



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# ANALÝZA NÁVRHU LOKÁLNĚ PODEPŘENÉ DESKY

DESIGN ANALYSIS OF THE FLAT SLAB

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

Martina Chalupová

AUTHOR

## VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Martina Chalupová
<b>Název</b>	Analýza návrhu lokálně podepřené desky
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,  
MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Podklady:

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Pro zadaný železobetonový objekt navrhnete železobetonovou stropní konstrukci min. ve třech různých tloušťkách.

Provedte statické řešení a dimenzování v rozsahu určeném vedoucím práce, porovnejte jednotlivé varianty. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru stropní konstrukce a podrobné výkresy výztuže pro jednu vybranou variantu.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je návrh, posouzení a cenové porovnání železobetonové lokálně podepřené desky. Deska je navržena ve 3 různých variantách. Varianty se od sebe liší tloušťkou desky. Vnitřní síly v deskách jsou získány pomocí metody konečných prvků a ověřeny pomocí metody součtových momentů. Desky jsou dimenzovány na návrhové vnitřní síly z metody konečných prvků. Následně byly určeny celkové množství výztuže a betonu v deskách a jejich cena. Ceny desek jsem porovnávala a nejvýhodnější deska byla podrobněji dimenzována a provedeny výkresy výztuže. Veškeré výpočty byly provedeny v souladu s normou.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

lokálně podepřená deska, monolitická železobetonová stropní deska, železobeton, dimenzování, posouzení, porovnání, cenová analýza, různé tloušťky desky, vnitřní síly, výztuž, beton, protlačení, výkres výztuže, metoda konečných prvků, metoda součtových momentů

## **ABSTRACT**

The aim of the Bachelor thesis is to design, structural check and price comparison of reinforced concrete point-supported slab. The design of slab is processed in three options. Every option of the slab has another thickness. The internal forces are obtained from Finite Element Method and are checked with summation of moments method. The design of slabs is based on internal forces from Finite Element Method. I determined total amount and price of reinforcement and total amount and price of concrete. I compared price of slabs and chose the best one. The best option was developed in greater detail. Reinforcement drawing was made for the best option of point-supported slab. All calculations were performed in accordance with valid standard.

## **KEYWORDS**

point-supported slab, cast in place reinforced slab, reinforced concrete, design, assessment, comparison, price analysis, different thickness, internal forces, reinforcement, concrete, punching, reinforcement drawing, finite element method, the summation of moments method

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Martina Chalupová *Analýza návrhu lokálně podepřené desky*. Brno, 2017. 27 s., 200 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a  
zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5. 2017

---

Martina Chalupová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Švaříčkové, Ph.D. za čas, který mi věnovala, za rady a odborné vedení práce.

# OBSAH

Úvod	
Textová část .....	9
1 Základní informace o objektu.....	9
2 Materiálové charakteristiky .....	10
3 Zatížení.....	11
3.1 Stálé .....	11
3.2 Proměnné.....	11
4 Výpočtový model.....	11
5 Dimenzování .....	12
6 Cenové porovnání .....	13
6.1 Výpočet ceny desky D1.....	13
6.2 Výpočet ceny desky D2.....	14
6.3 Výpočet ceny desky D3.....	16
6.4 Cenové porovnání .....	18
Závěr .....	19
Seznam použitých zdrojů.....	20
Seznam tabulek .....	21
Seznam zkratk .....	22
Seznam příloh .....	27



# ÚVOD

Náplní této bakalářské práce je návrh, posouzení a cenové porovnání lokálně podepřené desky. Stropní deska bude navržena ve třech různých variantách, které se od sebe budou navzájem lišit tloušťkou desky. U všech variant bude navržena výztuž a určeno množství betonu. Na základě zjištěného množství jednotlivých položek určím celkovou cenu jednotlivých desek. Pro desku, která bude mít nejvýhodnější cenu, bude dále proveden podrobný výpočet výztuže a výkresová dokumentace.

Řešení vnitřních sil bude provedeno pomocí výpočetního softwaru Dlubal RFEM. Na základě těchto hodnot bude provedeno dimenzování výztuže pro všechny tři tloušťky desky. Ověření vnitřních sil pomocí ručního výpočtu bude provedeno pro desku D3. Jako ruční metodu jsem zvolila metodu součtových momentů.

Pro cenové porovnání bude výztuž proti protlačení navržena pomocí výpočetního softwaru JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení od firmy Jordahl. Tento program pracuje v souladu s německou normou ETA 13/0136. Návrh výztuže proti protlačení u nejvýhodnější desky bude proveden ručně. Na základě výpočtu budou navrženy smykové lišty.

## TEXTOVÁ ČÁST

### 1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU

V rámci této práce je řešena stropní konstrukce nad 1.NP. Stropní konstrukce je lokálně podepřená deska. Vzhledem k tomu, že pro práci nebyl žádný výkresový podklad, tak jsem si půdorys pro návrh a porovnání zvolila. Rozpětí desky jsem si určila tak, aby tento půdorys bylo možné použít pro všechny tři tloušťky desky.

Pro další návrh uvažuji objekt jako administrativní budovu. Objekt je dvoupodlažní s monolitickými stropními konstrukcemi a zastřešení je řešeno pomocí ploché střechy. Ztužení objektu bude zajištěno pomocí 2 ztužujících stěn a ztužujícího jádra, které je vhodné pro umístění komunikačního prostoru.

