

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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
SMER OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

**ADMIR JUNUZOVIĆ**

**PRIMERJAVA OPAŽNIH SISTEMOV PRI GRADNJI AB  
KONSTRUKCIJE**

Diplomska naloga št.: 454/SOG

**COMPARISON OF FORM WORK SYSTEMS FOR RC  
CONSTRUCTION**

Graduation thesis No.: 454/SOG

**Mentorica:**

izr. prof. dr. Jana Šelih

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

Ljubljana, 30. 3. 2012

## **ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Admir Junuzović izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom  
»Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije«.

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

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

Ljubljana,.....

(podpis kandidata)

## **BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 69:666.982(043.2)  
**Avtor:** Junuzović Admir  
**Mentor:** izr. prof. dr. Jana Šelih  
**Naslov:** Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije  
**Tip dokumenta:** Diplomaska naloga  
**Obseg in oprema:** 75 str., 10 pregl., 46 sl., 9 pril.  
**Ključne besede:** opaž, opažni sistem, beton, armirani beton

### **Izvleček**

Vedno hitrejši razvoj novih tehnologij ni obšel industrije opažev. Opažni sistemi postajajo vedno bolj specializirani in sofisticirani. Iz tega razloga postaja izbira opažnega sistema vedno bolj zapleten proces. Načrtovalec mora za potrebe pravilne izbire opažnih sistemov poleg dobrega poznavanja opažev poznati tudi pogoje na območju, kjer bo gradnja potekala. V diplomski nalogi so obravnavani dejavniki, ki vplivajo na izbiro opaža. Primerjani so klasični opažni sistem VARIO GT24 in moderna »panelna« sistema TRIO in MAXIMO. Skozi načrtovanje so predstavljeni dejavniki konstrukcije in v določeni meri dejavniki izvajalca. Različni pristopi opažnih sistemov se odražajo v različnem pristopu k načrtovanju. Pri klasičnih opažih načrtujemo konstrukciji prilagojene opažne elemente, ki jih je treba razporediti zasnovi primerno, medtem ko panelni sistemi zahtevajo konstrukciji in zahtevam prilagojeno razporeditev vnaprej pripravljenih elementov. Analiza dejavnikov opaža obravnava prednosti, ki jih prinesejo različni opažni sistemi. Kot najprimernejši opažni sistem za izvedbo obravnavanega objekta v podanih pogojih se izkaže sistem VARIO GT. V podanih pogojih se materialni stroški izkažejo kot najpomembnejši kriterij. Analiza prikazuje vpliv, ki jih imajo preostali dejavniki izbire na izbiro opaža. V primernih pogojih postanejo le-ti relevantnejši od materialnih stroškov zato jih je pri izbiri potrebno upoštevati.



## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 69:666.982(043.2)  
**Author:** Admir Junuzović  
**Supervisor:** izr. prof. dr. Jana Šelih  
**Title:** Comparison of formwork systems for reinforced concrete construction  
**Document Type:** Graduation Thesis  
**Scope and tools:** 75 p., 10 tab., 46 fig., 9 ann.  
**Key Word:** Formwork, Formwork systems, concrete, reinforced concrete

### **Abstract**

Rapid development of new technologies has not bypassed formwork industry. Formwork systems are becoming ever more specialized and sophisticated making the choice of the most suitable system an intricate process. Along with formwork properties, the designer has to be familiar with local factors of choice. This thesis deals with these formwork choice factors and compares the classical formwork system, VARIO GT24, and modern »panel« formwork systems, TRIO, and MAXIMO. Through design, construction and contractor dependent factors are introduced. Differences between formwork concepts are immediately apparent. Classical systems elements are designed according to the construction requirements and positioned according to the design. Panel systems provide already prepared elements which are positioned in such fashion that they meet the construction requirements. This thesis analyses the advantages of all three systems. In given conditions the use of VARIO GT 24 formwork system is the most suitable solution. Material costs are the critical criteria of choice in the circumstances. Analysis shows the influences other factors of choice have on the formwork selection. In given circumstances they don't influence the choice, however they can't be ignored because they can become relevant in appropriate conditions.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici izr. prof. dr. Jani Šelih za strokovno pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se vsem v podjetju PERI GmbH za strokovno pomoč, izvrstne pogoje in podporo med pripravo diplomske naloge.

Prijateljem in sošolcem hvala za vso pomoč in prijateljstvo. Vsem, ki so dvomili vame, pa hvala za neskončen vir motivacije.

Posebna zahvala gre mojima staršema. Za nesebično odrekanje in brezpogojno podporo pripadajo zasluge za to diplomsko nalogo bolj njima kot meni. Onadva sta opravila težji del dela, jaz sem moral samo sodelovati.

## KAZALO VSEBINE

<b>BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA.....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>VI</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>IX</b>
<b>KAZALO SLIK.....</b>	<b>X</b>
<b>KAZALO PRILOG .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Opredelitev problema .....	1
1.2 Namen.....	2
<b>2 SPLOŠNO O OPAŽIH.....</b>	<b>3</b>
2.1 Zahteve .....	3
2.1.1 Mejno stanje nosilnosti .....	3
2.1.2 Mejno stanje uporabnosti.....	4
2.1.3 Ekonomičnost .....	4
2.1.4 Varnost .....	4
2.2 Tehnologija opaženja skozi čas .....	5
2.2.1 Leseni opaži.....	5
2.2.2 Kovinski opaži.....	7
2.2.3 Opaži iz umetnih snovi.....	10
<b>3 OPAŽNI SISTEMI PERI .....</b>	<b>11</b>
3.1 O podjetju .....	11
3.2 Obravnavani stenski opažni sistemi .....	12
3.2.1 Opažni sistem VARIO GT 24.....	12
3.2.2 Opažni sistem TRIO .....	16
3.2.3 Opažni sistem MAXIMO .....	20
<b>4 STANDARDI IN PREDPISI .....</b>	<b>23</b>
4.1 Konstrukcijski standardi.....	23

4.2	Standardi varstva pri delu.....	26
<b>5</b>	<b>OPIS OBJEKTA.....</b>	<b>29</b>
5.1	Gabariti objekta .....	29
5.2	Konstrukcija.....	29
<b>6</b>	<b>OPAŽENJE .....</b>	<b>32</b>
6.1	Predpostavke in poenostavitve .....	33
6.2	Priprava na načrtovanje .....	35
6.2.1	Pregled rešitev opaženja v sklopu ponudbe .....	35
6.2.2	Pregled načrtov in uvoz v PERIcad .....	36
6.2.3	Zasnova opažev .....	36
6.2.4	Določitev vplivne širine tlačno-nateznih opor.....	39
6.2.4.1	Določitev tlaka pri končni hitrosti .....	40
6.2.4.2	Določitev maksimalne velikosti vplivnega območja tlačno-nateznih opor ....	41
6.3	Načrtovanje opažev.....	42
6.3.1	VARIO GT 24.....	42
6.3.1.1	Določitev prereza opaža .....	43
6.3.1.2	Določitev tlorisa opaža .....	46
6.3.1.3	Izbira gradnikov opaža .....	48
6.3.1.4	Razporeditev opažnih elementov in vezi .....	51
6.3.1.5	Deformacije .....	53
6.3.2	TRIO .....	54
6.3.2.1	Določitev prereza opaža .....	54
6.3.2.2	Razporeditev panelov .....	56
6.3.3	MAXIMO .....	58
6.3.3.1	Razporeditev panelov .....	58
<b>7</b>	<b>ANALIZA.....</b>	<b>60</b>
7.1	Stroški materiala.....	61
7.2	Stroški sestave .....	63
7.3	Čas opaženja .....	65
7.4	Čas izvedbe.....	67
7.5	Cena dela .....	69

<b>8 ZAKLJUČKI .....</b>	<b>71</b>
8.1 Zaključki načrtovanja.....	71
8.2 Zaključki analize .....	71
<b>VIRI.....</b>	<b>73</b>
<b>PRILOGE.....</b>	<b>76</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava Rešetkastega nosilca GT 24 z nosilcem VT 20 (Handbook 2008: Formwork and Scaffolding Engineering, 2007, str. 200).....	16
Preglednica 2: Kategorije terena in terenski parametri (SIST EN 1991-1-4:2005, str. 18) ....	41
Preglednica 3: Višinski potek opaženja .....	56
Preglednica 4: Materialni stroški opažnega sistema VARIO GT 24 .....	61
Preglednica 5: Materialni stroški opažnega sistema TRIO .....	62
Preglednica 6: Materialni stroški opažnega sistema MAXIMO .....	62
Preglednica 7: Število komponent, potrebnih za izdelavo opaža .....	63
Preglednica 8: Stroški sestave opaža VARIO GT 24 .....	64
Preglednica 9: Stroški uporabe opažnih sistemov VARIO GT 24, TRIO in MAXIMO.....	66
Preglednica 10: Stroški uporabe opaža v Nemčiji .....	67

## KAZALO SLIK

Slika 1: Leseni opaž ( <a href="http://www.burmor.co.uk">http://www.burmor.co.uk</a> , 2011) .....	5
Slika 2: Uporaba žaganega lesa pri vidnem betonu (Fairfaced Concrete, 2002, str. 1) .....	6
Slika 3: Površina betona pri uporabi žaganega lesu (Fairfaced Concrete, 2002, str. 1).....	6
Slika 4: Izdelava enkratnega opaža.....	7
Slika 5: Stroški armiranobetonskega zidu širine 300 mm pri uporabi klasičnih metod opaženja (TRIO, 2011, str. 1).....	8
Slika 6: Jekleni opažni sistem MAXIMO (MAXIMO, 2011, str. 10) .....	9
Slika 7: Opažni sistem iz umetnih mas ( <a href="http://www.epiceco.com">http://www.epiceco.com</a> , 2012).....	10
Slika 8: Proizvodni obrat podjetja PERI leta 1973 ( <a href="http://www.peri.de">http://www.peri.de</a> , 2012).....	11
Slika 9: Proizvodnja lesenih nosilcev leta 1969 ( <a href="http://www.peri.de">http://www.peri.de</a> , 2012).....	11
Slika 10: Gradniki opažnega sistema VARIO GT 24 .....	12
Slika 11: VARIO GT 24 v praksi (VARIO GT 24, 2011, str. 4).....	13
Slika 12: Statični model opažnega sistema VARIO 24 GT .....	14
Slika 13: Rešetkasti nosilec GT 24 (Handbook 2008: Formwork and Scaffolding Engineering, 2007, str. 200).....	15
Slika 14: Pregled panelnih elementov TRIO (TRIO, 2011, str. 10).....	17
Slika 15: Uporaba jaškovnega elementa TRIO (TRIO, 2011, str. 29).....	18
Slika 16: Dvig jaškovnega opaža TRIO (TRIO, 2011, str. 29) .....	18
Slika 17: Spojka BFD (TRIO, 2011, str. 1).....	19
Slika 18: Popravilo vezane plošče z diski (TRIO, 2011, str. 29) .....	20
Slika 19: Opažni sistem MAXIMO (MAXIMO, 2011, str. 1).....	21
Slika 20: Nova oblika odprtin za vezi pri elementih MAXIMO in vezi MX (MAXIMO, 2011, str. 3).....	22
Slika 21: Tloris 16. etaže obravnavanega objekta .....	31
Slika 22: Odvisnost nosilnih odrov in opažev .....	32
Slika 23: Skica pritiska sveže betonske mešanice na opaž.....	34
Slika 24: Skica opažnih sistemov plošč iz ponudbe .....	35
Slika 25: Tloris jedra 16. etaže .....	36
Slika 26: Dovoljeni položaj sider nosilnega odra pri opažnem sistemu MAXIMO.....	37
Slika 27: 16. etaži prilagojena zasnova nosilnih odrov .....	38
Slika 28: Skica razopazovanja.....	39
Slika 29: Skica razporeditve koeficientov tlaka (Product Information: Wall Formwork, Push Pull Props, 2011, str. 2) .....	42
Slika 30: Dejavniki določanja višine opaža .....	43

Slika 31: Izvleček tabele za določitev obtežne kombinacije opaža VARIO GT 24 (Design Tables 2008: Formwork and Shoring, 2007, str. 21) .....	44
Slika 32: Izbrani prerez opažnega sistema VARIO GT 24.....	45
Slika 33: Razporeditev opažnih plošč.....	46
Slika 34: Graf deformacij v odvisnosti od pritiska sveže betonske mešanice za vezane plošče, debeline 21 mm (Design Tables 2008: Formwork and Shoring, 2007, str. 11) .....	47
Slika 35: Določitev tipičnih vplivov ob polni nosilnosti vezi DW15 .....	49
Slika 36: Profil U100 .....	50
Slika 37: Statična analiza elementa VARIO GT 24 za orodjem Continuous Beam .....	52
Slika 38: Izbrani prerez opažnega sistema TRIO .....	55
Slika 39: Izbrani prerez opažnega sistema MAXIMO .....	59
Slika 40: Dejavniki izbire opaža .....	60
Slika 41: Primerjava materialnih stroškov .....	63
Slika 42: Primerjava stroškov opaženja z upoštevanjem materialnih stroškov in stroškov montaže .....	65
Slika 43: Primerjava stroškov opaženja z upoštevanjem materialnih stroškov, stroškov montaže in stroškov uporabe.....	66
Slika 44: Graf odvisnosti stroškov opaža od časa uporabe .....	68
Slika 45: Graf odvisnosti stroškov opaža od cene dela .....	69
Slika 46: Graf odvisnosti stroškov opaženja od cene dela .....	70



## **KAZALO PRILOG**

- PRILOGA A1: Opažni načrt VARIO GT24 – Generalna razporeditev
- PRILOGA A2: Opažni načrt VARIO GT24 – Stranski pogled
- PRILOGA A3: Detajlni seznam komponent opažnega sistema VARIO GT24
- PRILOGA B1: Opažni načrt TRIO – Generalna razporeditev
- PRILOGA B2: Opažni načrt TRIO – Stranski pogled
- PRILOGA B3: Detajlni seznam komponent opažnega sistema TRIO
- PRILOGA C1: Opažni načrt MAXIMO – Generalna razporeditev
- PRILOGA C2: Opažni načrt MAXIMO – Stranski pogled
- PRILOGA C3: Detajlni seznam komponent opažnega sistema MAXIMO

## 1 UVOD

### 1.1 Opredelitev problema

Pri izdelavi armiranobetonskih in betonskih elementov so opaži ključen pomožni material, ki zagotavlja, da se element oblikuje skladno s projektno dokumentacijo. Beton začne svoj življenjski cikel kot sveža betonska mešanica, ki je židka snov, sposobna, da zavzame obliko kalupa ali opaža, kamor jo vgrajujemo. Zaradi hidratacijskih procesov, ki potekajo v svežem betonu, se struktura betona po vgrajevanju spremeni; beton postane trden material z mehanskimi in trajnostnimi lastnostmi, ki smo jih predvideli v projektni dokumentaciji. Med hidratacijskim procesom je funkcija opaža tudi varovanje betona pred zunanjimi vplivi. Izbira opažnih sistemov ter način opaževanja bistveno vplivata tako na videz objekta, kakovost elementov in na učinkovitost ter hitrost same gradnje.

Z razvojem tehnologije in industrializacijo se je izbira opažev drastično povečala. Danes je na trgu na voljo veliko število proizvodov za opaženje. Na voljo so specializirani sistemi za posamezne vrste konstrukcij, s čimer dosegajo proizvajalci opažev večjo konkurenčnost na trgu in ponujajo izvajalcem bolj ekonomične rešitve.

Opazne sisteme delimo na dve osnovni kategoriji: klasične in moderne »panelne« opažne sisteme. Klasični sistemi so sestavljeni iz primarnih in sekundarnih nosilcev, opažne plošče ter velikega števila manjših delov in jih na gradbišču sestavljamo v opažne elemente. Cena gradnikov teh opažev je nizka, za njihovo uporabo pa je potrebnega veliko dela, zato so primernejši za trge s cenejšo delovno silo. Alternativa klasičnim opažem so panelni ter prostorski opaži. Panelni opažni sistemi so sestavljeni iz jeklenega ali aluminijastega okvirja, na katerega je pritrjena opažna plošča, in dodatkov, ki omogočajo sestavljanje in uporabo sistema. Ti sistemi so dražji od klasičnih, njihova prednost pa je, da sestava posameznega panela ni potrebna. To pomeni, da je za njihovo uporabo potrebnega manj dela. Takšni sistemi opaževanja so torej primerni za uporabo na območjih, kjer so stroški dela visoki.

Izbira najprimernejšega opažnega sistema je na prvi pogled preprosta. Natančnejši pogled na to izbiro pa pokaže, da poteka delo s panelnimi sistemi praviloma bistveno hitreje. Pri odločanju o načinu opaževanja moramo upoštevati tudi dejstvo, da je treba ob večkratni uporabi klasičnih opažev brez njihovega spreminjanja le-te sestaviti samo enkrat. V tem primeru nizki materialni stroški upravičijo enkratni strošek sestave ob dovolj dolgi uporabi. Načrtovalec opaža je tako poleg dobrega poznavanja samih opažnih sistemov primoran tudi dobro poznati ekonomsko situacijo trga na lokaciji bodoče konstrukcije.

## 1.2 Namen

Motivacija za temo moje diplomske naloge izvira iz izkušenj, pridobljenih ob obisku nemških gradbišč v Ulmu in Münchnu. Na prvem izmed gradbišč se je eden od izvajalcev samovoljno odločil za preizkus novega opažnega sistema, ki omogoča hitrejše čase opaženja. Na gradbišču je bila že prisotna lastna opažna oprema izvajalca, vendar se je podjetje kot posledica izmenjave izkušenj med inženirji različnih izvajalcev odločilo izposoditi novo opremo, ki je obetala zmanjšanje stroškov dela z opažem. V drugem primeru pa je izvajalec investitorju predstavil novo, dražjo rešitev izvedbe projekta, ki je omogočala končanje projekta pred predvidenim rokom. Ocenjeni prihodki grajenega objekta so bili v prihranjenem času višji od stroška alternativne izvedbe, zato se je investitor brez dileme odločil za dražji način izvedbe.

Namen moje diplomske naloge je zato primerjava treh različnih stenskih opažnih sistemov podjetja PERI GmbH na primeru armiranobetonske konstrukcije. Identificirati želim relevantne dejavnike za izbiro in na podlagi sistematične analize izbrati najprimernejši opažni sistem za dano lokacijo in konstrukcijo.

