

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Melink, J. 2012. Projektiranje medetažne konstrukcije armiranobetonske stavbe. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Bratina, S.): 31 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Melink, J. 2012. Projektiranje medetažne konstrukcije armiranobetonske stavbe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bratina, S.): 31 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVA

Kandidat:

JANEZ MELINK

**PROJEKTIRANJE MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE
ARMIRANOBETONSKE STAVBE**

Diplomska naloga št.: 18/B-GR

**DESIGN OF INTERSTOREY STRUCTURE IN A
REINFORCED CONCRETE BUILDING**

Graduation thesis No.: 18/B-GR

Mentor:

doc. dr. Sebastjan Bratina

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Član komisije:

doc. dr. Živa Kristl

prof. dr. Aleš Krainer

Ljubljana, 21. 09. 2012

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Janez Melink izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Projektiranje medetažne konstrukcije armiranobetonske stavbe«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 12.9.2012

Podpis:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 624.04:624.012.45:(043.2)
Avtor: Janez Melink
Mentor: doc. dr. Sebastjan Bratina
Naslov: Projektiranje medetažne konstrukcije armiranobetonske stavbe
Obseg in oprema: 31 str., 23 sl., 12 pregl.
Ključne besede: medetažna konstrukcija, plošča, nosilec, armatura

Izvleček:

V diplomski nalogi analiziramo medetažno konstrukcijo več-etažne poslovne stavbe. Za obravnavan objekt smo pridobili projektno dokumentacijo. Plošča je dimenzij 28×15 m, debeline 20 cm in je klasično grajena. Po obodu je plošča podprta s stenami, stebri in prekladami, v polju pa s prečnimi nosilci. Analiza, projektiranje in preverjanje temelji na računskem modelu konstrukcije, ki ga izdelamo v program SAP 2000. Za modeliranje plošče uporabimo štiri-vozljučne ploskovne končne elemente, nosilce pod ploščo pa modeliramo z linijskimi elementi, ki jih ustrezno povežemo s ploščo. V modelu uporabimo projektne vrednosti vplivov, lastnosti materialov in geometrije konstrukcije. Količino potrebne armature v plošči in nosilcih, ki jo določimo v analizi, primerjamo s količino armature, ki je bila dejansko vgrajena stropno konstrukcijo obravnavane stavbe. Sklepamo, da je razlika v količini armature v plošči predvsem posledica drugačnega računskega modela, ki smo ga uporabili v okviru diplomske naloge. Vzroka razlike v količini vzdolžne armature v nosilcu brez vpogleda v statični izračun obravnavane stavbe ne moremo ugotoviti.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.04:624.012.45:(043.2)
Author: Janez Melink
Mentor: Assist. Prof. Sebastjan Bratina, Ph. D.
Title: Design of interstorey structure in a reinforced concrete building
Contents: 31 p., 23 fig., 12 tab.
Key words: floor construction plate, plate, beam, armature

Abstract:

The Graduation Thesis deals with the design and dimensioning of floor constructions plate by the method of ultimate limit states and verification by the method of deflections allowable limit states based on the provisions of Eurocode standard. It is a classical building, in which the plate was made on site, supported by walls, columns, beams and cross bars. Longer side length of the plate is 28 m and 15.8 m on the smaller side, thickness is 0.2 m. In the bill is also covered entrance hall, staircase core plate and a balcony, located on the same floor level as the plate itself, and together comprise the entire first floor of the facility. In the bill are specifically taken into account the cross bars and beams under the plate. The way of the path and associated edge conditions are shown in the procedure of calculating the dimensions of bearing construction.

Computer model is made by using the SAP2000 computer program that calculates internal forces using finite element method. In calculating the necessary dimensions and characteristics we use internal forces generated by the program, which divide bearing construction on planar and regular elements. Model of the plate in the program is designed in a best way to describe the actual situation and form of a plate with its material properties.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	IV
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
1 UVOD	1
2 OSNOVNI PODATKI O MEDETAŽNI KONSTRUKCIJI	2
2.1 Opis konstrukcije	2
2.2 Materiali	2
2.2.1 Beton C 30/37	3
2.2.2 Jeklo S500	3
3 VPLIVI NA KONSTRUKCIJO	4
3.1 Stalni vplivi	4
3.2 Koristna obtežba	9
4 RAČUNSKI MODEL MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE	10
4.1 Računalniški program SAP2000	10
4.2 Opis računskega modela	10
4.3 Obtežba računskega modela	11
4.3.1 Podajanje stalne obtežbe	11
4.3.2 Podajanje koristne obtežbe	12
4.4 Poenostavljen računski model nosilca v prečni smeri plošče	13
5 DIMENZIONIRANJE ELEMENTOV MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE	16
5.1 Dimenzioniranje plošče	16
5.1.1 Projektne obremenitve v plošči	16
5.1.2 Dimenzioniranje armature plošče v dveh pravokotnih smereh	19
5.2 Dimenzioniranje nosilca	22
5.2.1 Dimenzioniranje nosilca z rezultati analize po metodi končnih elementov	22
5.2.1.1 Projektne obremenitve v nosilcu pod ploščo	22
5.2.1.2 Projektne obremenitve v plošči nad nosilcem	22
5.2.1.3 Projektne obremenitve sestavljenega prereza	24
5.1.2.4 Dimenzioniranje armature v vzdolžni smeri nosilca	24
5.2.2 Dimenzioniranje nosilca z rezultati poenostavljene analize	25
5.2.2.1 Projektne obremenitve v sestavljenem elementu	26
5.2.2.2 Dimenzioniranje armature v vzdolžni smeri sestavljenega elementa	26

6	PRIMERJAVA KOLIČIN ARMATURE V OBRAVNAVANI MEDETAŽNI KONSTRUKCIJI	28
6.1	Primerjava količin armature v plošči	28
6.2	Primerjava količin armature v nosilcu	29
7	ZAKLJUČEK	30
VIRI		31

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Materialne karakteristike betona C30/37	3
Preglednica 2: Materialne karakteristike jekla S500	3
Preglednica 3: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v laboratoriju in sejni sobi	4
Preglednica 4: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v prostoru za sanitarije	5
Preglednica 5: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v prostoru za garderobo	5
Preglednica 6: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v predprostoru in stopniščnem jedru	6
Preglednica 7: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije zaradi stopniščne rame	7
Preglednica 8: Izračun obtežbe zaradi opečnatih sten	8
Preglednica 9: Potrebna količina armature za območje POZ 101	20
Preglednica 10: Projektne obremenitve v plošči na sredini razpetine v območju sodelujoče širine	23
Preglednica 11: Projektne obremenitve v plošči ob vpetju pri stebrih v območju sodelujoče širine	23
Preglednica 12: Primerjava količin armature v plošči	28
Preglednica 13: Primerjava armature v prečnem nosilcu	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Tloris plošče	2
Slika 2: Sestava stropne konstrukcije v laboratoriju in v sejni sobi	4
Slika 3: Sestava medetažne konstrukcije v prostoru za sanitarije	5
Slika 4: Sestava medetažne konstrukcije v prostoru za garderobo	6
Slika 5: Sestava plošče v predprostoru in v stopniščnem jedru	6
Slika 6: Sestava stopniščne rame	7
Slika 7: Sestava opečnate stene	8
Slika 8: Računski model obravnavane stropne konstrukcije v programu SAP2000	11
Slika 9: Prikaz nosilcev pod ploščo	11
Slika 10: Razporeditev koristne obtežbe po celotni površini plošče	12
Slika 11: Drugi primer razporeditve koristne obtežbe po površini plošče	13
Slika 12: Tretji primer porazdelitve koristne obtežbe po površini plošče	13
Slika 13: Prečni prerez nosilca v prečni smeri plošče skupaj s sodelujočo širino plošče	14
Slika 14: Poenostavljen računski model nosilca za račun obremenitev v polju	14
Slika 15: Poenostavljen računski model nosilca za račun obremenitev ob podpori	14
Slika 16: Projektne vrednosti osne sile N_{xx} v plošči	17
Slika 17: Projektne vrednosti upogibnega momenta M_{xx} v plošči	17
Slika 18: Projektne vrednosti osne sile N_{yy} v plošči	18
Slika 19: Projektne vrednosti momenta M_{yy} v plošči	18
Slika 20: Projektne vrednosti torzijskega momenta M_{xy} v plošči	19

Slika 21: Razdelitev plošče v pozicije.	19
Slika 22: Potrebna količina spodnje armature v plošči	21
Slika 23: Potrebna količina zgornje armature v plošči	21
Slika 24: Potek osne sile vzdolž nosilca pod ploščo pri analizi z MKE	22
Slika 25: Potek momenta vzdolž nosilca pod ploščo pri analizi z MKE	22
Slika 26: Obremenitve v plošči in v nosilcu na sredini razpetine	23
Slika 27: Sestavljen prerez obravnavanega nosilca	24
Slika 28: Ovojnica upogibnih momentov vzdolž sestavljenega elementa pri poenostavljeni analizi (zgoraj polno vpeti nosilec, spodaj delno vpeti)	26

1 UVOD

V diplomski nalogi projektiramo in dimenzioniramo značilno armiranobetonsko (AB) stropno oziroma medetažno konstrukcijo več-etažne stavbe v Tehnološkem parku In Prime v kraju Šempeter pri Gorici. Stavba je bila dograjena v letu 2012. Stavba ima poleg pritličja še tri nadstropja in je namenjena preizkušanju izdelkov. Plošča je po obodu podprta s stenami, stebri in prekladami, v polju pa z prečnimi nosilci z razpetino 15 m. Stropna konstrukcija je bila izvedena na klasičen način brez prednapenjanja. Pri takšnem načinu gradnje se nam zastavlja vprašanje o učinkovitosti in ekonomičnosti gradnje zaradi porabljenega časa za opaževanje in razopaževanje ter potrebnega časa za doseganje ustrezne tlačne trdnosti betona.

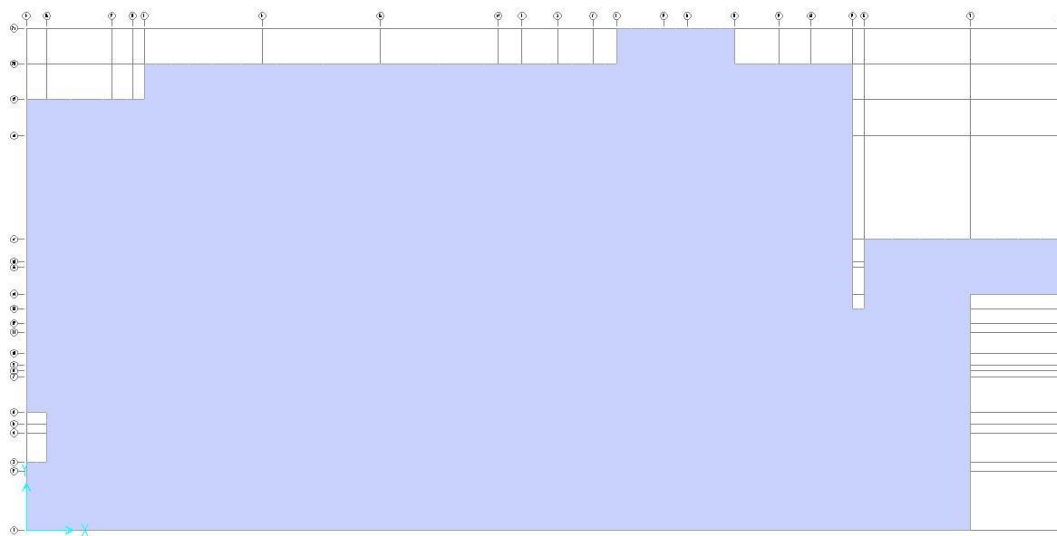
Analiza medetažne konstrukcije temelji na ustreznem računskem modelu. Izdelamo ga v programu SAP 2000 (Computers & Structures, INC.). Ploščo modeliramo s štirivozličnimi ploskovnimi končnimi elementi, prečne nosilce pa z linijskimi elementi, ki jih povežemo s ploščo. Ploščo projektiramo na mejna stanja nosilnosti in uporabnosti. Pri tem v modelu uporabimo ustrezne projektne vrednosti vplivov, lastnosti uporabljenih materialov in geometrijo konstrukcije. Večino podatkov povzamemo iz projektne dokumentacije za obravnavano stavbo. Količino potrebne armature v plošči in prečnih nosilcih primerjamo s količinami armature iz projektne dokumentacije.

