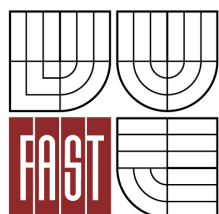




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# NÁVRH KONSTRUKCE PRO FOTBALOVÉ HŘIŠTĚ

DESIGN OF STRUCTURE FOR FOOTBALL PITCH

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. TOMÁŠ POPOVIČ

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Tomáš Popovič
<b>Název</b>	Návrh konstrukce pro fotbalové hřiště
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

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

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

## **Podklady a literatura**

1. Stavební podklady (půdorysy, řezy, pohledy).
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN.
3. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce nádrže a zásobníky, Akademické nakladatelství Cerm, 2010.
4. Zich M., kol., Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Nakl. Verlag Daschofer, Praha 2011.
5. L. Grenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986.
6. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.

## **Zásady pro vypracování**

Vypracovat stavební a konstrukční návrh nosné konstrukce z předpjatého betonu pro fotbalový trávník dle předaných rozměrových, materiálových a zatěžovacích parametrů. Provést návrh nosných prvků. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže).

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

## **Struktura bakalářské/diplomové 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).
- 3.

.....

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

**Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá vypracováním statického posudku konstrukce pro fotbalové hřiště. Jedná se o křížem předepnutou železobetonovou výsuvnou desku proměnného průřezu. Posouzení prvků bylo provedeno podle mezních stavů. Vnitřní síly od účinků zatížení byly vypočteny pomocí SW Scia Engineer 2015.1. Prvky byly posouzeny softwarem Idea StatiCa 6. Výstupem statického výpočtu jsou výkresy tvaru a výztuže.

**Klíčová slova**

Železobeton, předpjatý beton, betonářská ocel, předpínací výztuž, předpínací tyče, deska, mezní stav únosnosti a použitelnosti

**Abstract**

This diploma thesis deals with the static review of structure for a football pitch. It is crosswise prestressed reinforced sliding plate with variable cross section. Assessment of the elements was done according to limit states. Internal forces from the load effects were calculated using the SW SciaEngineer 2015.1. The elements were assessed by SW Idea StatiCa 6. The main outputs of this static calculation are drawings of the shape and drawings of the reinforcement.

**Keywords**

Reinforced concrete, prestressed concrete, reinforcing steel, prestressing steel, prestressing bars, slab, ultimate and serviceability limit state

...

### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Tomáš Popovič *Návrh konstrukce pro fotbalové hřiště*. Brno, 2016. 22 s., 252 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a  
zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 12.1.2016

.....  
podpis autora  
Bc. Tomáš Popovič

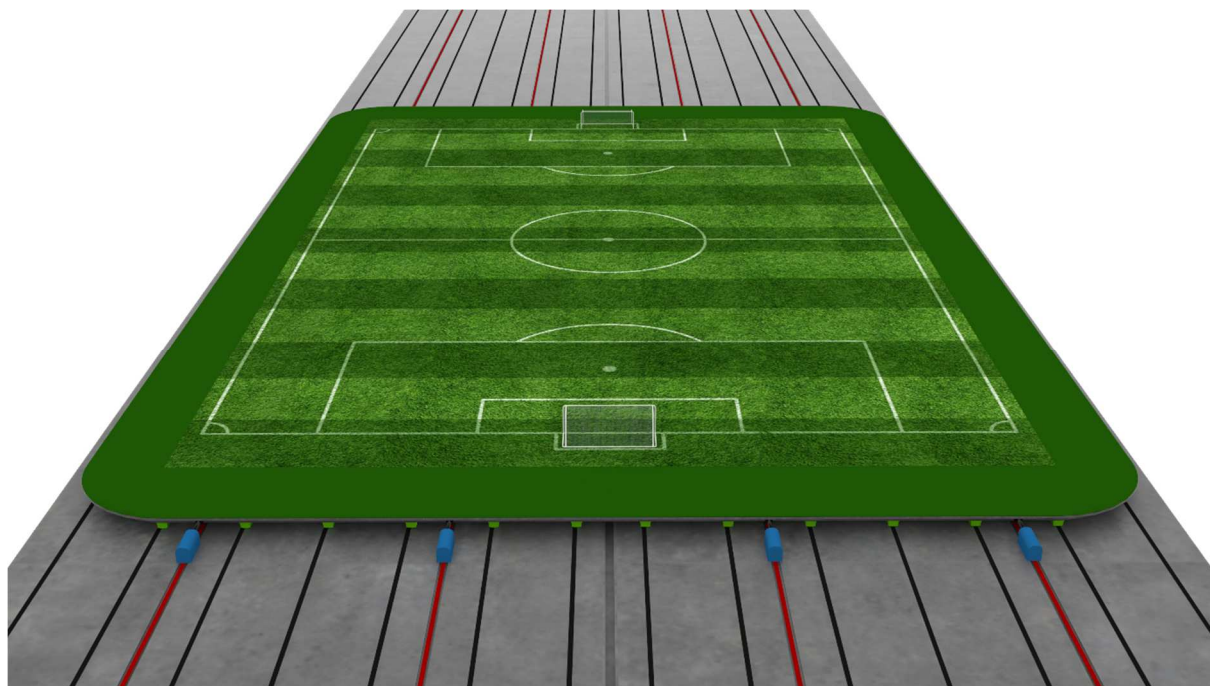
## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu doc. Miloši Zichovi za jeho trpělivost a ochotu vždy poradit s danou problematikou, ale i za množství poskytnutých odborných rad a informací. Velký dík patří zároveň mojí rodině, blízkým a přátelům za podporu při studiu.

