využít část postupu použitého v příkladu 2.4.1.

Pokud budete mít nějaké nejasnosti nebo připomínky či návrhy na vylepšení kontaktujte vyučující.