## 2 SPLOŠNO O OPAŽIH

Opaž je pomožna začasna konstrukcija, ki omogoča sveži betonski mešanici pridobivanje oblike in določa njen položaj. Njegova naloga je določanje oblike, prevzem lastne teže betona, dokler ta ne pridobi svoje trdnosti, in prevzem vseh obremenitev, ki se pojavljajo med postopkom vgradnje betona (SIST EN 13670:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij).

### 2.1 Zahteve

Opaže je treba načrtovati tako, da so:

- v skladu z zahtevami o mejnem stanju nosilnosti,
  - v skladu z zahtevami o mejnem stanju uporabnosti,
  - ekonomični,
  - varni za uporabo
- (SIST EN 13670:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij).

#### 2.1.1 Mejno stanje nosilnosti

Opaž mora biti sposoben prevzeti vse obtežbe, ki se pojavijo med vgradnjo betona.

Prenesti mora:

- lastno težo,
  - lastno težo betona,
  - lastno težo armature,
  - vpliv vetra,
  - vpliv snega,
  - težo delavcev, potrebnih za vgradnjo,
  - težo orodij, potrebnih za vgradnjo,
  - vplive vibratorjev,
  - vpliv črpalke,
  - vplive ostalih dodatkov opažu in obtežbe kot posledico le-teh
- (SIST EN 13670:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij).

Vplive (npr. začasne obtežbe) je mogoče uporabiti tudi v korist opažu. Pri opaženju plošč lahko na primer opaž zavarujemo pred vzgonom, če zagotovimo, da armirači skladiščijo armaturo na opažu takoj po postavitvi. Seveda pri tem ne smejo prekoračiti nosilnosti opaža.

### 2.1.2 Mejno stanje uporabnosti

Z opažem moramo zagotoviti, da bo končni izdelek zavzel zahtevano geometrijsko obliko. Znotraj predpisanih toleranc morajo biti tudi deformacije in ravnost končnega izdelka. Končni videz betonske površine in eventualni vzorci morajo biti skladni z zahtevami.

### 2.1.3 Ekonomičnost

Ekonomičnost opažev zagotavljamo na več načinov. Primarna je pravilna izbira sistema opaženja, na katero vplivajo mnogi dejavniki. Najboljši in najdražji opaž ne prinese nikakršne dodane vrednosti tam, kjer ni potrebe po njem.

V splošnem naj bo opaž:

- prilagojen konstrukciji,
- učinkovit,
- preprost in enostaven za uporabo,
- hiter,
- varen

(Krumboltz Hurd, 2005).

### 2.1.4 Varnost

Pri izvajanju betonskih konstrukcij je varnost še posebej pomembna, ko imamo opravka z delom na višini, kjer so lahko že minimalne napake usodne. Opaž in njegovi dodatki morajo ob predvideni uporabi zagotavljati varno okolje. Definicija varnosti na različnih lokacijah se razlikuje in je prilagojena ekonomskim dejavnikom. Varnostni predpisi so vezani na lokacijo in ekonomsko stanje območja, kjer se konstrukcija izvaja. Varnost načeloma zagotavljamo z uporabo varnostnih dodatkov ali v izjemnih primerih s posebnim opažnim sistemom, ki je prilagojen varnostnim predpisom (npr. novi francoski varnostni predpisi so tako strogi, da zahtevajo uporabo posebej prilagojenih opažnih sistemov). Obseg in količina varnostne opreme sta prilagojena varnostnim predpisom in vrsti konstrukcije.

## 2.2 Tehnologija opaženja skozi čas

### 2.2.1 Leseni opaži

Les je zaradi svojih lastnosti in pogostosti postal prvi material, iz katerega so bili narejeni opaži. Nizka teža, dobre trdnostne karakteristike, fleksibilnost, preprosta uporaba in relativno nizka cena so lastnosti, zaradi katerih je les ostal do danes nepogrešljiv pri izdelavi vseh vrst opažev. Prvotni primitivni opaži so bili sestavljeni iz desk, gred in žebeljev, premazani so bili z oljem in medsebojno povezani z žico in železnimi trakovi. Zgrajeni so bili na mestu bodoče konstrukcije in po enkratni uporabi so jih podrli. Za ponovno uporabo pa so bile primerne samo posamezne deske ali grede (Krumboltz Hurd, 2005).



Slika 1: Leseni opaž (<http://www.burmor.co.uk>, 2011)

Prednost tradicionalnih lesenih opažev je vsekakor nizka cena in fleksibilnost, saj je možno izvesti opaž poljubne oblike. Glavne slabosti pa so enkratna uporaba in majhna količina lesa, ki jo je možno znova uporabiti, slaba kakovost betonske površine ter velika količina dela, ki je potrebna za izdelavo lesenega opaža, zato so še posebej neprimerni za večje objekte. (Krumboltz Hurd, 2005)

Moderna optimizirana različica lesenega opaža v veliki večini odpravi pomanjkljivost ponovne uporabe elementov. Sestavljena je iz sistema primarnih in sekundarnih nosilcev, prekritih z

opažno ploščo. Osnovni gradniki so medsebojno povezani s sistemom prilagojenimi pritrdilnimi komponentami, ki se pojavljajo v velikem številu zaradi velikega števila vozlišč med gradniki. Uporaba opažnih plošč je omejena, deloma zato, ker se plošče hitro poškodujejo (ker so v neposrednem stiku z betonom), deloma pa zato, ker se raster elementov, ki jih izdelujemo, spreminja in tako je ob novi uporabi pogosto potrebna drugačna dimenzija plošč.

V sodobnem času so arhitekti začeli uporabljati slabosti lesenih opažev sebi v prid. Z uporabo žaganega lesa pri opaženju namreč vidnemu betonu dodajo teksturo in vzorec, s čimer je nekdanja slabost postala nova uporaba.



Slika 2: Uporaba žaganega lesa pri vidnem betonu (Fairfaced Concrete, 2002, str. 1)

Slika 3: Površina betona pri uporabi žaganega lesu (Fairfaced Concrete, 2002, str. 1)

Danes se leseni opaži uporabljajo na območjih z nizko ceno delovne sile, kjer uporaba dražjih sistemov ni smiselna. V manjšem obsegu je les nepogrešljiv tudi pri kovinskih opažih, saj s svojo fleksibilnostjo dopolnjuje modularno naravo jeklenih sistemov. Vedno bolj zapletene oblike, ki jih uporabljajo arhitekti, in vedno bolj kompleksni projekti zagotavljajo prisotnost lesa pri opaženju tudi v prihodnosti. Pri izdelavi enkratnih opažev ali opažev posebne oblike se namreč ostali materiali ne morejo niti približati prednostim, ki jih ponuja les.



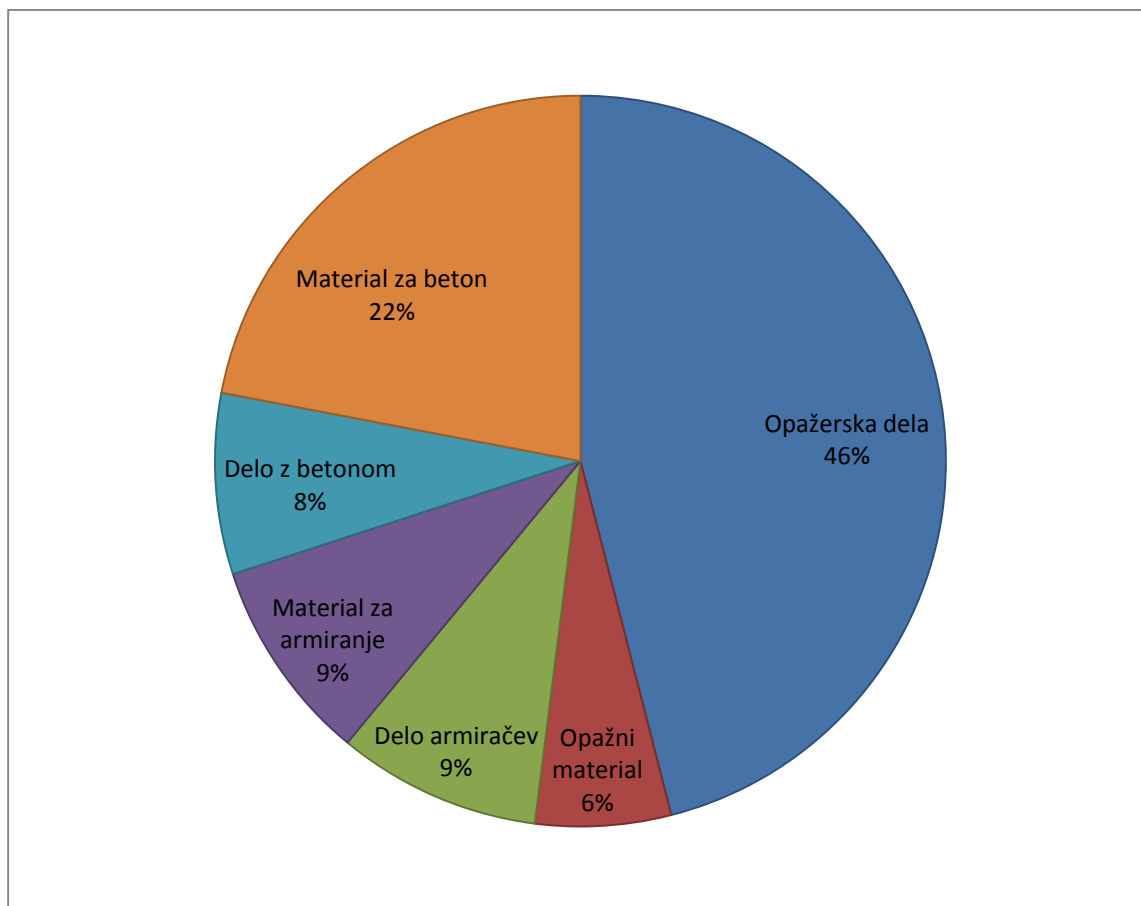


Slika 4: Izdelava enkratnega opaža

### 2.2.2 Kovinski opaži

Industrializacija in dvig cen dela v razvitem svetu sta tlakovali pot razvoju kovinskih opažev. Slabost tradicionalnih in tudi modernih lesenih opažev je, da je za njihovo sestavo in uporabo potrebnega veliko časa. To pomeni, da moramo pri večkratni uporabi klasičnega lesenega opaža, kjer potrebujemo različne lastnosti opaža, le-tega večkrat sestaviti in razstaviti. Pri tem seveda vsakokrat povišamo skupne stroške dela in materiala. Ko temu dodamo rast cen dela, ki pri opaženju znaša med 35 % in 60 % (Krumboltz Hurd, 2005) cene končnega izdelka, vidimo upravičenost uporabe dražjih kovinskih opažev.





Slika 5: Stroški armiranobetonskega zidu širine 300 mm pri uporabi klasičnih metod opaženja (TRIO, 2011, str. 1)

V zgodovini so se sprva pojavili kovinski opaži za delo pod zemeljsko površino, sledili so jim preprosti okvirji za gradnjo cest (Krumboltz Hurd, 2005). Moderni jekleni ali aluminijasti panelni sistemi so sestavljeni iz kovinskega ogrodja v kombinaciji z opažno ploščo, ki se razlikujejo od proizvajalca do proizvajalca. Največkrat je polnilo vezana plošča, prevlečena s fenolno oblogo, ki znatno podaljša življenjsko dobo plošč. Poleg tradicionalnih vezanih plošč se vedno bolj uveljavljajo polnila iz umetnih mas, ki imajo velik potencial za prihodnost. Poglavitna razlika med aluminijastimi in jeklenimi sistemi je seveda teža. Aluminijasti sistemi so večinoma prilagojeni ročnemu vgrajevanju in tako eliminirajo potrebo po dvigalih in žerjavih.



Slika 6: Jekleni opažni sistem MAXIMO (MAXIMO, 2011, str. 10)

Prednosti kovinskih opažev so majhno število delovnih ur, potrebnih za sestavljanje in razstavljanje, preprosta uporaba ter modularnost. Posamezni panel potrebuje zelo malo pripravljalnega dela in je takoj pripravljen za uporabo. Pred uporabo je treba panele premazati z opažnim oljem, jih nato sestaviti v želeno obliko in po uporabi očistiti. V veliki večini primerov opažnih panelov ni treba modificirati; le v izjemnih primerih se lahko pojavi potreba po spremembi opažnih plošč, nikakor pa ne samega okvirja.

Več medsebojno pritrjenih panelov je možno tudi transportirati brez razstavljanja, kar še dodatno zmanjšuje čas opaženja. Slabost sistema pa je vsekakor visoka cena, zaradi katere so kovinski opaži rentabilnejši pri velikem številu raznovrstnih uporab ali kratkotrajni uporabi.

### 2.2.3 Opaži iz umetnih snovi

Opaži iz umetnih snovi so relativno nov izdelek. Pojavili so se v bližnji preteklosti in vztrajno višajo svoj delež na trgu. Njihove prednosti so predvsem prilagodljivost mehanskih lastnosti (s spreminjanjem materiala izdelave), možnost recikliranja in majhna teža. Zaradi naštetih lastnosti ima ta vrsta opažev relativno visoko ceno. V teoriji so umetni kompoziti popoln material za izdelavo opažev, saj lahko z njimi zasujemo poljubno obliko opažnega elementa. Večina zelo kakovostnih umetnih mas na tržišču žal dosega relativno visoko ceno, saj so namenjene uporabi v drugih industrijskih panogah in ne v gradbeništvu. Izkušnje kažejo, da izvajalci pri kovinskih sistemih z opažnimi ploščami iz umetnih mas ne dosegajo predvidenega števila uporab. Zato ob zamenjavi opažnih plošč zahtevajo klasične vezane plošče. Glavni razlog za to sta dejstva, da imajo polnila iz umetnih mas nekoliko nižjo trdoto od klasičnih ter neizkušenost izvajalcev pri ravnanju s takšnimi materiali v kombinaciji z uporabo neprilagojenih orodij in strojev. Z razvojem novih materialov in tehnologij lahko pričakujemo, da bo cena opažev iz umetnih snovi vztrajno padala in višala njihovo konkurenčnost.



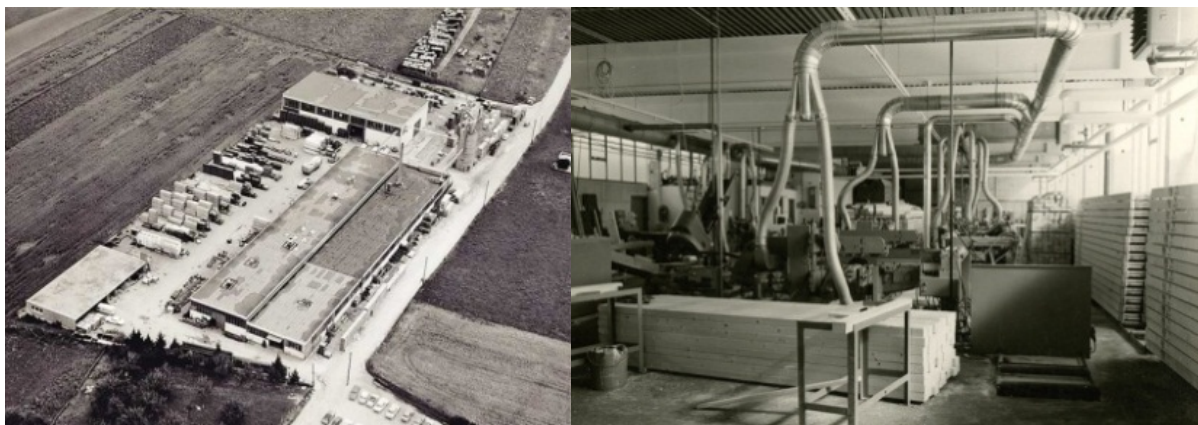
Slika 7: Opažni sistem iz umetnih mas (<http://www.epiceco.com>, 2012)



### 3 OPAŽNI SISTEMI PERI

#### 3.1 O podjetju

Podjetje PERI je leta 1969 ustanovil Artur Schwörer v mestecu Weißenhorn na Bavarskem. Ime PERI, ki je prepona in v stari grščini pomeni »okoli«, sta z ženo izbrala iz slovarja.



Slika 8: Proizvodni obrat podjetja PERI leta 1973 (<http://www.peri.de>, 2012)

Slika 9: Proizvodnja lesenih nosilcev leta 1969 (<http://www.peri.de>, 2012)

Istega leta je bil predstavljen rešetkasti nosilec T70(V), ki je takoj postal uspešnica na gradbiščih. Tri leta pozneje pa je podjetje začelo z aplikacijo patentov na področju plezajočih in premičnih opažnih sistemov in tako privabilo pozornost industrije. Po mnogih letih pionirskih tehnoloških rešitev in inovacij se podjetje danes lahko pohvali z vodilnim mestom v opažni industriji tako z vidika tržnega deleža kot tehnologije.

Podjetje PERI GmbH danes zaposluje 5500 oseb v 49 podružnicah in 100 logističnih centrih, ki pokrivajo več kot 60 držav. Je vodilni svetovni proizvajalec opažnih sistemov in odrov. V svoji ponudbi ima več kot trideset produktov, med katerimi lahko najdemo ekonomično rešitev za vsak problem. Moderni proizvodni obrati skupaj z dosledno kontrolo kakovosti v mestu Weißenhorn zagotavljajo kvaliteto in zanesljivost vseh produktov. Podpora strank pa se ne konča po končanem nakupu. 850 inženirjev po vsem svetu skrbi za individualne rešitve pri uporabi produktov in ponuja vedno nove aplikacije le-teh. Na voljo so tudi izobraževanja, predstavitve in specializirana programska oprema, ki znatno olajšajo načrtovanje (<http://www.peri.de>, 2012).