Diplomska naloga ima poleg uvoda in zaključka še pet poglavij. V drugem poglavju predstavimo osnovne podatke o konstrukciji, geometrijske podatke ter podatke o uporabljenih materialih. V tretjem poglavju predstavimo stalne in spremenljive vplive na obravnavano stropno konstrukcijo. Pri tem vpliv vetra in potresa ne upoštevamo, ker te vplive prevzamejo vertikalni nosilni elementi. V četrtem poglavju podrobneje predstavimo uporabljen računski model. V petem poglavju projektiramo nosilna elementa medetažne konstrukcije – ploščo in nosilec. V šestem poglavju primerjamo potrebne količine armature s količinami iz projektne dokumentacije. Na koncu podajamo zaključke.

2 OSNOVNI PODATKI O MEDETAŽNI KONSTRUKCIJI

2.1 Opis konstrukcije

Obravnavana medetažna konstrukcija predstavlja nosilno konstrukcijo prvega nadstropja in je del nosilne konstrukcije štirinadstropnega industrijskega objekta. Tlorisna površina plošče znaša 453,55 m². V osrednjem delu plošče tlorisnih dimenzij 28 × 15 m se nahaja laboratorij skupaj s sanitarijami in garderobo. Preostanek je namenjen sejni sobi s tlorisnimi dimenzijami 3,8 × 5,32 m, predprostoru dimenzij 4,13 × 3,35 m in stopniščnemu jedru dimenzij 2,9 × 1,65 m. Tloris medetažne konstrukcije prikazujemo na sliki 1.



Slika 1: Tloris plošče

Plošča je iz armiranega betona trdnostnega razreda C30/37 in je debeline 20 cm. Plošča je po obodu ter delno tudi v polju podprta s stenami, stebri in prekladami. Preklade nad okni so dimenzij $b/h = 30/127$ cm, nad vrati 30/100 cm, nad glavnima vhodoma pa 20/20 cm. V osrednjem delu je plošča podprta s šestimi AB nosilci pravokotne oblike $b/h = 50/60$ cm, ki potekajo v prečni smeri plošče in premoščajo razpetino 15 m.

2.2 Materiali

V analizi uporabimo trdnostne in mehanske karakteristike betona C 30/37 in jekla za armiranje S 500. V nadaljevanju podajamo karakteristične in projektne vrednosti materialnih parametrov.

2.2.1 Beton C 30/37

V preglednici 1 podajamo materialne karakteristike betona C30/37.

Preglednica 1: Materialne karakteristike betona C30/37

Karakteristična tlačna trdnost f_{ck}	3,0 kN/cm ²
Povprečna natezna trdnost f_{ctm}	0,29 kN/cm ²
Modul elastičnosti E_{cm}	3400 kN/cm ²
Specifična gostota γ	25 kN/m ³
Poissonov količnik ν	0,2
Projektna tlačna trdnost f_{cd}	2,0 kN/cm ²

$$\text{Projektna tlačna trdnost za MSN: } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{3,0}{1,5} = 2,0 \text{ kN/cm}^2.$$

2.2.2 Jeklo S500

V preglednici 2 podajamo materialne parametre za jeklo za armiranje S 500.

Preglednica 2: Materialne karakteristike jekla S500

Karakteristična meja elastičnosti f_{yk}	50 kN/cm ²
Natezna trdnost f_t	40 kN/cm ²
Projektna vrednost modula elastičnosti E_s	20000 kN/cm ²
Gostota jekla ρ_s	7850 kg/m ³
Projektna natezna trdnost f_{yd}	43,48 kN/cm ²

$$\text{Projektna natezna trdnost za MSN je: } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50,0}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2.$$

3 VPLIVI NA KONSTRUKCIJO

Pri analizi medetažne konstrukcije upoštevamo stalne in spremenljive vplive. Izmed spremenljivih vplivov upoštevamo le koristno obtežbo, ostalih spremenljivih vplivov ne upoštevamo. Prav tako ne upoštevamo potresnih vplivov. V nadaljevanju podrobneje predstavimo posamezne vplive.

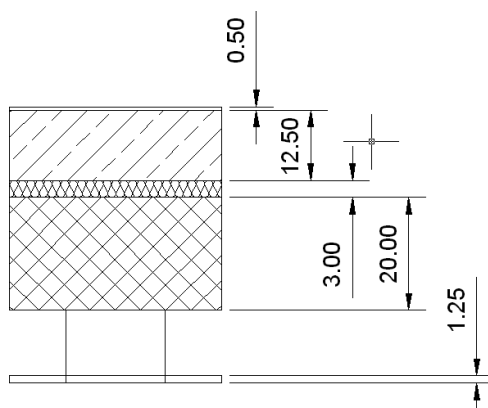
3.1 Stalni vplivi

Med stalne vplive uvrstimo težo stropne konstrukcije. Sem spada teža nosilne konstrukcije in teža različnih nekonstrukcijskih delov. V nadaljevanju prikazujemo vrednosti stalnih vplivov za posamezna območja stropne konstrukcije. Sestave stropov prikažemo tudi grafično.

3.1.1 Laboratorij in sejna soba

Preglednica 3: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v laboratoriju in sejni sobi

material	debelina v [cm]	prostorninska teža v [kN/m ³]	lastna teža v [kN/m ²]
Antistatični tlak	0,5	25,0	0,125
Mikroarmiran cementni estrih	12,5	24,0	3,0
Toplotna izolacija XPS	3,0	1,0	0,03
Armiranobetonska plošča	20,0	25,0	5,0
Spuščen strop na alu podkonstrukciji	1,25		0,15
			$g_1 = 8,305$

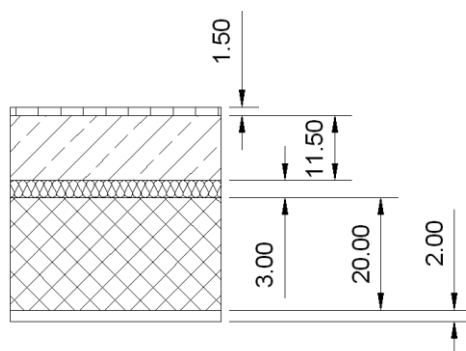


Slika 2: Sestava stropne konstrukcije v laboratoriju in v sejni sobi

3.1.2 Sanitarije

Preglednica 4: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v prostoru za sanitarije

material	debelina v [cm]	prostorninska teža v [kN/m ³]	lastna teža v [kN/m ²]
Keramika	1,5	25,0	0,375
Mikroarmiran cementni estrih	11,5	24,0	2,76
Toplotna izolacija XPS	3,0	1,0	0,03
Armiranobetonska plošča	20	25,0	5,0
Omet	2,0	18,0	0,36
$g_2 =$			8,525

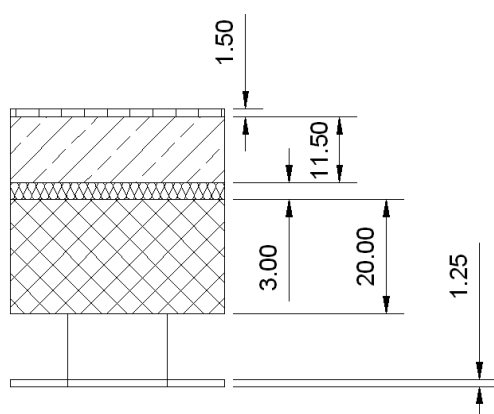


Slika 3: Sestava medetažne konstrukcije v prostoru za sanitarije

3.1.3 Garderoba

Preglednica 5: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v prostoru za garderobo

material	debelina v [cm]	prostorninska teža v [kN/m ³]	lastna teža v [kN/m ²]
Keramika	1,5	25,0	0,375
Mikroarmiran cementni estrih	11,5	24,0	2,76
Toplotna izolacija XPS	3,0	1,0	0,03
Armiranobetonska plošča	20,0	25,0	5,0
Spuščen strop na alu podkonstrukciji	1,25		0,15
$g_3 =$			8,315

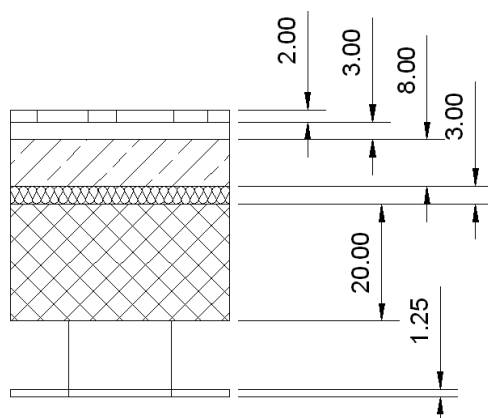


Slika 4: Sestava medetažne konstrukcije v prostoru za garderobo

3.1.4 Predprostor in stopniščno jedro

Preglednica 6: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije v predprostoru in stopniščnem jedru

material	debelina v [cm]	prostorninska teža v [kN/m ³]	lastna teža v [kN/m ²]
Granit	2,0	28,0	0,56
Cementna malta	3,0	24,0	0,72
Mikroarmiran cementni estrih	8,0	24,0	1,92
Toplotna izolacija XPS	3,0	1,0	0,03
Armiranobetonska plošča	20,0	25,0	5,0
Spuščen strop na alu podkonstrukciji	1,25		0,15
		$g_4 =$	8,38

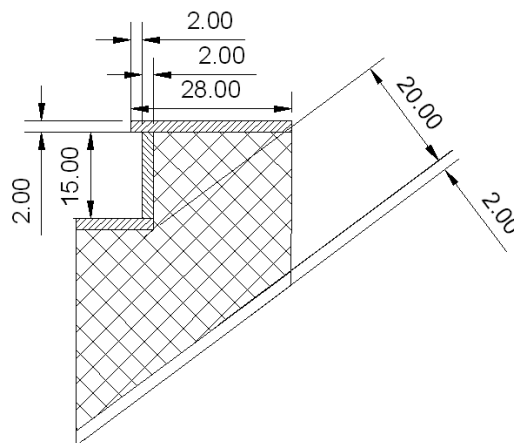


Slika 5: Sestava plošče v predprostoru in v stopniščnem jedru

3.1.5 Stopniščna rama

Preglednica 7: Izračun obtežbe medetažne konstrukcije zaradi stopniščne rame

material	debelina v [cm]	prostorninska teža v [kN/m ³]	lastna teža v [kN/m ²]
Granit	2,0	28,0	0,903
Stopnice 28 x 17,16 cm		25,0	2,145
Armiranobetonska plošča	12,0	25,0	3,47
Omet	2,0	18,0	0,42
		<i>g₅</i>	6,938