## Obsah

1.	Úvod .....	- 9 -
2.	Varianty řešení .....	- 11 -
3.	Identifikační údaje stavby .....	- 11 -
4.	Rozměry konstrukce .....	- 11 -
5.	Zdůvodnění stavby .....	- 11 -
6.	Umístění stavby .....	- 12 -
7.	Charakteristika území .....	- 13 -
8.	Geologické poměry .....	- 13 -
9.	Orientační rozměry jednotlivých prvků konstrukce .....	- 13 -
10.	Zatížení .....	- 14 -
11.	Kombinace zatížení .....	- 14 -
12.	Základové poměry .....	- 15 -
13.	Materiály .....	- 15 -
14.	Výpočtový model .....	- 15 -
15.	Výstavba konstrukce .....	- 16 -
16.	Přehled spotřeb materiálů a ostatní informace .....	- 17 -
17.	Závěr .....	- 17 -
18.	Seznam použitých zdrojů .....	- 18 -
19.	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	- 19 -
20.	Seznam příloh .....	- 22 -





## 1. Úvod

Zadání diplomové práce je vypracování statického posudku konstrukce pro fotbalové hřiště. Jedná se o dodatečně křížem předepnutou železobetonovou výsuvnou desku, proměnného průřezu, která vynáší skladbu trávníku, technologie (např. vyhřívání, zavlažování atp.) a zatížení proměnné (dav lidí). Dále je uvažováno s poklesem podpor, který může vzniknout nerovnoměrným poklesem základové konstrukce. Její funkce spočívá v možnosti vysunutí hrací plochy mimo hlavní prostory fotbalového stadionu a tím rozšířit jeho funkčnost.

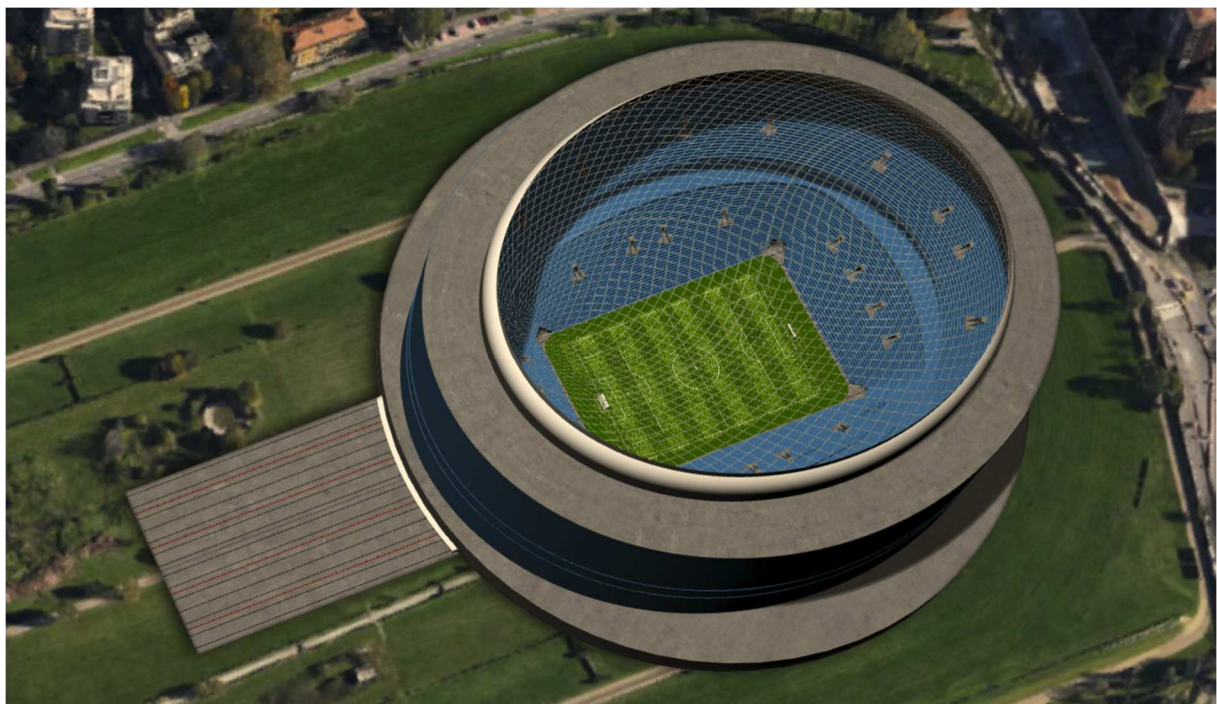
Podobné konstrukce jsou například v Nizozemském Arnhemu, kde byla v roce 1998 otevřena Gelredome aréna s výsuvným trávníkem. Trávník je mimo fotbalová utkání vysunut vně konstrukci stadionu na jižní stranu, kde lépe regeneruje. Volný prostor uvnitř arény tak sloužil například koncertním či operním vystoupením a tak se stalo ze stadionu multifunkční zařízení. Další konstrukce Veltins-Arena kterou najdeme v německém Gelsenkirchenu má taktéž multifunkční využití, byl zde pořádán světový pohár v biatlonu nebo dokonce zápas mistrovství světa v ledním hokeji.