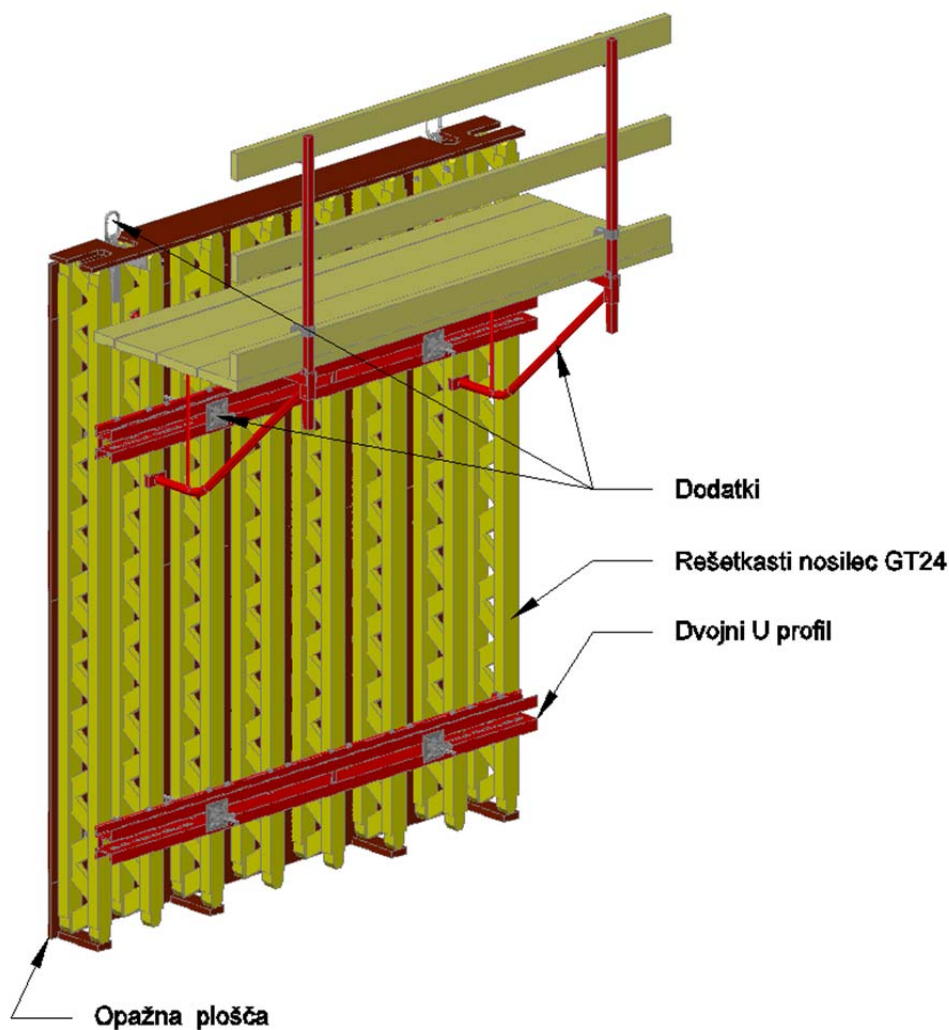
## 3.2 Obravnavani stenski opažni sistemi

Podjetje PERI ponuja veliko število rešitev za opaženje sten. Na voljo je 9 različnih sistemov, znotraj katerih obstaja večje število izpeljank sistemov. V diplomskem delu se bom omejil na obširnejšo predstavitev in pozneje na primerjavo treh opažnih sistemov: klasičnega opažnega sistema VARIO GT 24 ter kovinskih panelnih opažnih sistemov TRIO in MAXIMO.

### 3.2.1 Opažni sistem VARIO GT 24

VARIO GT 24 je fleksibilen stenski opažni sistem, sestavljen iz štirih osnovnih gradnikov:

- opažnih plošč,
- rešetkastega nosilca GT 24,
- dvojnega U profila,
- dodatkov.



Slika 10: Gradniki opažnega sistema VARIO GT 24

Sistem odlikuje izjemna fleksibilnost. Njegova uporaba je možna na poljubni obliki sten do višine 18 m ne glede na namembnost objekta. Opažne elemente je možno po želji prilagajati in tako doseči večjo ekonomičnost. Po drugi strani pa lahko ponudimo široko izbiro vzorcev in oblik pri vidnem betonu in zadovoljimo še tako zahtevnega arhitekta.

Spremenljivke pri načrtovanju elementov VARIO GT 24 so:

- vrsta in velikost opažnih plošč,
- pritrditev opažnih plošč,
- dimenzije elementa,
- horizontalna in vertikalna razporeditev vezi,
- maksimalni dovoljeni pritisk sveže betonske mešanice,
- položaj možnih razširitev ali podaljškov,
- dolžina nosilcev in njihov položaj,
- položaj, profil in dolžina dvojnih U profilov

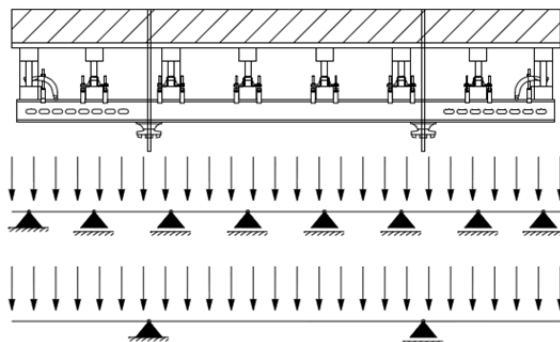
(Handbook 2008: Formwork and Scaffolding Engineering, 2007).



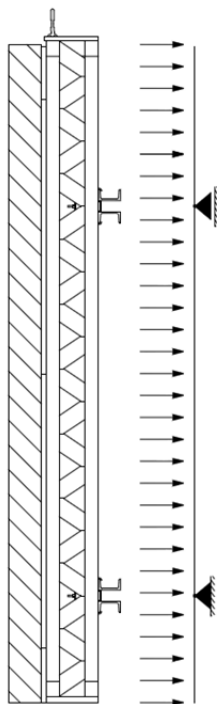
Slika 11: VARIO GT 24 v praksi (VARIO GT 24, 2011, str. 4)

Načrtovanje opaža VARIO GT 24 je dokaj preprosto. Slika elementa v tlorisu in prerezu (Slika 14) kaže, da lahko vse nosilne komponente statično modeliramo s kontinuiranim ali prostoležečim nosilcem.

## Tloris:



## Prerez:



Slika 12: Statični model opažnega sistema VARIO 24 GT

Upoštevajoč količino pritiska sveže betonske mešanice lahko določimo sile, ki se pojavijo, in preverimo nosilnost posameznih komponent opažnega elementa. Nato preverimo še deformacije opaža. V veliki večini primerov jih lahko odčitamo iz tabel in grafov, ki vsebujejo podatke za standardne statične sisteme. Pomembno je pravilno identificirati položaj maksimalnih deformacij, saj se ta spreminja v odvisnosti od statičnega modela opažnega elementa. Največji vpliv na položaj maksimalnih deformacij pa imata število in medsebojna oddaljenost dvojnih U profilov. Izračune je možno izvesti v nasprotni smeri in s tem določiti maksimalni pritisk sveže betonske mešanice za mejne deformacijske vrednosti.

Ključni sestavni del opažnega sistema VARIO GT 24 je patentirani rešetkasti nosilec GT 24. Število 24 se nanaša na višino nosilca 24 cm. Nosilec je sestavljen iz dveh pasnic in diagonalnih opornikov, konca pasnic pa sta ojačena z jekleno zaščito, kar zagotavlja dodatno robustnost. Spoj med pasnico in stojino je izveden po principu »pero utor«, ki sega preko celotne višine pasnice, kar pomeni da v spoju praktično ni prostora za nabiranje vlage.



Slika 13: Rešetkasti nosilec GT 24 (Handbook 2008: Formwork and Scaffolding Engineering, 2007, str. 200)

Rešetkasta stojina omogoča prevzemanje večjih obremenitev v primerjavi s polnimi nosilci enake teže ter zagotavlja prezračevanje, ko nosilci niso v uporabi. Pri pritrjevanju dodatkov niso potrebni dodatni preboji stojine, hkrati pa je olajšano ročno manipuliranje, kar zagotavlja večjo produktivnost pri sestavljanju in razstavljanju. Nosilec GT 24 je izdelan izključno iz skandinavskega lesa, ki ima zaradi kratkih poletij in dolgih zim ozke letnice in zato boljše mehanske lastnosti ter visoko dimenzijsko stabilnost.

Nosilec je na voljo v standardnih dolžinah od 90 cm do 600 cm in posebnih dolžinah od 600 cm do 1780 cm v 30 centimetrskih intervalih, kar eliminira potrebo po ročni spremembi dolžine in zagotavlja dolgo življenjsko dobo. Za izdelavo daljših nosilcev se uporablja posebna tehnika lepljenega čelnega spoja lesa, ki zagotavlja, da je nosilec, katerega pasnica je sestavljena iz več elementov, statično enakovreden nosilcu, katerega pasnica je sestavljena iz enega elementa (GT 24 Girder, 2010).



Preglednica 1: Primerjava Rešetkastega nosilca GT 24 z nosilcem VT 20 (Handbook 2008: Formwork and Scaffolding Engineering, 2007, str. 200)

	Masa [kg/m]	Max. strižna sila [kN]	Max. upogibni moment [kNm]	Upogibna togost [kN/m <sup>2</sup> ]
Nosilec GT 24	5,9	27	7	800
Nosilec VT20	5,9	22	5	429
Razlika	0	23 %	40 %	86 %

### 3.2.2 Opažni sistem TRIO

TRIO je kovinski panelni stenski opažni sistem, kjer so glavni gradniki sami opažni paneli in dodatki. Pod imenom TRIO se nahaja več proizvodov:

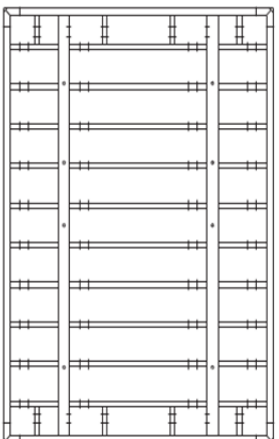
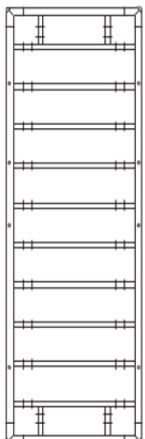
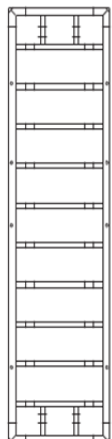
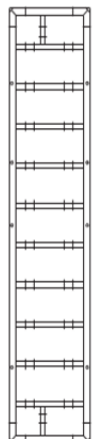
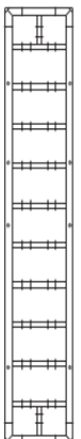

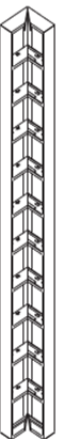

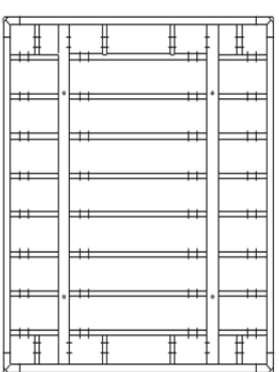
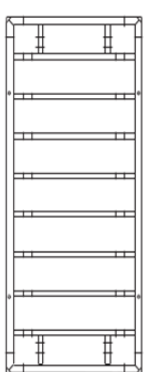
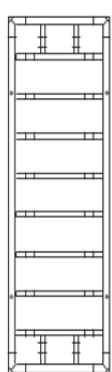
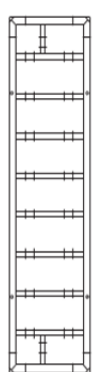
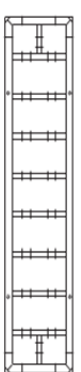
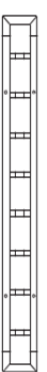
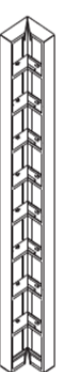

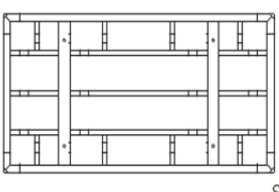
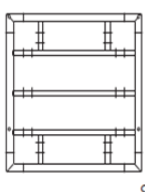
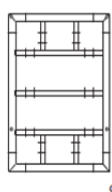
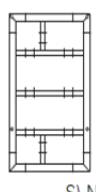
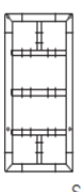



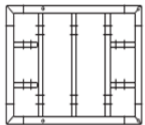
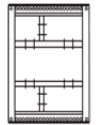
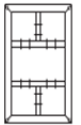
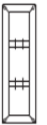
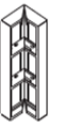
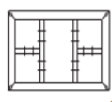
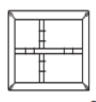
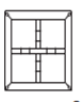


1. TRIO Steel 270,
2. TRIO Steel 330,
3. TRIO L Alu,
4. TRIO Structure,
5. Trio Housing.

TRIO Steel 270 in TRIO Steel 330 sta jeklena opažna sistema višine 2,7 m in 3,3 m. TRIO L Alu je aluminijast opažni sistem višine 2,7 m. Zaradi svoje nizke teže (28 kg/m<sup>2</sup>) so ožji paneli tega sistema primerni za ročni transport in primerni za uporabo na gradbiščih brez oziroma z omejeno kapaciteto žerjavov. Sistem TRIO Structure je prilagojen izdelavi vidnega betona, od navadnega sistema TRIO Steel pa se razlikuje v debelini vezane plošče in rešitvah detajlov, ki zagotavljajo manjše deformacije. TRIO Housing je prilagojen gradnji stanovanjskih objektov in omogoča hitrejše delo pri tej vrsti gradnje. Paneli sistema so večjih dimenzij in imajo v okvir že vgrajene nekatere dodatke, ki jih je treba ločeno pritrditi na ostale sisteme TRIO.

Vsi sistemi TRIO so med seboj kompatibilni in jih lahko medsebojno kombiniramo v vzdolžni smeri. Kjer je smiselno, lahko kombiniramo tudi panele v prečni smeri, na primer panela TRIO Steel višine 2,7 m in 3,3 m enake širine sta popolnoma kompatibilna in ju lahko uporabimo enega nasproti drugega. Dodatki so za vse sisteme z izjemo TRIO Housing enotni in kompatibilni z vsemi sistemi TRIO.

Stenski panelni opažni sistem TRIO Steel je primeren za vsesplošno uporabo ne glede vrsto in velikost objekta. Paneli so sestavljeni iz jeklenega okvirja in polnila, ki je iz 18 mm debele vezane plošče, prevlečene s fenolno smolo. Paneli so na voljo v višinah 3,3 m, 2,7 m, 1.,2 m

in 0,6 m in širinah 2,4 m, 1,2 m, 0,9 m, 0,72 m, 0,6 m, 0,3 m in 0,24 m. Obstajata dve vrsti panela širine 0,72 m: navadni panel, ki je sestavni del zunanjšega vogala, in večnamenski panel, ki ima na voljo raster odprtin za opažne vezi v 3 cm razmiku in se uporablja pri nepravokotnih vogalih, zamikih in podobnih detajlih, kjer je potrebna nestandardna razporeditev opažnih vezi.

		širina [cm]							
		240	120	90	72	60	30	TE	TGE
visina [cm]	330	 S)	 S)	 S)	 S) N)	 S)	 S)		
	270	 S)	 S)	 S) A)	 S) A) N)	 S) A)	 S) A)		
	120	 S)	 S)	 S)	 S) N)	 S)	 S)		
	90		 A)		 A) M)	 A)	 A)		
	60			 S)	 S)	 S)	 S)		

Slika 14: Pregled panelnih elementov TRIO (TRIO, 2011, str. 10)

Okvirji panelov omogočajo pričvrstitev pripadajočih dodatkov tako na vertikalnih kot na horizontalnih elementih okvirja in tako je tudi ob pomanjkanju prostora vedno na voljo prostor za njihovo pritrditev. Odprtine za vezi se nahajajo na robu panela, tako da ena vez podpira dva sosednja panela. Izjema je panel širine 2,4 m, kjer se vezi ne nahajajo na samem robu okvirja, temveč so zamaknjene nekoliko v notranjost panela. Same odprtine zaradi svoje oblike omogočajo odklon vezi za  $3^\circ$  v vse smeri glede na os odprtine. Pri uporabi opaža je treba zagotoviti, da s pripadajočimi čepi zatesnimo vse odprtine, ki niso zapolnjene z vezmi. V primeru, ko odprtino zapolni beton, lahko zaradi plastičnega vložka v luknji tega preprosto odstranimo z udarcem kladiva.

Paneli se nadopolnjujejo z notranjim vogalnim elementom TE in elementom TGE, ki omogoča izvedbo poljubnih vogalov od  $75^\circ$  do  $165^\circ$ . Za opaženje jaškov je na voljo jaškovni element TSE, ki je na prvi pogled videti kot polnilo, saj je zelo ozek in ga uporabimo med dvema paneloma. Njegova uporaba nam omogoča zoženje profila notranjega jaškovnega opaža, s čimer dobimo na vseh straneh opaža 2,5 cm odmika od sten. Sestavljenega opaža jaška ni treba razstavljati, ampak ga je možno v celoti prestaviti v naslednji položaj.



Slika 15: Uporaba jaškovnega elementa TRIO (TRIO, 2011, str. 29)

Slika 16: Dvig jaškovnega opaža TRIO (TRIO, 2011, str. 29)

Za opažni sistem TRIO je na voljo mnogo dodatkov, s katerimi lahko preprosto rešimo veliko večino standardnih situacij. Izpostaviti pa je treba spojko BFD, saj ta bistveno pospeši in olajša delo s sistemom. Kratica BFD označuje tri nemške besede Bündig – poveže, Fluchtend – izravna in Dicht – tesni. Vse tri operacije opravimo med pričvrstitvijo spojke z

enim dejanjem, pri tem pa zahvaljujoč utoru v robnem profilu opažnega elementa TRIO ni potrebna predhodna natančna poravnava elementov.



Slika 17: Spojka BFD (TRIO, 2011, str. 1)

Spojko BFD uporabljamo na vseh vrstah spojev elementov, njene dimenzije pa dovoljujejo uporabo polnila do maksimalne širine 10 cm med dvema elementoma. Pri vertikalnem sestavljanju elementov do višine 5,4 m izvedemo spoj samo s spojkami BFD, pri kombinacijah do 8,1 m pa je treba uporabiti še kompenzacijske profile TAR 85. Namestitve spojke lahko opravi ena oseba. Zaradi patentirane oblike je pozicioniranje možno opraviti enoročno, medtem ko uporabimo drugo roko za pričvrstitev z uporabo kladiva.