Slika 6: Sestava stopniščne rame

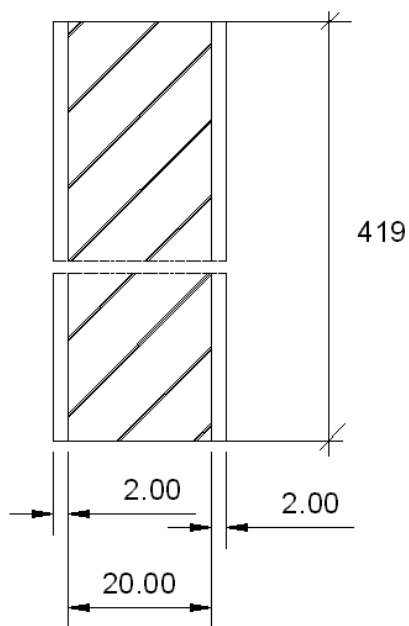
Vpliv teže stopniščne rame upoštevamo kot linijsko obtežbo na prosti rob plošče v območju stopniščnega jedra in sicer:

$$q_{\text{stopnic}} = g_5 \cdot L_{\text{jedro}} = 6,938 \cdot 2,9 = 20,12 \text{ kN/m.}$$

3.1.5 Opečne stene

Preglednica 8: Izračun obtežbe zaradi opečnatih sten

material	debelina v [cm]	prostorninska teža v [kN/m ³]	lastna teža v [kN/m ²]
Omet	2,0	18,0	0,36
Opečnati zidaki	20,0	18,0	3,6
Omet	2,0	18,0	0,36
g_6			4,32



Slika 7: Sestava opečnate stene

Težo opečne stene upoštevamo kot linijsko obtežbo na plošči in sicer:

$$Q_{op.zidi} = g_6 \cdot v_{zidu} = 4,32 \cdot 4,19 = 18,1 \text{ kN/m.}$$

3.2 Koristna obtežba

Koristna obtežba v stavbah izvira iz namena uporabe in v splošnem vključuje opremo in premične stvari, običajno uporabo za ljudi ter predvidene redke dogodke, kot je koncentracija ljudi ali opreme. Koristno obtežbo modeliramo kot enakomerno porazdeljeno ploskovno obtežbo in sicer:

- stropna konstrukcija $q = 3 \text{ kN/m}^2$
- stopniščna rama $q_s = 3 \text{ kN/m}^2$
- koristna obtežba zaradi lahkih premičnih predelnih sten z lastno težo $\leq 1 \text{ kN/m}$: $q_{ps} = 0,5 \text{ kN/m}^2$.

Vpliv koristne obtežbe na stopniščni rami upoštevamo kot linijsko obtežbo na prostem robu plošče v stopniščnem jedru. Velikost obtežbe je:

$$Q_{s,k} = q_s \cdot L_{\text{jedro}} = 3 \cdot 2,9 = 8,7 \text{ kN/m.}$$

4 RAČUNSKI MODEL MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

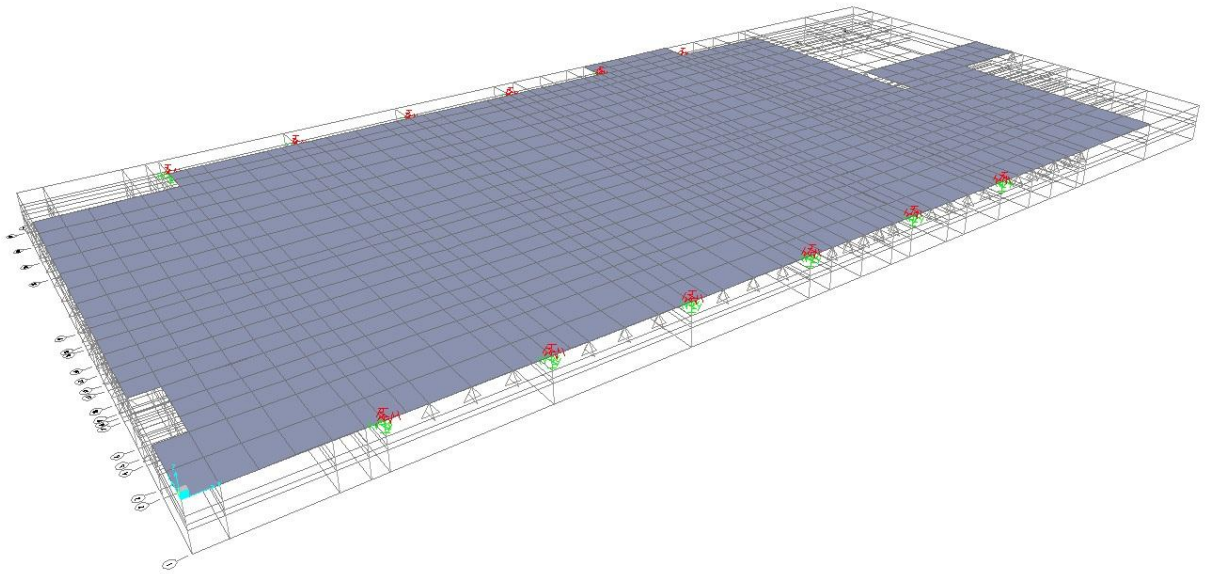
4.1 Računalniški program SAP2000

Računski model za analizo obravnavane medetažne stropne konstrukcije izdelamo v programu SAP2000. Program v splošnem uporabljamo za statično in dinamično analizo ravninskih in prostorskih konstrukcij. Program temelji na metodi končnih elementov. Analiza je elastična.

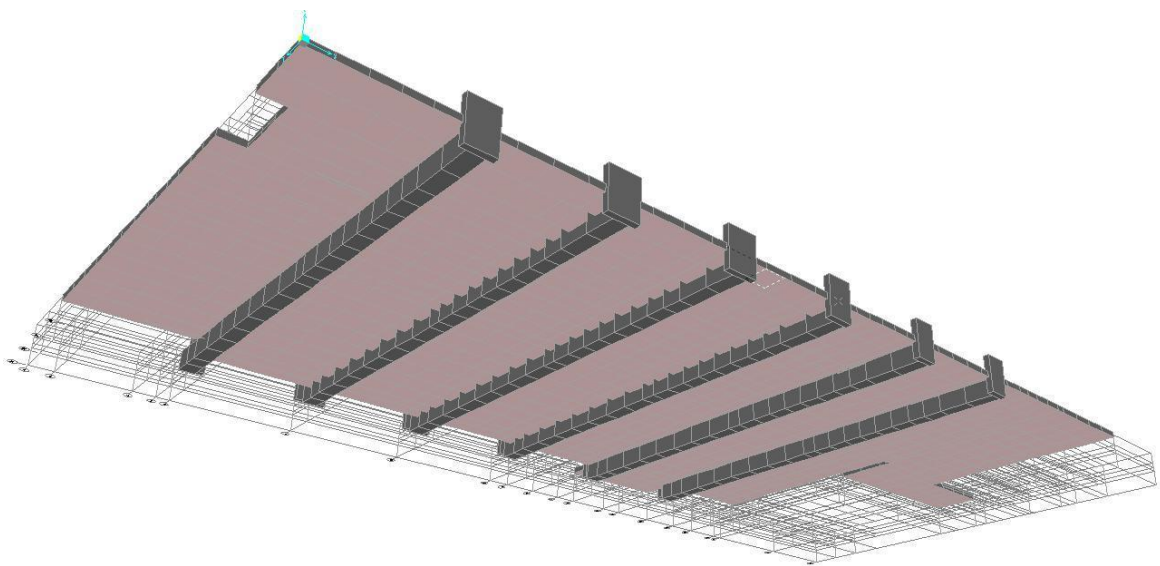
4.2 Opis računskega modela

Ploščo modeliramo s štirivozliščnimi ploskovnimi elementi tipa *Shell*, ki imajo poleg upogibne tudi osno togost. Dimenzijo stranice elementa omejimo na 0,8 m. Na mestih, kjer je plošča podprta s stenami, ploščo nepomično podpremo. Na mestih, kjer je plošča podprta s prekladami, zaradi njihove velike višine prav tako ploščo nepomično podpremo. Kjer je plošča podprta s stebri, ki so pravokotnega prečnega prereza dimenzij 200/30 cm, ploščo nepomično podpremo, z vzmetyo pa upoštevamo delno vpetost plošče v steber. Za rotacijsko togost vzmeti upoštevamo vrednost 118 000 kN/m, ki jo določimo na podlagi prečnega prereza stebra ter višine in vpetosti stebra v etaži pod in nad ploščo. V osrednjem delu je plošča podprta z nosilci dimenzij 50/60 cm, ki potekajo v prečni smeri. Zaradi upogibne podajnosti nosilcev plošča na mestu nosilcev ni nepomično podprta, zato v modelu konstruiramo tudi nosilce, ki potekajo pod ploščo na koti $z = -0,4$ m. Tolikšna je namreč razdalja med srednjo ravnino plošče in težiščem nosilca. Nosilce modeliramo z linijskimi končnimi elementi. Pri tem vozlišča posameznega nosilca tego povežemo s pripadajočimi vozlišči v mreži končnih elementov plošče. Tako dosežemo sodelovanje plošče in nosilca pri prevzemu obremenitev.

Na sliki 8 prikazujemo računski model obravnavane medetažne konstrukcije, na sliki 9 pa tudi položaj in potek nosilcev pod ploščo.