Stropní deska je obdélníkového tvaru o rozměrech 29,0 x 39,375 m. Deska je rozdělena na 4 x 6 polí. Pole jsou obdélníková s osovou vzdáleností sloupů 6,70 x 6,35 m.

Předpokládaný rozměr sloupu je 350 x 350 mm. Výška sloupu v 1.NP je 4,6 m, v 2.NP je výška sloupu 4,0 m.

Stupeň vlivu prostředí vzhledem k podmínkám prostředí dle ČSN EN 206-1 [1]

XC1 – suché, stále mokré (beton uvnitř budovy s nízkou vlhkostí vzduchu, beton trvale ponořený ve vodě)

Kategorie návrhové životnosti konstrukce dle ČSN EN 1990 [2]: 4

Konstrukční třída: S2

- základní návrhová životnost pro 50 let třída S4
- Snížení třídy konstrukce z důvodu deskové konstrukce a z důvodu pevnostní třídy betonu C25/30 dle ČSN EN 1992-1-1 [4] Tab. 4.3CZ

## 2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton C25/30 – dle ČSN EN 1992-1-1 [4]

Součinitel spolehlivosti materiálu (trvalá a dočasná návrhová situace)	$\gamma_c=1,5$
Součinitel uvažující dlouhodobé podmínky	$\alpha_{cc}=1,0$ (v ČR pro pozemní stavby)
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	$f_{ck}=25$ MPa
Návrhová válcová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 * 25}{1,5} = 16,667$ MPa
Charakteristická krychelná pevnost v tlaku	$f_{ck,cube}=30$ MPa
Průměrná hodnota válcové pevnosti v tlaku	$f_{cm}=f_{ck}+8=25+8=33$ MPa
Průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu	$f_{ctm}=0,3 * f_{ck}^{(2/3)}=2,6$ MPa
Sečnový modul pružnosti betonu	$E_{cm}=31$ MPa
Mezní poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{cu3}=3,5$ ‰ $\epsilon_{cs}=1,75$ ‰

Ocel B500B – dle ČSN EN 1992-1-1 [4]

Součinitel spolehlivosti materiálu (trvalá a dočasná návrhová situace)	$\gamma_s=1,15$
Charakteristická minimální mez kluzu	$f_{yk}=500$ MPa
Návrhová mez kluzu	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783$ MPa
Minimální pevnost v tahu	$f_{tk}=550$ MPa
Sečnový modul pružnosti	$E_s=200$ GPa
Přetvoření výztuže	$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200000} = 2,174$ ‰

Smykové lišty Jordahl JDA

Ocel B500B – smykové trny

Děrovaná lišta – standartní stavební ocel

### 3 ZATÍŽENÍ

Vzhledem k tomu, že konstrukce není navržena na reálném podkladě a slouží pro porovnání výsledků, tak neuvažují žádné příčky a stěny a proměnné zatížení uvažují pouze užité. Proměnné zatížení od sněhu a větru zde neuvažují.

#### 3.1 STÁLÉ

Stálé zatížení od vlastní tíhy desky, podlahy a omítky je uvažováno po celé ploše jako spojitě rovnoměrné zatížení.

- vlastní tíha desky – tíha betonu určena na základě ČSN EN 1991-1-1 [3]
- ostatní stálé zatížení – vlastní tíha podlahy a omítky stropní konstrukce

#### 3.2 PROMĚNNÉ

Proměnné zatížení je pro všechny tloušťky desky stejné. Pro získání nejnepříznivějších hodnot vnitřních sil bude konstrukce zatížena pruhy a šachy.

Proměnné zatížení pro stropní konstrukci je uvažováno jako kategorie ploch B dle ČSN EN 1991-1-1 [3] tj. kancelářské plochy

$$q_{k,B}=3 \text{ kN/m}^2$$

Proměnné zatížení pro střechu je uvažováno jako kategorie ploch H dle ČSN EN 1991-1-1 [3] tj. nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby, oprav – toto zatížení uvažují z důvodu výpočtu zatížení působícího na sloup

$$q_{k,H}=0,75 \text{ kN/m}^2$$

### 4 VÝPOČTOVÝ MODEL

Pro získání vnitřních sil jsem vytvořila model ve výpočtovém softwaru Dlubal RFEM. Tento program pracuje na základě metody konečných prvků. Konstrukce je vymodelována jako 2D deska XY o tloušťkách konstrukce 230, 250 a 300 mm. Délka konečného prvku je 0,5 m.

Sloupové podpory jsou vytvořeny jako uzlové podpory, které jsou modelovány jako sloup ve směru Z – přesné modelování jako podloží plochy. Uložení modelovaného sloupu v patě je uvažováno jako vetknutí. Sloupy jsou čtvercového průřezu o rozměrech 350x350 mm.

Ztužující stěny a jádro jsou modelovány jako liniové podpory se stěnou ve směru Z. Podepření stěny je na horní straně uvažováno jako částečné vetknutí a na spodní straně jako vetknutí. Tloušťka stěn je 200 mm.

V programu jsem vytvořila 14 zatěžovacích stavů. Stálé zatížení je rozloženo spojitě rovnoměrně po celé konstrukci. Proměnné zatížení je na konstrukci rozloženo v pruzích nebo jsou vytvořeny šachy. Zatěžovací stavy jsou v programu kombinovány pomocí rovnic dle ČSN EN 1990 [2]:

Rovnice 6.10.a:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10.b:

$$\sum_{i \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Výstupem programu Dlubal RFEM jsou návrhové vnitřní síly, na které následně dimenzuji výztuž v deskách.