Za načrtovanje opažnega sistema TRIO se poslužujemo navodil TRIO za uporabo v standardni konfiguraciji, ki vsebujejo potrebne informacije glede rešitev tipičnih detajlov. Navodila so v skladu z mejnimi vrednostmi pritiska sveže betonske mešanice na opaž, ki za panele višine 2,7 m znaša  $81 \text{ kN/m}^2$  za enakomerno razporejeno obtežbo in  $67,5 \text{ kN/m}^2$  za trikotno razporejeno obtežbo ter za panele višine 3,3 m  $83 \text{ kN/m}^2$  za enakomerno razporejeno obtežbo in  $82,5 \text{ kN/m}^2$  za trikotno razporejeno obtežbo v skladu z zahtevami nemškega standarda DIN 18202. Opaž, načrtovan v skladu z navodili za uporabo, ne potrebuje statičnih kontrol ob zagotovitvi predpisane vrednosti maksimalnega pritiska sveže betonske mešanice. V praksi izvajalci »ojačijo« rešitve, ki se jim ne zdijo dovolj zanesljive. Takšno ravnanje je popolnoma nepotrebno in se mu je treba izogibati, saj so vse podane

rešitve statično preverjene ali testirane in torej povsem varne ne glede na to, kako šibke se zdijo nezkušenim očem.

Ker je cena sistema TRIO tako kot cena ostalih kovinskih opažev upravičena le v primeru velikega števila uporab brez modificiranja panelov, se je treba zavedati, da s pravilnim ravnanjem znatno podaljšamo njegovo življenjsko dobo. Manjše poškodbe kot posledica uporabe in pogojev gradbišča lahko popravimo kar na gradbišču in ne predstavljajo večjih težav in stroškov, dokler so v razumnem okviru. Manjše poškodbe vezane plošče je možno na primer popraviti s posebnimi diski za popravilo vezane plošče in se tako izogniti zamenjavi celotne opažne plošče. Večje poškodbe pa lahko zahtevajo predčasno menjavo celotne vezane plošče ali pa celo popravilo samega okvirja. V tem primeru stroški popravila niso več zanemarljivi (TRIO, 2011).



Slika 18: Popravilo vezane plošče z diski (TRIO, 2011, str. 29)

### 3.2.3 Opažni sistem MAXIMO

Opažni sistem MAXIMO lahko smatramo kot naslednji razvojni korak po sistemu TRIO steel, s katerim je kompatibilen v vzdolžni, ne pa tudi v prečni smeri. Na prvi pogled je panel sistema MAXIMO enak tistemu sistema TRIO, razlikuje se le v barvi okvirja in položaju ter obliki odprtin za vezi. Zato so vsi dodatki z izjemo vezi MX primerni za oba sistema. Sistem ima enake lastnosti in izkorišča vse prednosti svojega predhodnika ter jim dodaja veliko novost v obliki enostranskih vezi MX, ki omogočajo enostransko namestitev vezi in zmanjšujejo čas, potreben za opaženje.





Slika 19: Opažni sistem MAXIMO (MAXIMO, 2011, str. 1)

Na voljo so le jekleni paneli enakih dimenzij kot pri sistemu TRIO, vendar ni več potrebe po panelu širine 0,72 m, saj so vogali tudi z zunanje strani rešeni s kotnim panelom 0,72 m, večnamenski panel pa je nadomeščen z večnamenskim panelom širine 60 cm. Paneli do širine 120 cm imajo odprtine za vezi na sredini panela, število vrst le-teh pa je odvisno od višine. Do višine 120 cm imamo opravka samo z eno vrsto, panel višine 270 cm ima dve vrsti, najvišji (330 cm) pa tri vrste odprtin za vezi.

Sistem nadgrajujejo notranji in zunanji 90° kotni elementi v treh različnih dimenzijah ter notranji in zunanji element za izvedbo vogalov pod kotom 75° do 165°. Kotni elementi so kot posledica drugačne razporeditve odprtin za vezi ter drugačnih rešitev detajlov drugačni od tistih pri sistemu TRIO. Jaškovni panel sistema MAXIMO je izveden v obliki kotnega panela in omogoča zoženje dimenzij opaža za 35 mm.

Nova oblika in položaj opažnih vezi prinaša bistvene prednosti. V primerjavi s predhodnikom je v odvisnosti od kombinacije panelov potrebnih do 40 % manj vezi. Z njimi je treba zapolniti vse odprtine za vezi. Tako ni potrebe po zamudnem točnem pozicioniranju vezi in prav tako ni potrebe po zapiranju odvečnih odprtin za vezi s čepi. Ker so vse odprtine zapolnjene z vezmi, je nemogoče, da bi te zapolnil beton. Odprtine zaradi svoje oblike omogočajo še večji, 4° odklon vezi od osi odprtine.



Slika 20: Nova oblika odprtin za vezi pri elementih MAXIMO in vezi MX (MAXIMO, 2011, str. 3)

Vezi MX so bile razvite skupaj z opažnim sistemom MAXIMO in niso kompatibilne z drugimi sistemi, saj potrebujejo svoji uporabi prilagojene odprtine za vezi. Omogočajo enostransko namestitev, celotno opravilo pa opravi ena oseba. Uporaba vezi skrajša čase opaženja in prepolovi potrebe po delovnih odrih. Vezi MX ne potrebujejo konvencionalnih distančnikov, s čimer sistem odpravi izgubljene dele in težave z neravno površino. Vsaka vez je pred uporabo prilagojena širini zidu. Prilagoditev je možna v 2 cm rastu, kar zagotavlja doseganje želene dimenzije zidu. Posebna oblika vezi omogoča, da je po končanem betoniranju možno vez odstraniti iz betona (MAXIMO, 2011).

## 4 STANDARDI IN PREDPISI

Področja opažev se dotikata dve skupini standardov oz. predpisov (v nadaljevanju: predpisi): prvi določajo konstruiranje, drugi pa pokrivajo področje varstva pri delu. Pri pregledu bodo zaradi celovitosti navedeni tudi predpisi na področju nosilnih opažev in odrov, ki sicer v nalogi niso detajlno obravnavani. Nekoliko podrobneje pa bodo predstavljeni najpomembnejši izmed predpisov s področja opažev.

### 4.1 Konstruktivski standardi

Samostojni veljavni standard na področju opažev ne obstaja. Tehnični odbor je do leta 2008 na tem področju pripravljaval standard, vendar je pozneje odločil, da po tem ni potrebe (<http://www.temporaryworks.info>, 2011). Rezultat dela je predstandard »oSIST prEN 15113-1:2005 – Navpični opaži – 1. del: Zahtevane lastnosti, splošna zasnova in ocena«, ki je na voljo, vendar ni veljaven in se v praksi ne uporablja.

Najbolj relevanten slovenski standard je tako SIST EN 13670:2010 – Izvajanje betonskih konstrukcij, in sicer 5. poglavje: Nosilni odri in opaži ter 10. poglavje: Geometrijske tolerance, ki podajata neposredne zahteve, katerim morajo opaži zadostiti. V točki 5.1 Standarda SIST EN 13670:2010 so podane naslednje osnovne zahteve za opaže in nosilne odre:

1. Nosilni odri in opaži ter tudi njihove opore in temelji morajo biti projektirani in zgrajeni tako, da so:
  - a. sposobni prenesti vse predvidljive vplive, ki so jim izpostavljeni med procesom gradnje;
  - b. dovolj togi, da je zagotovljena izpolnitev predpisanih toleranc za konstrukcijo in da ostane konstrukcijski element nepoškodovan.
2. Oblika, funkcija, videz in trajnost stalne betonske konstrukcije se ne smejo poslabšati ali pokvariti zaradi obnašanja nosilnega odra ali opaža in pomožnih podpor ali zaradi njihove odstranitve.
3. Nosilni odri in opaži morajo ustrezati temu standardu in ustreznemu evropskem standardu, če obstaja, ali pa morajo biti dokazljivo ustrezni za predvideno uporabo.  
(SIST EN 13670:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij)

V nadaljevanju standard navaja, da morajo uporabljeni materiali izpolnjevati merila iz osnovnih zahtev, ki naj ustrezajo relevantnemu standardu za proizvod, če tega ni, pa je treba upoštevati značilnosti materiala. Opažni premazi ne smejo škodljivo oz. nepredvidljivo vplivati na sestavne dele konstrukcije, konstrukcijo samo in barvo ter površino konstrukcije.



Zahteve za projektiranje in nameščanje opaža določajo, da ko je potreben opis metode opaženja, mora ta vsebovati vse vrste del in manipulacij opaža, potrebnih za uporabo. Opaž mora zadržati beton v zahtevani obliki, dokler se ne strdi dovolj, in biti mora dovolj tesen, da je zagotovljena minimalna izguba finih delcev. Preprečen mora biti odvzem znatne količine vode in čezmerno izparevanje, če opaž ni predviden za ta namen. Opažna površina mora biti čista in mora omogočati doseganje eventualne predpisane obdelave površine, ki mora biti določena v izvedbeni specifikaciji. Zahtevano začasno podpiranje in/ali merila za upogibe morajo biti navedeni v izvedbeni specifikaciji. Opaž ne sme ovirati elastičnih deformacij betona med naknadnim napenjanjem. Pri uporabi drsnega opaža mora projekt upoštevati lastnosti opažnega materiala in predvideti kontroliranje geometrije konstrukcije.

Nazadnje so podane zahteve za odstranjevanje opaža in nosilnega odra. Razopaženje in odstranitev nosilnih odrov in pomožnih podpor ne sme biti izvedeno, dokler beton ne doseže zadostne trdnosti, da:

- so preprečene poškodbe površine zaradi razopaževanja,
- vzdrži vplive, ki v tej fazi delujejo na betonski element,
- se ne pojavijo deformacije, večje od dovoljenega odstopanja,
- ne pride do poškodb zaradi podnebnih vplivov.

Izvedba razopaževanja mora biti takšna, da ne pride do poškodb stalne konstrukcije ter udarcev in preobremenitve konstrukcije. Razbremenjevanje nosilnih odrov mora potekati v takem zaporedju, da ne pride do izgube stabilnosti ali preobremenitve nosilnega odra, opaža ali stalne podporne konstrukcije. Odstranitve pomožnih in/ali ponovno vstavljenih podpor je potrebno podrobno opisati v opisu postopka. V primeru, ko izvajamo nego betona skupaj z neodstranjenim opažem, je treba njegovo odstranitev uskladiti z zahtevami o negi betona v skladu z razdelkom 8.5 standarda.

Deseto poglavje podaja geometrijske tolerance sten, stebrov, nosilcev, plošč in prerezov. Zagotavlja, da ne pride do škodljivih posledic glede:

- mehanske odpornosti in stabilnosti v prehodnih stanjih in stanjih uporabnosti,
- uporabnosti med koriščenjem objekta,
- možnosti namestitve elementov pri montaži konstrukcije in njenih nenosilnih delov.

Poglavje definira dva razreda konstrukcijskih toleranc in podaja način in obseg podajanja posebnih toleranc. Treba se je zavedati, da standard ne podaja zahtev za kombinacijo gradbenih toleranc in deformacij konstrukcije in da zahteve veljajo, če ni drugače predpisano,

za stanje pred deformacijami zaradi obtežb in reoloških vplivov (SIST EN 13670:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij).

Veljavni slovenski standardi na področju opažev (brez dodatkov in popravkov):

1. SIST EN 13670:2010 – Izvajanje betonskih konstrukcij
2. SIST EN 1990:2004 – Evrokod 0: Osnove projektiranja
3. SIST EN 1991:2005 – Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije
4. SIST EN 1993:2005 – Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij (vsi deli)
5. SIST EN 1995:2005 – Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij (vsi deli)
6. SIST EN 12810-1:2004 – Fasadni odri iz predizdelanih elementov – 1. del: Specifikacije za proizvod
7. SIST EN 12810-2:2004 – Fasadni odri iz predizdelanih elementov – 2. del: Posebne metode dimenzioniranja
8. SIST EN 12811-1:2004 – Oprema za začasne gradnje – 1. del: Zahtevane lastnosti in projektiranje
9. SIST EN 12811-2:2004 – Oprema za začasne gradnje – 2. del: Informacija o materialih
10. SIST EN 12811-3:2004 – Začasne konstrukcije za gradnjo – 3. del: Preskusi nosilnosti
11. SIST EN 12812:2008 – Nosilni odri – Zahtevane lastnosti in projektiranje
12. SIST EN 13377:2002 – Predizdelani leseni opažni nosilci – Zahteve, razvrščanje in dokazovanje.
13. SIST EN 12813:2004 – Oprema za začasne gradnje – Nosilni stolpi iz predizdelanih elementov – Posebne metode dimenzioniranja
14. SIST EN 1065:2000 – Jekleni teleskopski gradbeni podporniki – Specifikacije proizvoda, dimenzioniranje in dokazovanje nosilnosti s preračunom in s preskusi
15. SIST EN 74-1:2006 – Spojke, vezne centične spojke in podnožne plošče za delovne in nosilne odre – 1. del: Cevne spojke – Zahteve in postopki preskušanja
16. SIST EN 74-2:2008 – Spojke, vezne centične spojke in podnožne plošče za delovne in nosilne odre – 2. del: Specialne spojke – Zahteve in preskusni postopki
17. SIST EN 74-3:2007 – Spojke, spojni čepi in podnožne plošče za nosilne in delovne odre – 3. del: Ravne podnožne plošče in spojni čepi – Zahteve in načini preskušanja
18. SIST EN 1004:2005 – Pomični delovni odri na kolesih iz predizdelanih tipskih elementov – Materiali, mere, obtežbe in varnostne zahteve
19. SIST EN 13374:2004 – Začasne ograje – Specifikacija proizvoda, metode preskušanja

20. SIST EN 39:2002 – Jeklene cevi za gradbene odre – Tehnični dobavni pogoji

21. SIST EN 636:2004 – Vezane plošče – Specifikacije

Vse standardne rešitve produktov podjetja PERI, ki jih obravnavamo, so računsko preverjene v skladu z nemškimi standardi DIN ali tipsko testirane. Tako so vse informacije za uporabo in načrtovanje ter tabele za dimenzioniranje v skladu s standardi DIN oziroma neposredno rezultat preizkusov. Pri delu in načrtovanju z opažnimi sistemi PERI je potrebna pozornost na lokalne variacije v predpisih ter specifičnih zahtevah na obravnavanem območju.

Relevantni slovenski standardi lokalnega značaja:

1. SIST EN 1990:2004/A101:2005 – Evrokod – Osnove projektiranja – Nacionalni dodatek
2. SIST EN 1990:2004/A1:2006/A101:2009 – Evrokod – Osnove projektiranja – Dopolnilo A1 – Nacionalni dodatek
3. SIST EN 1991/A101:2009 – Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – Nacionalni dodatek
4. SIST EN 1993:2005/A101:2006 – Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – Nacionalni dodatek
5. SIST EN 1995:2005/A101:2006 – Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – Nacionalni dodatek
6. SIST EN 13670:2010/A101:2010 – Izvajanje betonskih konstrukcij – Nacionalni dodatek

Nacionalni dodatek SIST EN 13670:2010/A101:2010 definira:

- razrede vidne površine betona,
  - splošne zahteve za obdelave pri opaženi površini,
  - zahteve za arhitektonsko obdelane vidne ploskve z gladkim opažem,
  - zahteve materialov za oblogo opaža,
  - dopustna odstopanja na oblogi gladkega opaža
- (SIST EN 13670:2010/A101:2010 – Izvajanje betonskih konstrukcij – Nacionalni dodatek).

## 4.2 Standardi varstva pri delu

Glavni namen predpisov varstva pri delu je preprečevanje nezgod na delovnem mestu in zagotavljanje zdravega delovnega okolja. Delodajalcem, investitorjem in nadzornikom predpisujejo minimalne ukrepe za varovanje delovne sile in oseb, katere bi delovni postopek lahko ogrozil. Varnostni ukrepi v veliki večini niso brezplačni in predstavljajo z izvedbenega

vidika nepotreben strošek, ki viša ceno končne storitve ali izdelka. Zato v vedno bolj konkurenčnem gospodarskem okolju predpisi varstva pri delu predstavljajo varovalni mehanizem pred zanemarjanjem varnosti v korist dobička.

Posebno pozornost zahtevajo panoge, kjer delovne nesreče prinašajo katastrofalne posledice, med katere vsekakor spada tudi gradbeništvo. Delo na višini, delo v izkopih, prisotnost strojev, električne instalacije, prisotnost velikih bremen itd. ustvarjajo izredno nevarno delovno okolje, kjer so posledice minimalnih napak zelo resne. Za potrebe načrtovanja opaža si bomo podrobneje ogledali predpise pri delu z opaži in nosilnimi odri na višini. Slednji v nalogi niso podrobno obravnavani, vendar je njihova obravnava v tem razdelku smiselna, saj daje celovit vpogled v zagotavljanje varnosti pri izvedbi visokih betonskih konstrukcij.

Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih (Uradni list RS, št. 83/2005) je najpomembnejši varnostni predpis, ki se nanaša na gradbeništvo.

Betoniranje na velikih višinah v skladu z uredbo izpolnjuje kar dva kriterija za identifikacijo posebno nevarnih del; med te namreč spadata tako betoniranje kot delo na višini, večji kot 10 m. To pomeni, da je pri teh delih treba predpis upoštevati v celoti in hkrati dokazuje potrebo po resnem pristopu varnosti. Predpis navaja, da morajo biti vsa delovišča trdna in stabilna pri vseh vrstah predvidene uporabe in vplivov. Delo na višini je možno samo ob uporabi varnostnih naprav. Če njihova uporaba ni možna, je treba za varnost poskrbeti z alternativnimi metodami. Delovna mesta, s katerih obstaja možnost padcev v globino, morajo biti zavarovana proti padcu v globino, in sicer:

- neodvisno od višine delovnega mesta na prehodih in poteh nad ter ob vodi in snoveh, v katerih obstaja možnost utopitve;
- nad višino 1 metra od tal na stopniščih, rampah, prehodih in delovnih mestih ob strojih;
- **nad višino 2 metrov od tal na vseh drugih delovnih mestih;**
- vse odprtine in poglobitve v tleh, medetažnih konstrukcijah, na strehah.