Slika 8: Računski model obravnavane stropne konstrukcije v programu SAP2000



Slika 9: Prikaz nosilcev pod ploščo

4.3 Obtežba računskega modela

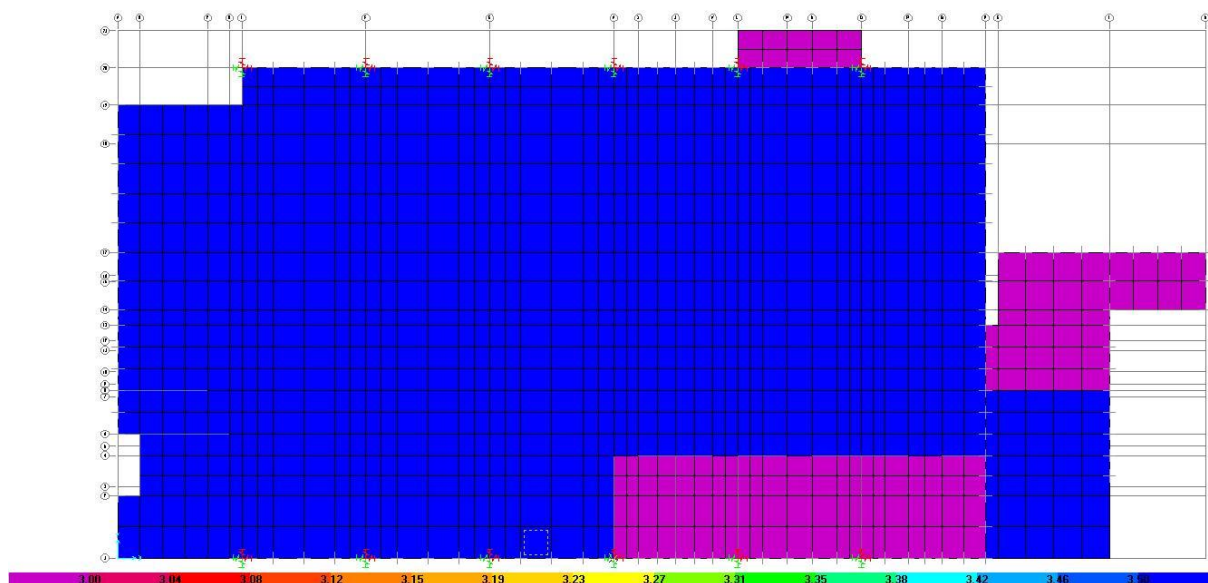
4.3.1 Podajanje stalne obtežbe

Pri podajanju stalne obtežbe uporabimo možnost, ki jo nudi program SAP2000. Glede na podane dimenzije posameznih nosilnih elementov (debelina plošče, širina in višina nosilca) ter prostorninsko težo materiala (za AB beton podamo $\gamma_{AB} = 25 \text{ kN/m}^3$) program sam izračuna stalno težo nosilnih elementov. K tej obtežbi moramo dodati še težo nekonstrukcijskih elementov na stropni konstrukciji

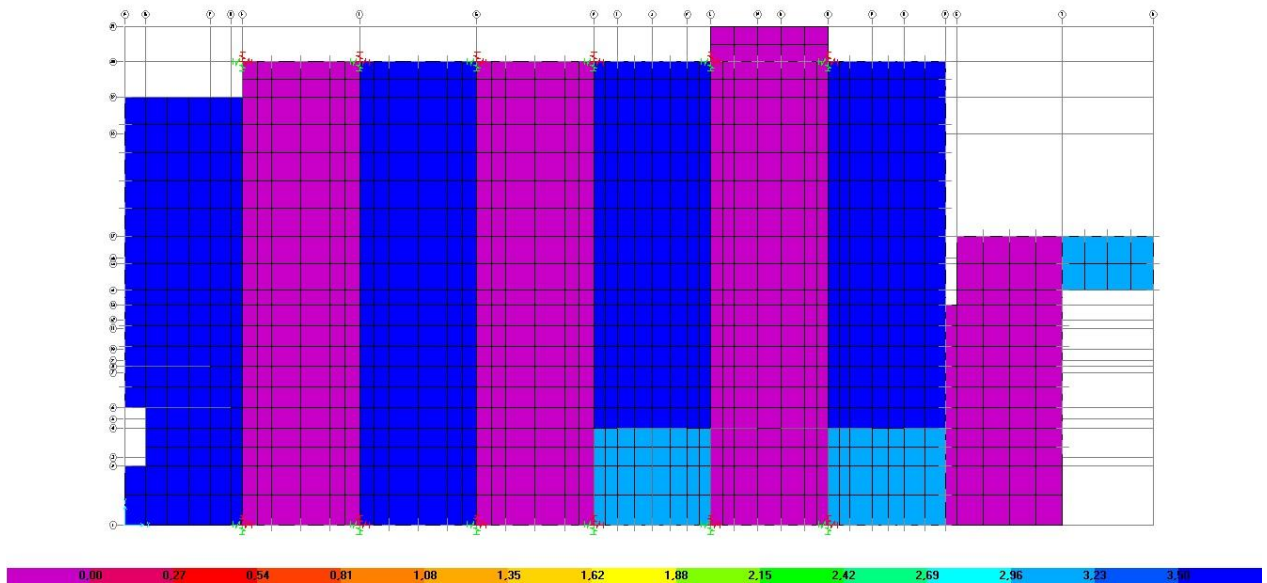
(npr. teža zaključnih slojev). Obtežba le teh se spreminja po površini plošče. Linijsko obtežbo na plošči zaradi lastne teže opečnih zidov ter akcije stopniščne rame na prostem robu plošče nanašamo s pomočjo upogibno zelo podajnega linijskega elementa z dimenzijami prečnega prereza 1×1 cm. Program SAP2000 namreč ne omogoča podajanja linijske obtežbe neposredno na površino ploskovnega končnega elementa. Druga možnost je seveda podajanje linijske obtežbe z nadomestnimi točkovnimi silami v vozliščih mreže ploskovnih končnih elementov.

4.3.2 Podajanje koristne obtežbe

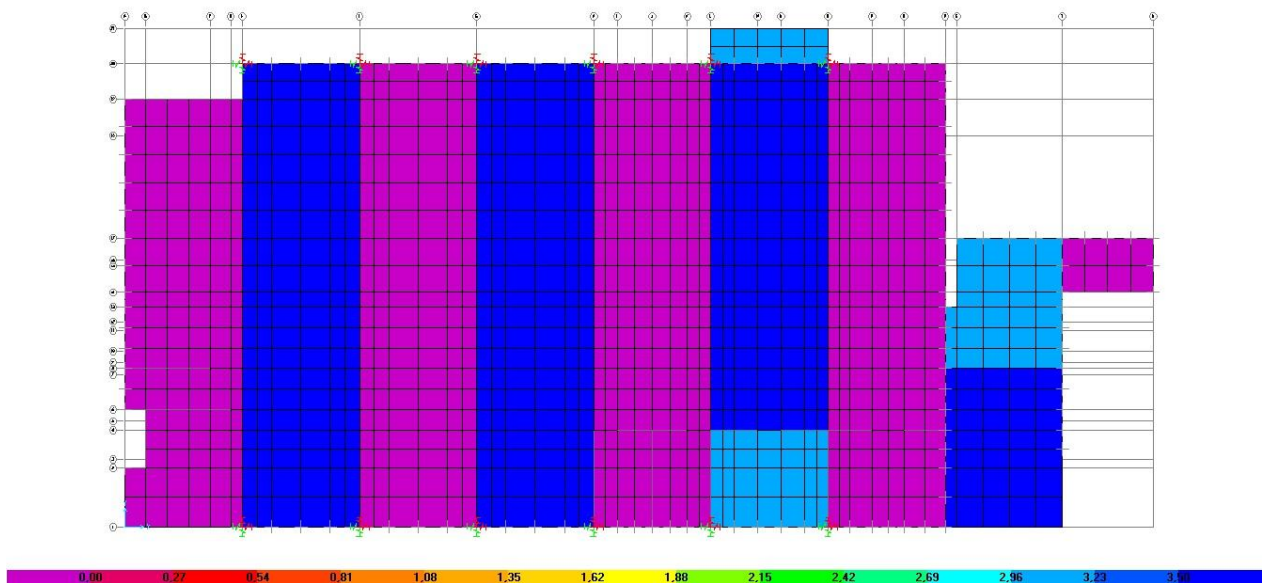
Koristno obtežbo na plošči upoštevamo kot pomični vpliv, zato jo moramo skladno s standardom SIST EN 1991-1-1:2004 razporediti na najneugodnejših delih vplivne površine glede na obravnavano obremenitev plošče. Koristno obtežbo podajamo kot enakomerno ploskovno obtežbo. Pri tem upoštevamo tudi težo predelnih sten. Akcijo koristne obtežbe na stopniščni rami upoštevamo z linijsko obtežbo na prostem robu plošče. Linijsko obtežbo podajamo s pomočjo nosilca z minimalno upogibno togostjo. Na slikah 10, 11 in 12 podajamo tri različne načine razporeditve koristne obtežbe po obravnavani stropni konstrukciji.



Slika 10: Razporeditev koristne obtežbe po celotni površini plošče



Slika 11: Drugi primer razporeditve koristne obtežbe po površini plošče

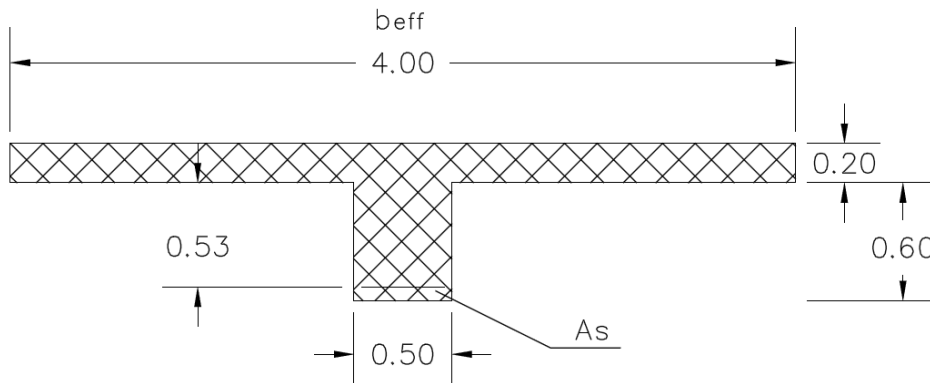


Slika 12: Tretji primer porazdelitve koristne obtežbe po površini plošče

4.4 Poenostavljen računski model nosilca v prečni smeri plošče

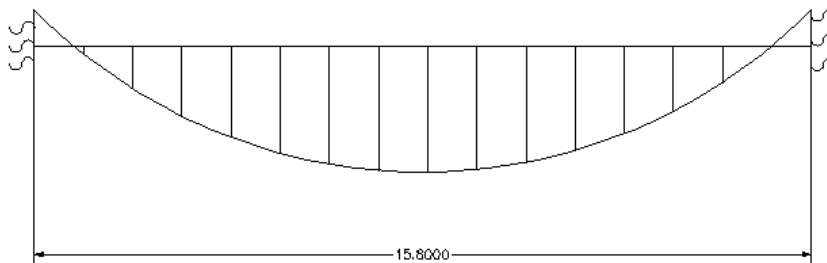
AB nosilec, ki poteka v prečni smeri plošče, analiziramo tudi s poenostavljenim računskim modelom linijskega nosilca. Dodatno upoštevamo sodelujočo širino plošče na kateri lahko po širini privzamemo

konstantno napetost. Izračunamo jo v skladu s standardom SIST EN 1992-1-1:2004. Na sliki 13 prikazujemo prečni prerez nosilca s sodelujočo širino plošče.

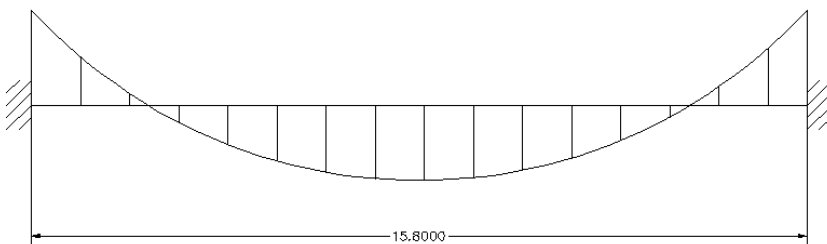


Slika 13: Prečni prerez nosilca v prečni smeri plošče skupaj s sodelujočo širino plošče

Nosilec je podprt na obeh koncih, razpetina znaša 15,8 m. Za račun bremenitev v polju nosilca upoštevamo delno vpetost nosilca v krajne stebre (glej sliko 14), za račun obremenitev ob podpori pa polno vpetost (glej sliko 15).