Rozměry a tvar konstrukce byly převzaty z podkladů vedoucího diplomové práce (viz. P1-Použité podklady). Plocha fotbalového hřiště bude vodorovná. Skladba trávníku navržena tak, aby nedocházelo k hromadění vody na povrchu a docházelo tak k přirozenému průsaku vody. Pro odvod přebytečné nevázané vody je navržen drenážní systém zhotovený jak na samotné konstrukci, tak i v základové konstrukci. Na konstrukci je drenážní systém tvořen

spádovým extrudovaným polystyrenem, na které je vrstva povlakové HI. Voda je odváděna pomocí vpustí DN 150mm do kanalizace v podzákladí. Horní povrch desky je vodorovný, v příčném směru je deska s náběhy. V podélném směru jsou zhotovena žebra, ke kterým jsou připojeny pomocí sřahovacích trnů stoličky, které slouží jako lokální podpory. Na spodním líci stoličky je osazena profilovaná deska z leštěné nerezavějící oceli, která při výsuvu klouže po teflonových deskách, osazených v rektifikovatelných nosných profilech. Nízký koeficient tření mezi nerezavějící ocelí a teflonovými deskami zajistí minimální třecí síly při výsuvu a zásunu konstrukce.

Deska je navržena jako plně předepnutá v obou směrech. Podélné předpětí zajistí dostatečnou tlakovou rezervu při výsuvu konstrukce.

Pro výsuv a zásun konstrukce budou sloužit 4 kusy tlačně tažných zařízení, které budou pomocí předpínacích tyčí uchyceny do koncového příčnicku, který zajistí co nejrovnoměrnější roznos sil do jednotlivých žebíř. Pro zabránění přičení konstrukce při výsuvu a zásunu je konstrukce opatřena 6 kusy vodících kol, které jsou propojeny vždy s šesticí stoliček ocelovým rámem ke středovému žebířu.





## 2. Varianty řešení

Bylo vybíráno ze dvou variant a to Varianta 1 – Předepnutá železobetonová deska, Varianta 2 – Ocelový rošt s ortotropní deskou. Po dohodě s vedoucím diplomové práce se dále budeme zabývat pouze s Variantou 1 – Předepnutá železobetonová deska. Technický popis obou Variant a přibližná spotřeba materiálu viz. P1 použité podklady.

## 3. Identifikační údaje stavby

Projektant:	Bc. Tomáš Popovič
Stavba :	Nový stadion v Petrohradu
Země:	Rusko
Federální okruh:	Severozápadní
Federální město:	Saint Petersburg, Rusko
Část:	Krestovsky Island
Investor:	město Petrohrad, GAZPROM
Správce:	město Petrohrad

## 4. Rozměry konstrukce

Půdorysné rozměry konstrukce jsou 120x80m. V rozích je obrys konstrukce zaoblen kružnicovým obloukem o poloměru  $r=8m$ . Rozměry jsou zvoleny tak, aby se na půdorysnou plochu konstrukce vešlo hřiště Evropského standardu 108x68m. Výška spodního líce od úrovně pojízdné plochy je 500mm a maximální výška na obvodovém žeburu je 1500mm. Hloubka prostoru pro osazení konstrukce trávníku je 580mm.