Ne glede na določilo prvega odstavka te točke varovanja ni treba zagotoviti, kadar so delavci zdravstveno sposobni za izvajanje del na višini in opravljajo naslednja dela:

- na višini do 5 metrov pri izdelavi nosilnih odrov medetažnih plošč, ki so nagnjene največ 20°;

- **na zunanji (oziroma nasprotni) strani pri zidanju ali betoniranju stene do višine 7 metrov nad terenom ali podom. Mora pa biti tako delovno mesto, na katerem delavec stoji in dela, varno proti padcu v globino za njegovim hrbtom.**

Padci z višine morajo biti preprečeni z dovolj visoko in trdno ograjo ali s katerim drugim ustreznim načinom. Ograja mora biti sestavljena iz robne deske, kolenske prečke in oprijemne prečke, ki morajo biti iz zdravega in nepoškodovanega lesa ali drugega primerne materiala. Višina ograje naj znaša 100 cm  $\pm$  5 cm, merjeno od tal delovne površine, maksimalna razdalja med horizontalnimi elementi pa znaša 47 cm. Robne deske morajo na notranji strani stebričkov ograje zagotavljati poln varovalni rob minimalne višine 15 cm, ki je lahko prekinjen na stopniščih, rampah in poševnih prehodih. Velikost in razmik med stebriči ograje ter kvaliteta elementov na zgornjem robu naj ustrezajo minimalni horizontalni obremenitvi 300 N/m. Ograje večjih dolžin, velikih obremenitev ali na velikih višinah je treba statično preveriti in izdelati ustrezne načrte. Ograjo je dovoljeno izdelati na alternativni način, če je ta v skladu s slovenskimi ali mednarodnimi standardi. Delo na lestvah je dovoljeno samo za kratkotrajna nenaporna dela, za katera so potrebna le lažja ročna orodja in manjša količina materiala. Brez privezovanja delavcev je dovoljeno delo na lestvi do maksimalne višine 3 m. Delovni odri, prehodi in dostopi na zidarske odre morajo biti izvedeni na tak način, da ni možen padec v globino in da niso izpostavljeni padajočim predmetom. Podporniki nosilnih odrov morajo biti kovinski, material, iz katerega so nosilni odri narejeni, pa mora ustrezati veljavnim konstrukcijskim standardom in določilom predpisa (Uradni list RS, št. 83/2005).

## 5 OPIS OBJEKTA

Objekt analize v tem diplomskem delu je eden izmed načrtovanih poslovnih stolpov v ožjem središču Ljubljane. Objekt je del večjega projekta modernizacije ljubljanske železniško-avtobusne postaje v sodoben potniško-logistični center. Cilj celotnega projekta je, poleg tehničnega, modernizirati podobo Ljubljane kot celotne Slovenije in postati eden izmed simbolov prestolnice. Izbrani objekt bo ob končanju s 107 m višine predstavljal najvišjo stavbo v Sloveniji.

Vrednost investicije celotnega projekta je ocenjena na 350 milijonov evrov, vrednost obravnavanega objekta pa 55 milijonov evrov (<http://www.skyscrapercity.com>, 2008).

### 5.1 Gabariti objekta

Dimenzije objekta na nivoju pritlične etaže znašajo 27,8 x 40 m. Tloris je pravokotne oblike jugozahodni vogal pa je zaokrožen v radiju 10,2 m. Oblika se ohranja do vrha, medtem ko se vzhodno pročelje z vsako nadzemno etažo pomika proti notranjosti, zato dimenzije objekta na nivoju 27. etaže znašajo 27,75 x 35,5 m. Celotno vzhodno pročelje iz tega razloga odstopa od navpičnice za 2,65°.

Pod koto 0,0 se nahajajo tri kletne etaže, ki se deloma prepletajo s podzemno garažo, ki je del celotnega kompleksa. Višina kletnih etaž znaša 3,6 m, kota najnižje etaže pa znaša -10,8 m. Nad koto 0,0 najdemo 27 etaž z uporabnimi prostori, ki se zvrstijo do višinske kote 100,00 m, višina prvih dveh etaž znaša 5,45 m, medtem ko je višina ostalih 3,4 m. Nad 27. etažo se nahajata še dve servisni etaži višine 3,5 m do skupne višinske kote objekta 107,00 m.

Podoba kot garažne etaže se severni del objekta do vključno 4. etaže prepleta z ostalimi objekti kompleksa in posledično je razpored prostora na tem delu objekta nekoliko spremenjen.

### 5.2 Konstrukcija

Vertikalno nosilno konstrukcijo tvorijo armirano betonsko jedro in stebri, ki potekajo ob parametru objekta. Dimenzije jedra znašajo v kletni etaži K3 23,5 x 9,55 m in se v skladu s spremembami dimenzij sten do 19. etaže postopoma zmanjšujejo. V 19. etaži se zaradi vzhodnega pročelja, ki se pomika proti notranjosti, dimenzije znatno spremenijo in znašajo 19,8 x 8,35 m. Jedro je nato konstantnih dimenzij vse do vključno 27. etaže, nad katero pa se zgodi zadnja sprememba, in sicer so dimenzije v zadnjih dveh servisnih etažah zaradi

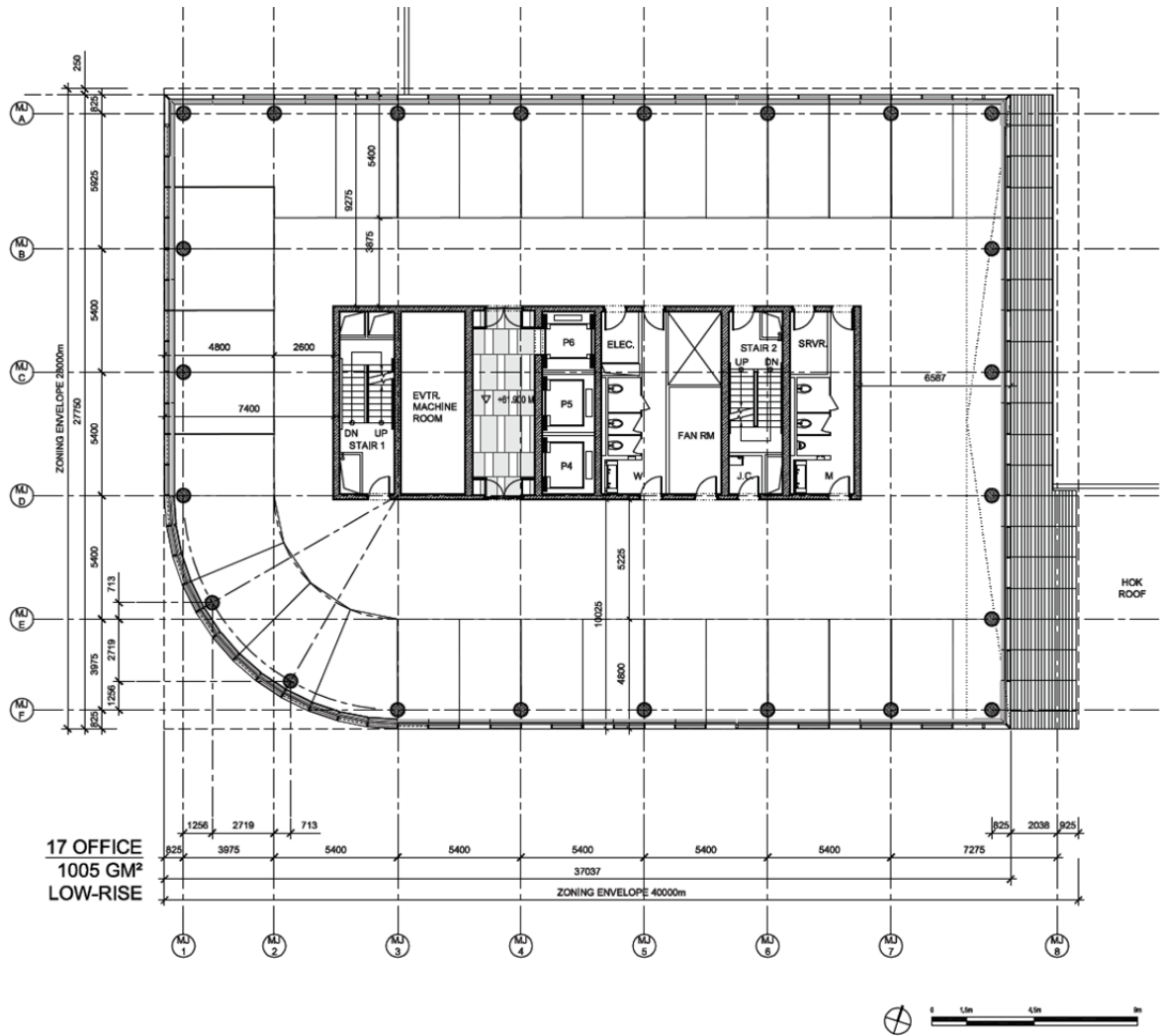
njihove namembnosti le še 11,6 x 8,35 m. Jedro je na nivoju kletne etaže K3 sestavljeno iz obodnih sten širine 0,8 m oz. 0,45 m ter prečnih sten širine 0,30 m. Obodne stene v pritlični, 6., 12. in 19. etaži prehajajo na manjše dimenzije in tako nad 19. etažo merijo 0,2 m ter se do vrha objekta ne spremenijo več. Prečne stene potekajo v smeri krajše dimenzije jedra in ohranjajo svojo širino skozi celotno višino objekta.

V jedru se nahajajo dvoje dvoramne stopnice, trije jaški ter v vsakem nadstropju povezava med severnim in južnim delom objekta in sanitarije. Zahodno stopnišče se razteza po celotni višini objekta, medtem ko vzhodno poteka od pritlične do 27. etaže. Obe stopnišči sta enakih dimenzij in merita 2,4 x 7,95 m. Dva izmed jaškov sta namenjena dvigalom, tretji pa strojnim instalacijam. Zahodni jašek dvigal z dimenzijami 2,8 x 7,95 m poteka od kletne etaže K3 do 16. etaže, vzhodni z dimenzijami 2,7 x 7,95 m pa po celotni višini objekta. Jašek, namenjen strojnim inštalacijam, z dimenzijami 2,3 x 7,95 m, pa poteka od kletne etaže K3 do 27. etaže.

Stebri okrogle oblike so pozicionirani po parametru objekta. Na nivoju kletne etaže K3 so premera 0,9 m na južni in zahodni strani ter 0,85 m na severni in vzhodni strani objekta. Na nivoju 2. etaže se premer vseh stebrov izenači na 0,8 m. Premer stebrov se zmanjša za 0,1 m v 6., 12., 18. in 24. etaži in tako znaša premer stebrov na vrhu objekta 0,4 m. Stebri vzhodne strani objekta enako kot pročelje odstopajo od navpičnice, s katero oklepajo kot 2,65°.

Horizontalno konstrukcijo tvorijo armiranobetonske medetažne plošče, ki so zaključene z nosilcem. Dimenzija plošč znotraj jedra je 0,28 m po celotni višini z izjemo plošče med servisnima etažama na vrhu objekta, kjer plošča meri 0,32 m. Zunaj območja jedra je v kletnih etažah dimenzija plošče 0,4 m oz. 0,5 m v najnižji etaži. Plošča pritlične etaže meri 0,25 m, v višjih etažah pa podobno kot v jedru merijo 0,28 m. Nosilci, ki potekajo po parametru objekta, so dimenzij 0,3 x 0,9 m. Višinska kota vrha nosilca in plošče v jedru je enaka, medtem ko je kota plošče zunaj jedra nižja za 0,25 m.



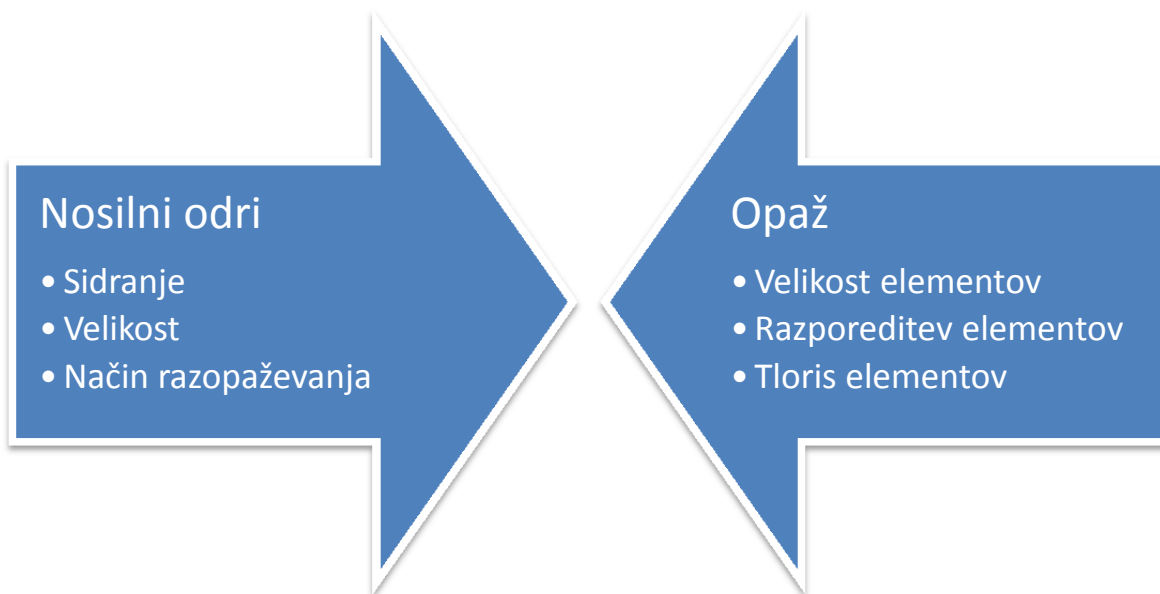


Slika 21: Tloris 16. etaže obravnavanega objekta

## 6 OPAŽENJE

Kot podlaga za primerjavo opisanih stenskih opažnih sistemov VARIO GT 24, TRIO in MAXIMO bodo pripravljene opažni načrti za izvedbo jedra opisanega objekta. Pri načrtovanju bo uporabljena programska oprema podjetja PERI, v največji meri program PERIcad 19, ki je nadgradnja programa AutoCAD in ponuja optimizirano okolje za načrtovanje opažev. Program PERIcad vsebuje tudi drugače samostojni program ELPOS, ki omogoča samodejni izris opažnega načrta, kateri pa med načrtovanjem ne bo uporabljen.

Kot je že omenjeno, naloga ne bo obravnavala načrtovanja nosilnih odrov, brez katerih je izvedba jedra pred izvedbo plošč nemogoča. Med načrtovanjem bodo vsekakor upoštevani, saj obstaja med opaži in nosilnimi odri odvisnost. Sami opažni načrti bodo pripravljene s pomočjo idejne zasnove nosilnih odrov, ki je pripravljena v podjetju v sklopu ponudbe za izvedbo objekta.



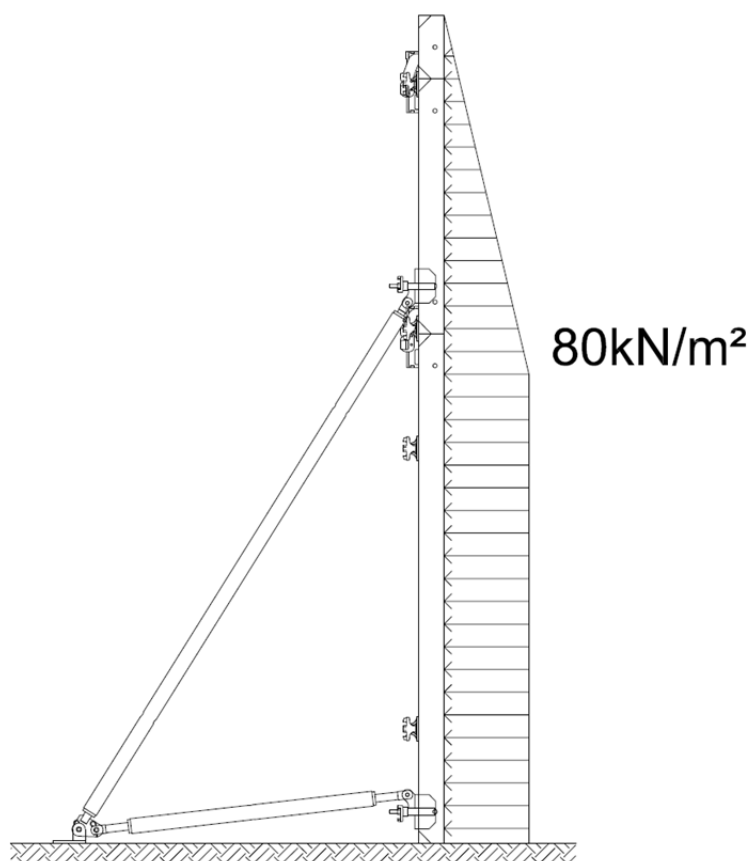
Slika 22: Odvisnost nosilnih odrov in opažev

## 6.1 Predpostavke in poenostavitve

V postopku načrtovanja bodo uporabljene nekatere predpostavke in poenostavitve zaradi obsega naloge in dejstva, da je projekt še v fazi zasnove. Potrebe ter zahteve izvajalca iz tega razloga niso znane, zato bo tam, kjer je potrebno in mogoče, predpostavljen način izvedbe in zanemarjeni bodo dejavniki, ki so v celoti odvisni od izvajalca.

Opaži bodo načrtovani za tloris jedra 16. nadstropja. Spremembe širine sten po višini jedra ne bodo upoštevane. Zanemarjena bo tudi sprememba dimenzij jedra v 19. etaži. Predpostavljena bo izvedba jedra, ki prehiteva izvedbo plošč in stebrov in je povsem neodvisna od izvedbe le-teh. Preboji sten ne bodo upoštevani, saj jih je v veliki večini izdelal izvajalec, hkrati pa so neodvisni od izbire opažnega sistema in predstavljajo konstanto. Pritisk sveže betonske mešanice bo omejen na  $80 \text{ kN/m}^2$  enakomerne zvezne obtežbe, razporejene po površini opaža za vse tri sisteme. Za končni videz betona ne bodo upoštevane nikakršne posebne zahteve, zahteve o deformacijah pa bodo prevzete po veljavnem standardu SIST EN 13670:2010 – Izvajanje betonskih konstrukcij. Za izvedbo posamezne etaže bo predpostavljeno betoniranje v enem ciklu, saj uporaba več ciklov pri gradnji z nosilnimi odri neznatno vpliva na ceno opaža. Uporaba ciklov pri taki gradnji omogoča le boljšo organiziranost gradbišča in časovno razporeditev. Količina in vrsta varnostnih dodatkov bo v skladu s predpisi in za vse tri rešitve enaka. Varnostne naprave pa bodo izvedene z opažnemu sistemu primernimi dodatki.

Med načrtovanjem bo poudarek na iskanju najbolj ekonomičnih rešitev, ki zadostijo podanim pogojem in zahtevam. Pripravljeni načrti bodo sloneli na predpostavki, da bo opaž najet, zato je treba zagotoviti minimalno število konstrukcijskih delov opaža, katerih izposoja ni možna. Količina razpoložljivega inventarja ne bo upoštevana, zato bodo uporabljeni vsi proizvodi, ki so na razpolago za posamezni opažni sistem neodvisno od zaloge v skladiščih.