Slika 14: Poenostavljen računski model nosilca za račun obremenitev v polju



Slika 15: Poenostavljen računski model nosilca za račun obremenitev ob podpori

Rezultate analize nosilca s poenostavljenim računskim modelom uporabimo za kontrolo rezultatov analize nosilca kot dela stropne konstrukcije z metodo končnih elementov.

5 DIMENZIONIRANJE ELEMENTOV MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

Značilne nosilne elemente medetažne konstrukcije stavbe projektiramo skladno s standardom SIST EN 1992-1-1:2004 na mejna stanja nosilnosti. Pri tem zagotavljamo, da je nosilnost elementa večja od projektne obremenitve elementa. To formalno zapišemo v obliki pogoja:

$$E_d \leq R_d, \quad (5.1)$$

kjer je E_d projektna vrednost učinka vpliva (npr. upogibni moment) pri ustrezni projektni kombinaciji vplivov, R_d pa je pripadajoča projektna odpornost elementa. Osnovne kombinacije vplivov za mejna stanja nosilnosti zapišemo skladno s standardom SIST EN 1990:2004 na sledeč način:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (5.2)$$

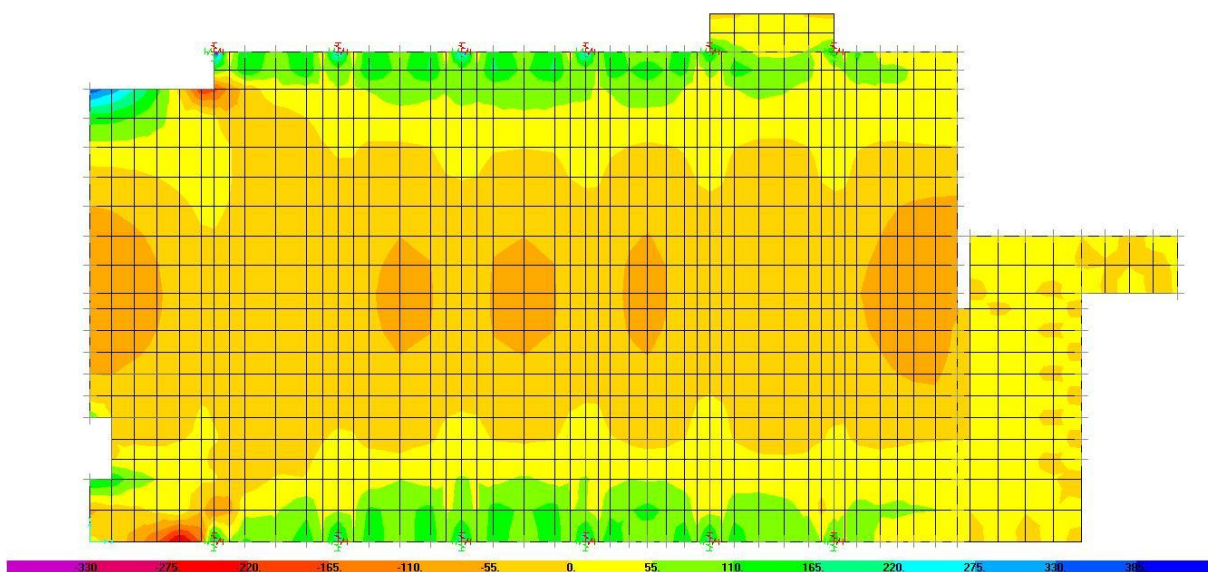
Pri tem je $G_{k,j}$ karakteristična vrednost j -tega stalnega vpliva, $Q_{k,1}$ je karakteristična vrednost prevladujočega spremenljivega vpliva, $Q_{k,i}$ pa je karakteristična vrednost j -tega spremljajočega spremenljivega vpliva.

Najprej dimenzioniramo stropno ploščo. Nato dimenzioniramo še nosilec v polju plošče. Za dimenzioniranje uporabimo rezultate analize stropne konstrukcije z metodo končnih elementov v programu SAP2000. Nosilec dimenzioniramo tudi na podlagi rezultatov analize s poenostavljenim računskim modelom linijskega nosilca s sodelujočo širino plošče. V nadaljevanju podrobneje predstavimo dimenzioniranje plošče in nosilca.

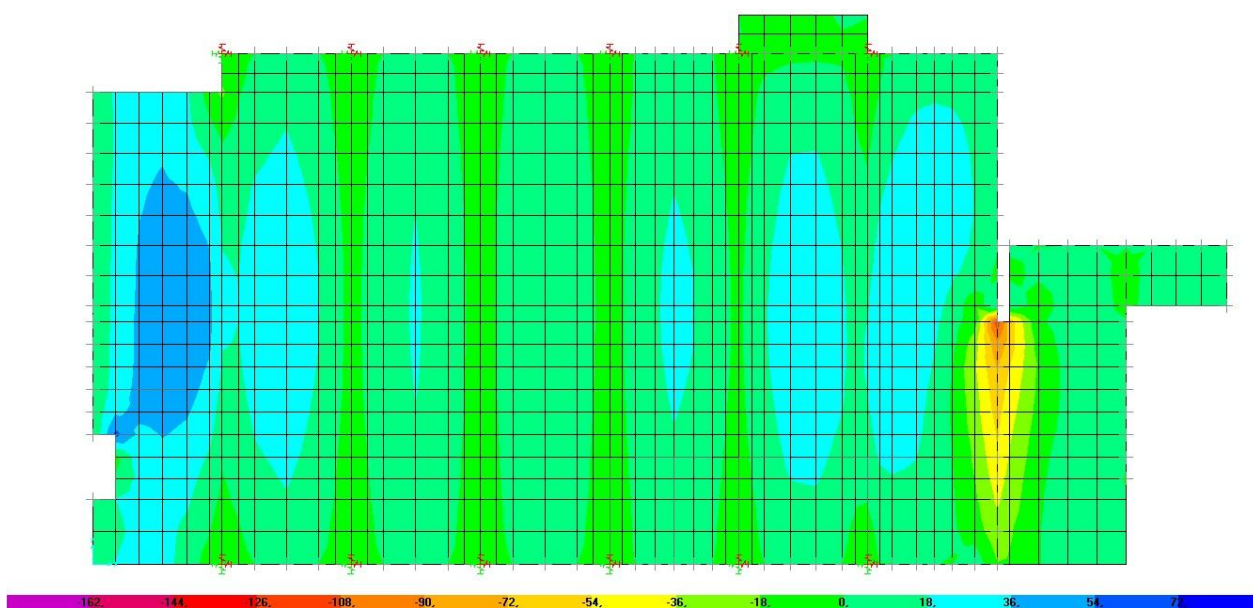
5.1 Dimenzioniranje plošče

5.1.1 Projektne obremenitve v plošči

Projektne vrednosti obremenitev v plošči prikažemo ločeno za vzdolžno (v smeri osi X) in prečno smer (v smeri osi Y). Dodatno prikazujemo torzijske obremenitve. Na sliki 16 in 17 prikazujemo potek osne sile N_{xx} in upogibnega momenta M_{xx} v plošči.



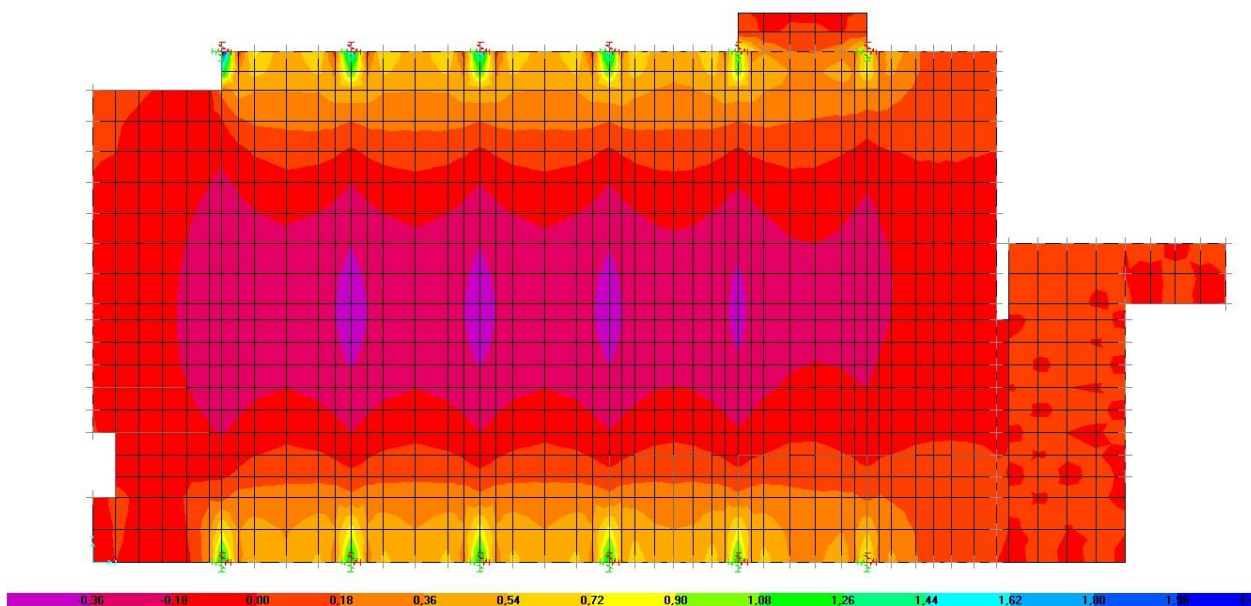
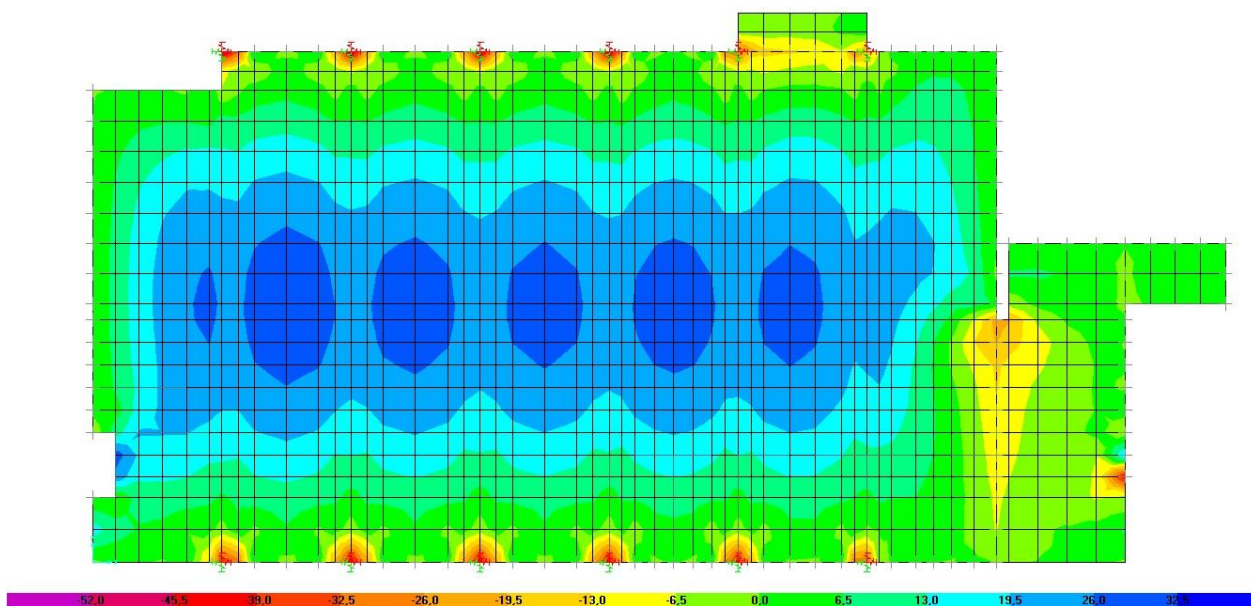
Slika 16: Projektne vrednosti osne sile N_{xx} v plošči