Vnitřní síly u desky D3 budou ověřeny pomocí ručního výpočtu. Pro ověření jsem použila metodu součtových momentů dle ČSN 731201 [5]. Pro výpočet ruční metodou jsem uvažovala pole ve směru x i y. Hodnoty ze softwaru a z ručního výpočtu jsem vzájemně porovnávala. Ověření a porovnání je součástí statického výpočtu viz příloha P3.

## 5 DIMENZOVÁNÍ

Ohybovou výztuž jsem dimenzovala na základě návrhových vnitřních sil z programu Dlubal RFEM. U každé desky je navržena základní síť, která splní minimální potřebnou plochu výztuže a pokryje část ohybových momentů. Základní síť je navržena při spodním i horním povrchu desky. Dále jsem navrhla příložky, které budou doloženy mezi pruty základní sítě. Příložky pokryjí zbylé ohybové momenty.

Dimenzování výztuže proti protlačení v oblasti sloupů bylo pro případ porovnání provedeno pomocí programu JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení. Pro porovnání jsem uvažovala výztuž jako u sloupu S3, který je vnitřní, u všech sloupů. Při podrobném výpočtu, jsem pro jednotlivá místa desky D3 počítala výztuž proti protlačení ručně. Jako výztuž proti protlačení jsem navrhla smykové lišty JDA.

Výztuž proti řetězovému zřícení byla navržena při spodním povrchu konstrukce desky D3 a prochází pod sloupy v obou směrech.

Veškeré dimenzování je součástí statického výpočtu viz příloha P3

## 6 CENOVÉ POROVNÁNÍ

### 6.1 VÝPOČET CENY DESKY D1

#### BETON

#### Výpočet množství betonu

Půdorysné plocha  $S_p=29,0*39,375=1141,875 \text{ m}^2$

Plocha otvoru  $S_o=6,525*6,175=40,292 \text{ m}^2$

Celková plocha desky  $S = S_p - S_o=1441,875-40,292=1401,583 \text{ m}^2$

Tloušťka desky  $h_{s1}=0,23 \text{ m}$

Objem bet. směsi  $V=S*h_{s1}=1401,583*0,23=322,36 \text{ m}^3$

#### Výpočet ceny betonu

Beton C25/30 (XC1,  $D_{\max}=22 \text{ mm}$ ):

$C_b=2\,801 \text{ Kč včetně DPH/m}^3$  [10]

$V=322,364 \text{ m}^3$

Celková cena:  $P_b=V*C_b= 322,634*2801=903\,698 \text{ Kč}$

VÝZTUŽ B500B – dimenzování je součástí statického výpočtu viz příloha P3 [10]

Tabulka 1 - Výpočet ceny výztuže desky D1

směr	Ø [mm]	Délka [m]	Hmotnost [kg/m]	Jednotková cena [Kč/kg]	cena [Kč]
Dolní výztuž					
x	14	4 092	1,210	27,67	137 003
y	14	7 476	1,210	27,67	250 302
Horní výztuž					
x	10	221	0,617	14,11	1 924
	14	6 086	1,21	27,67	203 764
y	8	429	0,395	9,32	1 580
	12	858	0,888	20,31	15 475
	14	4 988	1,21	27,67	167 002
Cena výztuže celkem $P_v$					<b>777 050</b>

SMYKOVÉ LIŠTY – JDA-3/10/185-420 (70/140/140/70)

Viz výpočtový protokol ze softwaru – příloha P4.04

Smykové lišty pro 1 sloup – 24 x JDA-3/10/185-420 (70/140/140/70)

Celkový počet smykových lišt – 648 x JDA-3/10/185-420 (70/140/140/70)

$C_s = 14,90 \text{ EUR/KS [10]}$

Celková cena:

$P_s = 648 * 14,90 = 9655,20 \text{ EUR} = 260\,690 \text{ Kč}$

Celková cena desky D1:

$P = P_b + P_v + P_s = 903\,698 + 777\,050 + 260\,690 = \underline{1\,941\,438 \text{ Kč}}$

## **6.2 VÝPOČET CENY DESKY D2**

BETON

Výpočet množství betonu

Půdorysné plocha  $S_p = 29,0 * 39,375 = 1141,875 \text{ m}^2$

Plocha otvoru  $S_o = 6,525 * 6,175 = 40,292 \text{ m}^2$

Celková plocha desky  $S = S_p - S_o = 1141,875 - 40,292 = 1101,583 \text{ m}^2$

Tloušťka desky  $h_{s2} = 0,30 \text{ m}$

Objem bet. směsi  $V = S * h_{s2} = 1101,583 * 0,30 = 330,475 \text{ m}^3$

Výpočet ceny betonu

Beton C25/30 (XC1,  $D_{\max} = 22 \text{ mm}$ ):

$C_b = 2\,801 \text{ Kč včetně DPH/m}^3 \text{ [10]}$

$V = 330,475 \text{ m}^3$

Celková cena:

$P_b = V * C_b = 330,475 * 2801 = 925\,771 \text{ Kč}$

VÝZTUŽ B500B - dimenzování je součástí statického výpočtu viz příloha P3 [10]