Slika 23: Skica pritiska sveže betonske mešanice na opaž

Predpostavke in poenostavitve:

- opaži, načrtovani v skladu z idejno zasnovo nosilnih odrov,
- tloris jedra 16. etaže,
- zanemarjene spremembe širine sten po višini jedra,
- izvedba jedra prehiteva izvedbo plošč in stebrov,
- brez posebnih zahtev za videz betona,
- preboji zanemarjeni,
- max pritisk sveže betonske mešanice 80 kN/m<sup>2</sup>,
- enakomerna razporeditev pritiska na opaž,
- enaki varnostni dodatki,
- ekonomičnost,
- najem opaža,
- maksimalne deformacije po SIST EN 13670:2010,
- neodvisnost od zaloge v skladišču.

## 6.2 Priprava na načrtovanje

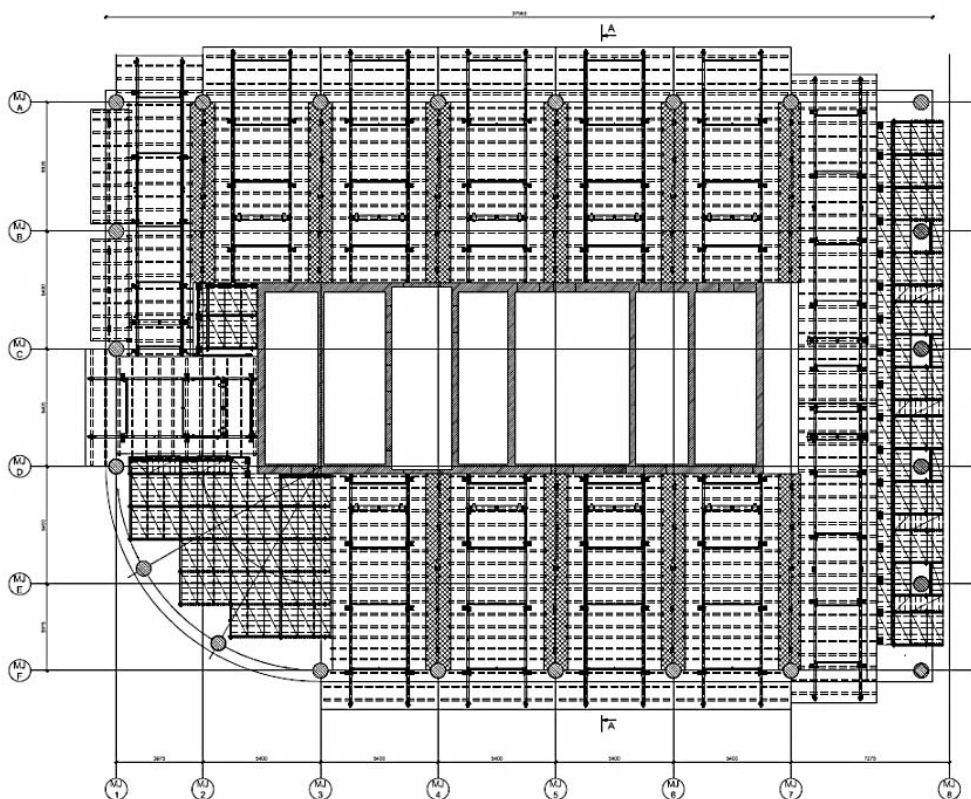
### 6.2.1 Pregled rešitev opaženja v sklopu ponudbe

Leta 2008 je bila za obravnavani objekt pripravljena ponudba za izdelavo celotne konstrukcije objekta s strani podjetja PERI.

Ponudba je vsebovala:

- načrte arhitekture,
- idejno zasnovo zaščite robov objekta,
- idejno zasnovo izvedbe plošč,
- idejno zasnovo izvedbe jedra.

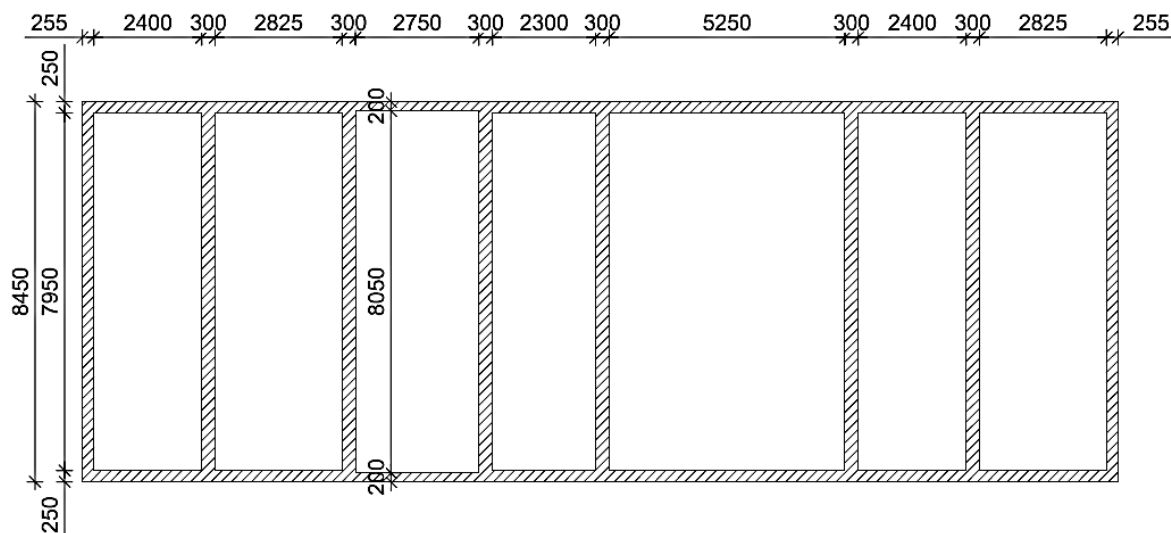
V sklopu arhitekturnih načrtov so se nahajali tlorisi posameznih etaž, situacija in dva prereza. Idejne zasnove so vsebovale skice predlaganih rešitev in posplošen seznam komponent. V idejni zasnovi izdelave jedra so se nahajale skice nosilnih odrov ter pripadajoči seznam komponent. Cena uporabljenega opažnega sistema VARIO GT 24 pa je bila določena na podlagi ocene cene opaža za  $m^2$  opažene površine brez načrtov opaža samega.



Slika 24: Skica opažnih sistemov plošč iz ponudbe

### 6.2.2 Pregled načrtov in uvoz v PERIcad

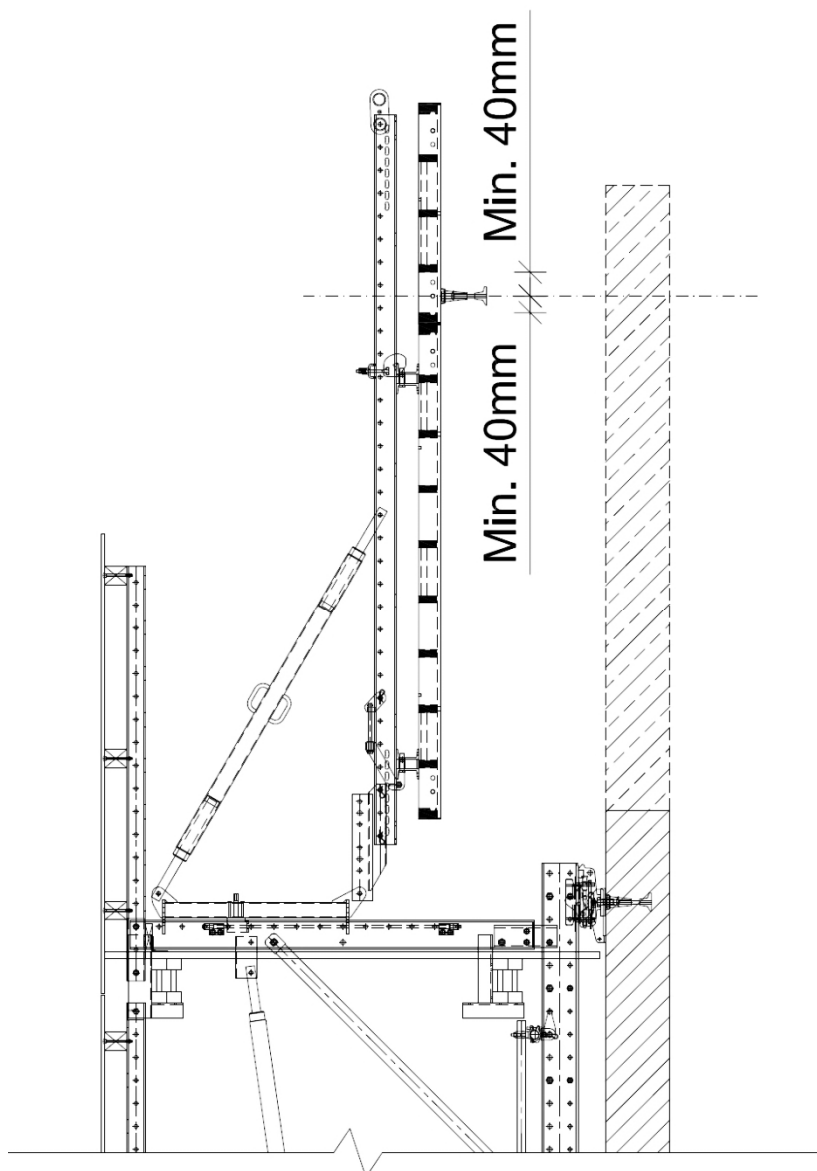
Za delo z načrti v programu PERIcad je bilo načrte treba pretvoriti iz formata PDF v DWG s pomočjo programa Print2CAD. Sam program ponuja veliko število nastavitvev za konverzijo, uporabljena je bila ena izmed prednastavljenih možnosti, s katero je dosežena zadovoljiva dimenzijska točnost s toleranco  $\pm 1\%$ . Iz rezultirajočih risb so nato s pomočjo programa PERIcad odstranjeni vsi deli konstrukcije z izjemo jedra. V nadaljevanju so tlorisi pretvorjeni v merilo 1:1 s pomočjo kot iz načrtov napaka, ki je nastala med pretvorbo v format DWG, pa je ročno popravljena. Vsi tlorisi jedra so zbrani v eni risbi in medsebojno prekriti. Tako je pridobljen dober pregled sprememb, ki jih je konstrukcija jedra deležna po višini. Kot reprezentativni je izbran tloris jedra 16. etaže zaradi širin sten, ki so enake povprečju dimenzij sten v celotnem objektu.



Slika 25: Tloris jedra 16. etaže

### 6.2.3 Zasnova opažev

Zasnova opažev in zasnova nosilnih odrov sta medsebojno odvisni, tako da je pri načrtovanju treba upoštevati medsebojne omejitve med tema dvema konstrukcijama. Sistem VARIO GT je tu nekoliko v prednosti, saj fleksibilna narava sistema omogoča prilagoditev tega nosilnemu odru. Panelov sistemov TRIO in MAXIMO ni mogoče modificirati, zato je potrebna dodatna pozornost pri obravnavi vozlišč med konstrukcijama. Najbolj do izraza pride dejstvo, da sidra nosilnega odra ni možno stabilno pritrditi na mestih, kjer je opažna plošča podprta z okvirjem panela, saj je za to potreben preboj opažne plošče. Tako je treba zagotoviti, da je okvir panela tako v horizontalni kot vertikalni smeri od sidrne osi oddaljen min 30 oz. 40 mm.

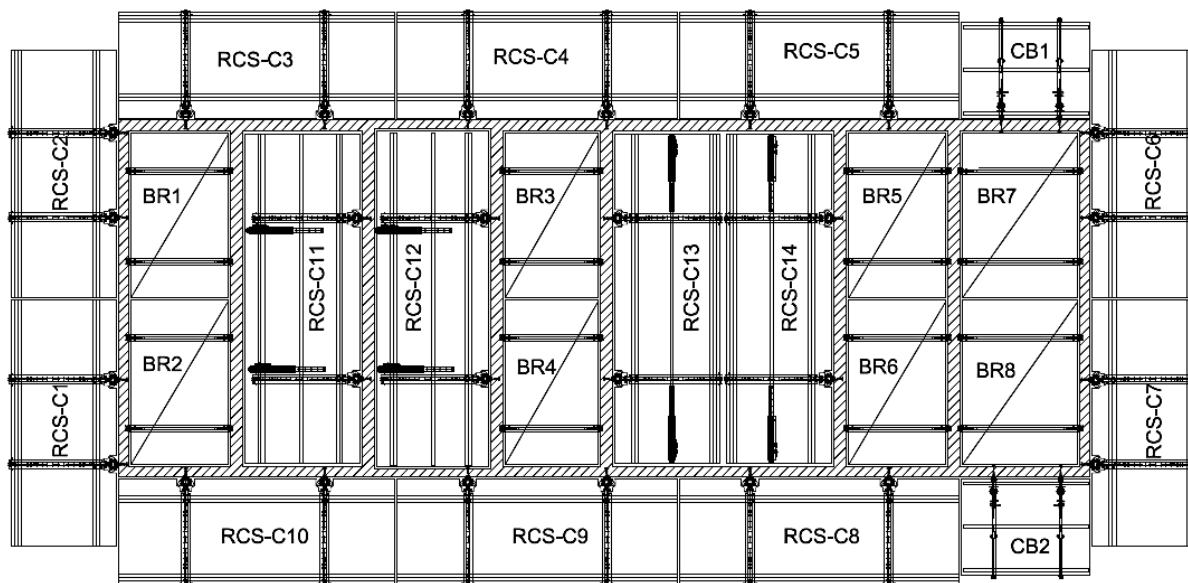


Slika 26: Dovoljeni položaj sider nosilnega odra pri opažnem sistemu MAXIMO

V nalogi nosilni odri ne bodo načrtovani, zato bodo opaži zasnovani z upoštevanjem obstoječe skice le-teh. Tako zaporedje dela je bolj pisano na kožo sistemu VARIO GT 24, medtem ko je za preostala dva sistema bolj priporočljivo najprej zasnovati opaž in nato nosilne odre, ali pa načrtovanje izvesti sočasno. Iz tega razloga bo, kjer je neizogibno, v najmanjši možni meri modificirana zasnova nosilnih odrov zaradi omejitev opažnega sistema.

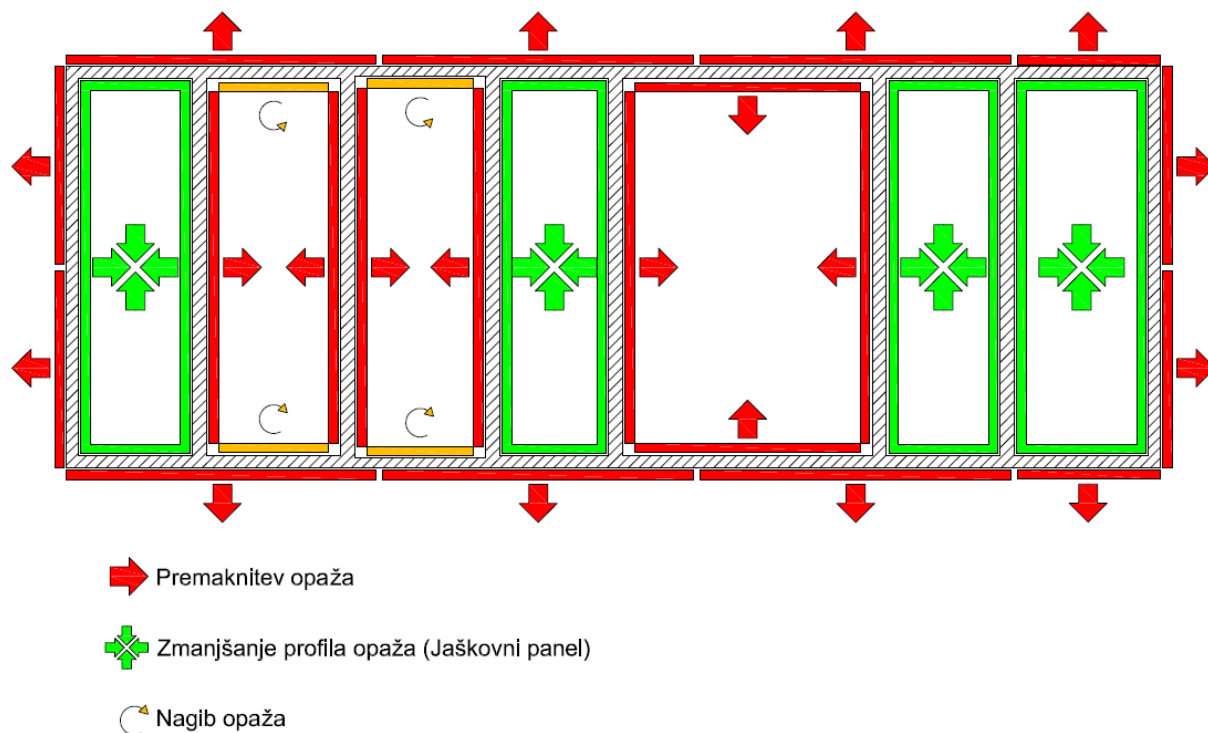
V prvem koraku zasnove opažev je bila zasnova nosilnih odrov prilagojena prerezu jedra v 16. etaži. Nato so v odvisnosti velikosti nosilnih odrov določena območja opaža, ki bodo podprta s posameznim odrom. Nazadnje je za posamezna območja določen način razopaževanja, ki je odvisen od vrste podporne konstrukcije opaža.





Slika 27: 16. etaži prilagojena zasnova nosilnih odrov

V zasnovi so uporabljeni trije različni nosilni odri. RCS-C je konzolni nosilni oder, ki omogoča premik opaža 80 cm od zidu in omogoča samostojno plezanje ali plezanje s pomočjo žerjava. CB je prav tako konzolni nosilni oder, ki omogoča premik opaža 75 cm od zidu in plezanje izključno z žerjavom. BR je platforma, ki se uporablja v jaških, opaž leži na podestu platforme in je proti bočni prevrnitvi podprt s tlačno-nateznimi oporami. Tipično se uporablja z opažem, ki mu je mogoče zmanjšati velikost dimenzij (v nadaljevanju: jaškovni opaž). Odri RCS-C11, RCS-C12, RCS-C13 in RCS-C14 imajo na zaledni strani dodatne tirnice, ki omogočajo razopaženje s premikom opaža. Za odra RCS-C11 in RCS-C12 je na krajši stranici predvideno podpiranje opaža s tlačno-nateznimi oporami, s katerimi lahko opaž preprosto nagnemo proti zaledju in tako razopažimo steno.