Slika 17: Projektne vrednosti upogibnega momenta M_{xx} v plošči

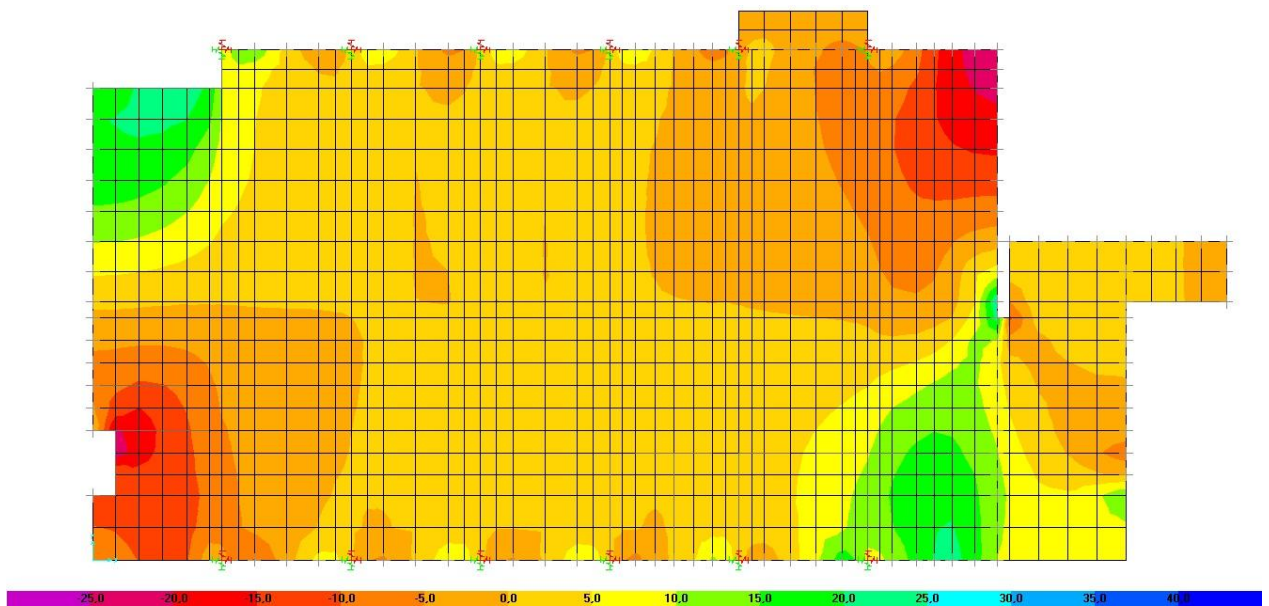
Ugotovimo, da se pozitivni upogibni momenti pojavijo v poljih plošče med prečnimi nosilci, negativni momenti pa se pojavijo v območju nad nosilci, ob AB stenah ter v balkonski plošči.

Na sliki 18 in 19 prikazujemo potek osne sile N_{yy} in upogibnega momenta M_{yy} v plošči.

Slika 18: Projektne vrednosti osne sile N_{yy} v ploščiSlika 19: Projektne vrednosti momenta M_{yy} v plošči

Ugotovimo, da se pozitivni upogibni momenti pojavijo v polju plošče, negativni pa ob podporah na obodu plošče. Dodatno ugotovimo, da se v plošči v smeri prečnih nosilcev pojavijo velike tlačne osne sile.

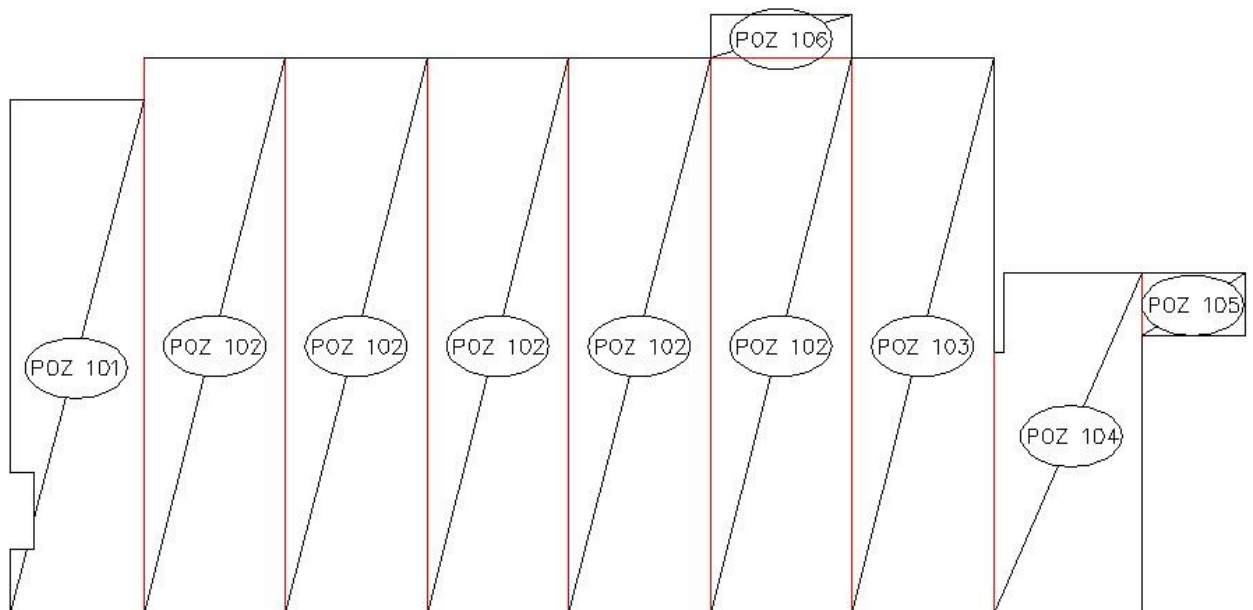
Na sliki 20 prikazujemo še potek torzijskih momentov M_{xy} v plošči.



Slika 20: Projektne vrednosti torzijskega momenta M_{xy} v plošči

5.1.2 Dimenzioniranje armature plošče v dveh pravokotnih smereh

Za potrebe dimenzioniranja armature površino plošče razdelimo v pozicije. Za območja, kjer se obremenitve bistveno ne spreminjajo, uporabimo isto oznako. Pozicijsko skico plošče prikazujemo na sliki 21.



Slika 21: Razdelitev plošče v pozicije.

Armaturu računamo v dveh pravokotnih smereh, t.j. v smeri osi X in Y. Obremenitve M_{xx} , M_{yy} in M_{xy} združimo v skladu s pravilom Wood-a [1] in Armer-ja [2] in sicer:

$$M_{xx}^* = M_{xx} \pm |M_{xy}|, \quad (5.3)$$

$$M_{yy}^* = M_{yy} \pm |M_{xy}|. \quad (5.4)$$

Podajamo primer računa spodnje armature v smeri osi X v polju pozicije 101.

$$M_{xx} = 46,871 \text{ kNm/m},$$

$$M_{xy} = -2,47 \text{ kNm/m},$$

$$M_{Ed} = M_{xx}^* = M_{xx} \pm |M_{xy}| = 46,871 + 2,47 = 49,34 \text{ kNm/m}$$

$$N_{Ed} = N_{xx} = -60,69 \text{ kN/m}$$

$$M_{Eds} = |M_{Ed}| - N_{Ed} \cdot z_s = 49,34 + 60,69 \cdot 0,05 = 52,4 \text{ kNm/m}$$

$$k_d = \frac{M_{Eds}}{\alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{5237,4}{1,0 \cdot 2,0 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,116$$

izberemo mejne deformacije $\varepsilon_s / \varepsilon_l = 15 / 3,5 \%$, odčitamo parametre k_d , k_x in k_s

$$k_d = 0,141$$

$$k_x = 0,189$$

$$k_s = 1,085$$

$$\text{Potrebna količina armature: } A_{s,sp} = \frac{k_s \cdot M_{Eds}}{\sigma_s \cdot d} + \frac{N_{Ed}}{\sigma_s} = \frac{1,085 \cdot 5237,4}{43,48 \cdot 15} - \frac{60,69}{43,48} = 7,32 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Za oddaljenost armature od zunanjšega roba upoštevamo vrednost $a_p = 5 \text{ cm}$, statična višina plošče pa je $d_p = 15 \text{ cm}$. Minimalna količina armature je:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b_t \cdot d = 0,26 \cdot 0,29/50 \cdot 100 \cdot 15 = 2,26 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

V preglednici 9 zberemo rezultate projektiranja armature za območje POZ 101.

Preglednica 9: Potrebna količina armature za območje POZ 101

Lega	Spodnja armatura [cm ²]		Zgornja armatura [cm ²]	
	v smeri X	v smeri Y	v smeri X	v smeri Y
V polju	7,32	3,01	0	0
V vogalu	8,26	3,75	5,06	3,53
Nad podporo	2,26	2,26	3,47	2,27

5.2 Dimenzioniranje nosilca

Pri dimenzioniranju nosilca uporabimo rezultate iz analize stropne konstrukcije z metodo končnih elementov (računski model smo predstavili v točki 4.2) in rezultate analize s poenostavljenim računskim modelom (glej točko 4.4).

5.2.1 Dimenzioniranje nosilca z rezultati analize po metodi končnih elementov

Plošča in nosilec, ki je pod ploščo, sta med seboj togo povezana, zato pri prevzemu obremenitev sodelujeta. Pri dimenzioniranju nosilca s sodelujočo širino plošče torej upoštevamo tako projektne obremenitve v nosilcu pod ploščo kot tudi v plošči nad nosilcem. Obremenitve nato seštejemo.

5.2.1.1 Projektne obremenitve v nosilcu pod ploščo

Na sliki 24 in sliki 25 prikazujemo potek osne sile in upogibnega momenta v nosilcu pod ploščo.