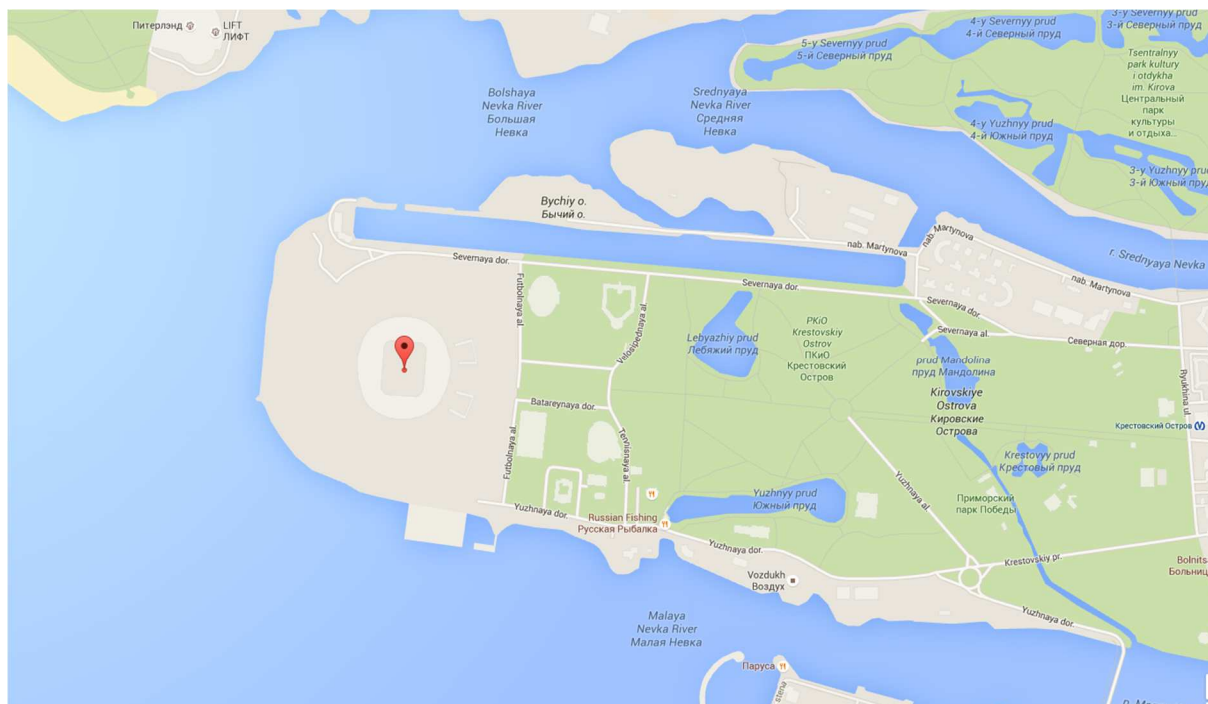
## 5. Zdůvodnění stavby

Stadion bude vybudován jako domovský stadion fotbalového týmu Zenit Petrohrad a bude v roce 2018 hostovat FIFA World cup. Dále bude se svojí kapacitou téměř 80 000 míst sloužit pro koncerty a ostatní sportovní události.



## 6. Umístění stavby

Stavba se nachází na ostrově Krestovskyy v západní části Petrohradu ve východním cípu Finského zálivu.