Slika 28: Skica razopaževanja

#### 6.2.4 Določitev vplivne širine tlačno-nateznih opor

Jaškovni paneli in deli opaža, ki so razopaževani z nagibom, so pritrjeni na nosilni oder s tlačno-nateznimi oporami. Njihova medsebojna razdalja je odvisna od višine uporabe (veter), dimenzij opaža in njihove lege. Kod zadnji korak priprave na načrtovanje je s pomočjo tabel določeno maksimalno vplivno območje za posamezna območja, podprta s tlačno-nateznimi oporami.

Tabele so namenjene uporabi na ozemlju Nemčije in tako podajajo lokalne vrednosti za tlak pri končni hitrosti in koeficient tlaka po standardu DIN 1055-4:2005-03. Iz tega razloga je vrednost tlaka pri končni hitrosti določena po standardu SIST EN 1991-1-4:2005 – Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1–4. del: Splošni vplivi – Obtežbe vetra in nacionalnem dodatku SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2008. Vrednost koeficienta tlaka je zaradi korelacije z nadaljnjimi izračuni prevzeta po standardu DIN.

### 6.2.4.1 Določitev tlaka pri končni hitrosti

Parametri izračuna, podani v nacionalnem dodatku:

Lokacija Ljubljana

Cona 1

Nadmorska višina 275 m

Višina objekta  $v = 107$  m

Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra  $v_{b,0}$ :

$$v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$$

Smerni faktor  $c_{dir}$ :

$$c_{dir} = 1$$

Faktor letnega časa  $c_{season}$ :

$$c_{season} = 1$$

(SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2008 – Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4. del: Splošni vplivi – Obtežbe vetra – Nacionalni dodatek)

Osnovna hitrost vetra  $v_b$ :

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$$

Srednja hitrost vetra na višini  $z$  nad tlemi  $v_m(z)$ :

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b = 21,5 \text{ m/s}$$

$$c_o(z) = 1$$

$$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 1,07, \text{ za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,23$$

Lokacija objekta: Ljubljana center → Kategorija terena IV

$$z_0 = 1 \text{ m}$$

$$z_{min} = 10 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

Preglednica 2: Kategorije terena in terenski parametri (SIST EN 1991-1-4:2005, str. 18)

Kategorija terena		$z_0$ m	$z_{min}$ m
0	Morsko ali obalno področje, izpostavljeno proti odprtemu morju	0,003	1
I	Jezersko ali ravninsko področje z zanemarljivim rastlinjem in brez ovir	0,01	1
II	Področje z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesi, stavbami) na razdalji najmanj 20 višin ovir	0,05	2
III	Področja z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami na razdalji največ 20 višin ovir (vasi, podeželsko okolje, stalni gozd)	0,3	5
IV	Področje, kjer je najmanj 15 % površine pokrite s stavbami s povprečno višino več kot 15 m	1,0	10

Intenziteta turbulence  $l_v(z)$ :

$$\sigma_v = k_r \times v_b \times k_l = 4,6 \text{ m/s}$$

$$k_l = 1$$

$$l_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = 0,21, \text{ za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

Tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra na višini  $z$   $q_p(z)$ :

$$q_p(z) = [1 + 7 \times l_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

(SIST EN 1991-1-4:2005 – Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1–4. del: Splošni vplivi – Obtežbe vetra)

#### 6.2.4.2 Določitev maksimalne velikosti vplivnega območja tlačno-nateznih opor

Osnovni podatki:

Višina opaža  $h = 3,9 \text{ m}$

Dolžina opaža  $L = 8 \text{ m}$

Podatki iz Tabele 1 za standardno višino opaža 4 m:

Maksimalno vplivno območje

$$EB_{ref} = 3,42 \text{ m}$$

Tlak pri končni hitrosti za opaž na višini  $h$ :

$$q(z = h) = q(h) = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

Koeficient tlaka v centralnem območju:

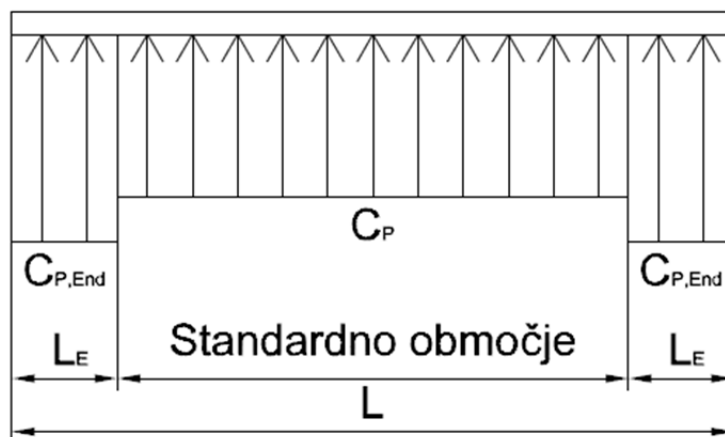
$$c_p = 1,8$$

Koeficient tlaka v robnem območju:

$$c_{P,End} = 2,3, \text{ za } \frac{L}{h} \leq 3$$

Velikost robnega območja:

$$L_E = 0,3 \times h = 1,17 \text{ m}$$



Slika 29: Skica razporeditve koeficientov tlaka (Product Information: Wall Formwork, Push Pull Props, 2011, str. 2)

Račun maksimalne vrednosti vplivnega območja v centralnem in robnem območju:

$$EB = EB_{ref} \times \frac{q(h)}{q(z)} = 2,84 \text{ m}$$

$$EB_{End} = EB_{ref} \times \frac{q(h)}{q(z)} \times \frac{c_P}{c_{P,End}} = 2,22 \text{ m}$$

(Product Information: Wall Formwork, Push Pull Props, 2011)

## 6.3 Načrtovanje opažev

### 6.3.1 VARIO GT 24

Izmed obravnavanih opažnih sistemov je sistem VARIO GT 24 zagotovo najbolj »inženirski«. Načrtovalec sam določa vrsto in raster komponent opaža, jih prilagaja potrebam in obtežbam ter jih sestavi v opažne elemente poljubnih dimenzij. Na voljo je veliko število različnih gradnikov opaža in medsebojnih kombinacij in pogosto več možnih rešitev istega problema. Pri izbiri najbolj ekonomične izmed njih prihajata do izraza načrtovalčeva izkušnost in poznavanje sistema. Načrtovanje olajšajo tabele, vendar je pogosto treba rešitve računsko

preveriti. Znanje statike in principov načrtovanja lesenih in jeklenih konstrukcij je tako neizogibna zahteva pri načrtovanju.

### 6.3.1.1 Določitev prereza opaža

Višino opaža je treba prilagoditi višinskemu poteku objekta. Zagotoviti je bilo treba zadostno višino opaža za izvedbo vseh različnih etažnih višin, pri tem pa doseči zadostno izkoriščenost opažne površine. Pri tem mora biti višina opaža tolikšna, da je v vsakem koraku možno zagotoviti zadostno prekrivanje opaža z že izvedeno konstrukcijo in tako preprečiti izgubo finih delcev betonske mešanice. Med postopkom je treba predvideti višinske kote nosilnih odrov, višine sidranja in za te višine preveriti možnost pritrditev sider na opaž.



Slika 30: Dejavniki določanja višine opaža

Izbrana je višina opaža 3,9 m, s katero je zadoščeno vsem kriterijem in predpostavljenih 34 korakov betoniranja za izvedbo sten, ki potekajo do vrha objekta. Višina korakov sovпада z višino etaž z izjemo pritlične in 1. etaže. Zaradi izstopajoče višine teh dveh etaž, ki znaša 5,45 m, so za izvedbo sten v tem območju predvideni trije koraki betoniranja v višinah 2 x 3,6 m in 3,7 m. Minimalna višina betoniranja v celotnem višinskem poteku znaša 3,4 m, kar zagotavlja ekonomičnost skozi celotno izvedbo, prav tako pa je na voljo nosilec GT 24 dolžine 3,9 m, kar pomeni, da bo ta polno izkoriščen.

Sočasno z določitvijo višine opaža je s pomočjo tabel za načrtovanje izbrana dolžina nosilca GT 24 ter število in položaj dvojnih U profilov. Izbrana je obtežna kombinacija 5 za nosilec

GT 24 L=3,9 m. Pri izbranem sistemu so profili medsebojno oddaljeni 1,18 m, spodnji dvojni U profil je od dna nosilca GT 24 oddaljen 0,46 m, zgornji profil pa od vrha 1,05 m. Iz tabele so pridobljeni še podatki o maksimalnem razmiku med nosilci GT 24, velikosti deformacij za previs in polje ter velikost linijske obtežbe za posamezni dvojni U profil.

Položaj dvojnih U profilov	Pritisk sveže betonske mešanice [kN/m <sup>2</sup> ]	Razmik med nosilci GT24 [m]	Deformacije [mm]*		Obtežba dvojnih U profilov [kN/m]					
			$f_K$	$f_F$	A	B	C	D	E	
$f_K$ = deformacija previsa $f_F$ = deformacija polja										
Obtežna kombinacija 5										
a = 0.46	30	0.75	1.9	0.3	31	34	33			
b = 1.18	40	0.59	1.2	0.2	42	47	34			
c = 1.18	50	0.47	1.0	0.3	52	57	35			
k = 1.05	60	0.39	0.9	0.3	63	63	34			
	70	0.34	0.8	0.3	74	66	34			
	80	0.31	0.7	0.3	83	65	34			

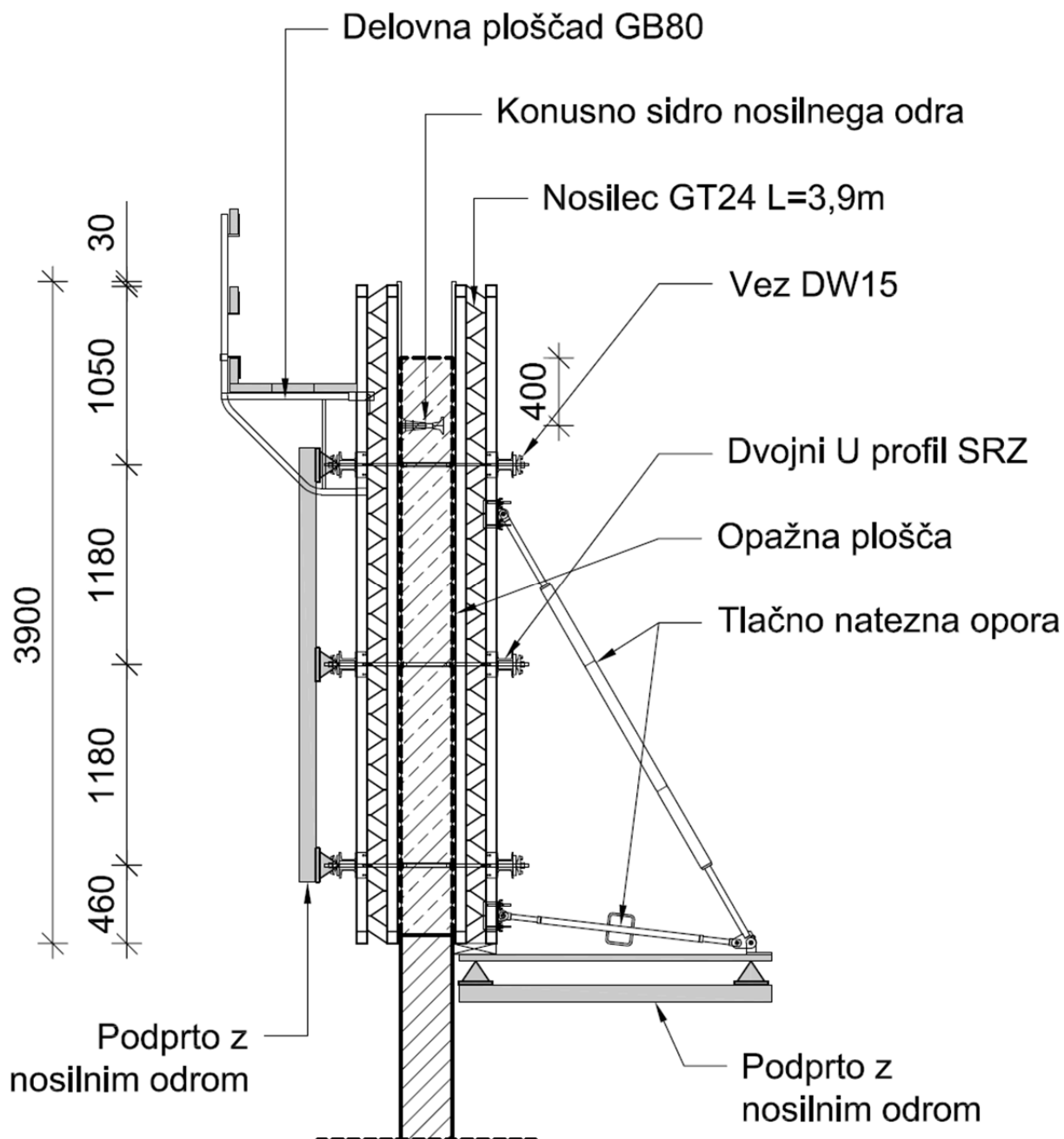
Slika 31: Izvleček tabele za določitev obtežne kombinacije opaža VARIO GT 24 (Design Tables 2008: Formwork and Shoring, 2007, str. 21)

$L_1 = 31 \text{ cm}$ ... razmik med nosilci GT 24,

$f_K = 0,7 \text{ mm}$ ... deformacije nosilcev GT 24 na previsu,

$f_F = 0,3 \text{ mm}$ ... deformacije nosilcev GT 24 v polju,

$q_A = 83 \text{ kN/m}$ ... linijska obtežba, ki pripade dvojnemu U profilu na poziciji A.



Slika 32: Izbrani prerez opažnega sistema VARIO GT 24



### 6.3.1.2 Določitev tlorisa opaža

Stranski produkt določanja prereza je podatek o maksimalnem razponu nosilcev GT 24 zaradi višinske razporeditve dvojnih U profilov. To razdaljo pa določa še ena spremenljivka, in sicer kvaliteta opažne plošče. Izbrana je 21 mm debela opažna plošča PERI Birch (breza) z dimenzijami 2,5 x 1,25 m, za katero je s pomočjo tabel oz. grafov določena maksimalna razdalja med nosilci zaradi lastnosti opažne plošče.

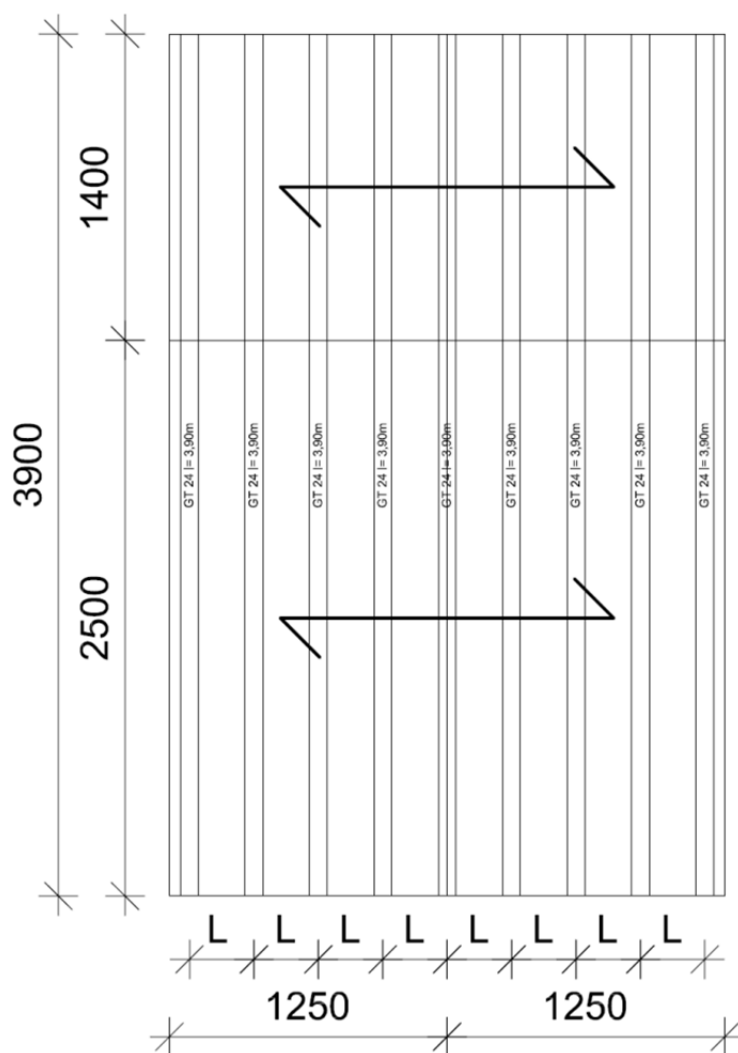
Opažne plošče PERI Birch:

$$d = 21 \text{ mm}$$

$$E = 8560/6610 \text{ N/mm}^2 \text{ [vzporedno/pravokotno (glede na potek močnejše osi)]}$$

$$\sigma = 15/12,4 \text{ N/mm}^2 \text{ [vzporedno/pravokotno]}$$

$$l/b = 2500/1250 \text{ mm (potek močnejše smeri v krajše stranice plošče)}$$

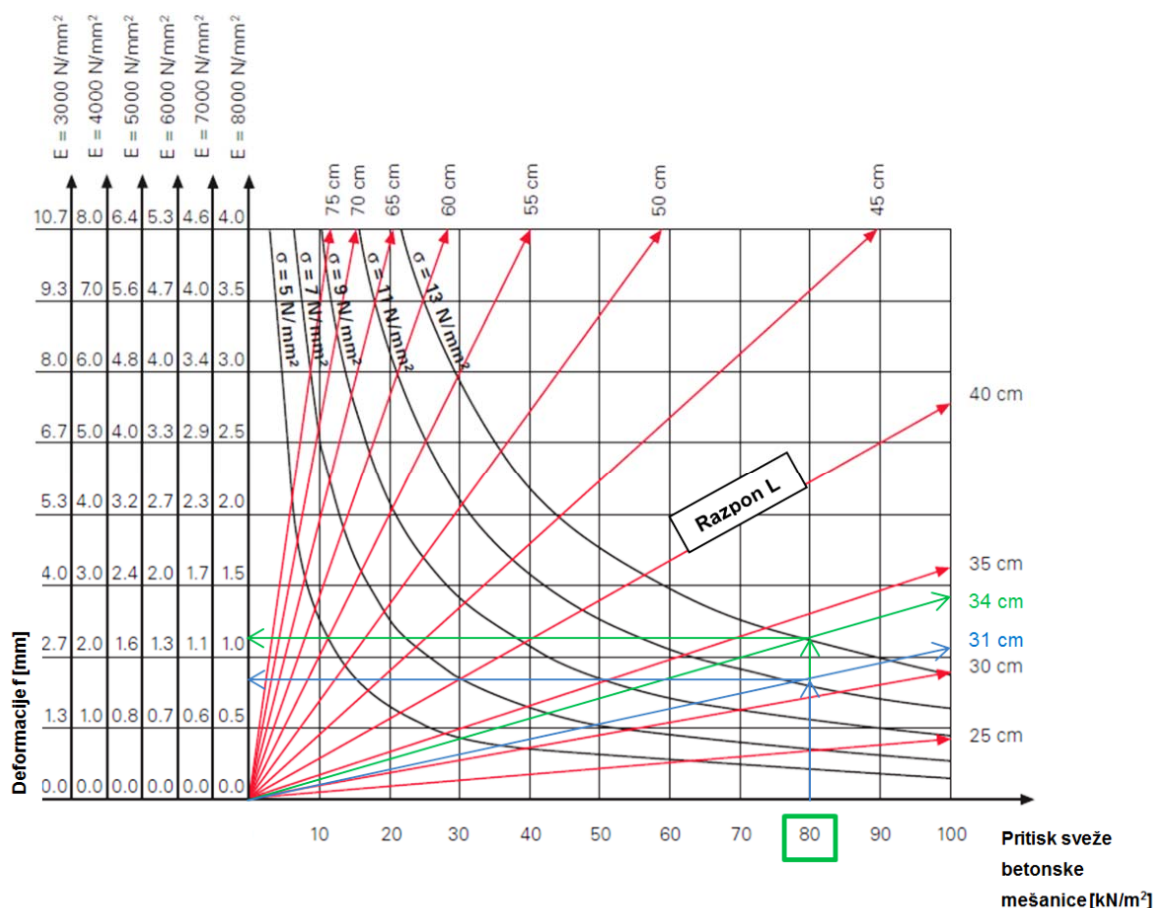


Slika 33: Razporeditev opažnih plošč

Mehanske lastnosti opažnih plošč so podane za 15% vlažnost, tabele pa so namenjene uporabi podatkov pri 20% vlažnosti, zato je potrebna njihova redukcija.