Slika 24: Potek osne sile vzdolž nosilca pod ploščo pri analizi z MKE



Slika 25: Potek momenta vzdolž nosilca pod ploščo pri analizi z MKE

Projektna vrednost upogibnega momenta na sredini razpetine nosilca je $M_{n,Ed,polje} = 331,75$ kNm (pripadajoča osna sila je $N_{n,Ed,polje} = 3656,86$ kN), ob podpori pa $M_{n,Ed,rob} = -349,83$ kNm (pripadajoča osna sila je $N_{n,Ed,rob} = -237,6$ kN). Z indeksom »n« označimo količine, ki pripadajo nosilcu, z indeksom »p« pa količine, ki pripadajo plošči.

5.2.1.2 Projektne obremenitve v plošči nad nosilcem

Projektne vrednosti upogibnega momenta M_{yy} ter osne sile N_{yy} v plošči v prečni smeri (t.j. v smeri nosilca) smo prikazali že na slikah 18 in 19 v točki 5.1.1. Tukaj navajamo le vrednosti količin na

sredini razpetine ter ob vpetju. Upoštevamo sodelujočo širino plošče $b_{\text{eff}} = 400$ cm (glej točko 4.4). Vrednosti obremenitev prikazujemo v preglednici 10 in 11.

Preglednica 10: Projektne obremenitve v plošči na sredini razpetine v območju sodelujoče širine

Koordinata x [m]	6	7	7,5	8	8,5	9	10
M_{yy} [kNm/m]	29,51	28,06	25,82	24,11	25,41	27,53	28,65
N_y [kN/m]	- 274,03	- 318,08	- 364,30	- 417,14	- 359,20	- 318,51	- 284,68

Preglednica 11: Projektne obremenitve v plošči ob vpetju pri stebrih v območju sodelujoče širine

Koordinata x [m]	6	7	7,5	8	8,5	9	10
M_{yy} [kNm/m]	- 2,01	2,88	- 22,09	- 48,04	- 21,13	4,38	- 1,59
N_y [kN/m]	396,54	664,45	130,05	1539,12	104,55	704,05	404,54

Rezultirajoče vrednosti obremenitev v plošči nad nosilcem dobimo z integracijo vzdolž sodelujoče širine. V polju so obremenitve:

$$M_{p,Ed,polje} = 108,44 \text{ kNm in}$$

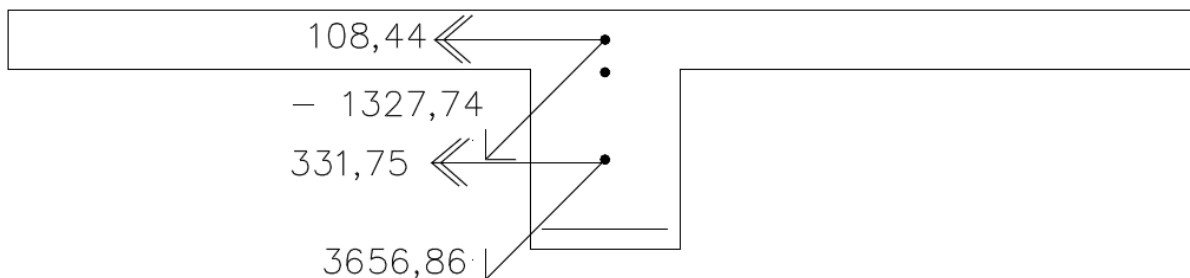
$$N_{p,Ed,polje} = - 1327,74 \text{ kN,}$$

ob vpetju plošče v vertikalne nosilne elemente pa:

$$M_{p,Ed,rob} = - 41,98 \text{ kNm,}$$

$$N_{p,Ed,rob} = 2313,8 \text{ kN.}$$

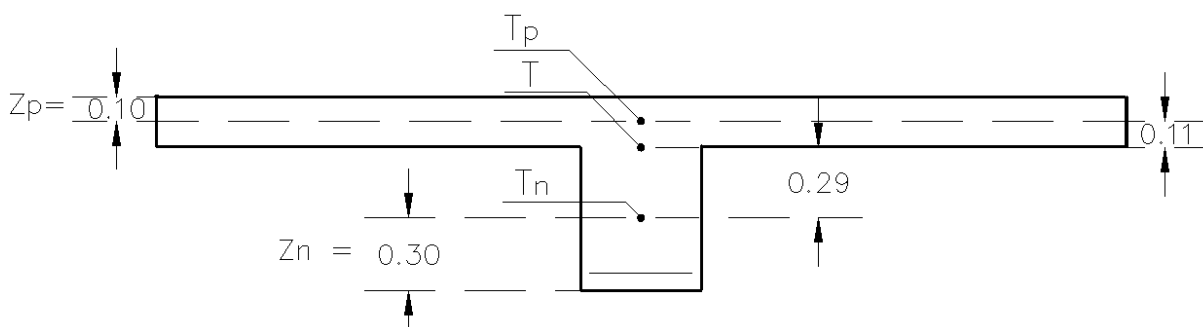
V nadaljevanju obremenitve iz nosilca in plošče združimo v obremenitve sestavljenega prereza.



Slika 26: Obremenitve v plošči in v nosilcu na sredini razpetine

5.2.1.3 Projektne obremenitve sestavljenega prereza

Na sliki 26 prikazujemo sestavljen prerez. Točka T_p označuje težišče plošče, ki je za $z_p = 10$ cm oddaljeno od zgornjega roba. V tej točki učinkujeta obremenitvi $M_{p,Ed}$ in $N_{p,Ed}$. Točka T_n označuje težišče nosilca pod ploščo, na tem mestu učinkujeta obremenitvi $M_{n,Ed}$ in $N_{n,Ed}$. Točka T_n je od spodnjega roba nosilca oddaljena za $z_n = 30$ cm. S T označimo težišče sestavljenega prereza, kamor prestavimo obremenitve iz plošče oziroma nosilca. Točka T je od spodnjega roba nosilca oddaljena za $z_T = 59$ cm.



Slika 27: Sestavljen prerez obravnavanega nosilca

Obremenitve v sestavljenem prerezu izračunamo ločeno za prerez v polju ter prerez ob podpori:

$$M_{Ed, polje} = M_{p,Ed, polje} - N_{p,Ed, polje} \cdot z_{p,T} + M_{n,Ed, polje} + N_{n,Ed, polje} \cdot z_{n,T} = 108,44 + 1327,74 \cdot 0,109 + 331,75 + 3656,86 \cdot 0,291 = 1649,1 \text{ kNm} \quad (5.5)$$

$$N_{Ed, polje} = N_{p,Ed, polje} + N_{n,Ed, polje} = -1327,74 + 3656,86 = 2329,1 \text{ kN} \quad (5.6)$$

$$M_{Ed, rob} = M_{p,Ed, rob} - N_{p,Ed, rob} \cdot z_{p,T} + M_{n,Ed, rob} + N_{n,Ed, rob} \cdot z_{n,T} = -41,98 - 2313,8 \cdot 0,109 - 349,83 - 237,6 \cdot 0,291 = -713,16 \text{ kNm} \quad (5.7)$$

$$N_{Ed, rob} = N_{p,Ed, rob} + N_{n,Ed, rob} = 2313,8 - 237,6 = 2076,2 \text{ kN} \quad (5.8)$$

V enačbah (5.5) – (5.8) sta $z_{p,T} = 10,9$ cm in $z_{n,T} = 29,1$ cm razdalji med težiščem plošče oziroma nosilca in težiščem sestavljenega prereza.

5.1.2.4 Dimenzioniranje armature v vzdolžni smeri nosilca

Za dimenzioniranje vzdolžne armature v prečnem prerezu v polju uporabimo geometrijske parametre $b/h/d = 400/80/73$ cm, kjer je b širina tlačne cone na zgornjem robu, h je višina prereza, d pa statična višina, t.j. razdalja med težiščem natezne (spodnje) armature in najbolj tlačnim robom betonskega

prereza (zgornji rob). Ob predpostavki, da se nevtralna os nahaja v plošči, lahko dimenzioniramo s koeficienti k_d , k_s in k_x za pravokotni prečni prerez.

Račun potrebne vzdolžne armature v polju:

$$M_{Eds} = |M_{Ed,polje}| - N_{Ed,polje} \cdot z_s = 1649,1 - 2329,1 \cdot 0,521 = 435,64 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{Eds}}{\alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{43564}{1,0 \cdot 2,0 \cdot 400 \cdot 73^2} = 0,0102$$

$$\varepsilon_s / \varepsilon_1 = 45/3,5 \text{ ‰}$$

$$k_d = 0,057$$

$$k_x = 0,072 \quad (x = k_x \cdot d = 5,3 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \rightarrow \text{nevtralna os leži v plošči})$$

$$k_s = 1,031$$

$$A_{s,n} = \frac{k_s \cdot M_{Eds}}{\sigma_s \cdot d} + \frac{N_{Ed}}{\sigma_s} = \frac{1,031 \cdot 43564}{43,48 \cdot 73} + \frac{2329,1}{43,48} = 67,72 \text{ cm}^2$$

Za dimenzioniranje vzdolžne armature v prečnem prerezu ob vpetju, kjer je upogibni moment negativnega predznaka, pa uporabimo naslednje geometrijske parametre $b/h/d = 50/80/73 \text{ cm}$. Dimenzioniramo s koeficienti k_d , k_s in k_x za pravokotni prečni prerez.

Račun potrebne vzdolžne armature ob vpetju:

$$M_{Eds} = |M_{Ed,rob}| - N_{Ed,rob} \cdot z_s = 713,16 - 2076,2 \cdot 0,139 = 424,57 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{Eds}}{\alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{42457}{1,0 \cdot 2,0 \cdot 50 \cdot 73^2} = 0,0797$$

$$\varepsilon_s / \varepsilon_1 = 30/3,5 \text{ ‰}$$

$$k_d = 0,081$$

$$k_x = 0,104$$

$$k_s = 1,045$$

$$A_{s,n} = \frac{k_s \cdot M_{Eds}}{\sigma_s \cdot d} + \frac{N_{Ed}}{\sigma_s} = \frac{1,045 \cdot 42457}{43,48 \cdot 73} + \frac{2076,2}{43,48} = 61,73 \text{ cm}^2$$

5.2.2 Dimenzioniranje nosilca z rezultati poenostavljene analize

V analizi upoštevamo sestavljen prečni prerez. Sestavljata ga AB nosilec s sodelujočo širino plošče $b_{\text{eff}} = 400 \text{ cm}$. Upoštevamo poenostavljen računski model linijskega nosilca, ki je na robovih delno vpet. Stalno in koristno obtežbo nosilca in plošče ustrezno pretvorimo v linijsko obtežbo:

$$g = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 25,0 + 8,305 \cdot 4,0 = 40,7 \text{ kN/m};$$

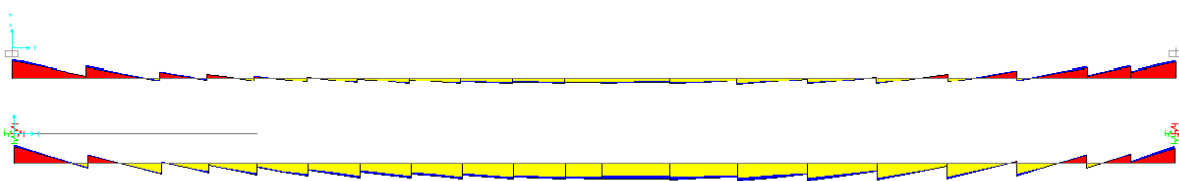
$$q = (3,0 + 0,5) \cdot 4,0 = 14,0 \text{ kN/m}.$$

Projektno vrednost obtežbe izračunamo skladno z osnovno kombinacijo vplivov za mejna stanja nosilnosti (glej enačbo 5.2):

$$q_{Ed} = 1,35 \cdot 40,7 + 1,5 \cdot 14,0 = 75,97 \text{ kN/m.}$$

5.2.2.1 Projektne obremenitve v sestavljenem elementu

Za račun obremenitev v polju sestavljenega elementa upoštevamo delno vpetost, za račun obremenitev ob podpori pa polno. Na sliki 28 prikazujemo ovojnico projektnih upogibnih momentov vzdolž sestavljenega elementa.