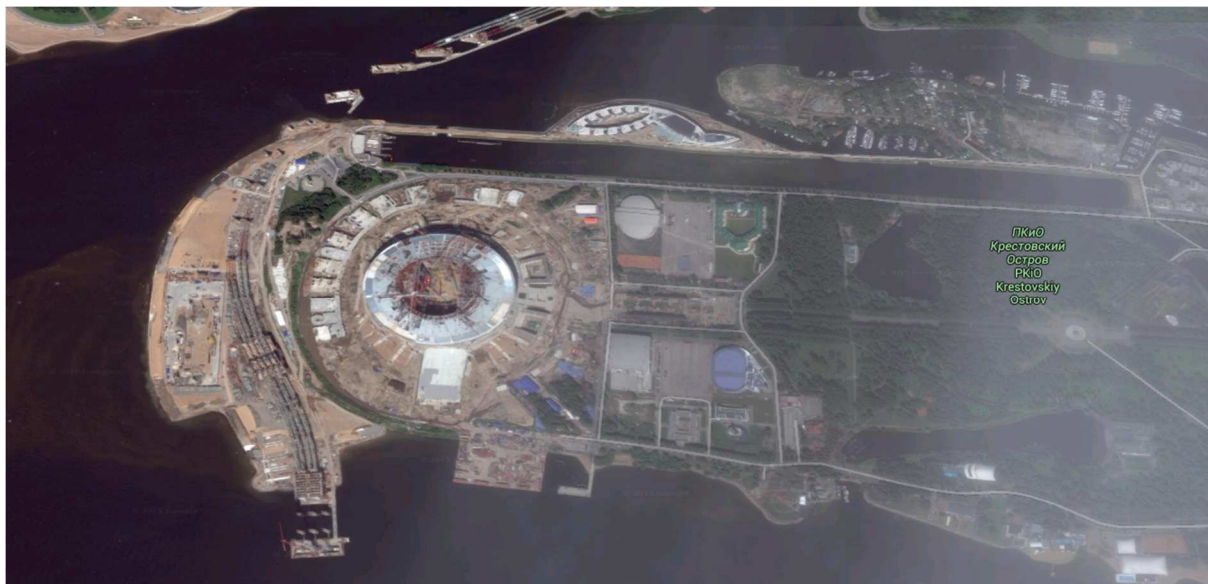
Obrázek 1: Umístění stavby (zdroj: <https://www.google.cz/maps/>)



Obrázek 2: Umístění stavby - širší vztahy (zdroj: <https://www.google.cz/maps/>)

## 7. Charakteristika území

Celé město Petrohrad se nachází v nadmořské výšce 3m n. m. Ostrov obepíná Finský záliv. Jedná se o rovinné území.



Obrázek 3: Letecký pohled na ostrov a staveniště (zdroj: <https://www.google.cz/maps/>)

## 8. Geologické poměry

Stavba se nachází v prachovitých píscích a jílech. Další informace o geologických poměrech budou specifikovány inženýrskogeologickým průzkumem staveniště.

## 9. Orientační rozměry jednotlivých prvků konstrukce

Deska

Pro desky působícím v jednom směru – spojitě se navrhuje tloušťka průřezu zpravidla jako L/35 nebo L/30. Osově podepření spojitě desky je po 6000mm.

$$h = 6000/35 - 6000/30 \Rightarrow 171,4 - 200 \text{ mm}$$

S vlivem na přihlédnutí nutnosti trasování předpínací výztuže volíme vyšší hodnotu tzn. **h=220mm**

V příčném směru je deska s náběhy viz. výkres tvaru.

Žebra

Z důvodu krycích vrstev, křížení předpínacích lan a osazení spřahovacích trnů je výška žebra 420mm. Podrobnější rozměry a osově vzdálenosti jednotlivých prvků budou uvedeny ve výkresu tvaru konstrukce.

### Okrajová žebra

Okrajová žebra jsou navržena vysoká 1000mm z důvodu osazení jednotlivých vrstev skladby trávníku. Konzola je provedena s náběhem. Přesné rozměry viz výkres tvarů.

### Středové žebro

Podélné středové žebro je navrženo jako deska tloušťky 420mm navazující na koncové příčnický. Na tuto desku je osazeno přes stoličky 6 ks vodících kol, které zabraňují příčnické konstrukce při pojezdu.

## 10. Zatížení

Zatížení konstrukce bylo uvažováno jako stálé a proměnné. Mezi stálá zatížení patří zatížení vlastní tíhou, které bylo automaticky generováno výpočtovým softwarem Scia Engineer, dále zatížení skladbou trávníku, které bylo uvažováno charakteristickou hodnotou  $7,5\text{kN/m}^2$ . Mezi proměnné zatížení patří zatížení davem lidí, které bylo uvažováno dle ČSN EN 1991-1 uvažováno hodnotou  $q_k=5,0\text{kN/m}^2$  (Kategorie C5). Zatížení davem lidí ve 4 variantách a to vždy jako působení na jednu polovinu konstrukce v podélném i příčném směru. Další proměnné zatížení je pokles podpor, který byl reprezentován vynuceným poklesem podpory v softwaru Scia Engineer. Hodnoty poklesu nabývaly hodnot 0 – 2,5mm a byly modelovány v 8 různých možnostech.