Tabulka 2 - Výpočet ceny výztuže desky D2

směr	Ø [mm]	Délka [m]	Hmotnost [kg/m]	jednotková cena [Kč/kg]	cena [Kč]
Dolní výztuž					
x	14	3 596	1,21	27,67	120 397
y	12	5 544	0,888	20,31	99 988
	8	384	0,395	9,32	1 412
Horní výztuž					
x	8	48	0,395	9,32	177
	12	933	0,888	20,31	16 827
	14	5 024	1,21	27,67	168 208
y	6	58	0,222	5,35	69
	10	390	0,617	14,11	3 396
	14	4763	1,21	27,67	159 469
Cena výztuže celkem P <sub>v</sub>					<b>569 943</b>

SMYKOVÉ LIŠTY - JDA-2/14/255-380 (95/190/95)

Viz výpočtový protokol ze softwaru – příloha P4.05

Smykové lišty pro 1 sloup – 16 x JDA-2/14/255-380 (95/190/95)

Celkový počet smykových lišt – 432 x JDA-2/14/255-380 (95/190/95)

$C_s = 12,00$  EUR/KS [11]

Celková cena:

$P_s = 432 * 12,00 = 5 184$  EUR = 139 968 Kč

Celková cena desky D2:

$P = P_b + P_v + P_s = 1 177 751 + 569 943 + 139 968 =$  1 887 662 Kč

### 6.3 VÝPOČET CENY DESKY D3

#### BETON

##### Výpočet množství betonu

Půdorysné plocha  $S_p=29,0*39,375=1141,875 \text{ m}^2$

Plocha otvoru  $S_o=6,525*6,175=40,292 \text{ m}^2$

Celková plocha desky  $S = S_p - S_o$

$$S=1441,875-40,292=1401,583 \text{ m}^2$$

Tloušťka desky  $h_{s3}=0,25 \text{ m}$

Objem bet. směsi  $V=S* h_{s3}=1401,583*0,25=350,4 \text{ m}^3$

##### Výpočet ceny betonu

Beton C25/30 (XC1,  $D_{max}=22 \text{ mm}$ ):

$C_b=2\,801 \text{ Kč včetně DPH/m}^3$  [10]

$V=350,4 \text{ m}^3$

Celková cena:

$P_b=V* C_b= 350,4*2801=981\,471 \text{ Kč}$

VÝZTUŽ B500B - dimenzování je součástí statického výpočtu viz příloha P3 [10]

Tabulka 3 - Výpočet ceny výztuže desky D3

směr	Ø [mm]	Délka [m]	Hmotnost [kg/m]	jednotková cena [Kč/kg]	Cena [Kč]
Dolní výztuž					
x	14	5 332	1,21	27,67	178 519
y	14	5 082	1,21	27,67	170 149
Horní výztuž					
x	8	50	0,395	9,32	185
	12	948	0,888	20,31	17 097
	14	5 248	1,21	27,67	175 707
	16	61	1,58	36,13	3 482
y	8	313	0,395	9,32	1 152
	12	6157	0,888	20,31	111 043
	16	122	1,58	36,13	6 964
Cena výztuže celkem					<b>664 298</b>



### SMYKOVÉ LIŠTY

Viz výpočtový protokol ze softwaru – příloha P4.06

Smykové lišty pro 1 sloup: 8 x JDA-3/12/205-450 (75/150/150/75)

8 x JDA-2/12/205-300 (75/150/75)

Celkový počet smykových lišt:

216 x JDA-3/12/205-450 (75/150/150/75)

$C_{s1} = 16,40 \text{ EUR/KS [11]}$

$P_{s1} = 216 * 16,40 = 3\,542,4 \text{ EUR} = 95\,645 \text{ Kč}$

216 KS JDA-2/12/205-300 (75/150/75)

$C_{s2} = 11,00 \text{ EUR/KS [11]}$

$P_{s2} = 216 * 11,00 = 2\,376 \text{ EUR} = 64\,152 \text{ Kč}$

$P_s = P_{s1} + P_{s2} = 95\,645 + 64\,152 = \underline{159\,797 \text{ Kč}}$

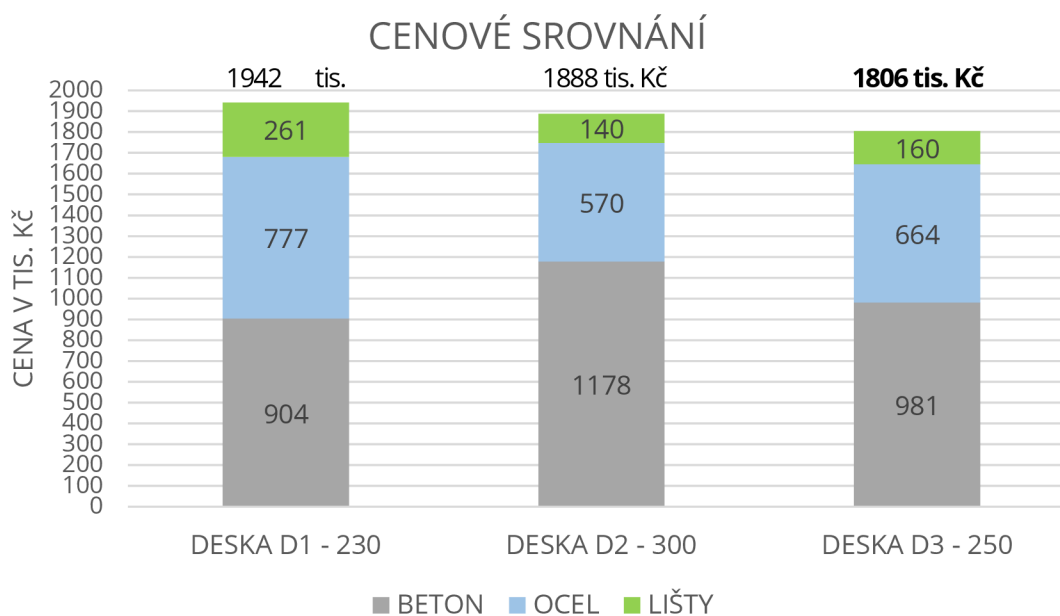
Celková cena desky D3:

$P = P_b + P_v + P_s = 981\,471 + 664\,298 + 159\,797 = \underline{1\,805\,566 \text{ Kč}}$

## 6.4 CENOVÉ POROVNÁNÍ

Tabulka 4 - Cenové porovnání

Cena	Deska D1 (230)	Deska D2 (300)	Deska D3 (250)
Beton	903 698	1 177 751	981 471
Výztuž	777 050	569 943	664 298
Smykové lišty	260 690	139 968	159 797
Cena celkem [Kč]	1 941 438	1 887 662	<b>1 805 566</b>



Na základě porovnání konečných cen desky D1, D2, D3 můžu říct, že nejvýhodněji vychází deska D3, kde dochází k optimalizaci celkového množství výztuže a betonu oproti desce D1 a D2. Tato deska je dále dimenzována a jsou pro ni provedeny výkresy výztuže.

# ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout, nadimenzovat a posoudit lokálně podepřenou monolitickou železobetonovou desku na mezní stav únosnosti a porovnat tři různé varianty desky z cenového hlediska.

Ověření vnitřních sil, získaných pomocí metody konečných prvků, jsem provedla pomocí metody součtových momentů. Při srovnání hodnot z obou metod jsem zjistila, že se hodnoty v polích téměř neliší – rozdíl se pohybuje do 20 %. V podporách vznikají větší rozdíly, které mohou být způsobeny modelováním podpory. Pro dimenzování výztuže desek jsem následně použila návrhové vnitřní síly z programu RFEM.

Součástí práce bylo cenové porovnání 3 různých variant desky, které se lišily tloušťkou konstrukce. Na základě dimenzování jsem pro jednotlivé desky určila množství výztuže, betonu a následně jejich cenu. Tyto hodnoty jsem shrnula v tabulce 4 a v grafu pro viditelnost rozdílů. Po porovnání výsledných cen desek D1, D2, D3 můžu říct, že nejvýhodněji z porovnání vychází deska D3 o tloušťce 250 mm. Oproti zbylým deskám se v této desce mění poměr množství výztuže a množství betonu a dochází teda k optimalizaci celkového množství. Tato deska byla dále podrobně dimenzována a byly provedeny výkresy výztuže u této desky.

Pro vyztužení desky D3 jsem použila pruty  $\emptyset 8$ ,  $\emptyset 12$ ,  $\emptyset 14$ ,  $\emptyset 16$  mm. Jako výztuž proti řetězovému zřícení, která prochází pod sloupy v obou směrech, jsem použila výztuž  $\emptyset 18$  mm. Proti protlačení desky jsem navrhla smykové lišty o délce 300 mm s dvěma trny – JDA-2/12/205-300 (75/150/75) a smykové lišty o délce 450 mm se třemi trny – JDA-3/12/205-450(75/150/150/75). Pro tuto desku jsem provedla výkres tvaru, výkres výztuže při spodním povrchu konstrukce, výkres výztuže při horním povrchu a výkres výztuže proti protlačení.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## ODBORNÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 206-1: *Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*, Praha: ČNI9/2001, Z3 4/08.
- [2] ČSN EN 1990 (ČSN 73 0002). *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ČNI, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-1 (ČSN 73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNI, 2004
- [4] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí – Obecně – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby*, Praha: ČNI 11/2006. Oprava 1 7/2009.
- [5] ČSN 731201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*, Praha: ČNI, 2010.
- [6] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-808-7438-039.
- [7] Šmejkal J., Procházka J., Hanzlová H.: *Navrhování na mezní stav porušení protlačením, Beton TKS 5/2011 str. 66–71*
- [8] Šmejkal J., Procházka J.: *Protlačení z pohledu ČSN EN 1992-1-1 a předpisů pro patentovanou smykovou výztuž, Beton TKS 5/2014 str. 60–67*
- [9] ČSN 731204. *Navrhování betonových deskových konstrukcí působících ve dvou směrech*, Praha: ČNI, 1986.

## WEBOVÉ STRÁNKY

- [10] Dokumenty ke stažení | CEMEX Česká republika. *Beton, lité směsi, kamenivo, cement | CEMEX Česká republika* [online]. Copyright © 2017 CEMEX S.A.B. de C.V. All rights reserved [cit. 16.05.2017]. Dostupné z: <http://www.cemex.cz/dokumenty-ke-stazeni.aspx>
- [11] DAMKO – armovna Semily. *DAMKO – armovna Semily* [online]. Dostupné z: <http://www.armovna.cz/cbeto.html>
- [12] Price List – JORDAHL. *Price list* [online]. Copyright © JORDAHL GmbH [cit. 16.05.2017]. Dostupné z: <http://www.jordahl-group.com/en/265/downloads/price-list/>
- [13] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Ing. Švaříčková Ivana, Ph.D* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

## SOFTWARE

Dlubal RFEM

Archicad 18

JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení

Microsoft Word

Microsoft Excel

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Výpočet ceny výztuže desky D1 .....	13
Tabulka 2 - Výpočet ceny výztuže desky D2 .....	15
Tabulka 3 - Výpočet ceny výztuže desky D3 .....	16
Tabulka 4 - Cenové porovnání.....	18