Slika 28: Ovojnica upogibnih momentov vzdolž sestavljenega elementa pri poenostavljeni analizi (zgoraj polno vpeti nosilec, spodaj delno vpeti)

Projektna vrednost upogibnega momenta na sredini razpetine sestavljenega elementa torej je:

$$M_{Ed, \text{polje}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{24} \right) \cdot q_{Ed} \cdot l_0^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{24} \right) \cdot 75,97 \cdot 15,80^2 = 15804 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed, \text{rob}} = -\frac{1}{12} \cdot q_{Ed} \cdot l_0^2 = -\frac{1}{12} \cdot 75,97 \cdot 15,80^2 = -15804 \text{ kNm.}$$

5.2.2.2 Dimenzioniranje armature v vzdolžni smeri sestavljenega elementa

Za dimenzioniranje vzdolžne armature v sestavljenem prečnem prerezu v polju uporabimo geometrijske parametre $b/h/d = 400/80/73$ cm. Ob predpostavki, da se nevtralna os nahaja v plošči, lahko dimenzioniramo s koeficienti k_d , k_s in k_x za pravokotni prečni prerez.

Račun potrebne vzdolžne armature v polju:

$$M_{Eds} = |M_{Ed, \text{polje}}| = 15804 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{Eds}}{\alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{158040}{1,0 \cdot 2,0 \cdot 400 \cdot 73^2} = 0,037$$

$$\varepsilon_s / \varepsilon_1 = 45/3,5 \text{ ‰}$$

$$k_d = 0,057$$

$$k_x = 0,072$$

$$k_s = 1,031$$

$$A_{s,n} = \frac{k_s \cdot M_{Eds}}{\sigma_s \cdot d} = \frac{1,031 \cdot 158040}{43,48 \cdot 73} = 51,34 \text{ cm}^2$$

Izberemo 8 palic $\Phi 30$ mm, tako je količina dejanske armature $A_{s,n,dej} = 56,55 \text{ cm}^2$.

Za dimenzioniranje vzdolžne armature v prečnem prerezu ob vpetju, kjer je upogibni moment negativnega predznaka, pa uporabimo naslednje geometrijske parametre $b/h/d = 50/80/73$ cm. Dimenzioniramo s koeficienti k_d , k_s in k_x za pravokotni prečni prerez.

Račun potrebne vzdolžne armature ob vpetju:

$$M_{Eds} = |M_{Ed,rob}| = 1580,4 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{Eds}}{\alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{158040}{1,0 \cdot 2,0 \cdot 50 \cdot 73^2} = 0,297$$

$$\varepsilon_s / \varepsilon_1 = 4/3,5 \text{ ‰}$$

$$k_d = 0,304$$

$$k_x = 0,567$$

$$k_s = 1,241$$

$$A_{s,n} = \frac{k_s \cdot M_{Eds}}{\sigma_s \cdot d} = \frac{1,241 \cdot 158040}{43,48 \cdot 73} = 61,8 \text{ cm}^2$$

Izberemo 8 palic $\Phi 32$ mm, dejanska količina armature je $A_{s,n,dej} = 64,34 \text{ cm}^2$.

6 PRIMERJAVA KOLIČIN ARMATURE V OBRAVNAVANI MEDETAŽNI KONSTRUKCIJI

V tem poglavju primerjamo količine potrebne armature v obravnavanih elementih stropne konstrukcije, ki smo jih določili v prejšnjem poglavju, s količinami vgrajene armature, ki smo jih odčitali iz projektne dokumentacije (armaturni načrti). Primerjamo spodnjo in zgornjo armaturo v plošči ter vzdolžno armaturo v nosilcih v prečni smeri plošče.

6.1 Primerjava količin armature v plošči

Mesta v plošči, kjer opravimo primerjavo količin armature, poimenujemo skladno s pozicijsko skico medetažne konstrukcije na sliki 21.

Preglednica 12: Primerjava količin armature v plošči

Lega		Smer	Količina armature [cm ²]	
			Izračun	Armaturni načrt
Spodnja armatura	v polju POZ 102 (plošča med prečnima nosilcema)	x	3,98	5,03
		y	2,26	5,03
	v vogalu POZ 101 (skrajno levo polje stropne plošče)	x	8,26	8,95
		y	3,75	5,03
	v vogalu POZ 104 (skrajno desno polje stropne plošče)	x	3,2	4,79
		y	2,26	4,79
	v polju POZ 104	x	3,09	2,83
		y	2,26	2,83
v polju POZ 105 (plošča stopniščenega jedra)	x	2,26	3,85	
	y	2,26	3,85	
Zgornja armatura	na stiku POZ 102-102 (nad glavnimi prečnimi nosilci)	x	2,26	5,03
		y	2,26	5,03
	desni rob POZ 104 (ob steni)	x	2,26	5,03
		y	6,29	5,03
	v vogalu POZ 101 (skrajno levo polje stropne plošče)	x	5,06	10,06
y		3,53	5,03	

Ko primerjamo količine spodnje armature ugotovimo, da se rezultati bistveno ne razlikujejo. Majhna odstopanja so najverjetneje posledica dejstva, da količine armature, ki smo jih odčitali iz armaturnih načrtov v projektni dokumentaciji, pripadajo dejansko vgrajeni armaturi, ki je zagotovo večja od potrebne količine, teh vrednosti iz projekta pa žal ne poznamo.

Večja odstopanja opazimo pri primerjavi količin zgornje armature v plošči. Žal pa dostopa do statičnih izračunov plošče nismo imeli, zato lahko zgolj domnevamo o značilnostih računskega modela, ki ga je projektant uporabil pri analizi obravnavane medetažne konstrukcije. Glede na količino zgornje armature lahko sklepamo, da je projektant nosilce v prečni smeri obravnaval na drugačen način, poleg tega je predpostavil različno vpetje plošče v obodne stene in stebre.

6.2 Primerjava količin armature v nosilcu

Primerjavo količin računsko potrebne in dejansko vgrajene vzdolžne armature v nosilcu opravimo za prečni prerez na sredini razpetine ter ob vpetju v steber. Rezultate podajamo v preglednici 13.

Preglednica 13: Primerjava armature v prečnem nosilcu

Lega	Količina armature v y smeri [cm ²]		
	SAP2000	Poenostavljen postopek	Armaturni načrt
na sredini razpetine – spodnja armatura	67,72	56,55	24,54
ob vpetju – zgornja armatura	61,73	61,8	49,57

Ugotovimo precejšnje odstopanje med izračunano in dejansko količino vgrajene armature, predvsem v prečnem prerezu nosilca na sredini razpetine. Dodatno ugotovimo, da analiza in dimenzioniranje nosilca s poenostavljenim računskim modelom linijskega nosilca nima bistvenega vpliva na potrebno količino vzdolžne armature. Glede na občutno manjšo količino spodnje armature v polju nosilca lahko ponovno sklepamo, da je projektant nosilce analiziral ob predpostavki večjega vpetja v obodne stene in stebre. Za natančnejšo oceno bi bil nujen vpogled v projektno dokumentacijo in statični izračun nosilne konstrukcije stavbe, kar pa nam ni bilo omogočeno. Razlog lahko tiči tudi v nepopolnosti podatkov o konstrukciji, ki so nam bili na voljo, in ki lahko pomembno vplivajo na uspešnost in natančnost analize.

7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo projektirali in dimenzionirali medetažno konstrukcijo prvega nadstropja Tehnološkega parka In Prime. Za obravnavan objekt smo pridobili ustrezne arhitekturne podloge in armaturne načrte, ne pa statičnega izračuna nosilne konstrukcije stavbe. Analizo obravnavane stropne konstrukcije smo opravili s pomočjo ravninskega računskega modela konstrukcije, ki smo ga izdelali v programu SAP 2000. Po obodu je bila plošča podprta s stenami, stebri in togimi prekladami, v polju pa s prečnimi nosilci. Ploščo smo modelirali s štiri-vozliščnimi ploskovnimi končnimi elementi, prečne nosilce pod ploščo pa z linijskimi končnimi elementi, ki smo jih ustrezno povezali s ploščo. Na mestu sten, stebrov in togih preklad smo ploščo nepomično podprli. Za analizo prečnih nosilcev smo izdelali tudi poenostavljen računski model linijskega nosilca.

Primerjali smo količino računsko potrebne in dejansko vgrajene armature tako v plošči kot v prečnih nosilcih. Količino vgrajene armature v obravnavane dele konstrukcije smo razbrali iz armaturnih načrtov. Za ploščo smo ugotovili, da sta količini spodnje armature primerljivi, večja odstopanja pa smo opazili pri zgornji armaturi. Glede na večjo količino vgrajene zgornje armature smo sklepali, da je projektant nosilce v prečni smeri obravnaval na drugačen način, poleg tega je predpostavil drugačno (najverjetneje večjo) stopnjo vpetja plošče v obodne stene in stebre.

Precejšnje odstopanje med računsko potrebno in dejansko količino vgrajene armature smo ugotovili v prečnem prerezu nosilca na sredini razpetine, pri tem pa analiza in dimenzioniranje nosilca s poenostavljenim računskim modelom linijskega nosilca ni imela bistvenega vpliva na potrebno količino vzdolžne armature. Vgrajene je bilo manj armature kot je bila računsko potrebna. Ponovno lahko sklepamo, da je projektant nosilce analiziral ob predpostavki večjega vpetja v obodne stene in stebre. Za natančnejšo oceno bi bil nujen vpogled v projektno dokumentacijo in statični izračun nosilne konstrukcije stavbe.

VIRI

Beg, D. (ur.), Pogačnik, A. (ur.) 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po standardih Evrokod. Ljubljana, Inženirska Zbornica Slovenije: 1077 str.

Študijsko gradivo Katedre za masivne in lesene konstrukcije.2010.
<http://www.fgg.uni-lj.si/kmlk/KMLK-studijsko%20gradivo.htm>
(Pridobljeno 8. 8. 2012)

Kovinar d.o.o. Jesenice. 2009. <http://www.kovinar.pittini.it/slo/>
(Pridobljeno 25. 8. 2012)

Rombach, G. A. 2004. Finite element design of concrete structures. London, Thomas Telford Publishing: 285 str.

[1] Wood R.H., The reinforcement of slabs in accordance with a pre-determined fields of moments, Concrete, vol. 2, No. 2, str. 69-76, 1968.

[2] Armer G.S.T., Dicsussion on “The reinforcement of slabs in accordance with a pre-determined fields of moments”, Concrete, vol. 2, No. 8, str. 319-320, 1968.