Při řešení finálního stavu konstrukce bylo uvažováno s výše zmíněnými zatěžovacími stavy, avšak při řešení výsuvu konstrukce bylo uvažováno pouze s vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením, poklesem podpor a navíc přibyl zatěžovací stav výsuv, který zastupoval podélné třecí síly působící na konstrukci při výsuvu. Hodnoty byly zjištěny jako výslednice jednotlivých podélných podporových pruhů přenásobených součinitelem tření.

## 11. Kombinace zatížení

Typ kombinace zatížení byl pro mezní stav únosnosti proveden jako EN MSÚ (STR/GEO) Soubor B (podle NA ČSN EN 1990). Hodnoty součinitelů  $\psi$  pro kombinace byly uvažovány pro zatížení davem lidí normovými hodnotami, pro pokles podpor bylo na doporučení vedoucího DP uvažováno bezpečnou hodnotu  $\psi_i=1,0$ .

Pro mezní stavy použitelnosti byly použity kombinace 6.14b pro charakteristickou kombinaci, 6.15b pro častou kombinaci a 6.16b pro kombinaci kvazistálou. (dle ČSN EN 1990). Hodnoty součinitelů  $\psi$  pro kombinace byly uvažovány pro zatížení davem lidí

normovými hodnotami, pro pokles podpor bylo na doporučení vedoucího DP uvažováno bezpečnou hodnotu  $\psi_i = 1,0$ .

## 12. Základové poměry

Hlavním předpokladem pro bezpečný návrh konstrukce je dodržení předepsaných poklesů podpor. V okolí budované konstrukce bude proto proveden rozsáhlý inženýrskogeologický průzkum pro zjištění základových poměrů. Z důvodu minimálních předepsaných poklesů základové konstrukce a velkých půdorysných rozměrů musí být síť jednotlivých průzkumných vrtů navržena tak, aby byl zjištěn co nejkomplexnější obraz o geotechnických poměrech pro návrh základové konstrukce. Řešení základových konstrukcí není předmětem diplomové práce.

## 13. Materiály

Beton C40/50 ,třídy prostředí XC4-střídavě suché a mokré, XF3 značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků. Charakteristická válcová pevnost  $f_{ck}=40\text{MPa}$ , návrhová hodnota  $f_{cd} = 26,67\text{MPa}$ , modul pružnosti  $E_{cm}=35\text{GPa}$

Betonářská výztuž B500B, charakteristická pevnost  $f_{yk}=500\text{MPa}$ , návrhová  $f_{yd}=434,78\text{MPa}$ , modul pružnosti  $E_S=200\text{GPa}$

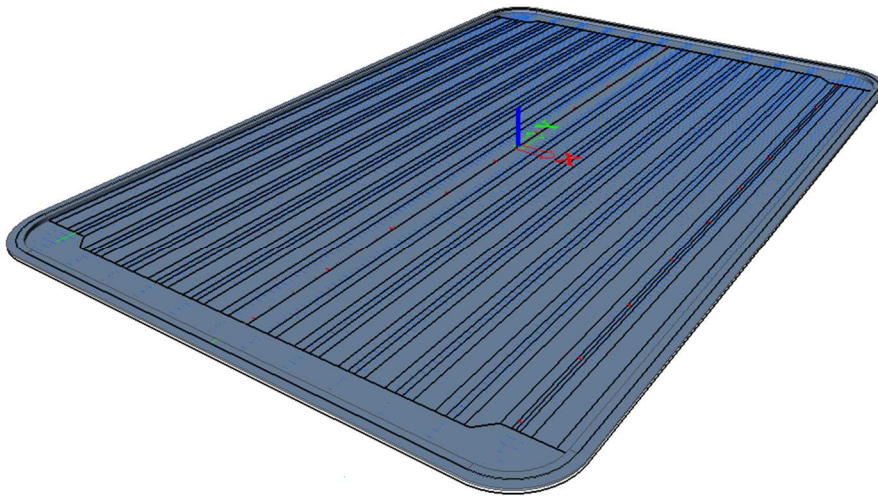
Předpínací výztuž Y1860S7-15,3-A sedmidrátová stabilizovaná lana, pevnost v tahu  $1860\text{MPa}$ , průřezová plocha jednoho lana  $140\text{mm}^2$ , modul pružnosti  $E_p= 195\text{GPa}$ .

Předpínací tyče SAS1050 40WR, jmenovitá pevnost  $1050\text{MPa}$ , modul pružnosti  $E = 205\text{GPa}$ .

## 14. Výpočtový model

Pro zjištění vnitřních sil byl použit SW Scia Engineer 2015.1 pracující na metodě MKP. Konstrukce v něm byla modelována jako deskostěnový model snažící se co nejvěrněji vystihnout skutečný tvar konstrukce.