# SEZNAM ZKRATEK

$a$	Půdorysný rozměr sloupu ve směru $x$
$A$	Zatěžovací plocha
$a'$	Požadovaný rozměr sloupu ve směru $x$
$A_b$	Skutečná plocha sloupu
$A_b'$	Požadovaná plocha sloupu
$A_c$	Plocha průřezu
$A_s$	Navržená plocha výztuže základní sítě
$A_{s, \text{trn}}$	Plocha smykového trnu
$A_{s, \text{req}, \text{hx}(y)}$	Požadovaná plocha výztuže pro příložky
$A_{\text{shx}(y)}$	Navržená plocha výztuže pro příložky
$A_{\text{smax}}$	Maximální plocha výztuže
$A_{\text{smin}}$	Minimální plocha výztuže
$A_{\text{st}, \text{s}, \text{req}}$	Požadovaná plocha výztuže pro základní síť
$A_{\text{sx}}, A_{\text{sy}}$	Průměrná plocha výztuže pro výpočet stupně vyztužení
$A_{\text{sxz}}$	Plocha výztuže proti řetězovému zřícení
$b$	Půdorysný rozměr sloupu ve směru $y$
$b'$	Požadovaný rozměr sloupu ve směru $y$
$c$	Krytí výztuže
$c_1$	Delší strana obdélníka pro výpočet $I_t$
$c_1, c_2$	Rozměry sloupu
$C_b$	Cena 1 m <sup>3</sup> betonové směsi
$C_{\text{min}}$	Min. hodnota krytí s přihlédnutím k soudržnosti a ke stupni vlivu prostředí
$C_{\text{min}, \text{b}}$	Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti
$C_{\text{min}, \text{dur}}$	Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
$C_{\text{nom}}$	Jmenovitá tloušťka betonové krycí vrstvy
$C_s$	Cena 1 KS smykové lišty
$C_{\text{sít}}$	Krytí výztuže základní sítě
$d$	Průměrná účinná výška pro horní výztuž
$d$	Účinná výška průřezu
$d_A$	Průměr smykového trnu
$d_g$	Maximální průměr kameniva
$d_{\text{hnx}}$	Účinná výška průřezu pro návrh horních příložek ve směru $x$
$d_{\text{hsx}}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě horní výztuže ve směru $x$
$d_{\text{hsy}}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě horní výztuže ve směru $y$
$d_{\text{shy}}$	Účinná výška průřezu pro návrh spodních příložek ve směru $y$
$d_{\text{ssx}}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě spodní výztuže ve směru $x$
$d_{\text{ssy}}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě spodní výztuže ve směru $y$
$d_x$	Průměrná účinná výška pro horní výztuž ve směru $x$
$d_y$	Průměrná účinná výška pro horní výztuž ve směru $y$
$E_{\text{cm}}$	Sečnový modul pružnosti betonu
$E_{\text{cs}}$	Modul pružnosti betonu desky
$E_s$	Sečnový modul pružnosti oceli
$f_{\text{bd}}$	Mezní napětí v soudržnosti
$F_{\text{cc}}$	Síla v tlačeném betonu

$f_{cd}$	Návrhová válcová pevnost v tlaku
$f_{ck}$	Charakteristická válcová pevnost v tlaku
$f_{ck,cube}$	Charakteristická krychelná pevnost v tlaku
$f_{cm}$	Průměrná hodnota válcové pevnosti v tlaku
$f_{ctm}$	Průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu
$F_{R,d}$	Únosnost smykového trnu
$F_s$	Síla ve výztuži
$f_{tk}$	Minimální pevnost v tahu oceli
$f_{yd}$	Návrhová mez kluzu oceli
$f_{yk}$	Charakteristická minimální mez kluzu oceli
$G_{cb}$	Modul pružnosti ve smyku okrajového krouceného průřezu
$g_d$	Návrhová hodnota stálého zatížení
$g_k$	Charakteristická hodnota stálého zatížení
$G_{kj}$	Stálé zatížení
$h$	Tloušťka desky
$h_1$	Výška sloupu v 1.NP
$h_2$	Výška sloupu v 2.NP
$h_A$	Délka smykového trnu
$h_s$	Kratší strana obdélníka, ze kterého se skládá průřez pro výpočet $I_t$
$h_{s,lim}$	Vymežující tloušťka desky
$h_{s1}$	Tloušťka desky D1
$h_{s2}$	Tloušťka desky D2
$h_{s3}$	Tloušťka desky D3
$C_{hl}$	Krytí výztuže přílozek
$I_s$	Moment setrvačnosti desky o šířce $b$ rovné součtu polovin rozpětí okraj. krouc. prvku, ležícího kolmo k rovině vyšetřovaných momentů
$I_t$	Moment tuhosti v kroucení okrajového krouceného prvku ležícího kolmo k rovině vyšetřovaných ohybových momentů
$k$	Součinitel zohledňující tloušťku desky
$k_{x,y}$	Poměrné rozdělení pomocí rozpětí
$l_0$	Přesahová délka výztuže
$l_{0,min}$	Minimální přesahová délka výztuže
$L_1$	Rozpětí deskového pole v rovině vyšetřovaných momentů
$L_1$	Rozpětí deskového pole ve směru 1
$L_2$	Rozpětí deskového pole v rovině kolmé k vyšetřovaným momentům
$L_2$	Rozpětí deskového pole ve směru 2
$l_{b,min}$	Minimální kotevní délka
$l_{b,rd}$	Návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	Základní kotevní délka
$L_{kx}$	Osová vzdálenost vyložení konzoly ve směru $x$
$L_{ky}$	Osová vzdálenost vyložení konzoly ve směru $y$
$l_{mx}$	Šířka mezisloupového pruhu ve směru $x$
$l_{my}$	Šířka mezisloupového pruhu ve směru $y$
$L_{n,delší}$	Delší ze světlého rozpětí pole
$L_{n,kratší}$	Kratší ze světlého rozpětí pole
$L_{n,max}$	Větší ze světlého rozpětí pole