Výpočtový model byl zatížen jednotlivými zatěžovacími stavy. Byly provedeny normové kombinace pro zjištění maximálních účinků zatížení. Vnitřní síly byly z modelu zjišťovány pomocí jednotlivých fiktivních žebek 1x1 mm s vypočtenou efektivní šířkou. Po vyhledání jednotlivých normových extrémů byly nalezeny dílčí kombinační součinitele a ty byly ručně zadány do SW pro zjištění odpovídajících vnitřních sil. Od výběrových zatížení davem lidí a poklesem podpor vznikaly obálky vnitřních sil, které byly při prezentaci výsledků pomocí normových kombinačních hodnot nejasné.

Zjištěné potřebné vnitřní síly byly zadávány do výpočtového programu Idea StatiCa kde byly jednotlivé prvky posuzovány jak na mezní stav únosnosti, tak na mezní stav použitelnosti. Prvky působící v příčném směru byly posuzovány v čase předpínání ( $t=5$ dní) a v podélném směru v čase ( $t=150$ dní - čas vnesení ostatního stálého zatížení a podélného předepnutí). V čase  $t=5$  dní bylo uvažováno s redukovanou pevností betonu v tlaku podle (ČSN EN 1992-1-1).

## 15. Výstavba konstrukce

Výstavba konstrukce bude probíhat vně konstrukce stadionu na betonářském stanovišti opatřeném montážními jámami pro montáž a demontáž bednění. Předpoklad je, že je již hotová spodní stavba konstrukce a teflonové pásy jsou rektifikovány na projektovanou vodorovnou polohu s maximálními dovolenými tolerancemi. Betonáž bude prováděna postupně po 7 fázích. Každá z fází bude příčně předepnuta v čase ( $t=5$ dní) a po předepnutí vysunuta o délku další fáze. Po dokončení všech těchto fází se konstrukce podélně předepne, vyhotoví se skladba trávníku a osadí se tlačně-tažné mechanismy pro výsuv konstrukce. Detailně je postup výstavby popsán v příloze P3.



## 16. Přehled spotřeb materiálů a ostatní informace

### Nosná konstrukce:

BETON C40/50	XC4,XF3 ; S2	2872 m <sup>3</sup>
VÝZTUŽ BETONÁŘSKÁ B500B		cca 519000 kg
VÝZTUŽ PŘEDPÍNACÍ Y1860 S7 – 15,3 - A		89930 kg
VÝZTUŽ PŘEDPÍNACÍ Y1050		3630 kg

### Příslušenství:

IZOLACE	9600 m <sup>2</sup>
KLUZNÉ STOLIČKY	838ks
VPUSTI DN150	48ks
VODÍCÍ MECHANISMY	6ks

### Hmotnosti:

NOSNÁ KCE	7180t
SOUVRSTVÍ TRÁVNÍKU	6155t
HMOTNOST CELKOVÁ	13335t

### Předpoklady:

MAXIMÁLNÍ SOUČINTEL TŘENÍ	$\mu=0,05$
NEROVINNATOST KLUZNÝCH PLOCH	max $\pm 1,25\text{mm}/6\text{m}$
MIN. TLAČNĚ TAŽNÁ SÍLA	3500kN
KRYTÍ	$c_{\text{nom}}=30\text{mm}$

## 17. Závěr

V rámci diplomové práce byl zpracován statický výpočet křížem předepnuté železobetonové výsuvné desky konstrukce pro fotbalové hřiště. Hlavním cílem bylo využití nabytých znalostí při studiu a jejich aplikace do inženýrské praxe, čehož bylo dosaženo zpracováním této konstrukce a jejího řešení za velké pomoci vedoucího diplomové práce. Diplomová práce pro mě byla bezesporu velkým přínosem pro mé budoucí povolání.



## 18. Seznam použitých zdrojů

### PODKLADY:

Viz příloha P1

### PUBLIKACE:

[1] MAJDÚCH, Dušan. *Betonové konstrukce II.* 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1984, 358 s.

[2] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2.* 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 330 s. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-03-9.

[3] ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky.* Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 161 s. ISBN 978-80-7204-693-5.

[4] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce.* Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.

[5] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů.* Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

### NORMY:

[6] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.* Praha: ČNI, 2004.

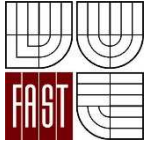
[7] ČSN EN 1992-1-1 ED. 2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: ÚNMZ, 2011.

[8] ČSN EN 1993-1-1 ED.2. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: ÚNMZ, 2011.

[9] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.* Praha: ÚNMZ, 2011.

### SOFTWARE:

[10] Scia Engineer 2015.1



- [11] Autocad 2016
- [12] Idea StatiCa 6
- [13] Microsoft Word 2013
- [14] Microsoft Excel 2013
- [15] Rhinoceros 5

## INTERNET:

- [16] <https://www.google.cz/maps/>
- [17] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Fotbalov%C3%A1\\_plocha.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Fotbalov%C3%A1_plocha.svg)
- [18] <http://www.topwet.cz/Public/Files/Link/cz-prutoky-vpusti-topwet-s-prepoctem-na-m2.pdf>
- [19] <http://tass.ru/infographics/8187>
- [20] <http://www.fatrafol.cz/cz/izolacni-folie/zemni-hydroizolacni-system-folie/>
- [21] <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>
- [22] <http://www.freyssinet.cz>
- [23] <http://www.freyssibar.com>
- [24] <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL01/Tabulky.pdf>
- [24] <http://www.torgy.no>

## 19. Seznam použitých zkratek a symbolů

Seznam symbolů není úplný, většina značek a symbolů jsou vysvětleny přímo ve výpočtu

$A_c$	průřezová plocha betonu
$A_s$	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_p$	průřezová plocha předpínací výztuže



$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{sw}$	průřezová plocha smykové výztuže
$E_{cm}$	sečnový modul pružnosti betonu
$E_{c,eff}$	efektivní modul pružnosti betonu
$E_s$	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
$E_p$	návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli
EQU	statická rovnováha
$M_{Ed}$	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
$N_{Ed}$	návrhová hodnota působícího normálové síly
P	předpínací síla
SLS	mezní stavy použitelnosti
ULS	mezní stavy únosnosti
$V_{Ed}$	návrhová hodnota posouvající síly
$b_w$	šířka stojiny průřezu T
d	účinná výška průřezu
$d_g$	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
$f_c$	pevnost betonu v tlaku
$f_{cd}$	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ck}$	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
$f_{cm}$	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_{ctk}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{ctm}$	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_p$	pevnost předpínací oceli v tahu
$f_{pk}$	charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu
$f_{p0,1}$	smluvní mez kluzu 0,1% předpínací oceli

$f_{p0,1,k}$	charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% předpínací oceli
$f_y$	mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yd}$	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yk}$	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
$f_{ywd}$	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
$h$	výška
$i$	poloměr setrvačnosti
$t$	uvažovaný časový okamžik
$t_0$	stáří betonu v okamžiku zatížení
$u$	obvod betonového průřezu o ploše $A_c$
$x$	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačeného okraje
$z$	rameno vnitřních sil
$\gamma_c$	dílčí součinitel betonu
$\gamma_G$	dílčí součinitel stálého zatížení $G$
$\gamma_M$	dílčí součinitel vlastností materiálu, zahrnující nejistoty vlastností materiálu, geometrických odchylek a použitého výpočetního modelu
$\gamma_p$	dílčí součinitel zatížení od předpětí $P$
$\gamma_Q$	dílčí součinitel proměnného zatížení $Q$
$\gamma_s$	dílčí součinitel betonářské nebo předpínací oceli
$\zeta$	redukční součinitel; rozdělovací součinitel
$\varepsilon_c$	poměrné stlačení betonu
$\varepsilon_{cu}$	mezní poměrné stlačení betonu
$\theta$	úhel
$\mu$	součinitel tření předpínací vložky o stěny kanálků
$\nu$	Poissonův součinitel
$\rho$	objemová hmotnost vysušeného betonu



$\rho_l$	stupeň vyztužení podélnou výztuží
$\rho_w$	stupeň vyztužení smykovou výztuží
$\rho_{1000}$	hodnota ztráty relaxací (v %) 1000 hodin po napnutí při průměrné teplotě 20°C
$\sigma_c$	tlakové napětí v betonu
$\sigma_{cp}$	tlakové napětí v betonu vyvozené osovým zatížením nebo předpětím
$\Phi$	průměr prutu betonářské výztuže
$\varphi(\infty, t_0)$	konečná hodnota součinitele dotvarování
$\Psi$	součinitele, kterými se definují reprezentativní hodnoty proměnného zatížení
$\Psi_0$	pro kombinační hodnoty
$\Psi_1$	pro časté hodnoty
$\Psi_2$	pro kvazistálé hodnoty

## 20. Seznam příloh

- P1. Použité podklady a varianty řešení
- P2. Výkresy – přehledné, podrobné a detaily
- P3. Stavební postup a vizualizace
- P4. Statický výpočet
- P4a. Posudky
- P4b. Engineering report