$L_{nx}$	Světlá vzdálenost sloupů ve směru x
$L_{ny}$	Světlá vzdálenost sloupů ve směru y
$l_s$	Oblast vyztužená smykovými trny
$l_s$	Šířka sloupového pruhu
$l_{smin}$	Minimální délka smykové lišty
$l_{ss}$	Skutečná navržená délka smykové lišty
$L_x$	Osová vzdálenost sloupů ve směru x
$L_y$	Osová vzdálenost sloupů ve směru y
$m_c$	Počet prvků (řad) v oblasti C
$M_{Ed}$	Celková hodnota ohybového momentu v posuzovaném průřezu
$M_{Ed,hh,x}$	Hodnota ohybového momentu, kterou je nutné přenést příložkami
$M_{Ed,hx(y)}$	Návrhová hodnota ohybového momentu pro horní síť ve směru x (y)
$M_{Ed,sx(y)}$	Návrhová hodnota ohybového momentu pro spodní síť ve směru x (y)
$M_{kdx}$	Celkový kladný moment v krajním poli
$M_{kthx}$	Celkový záporný moment v krajním poli
$M_{kthx1}$	Celkový moment na vnitřním líci krajního sloupu
MKP	Metoda konečných prvků
$M_{rd,hx(y)}$	Momentová únosnost základní sítě horní výztuže
$M_{rd,sx(y)}$	Momentová únosnost základní sítě spodní výztuže
$M_{rd,hhx}$	Momentová únosnost horních příložek ve směru x
$M_{rd,shy}$	Momentová únosnost spodních příložek ve směru y
MSM	Metoda součtových momentů
$M_{vdx}$	Celkový kladný moment ve vnitřním poli
$M_{vdy}$	Celkový kladný moment ve vnitřním poli
$M_{vthx}$	Celkový záporný moment ve vnitřním poli
$M_{vthy}$	Celkový záporný moment ve vnitřním poli
$M_{x,k}$	Moment na konzole ve směru x
$m_{x,k}$	Ohybový moment na konzole
$M_{x,tot}$	Celkový součtový moment ve směru x
$M_{y,tot}$	Celkový součtový moment ve směru y
$n_c$	Počet trnů v prvku v oblasti C
$N_{Ed}$	Návrhová hodnota zatížení působícího na sloup
$N_{Ed,g}$	Hodnota stálého zatížení působícího na sloup
$N_{Ed,q}$	Hodnota proměnného zatížení působícího na sloup
$N_{Rd}$	Únosnost průřezu
$\emptyset$	Průměr výztuže
P	Zatížení od předpětí
$P_1$	Celková cena desky D1
$P_2$	Celková cena desky D2
$P_3$	Celková cena desky D3
$P_b$	Celková cena betonu
$P_s$	Celková cena smykových lišt
$P_v$	Celková cena výztuže v desce
$q_{dH}$	Návrhová hodnota proměnného zatížení pro kategorii ploch H
$q_d$	Návrhová hodnota proměnného zatížení
$q_{d,B}$	Návrhová hodnota proměnného zatížení pro kategorii ploch B



$q_k$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení
$q_{k,B}$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení pro kategorii ploch B
$q_{k,H}$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení pro kategorii ploch H
$Q_{k,1}$	Ostatní proměnná zatížení
$Q_{k,1}$	Rozhodující proměnné zatížení
$Q_{ki}$	Ostatní proměnná zatížení
$r_{out}$	Poloměr posledního kontrolovaného obvodu
$S$	Celková plocha desky
$s$	Minimální vzdálenost podélné výztuže
$S_{max,slabs}$	Maximální vzdálenost podélné výztuže
$S_o$	Plocha otvoru
$S_p$	Půdorysná plocha desky
$S_{tD}$	Rozteč trnů v tangenciálním směru v oblasti D
$S_u$	Vzdálenost poslední řady trnů od vnějšího kontrolovaného obvodu
$S_w$	Vzdálenost trnu od sloupu
$S_{w,C,D}$	Rozteče trnů v radiálním směru
$S_{wa}$	Rozteč trnů v tangenciálním směru ve vzdálenosti $d$ od líce sloupu
$S_x$	Vzdálenost podélné výztuže ve směru $x$
$S_{xhl}$	Vzdálenost podélné výztuže pro příložky ve směru $x$
$S_{xsit}$	Vzdálenost podélné výztuže pro základní síť ve směru $x$
$S_y$	Vzdálenost podélné výztuže ve směru $y$
$t_s$	Tloušťka stěny
$u_0$	Délka kontrolního obvodu těsně kolem sloupu
$u_1$	Délka 1. kontrolního obvodu
$u_{out}$	Poslední kontrolovaný obvod
$V$	Objem betonové směsi
$V_{Ed}$	Působící zatížení způsobující protlačení
$V_{Rd,sy}$	Únosnost v protlačení se smykovými lištami
$V_{Rdbz}$	Únosnost průřezu proti řetězovému zřícení
$V_x$	Posouvající síla přerozdělená podle rozpětí
$V_y$	Posouvající síla přerozdělená podle rozpětí
$x$	Výška tlačené oblasti betonu
$Z_x(y)$	Rameno sil výztuže ve směru $x$ ( $y$ )
$Z_{xh}$	Rameno sil pro příložky ve směru $x$ ( $y$ )
$\alpha_1$	Součinitel vyjadř. vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy
$\alpha_1$	Součinitel spolupůsobení ztužujících trámů s deskou
$\alpha_2$	Součinitel spolupůsobení ztužujících trámů s deskou
$\alpha_2$	Součinitel vyjadřující vliv minimální betonové krycí vrstvy
$\alpha_3$	Součinitel vyjadřující vliv ovinutí příčnou výztuží
$\alpha_4$	Součinitel vyjadřující vliv jednoho nebo více příčně přivařených prutů v návrhové kotevní délce $l_{bd}$
$\alpha_5$	Součinitel vyjadřující vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v návrhové kotevní délce
$\alpha_6$	Součinitel pro výpočet stykovací délky
$\alpha_{cc}$	Součinitel uvažující dlouhodobé podmínky

$\alpha_c$	Poměr ohyb. prut. tuhostí lokálních podpor. prvků nad a pod deskou k součtu ohyb. prut. tuhostí desek a ztužujících trámů, ležících ve směru rozpětí, pro které vyšetřujeme ohybové momenty, připojených ke styčníku
$\alpha_m$	Průměrný součinitel ztužení ze všech stran
$\beta$	Součinitel vyjadřující vliv excentricity působící síly vůči těžišti styčné plochy
$\beta_t$	Součinitel kroucení
$\gamma_c$	Součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
$\gamma_{G,j}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení
$\gamma_P$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro zatížení od předpětí
$\gamma_{Q,1}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro rozhodující proměnné zatížení
$\gamma_{Q,i}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro doprovodná proměnná zatížení
$\gamma_s$	Součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel
$\Delta C_{dev}$	Přídavek na návrhovou odchylku
$\Delta C_{dur,add}$	Redukce minimální krycí vrstvy při použití dodatečné ochrany
$\Delta C_{dur,st}$	Redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
$\Delta C_{dur,\gamma}$	Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti
$\varepsilon$	poměr delšího ke kratšímu světlému rozpětí deskového pole
$\varepsilon_{c3}$	Mezní poměrné stlačení betonu pro bilineární pracovní diagram
$\varepsilon_{cu3}$	Mezní poměrné stlačení betonu pro bilineární pracovní diagram
$\varepsilon_{yd}$	Přetvoření výztuže
$\eta$	Faktor účinné výšky pro výpočet protlačení
$\eta_1$	Součinitel zohledňující kvalitu podmínek soudržn. a polohu prutu během betonáže
$\eta_2$	Součinitel zohledňující průměr prutu
$\theta$	Úhel smykové plochy
$k$	Poměr součtu délek stran obdélník. desk. pole, ve kterých je deska spojitá, k celkovému obvodu pole
$\lambda$	Redukční součinitel pro beton
$V_{Ed0}$	Maximální smykové napětí těsně kolem sloupu
$V_{Ed1}$	Maximální smykové napětí
$V_{min}$	Minimální odolnost v protlačení
$V_{Rd,c}$	Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky bez smykové výztuže na protlačení v uvažovaném kontrolovaném průřezu
$V_{Rd,max}$	Návrh. hodnota max. únosnosti ve smyku při protlačení v uvažovaném kontrolním průřezu
$\xi_j$	Redukční součinitel
$\rho_{ixy}$	Průměrná hodnota stupně vyztužení
$\Sigma(K_s+K_b)$	Součet ohyb. tuhostí desek o šířce b a případných ztuž. trámů s účinným průřezem, které jsou tuze spojeny se sloupy ve směru vyšetř. momentů
$\Sigma K_c$	Součet prutových ohyb. tuhostí lokálních podporujících prvků nad i pod deskou
$\sigma_{sd}$	Návrhové namáhání prutu v místě, odkud se uvažuje kotvení
$\Psi_{0,i}$	Součinitel pro kombinační hodnotu
$\omega$	Předpokládaný stupeň vyztužení sloupu
$\omega$	Hodnota, která udává poměrné části celkových kladných a záporných výpočtových momentů připadajících na sloupový pruh

# SEZNAM PŘÍLOH

P1 – Použité podklady	-
P2 – Výkresová dokumentace	P2.01 Výkres tvaru
	P2.02 Výkres výztuže – spodní povrch
	P2.03 Výkres výztuže – horní povrch
	P2.04 Výkres výztuže proti protlačení
P3 – Statický výpočet	
P4 – Přílohy ke statickému výpočtu	P4.01 Zatěžovací stavy, kombinace, průběhy
	P4.02 Průběh vnitřních sil pro porovnání výsledků výpočetních metod
	P4.03 Vnitřní síly pro dimenzování
	P4.04 Protlačení D1 – výstupní protokol
	P4.05 Protlačení D2 – výstupní protokol
	P4.06 Protlačení D3 – výstupní protokol
	P4.07 Vnitřní síly pro dimenzování výztuže proti protlačení– deska D3