$$E_{v15} = E_{v20} \times 0,9167 = 7847/6059 \text{ N/mm}^2 \text{ [vzporedno/pravokotno]}$$

$$\sigma_{v15} = \sigma_{v20} \times 0,875 = 13,1/10,85 \text{ N/mm}^2 \text{ [vzporedno/pravokotno]}$$



Slika 34: Graf deformacij v odvisnosti od pritiska sveže betonske mešanice za vezane plošče, debeline 21 mm (Design Tables 2008: Formwork and Shoring, 2007, str. 11)

Maksimalni razpon

$$L_2 = 34 \text{ cm}$$

Deformacije pri razponu 34 cm

$$f_2 = 1,2 \text{ mm}$$

Razpon zaradi višinske razporeditve dvojnih U profilov  $L_1$  se izkaže za kritičnega, kar je netipično, saj je običajno kritična izbira opažne plošče. Rezultat je posledica visoke vrednosti pritiska sveže betonske mešanice in izbire kvalitetne opažne plošče.

$$L_1 < L_2$$

$$L_1 = 31 \text{ mm}$$

Pripadajoče deformacije za razpon  $L_1$ :

$$f_1 = 0,8 \text{ mm}$$

### 6.3.1.3 Izbira gradnikov opaža

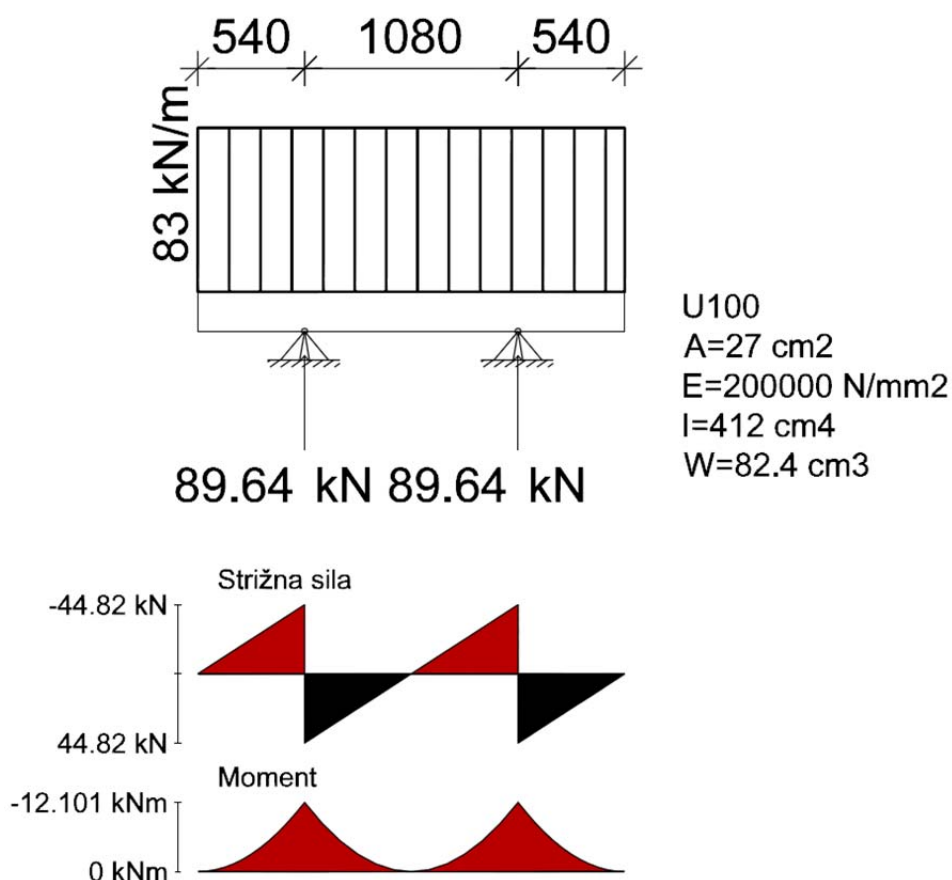
Izmed gradnikov opaža sta nepoznani še vrsta vezi in dvojnih U profilov. Poleg očitnega kriterija nosilnosti na izbiro vezi vpliva potreba po minimalnem številu nakupnih delov. Iz tega razloga so za uporabo izbrane vezi DW15 z maksimalno natezno osno silo 90 kN. V primerjavi z vezmi DW20 in DW26,5 ima nižjo nosilnost, vendar so vse komponente v standardnih dolžinah na voljo za izposajo. Nosilnost vezi določa njihovo medsebojno razdaljo in posledično momente, ki jih mora prevzeti dvojni U profil.

Za izbiro dvojnega U profila je za polno osno nosilnost vezi določeno maksimalno vplivno območje ter pripadajoči maksimalni moment in strižna sila za tipično obtežno kombinacijo. Za pomoč pri izbiri je v skladu s standardom Evrokod 3 določena upogibna nosilnost zaradi interakcije momenta in strižne sile za dvojni U profil SRZ U100. Nosilnost se izkaže kot zadostna za tipično obtežno kombinacijo, zato je za uporabo pogojno izbran profil SRZ U100.

Maksimalna vplivna širina vezi DW15:

$$N_{max} = 90 \text{ kN}$$

$$N_{max} = q \times L_{max} \rightarrow L_{max} = N_{max}/q = 1,08 \text{ m}$$



Slika 35: Določitev tipičnih vplivov ob polni nosilnosti vezi DW15

Določitev maksimalnih momentov in strižnih sil za tipično obtežno kombinacijo:

$$M_{el,Ek} = 12,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ek} = 44,82 \text{ kN}$$

$$M_{el,Ed} = \gamma \times M_{el,Ek} = 18,15 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \gamma \times V_{Ek} = 67,23 \text{ kN}$$

$$\gamma = 1,5$$

Pripadajoči moment za posamezni U profil:

$$M_{el,Ed} = \frac{M_{el,Ed}}{2} = 9,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = 33,62 \text{ kN}$$

Določitev nosilnosti dvojnega U profila SRZ U100 v skladu s standardom Evrokod 3:

SRZ U100 → 2x profil U100

$$S235 \rightarrow f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

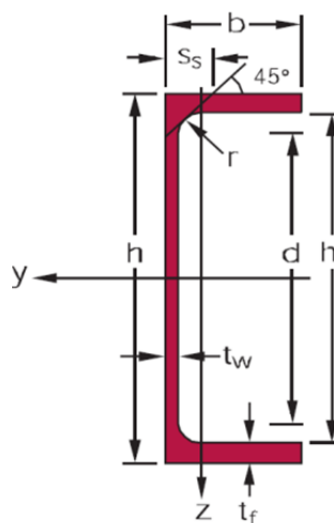
$$t_w = 6 \text{ mm}$$

$$t_f = r_1 = 8,5 \text{ mm}$$

$$d = 64 \text{ mm}$$

$$A = 13,5 \text{ cm}^2$$

$$W_y = 41,2 \text{ cm}^3$$



Slika 36: Profil U100

(<http://www.spaeter-hamburg.de>, 2012)

Določitev razreda kompaktnosti:

$$\frac{d}{t_w} = 10,6 < 72\varepsilon = 72 \rightarrow \text{1.razred kompaktnosti}$$

$$\frac{c}{t_w} = 1,6 < 9\varepsilon = 9 \rightarrow \text{1.razred kompaktnosti}$$

$$c = \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r_1 = 13,5 \text{ mm}$$

Kontrola nosilnosti zaradi interakcije momenta in strižne sile:

$$M_{eL,Ed} = 9,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 33,62 \text{ kN}$$

$$h_w = h - 2t_w = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 14,7 < 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 7 \rightarrow \text{stojina je kompaktna}$$

$$\eta = 1,2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = 84,5 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + r_1)t_f = 6,23 \text{ cm}^2$$

$$V_{Ed} = 33,62 \text{ kN} < 0,5V_{pl,Rd} = 42,25 \text{ kN} \rightarrow \text{redukcija upogibne nosilnosti ni potrebna}$$

$$M_{v,c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = 9,68 \text{ kNm}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{y,V,RD}} = 0,94 < 1 \rightarrow \text{Nosilnost profila SRZ U100 pri tipični obtežni kombinaciji je zadostna}$$

(Beg in sod, 2007) in (DIN EN 1993-1-1:2010-12 – Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings)

#### 6.3.1.4 Razporeditev opaznih elementov in vezi

Razporeditev elementov je začeta s kotnimi elementi. Uporabljena sta dva različna kotna elementa IRZ 75/75 na pozicijah, kjer razopaževanje poteka s premaknitvijo opaža po tirnici, saj njegov manjši profil poveča količino opaža, ki ga je možno premakniti. Na območju jaškovnega opaža pa je uporabljen kotni element VSRZ 120/12, ker v tem območju velikost ne igra vloge pri razopaževanju. Posebno pozornost so zahtevale situacije, kjer sta si različna kotna elementa nasprotna, saj ob napačni medsebojni orientaciji rešitev zahteva večje število vezi.

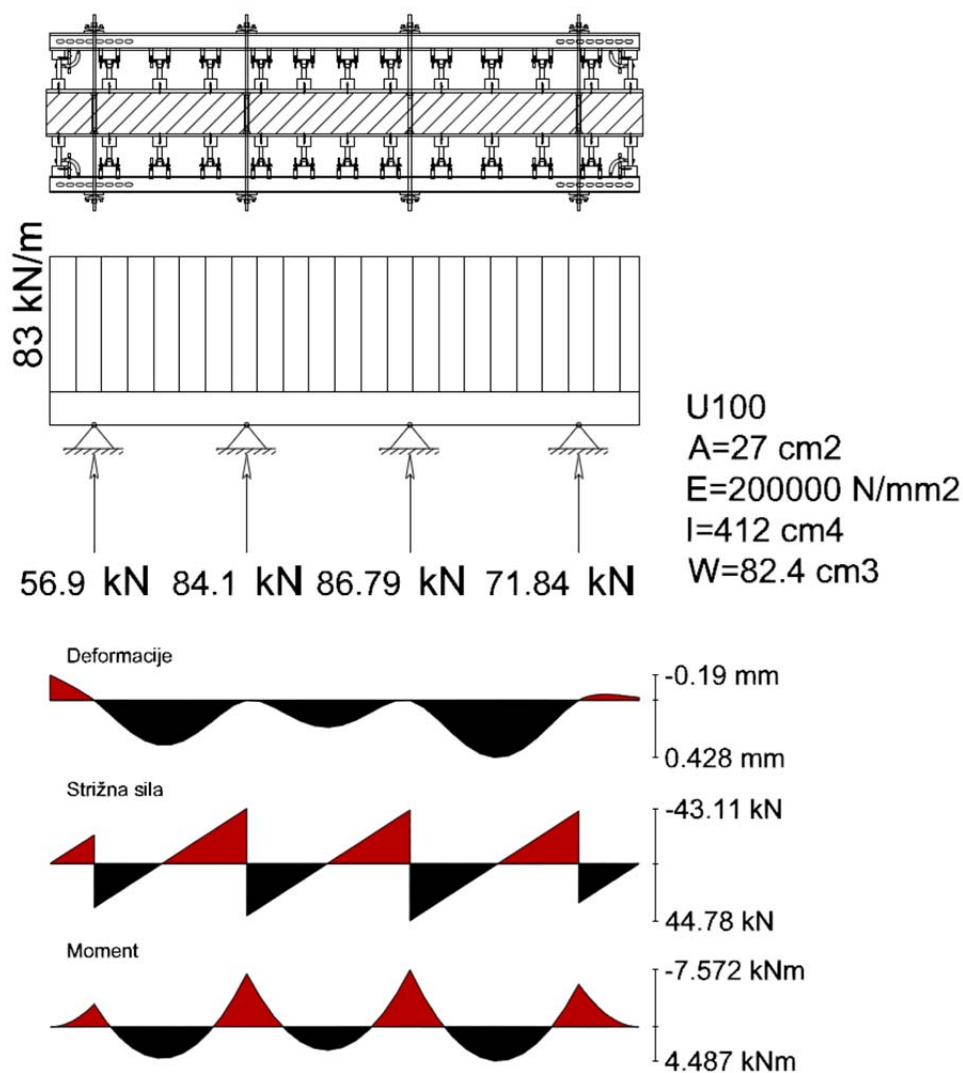
Preostali elementi so razporejeni v skladu z velikostjo in tipom nosilnih odrov. V območjih z jaškovnim opažem so opazni elementi pozicionirani tako, da je opaž možno preprosto razdeliti v dva dela z odstranitvijo kompenzacijskega elementa. Ob uporabi teleskopske opore za zagotavljanje stabilnosti je tako možno celotno polovico jaškovnega opaža skupaj z nosilnim odrom premakniti na naslednjo višino. Za sestavo zunanjih opaznih elementov krajše stranice je profil SRZ U100 zamenjan s profilom SRU U120. Razlog za to je bolj primerna standardna dolžina profila SRU U120, ki predstavlja bolj ekonomično izbiro od izdelave profila SRZ U100 posebne dolžine.

Velike dimenzije opaznih elementov, ki so razopaženi s premikom po tirnici, so razlog za izdelavo dvojnih U profilov SRZ posebne dolžine. Ti so bolj ekonomični od uporabe več standardnih profilov in posebnega spojnega elementa, ki zagotavljajo tog stik. Stroški so minimizirani, tako da so profili posebne dolžine sestavljeni iz treh profilov standardne dolžine ter manjšega dodatnega dela. Tako je predpostavljena izdelava profila v enem kosu, ki bo po končani uporabi razrezan na profile standardne dolžine. Najemniku tako ni treba kupiti profila posebne dolžine, ampak plača ceno izposoje treh standardnih profilov plus stroške dodatnega dela in materiala, potrebnega za fabrikacijo.

Pripadajoči opazni načrti se nahajajo v prilogah A1 in A2.

V podanih pogojih navodila za uporabo v standardni konfiguraciji predpisujejo le izvedbo notranjih vogalov. Tabele za načrtovanje pa določajo razporeditev vezi za opazne elemente do širine 2 m z dvema vezema in podajajo maksimalne širine kompenzacijskih elementov. Pri ostalih elementih so vezi razporejene v skladu z računom maksimalnih vplivnih območij, izvedenih v razdelku 6.3.1.3. Rešitve so statično preverjene z orodjem Continuous Beam (Kontinuiran nosilec), ki je sestavni del programa PERIcad. Kontrola nosilnosti vezi je zelo neposredna, podatek o njihovi nosilnosti že vsebuje vse potrebne varnostne koeficiente, tako

je potrebna le primerjava dejanskih sil z nosilnostjo. Za nosilnost SRZ U100 profilov pa so identificirani maksimalni momenti in strižne sile. Nato je v skladu s standardom Evrokod 3 izvedena kontrola upogibne nosilnosti za maksimalno dejansko obtežno kombinacijo.



Slika 37: Statična analiza elementa VARIO GT 24 za orodjem Continuous Beam

Kontrola upogibne nosilnosti za maksimalno dejansko obtežno kombinacijo po Evrokodu 3:  
(Postopek izračuna in geometrijski parametri so enaki kot v točki 6.3.1.3)

$$M_{el,Ek} = 8,26 \text{ kNm}$$

$$V_{Ek} = 48,7 \text{ kN}$$

$$M_{el,Ed} = \gamma \times M_{el,Ek} = 12,39 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \gamma \times V_{Ek} = 73,05 \text{ kN}$$

$$\gamma = 1,5$$

Pripadajoči moment za posamezni U profil:

$$M_{el,Ed} = \frac{M_{el,Ed}}{2} = 6,2 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = 36,53 \text{ kN}$$

Kontrola nosilnosti zaradi interakcije momenta in strižne sile:

$$V_{Ed} = 36,53 \text{ kN} < 0,5V_{pl,Rd} = 42,25 \text{ kN} \rightarrow \text{redukcija upogibne nosilnosti ni potrebna}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{y,V,RD}} = 0,64 < 1 \rightarrow \text{Nosilnost profila SRZ U100 je zadostna}$$

### 6.3.1.5 Deformacije

Vrednosti maksimalnih deformacij posameznih gradnikov opaža so bile določene med načrtovanjem. Zaradi nizkih vrednosti lahko za potrebe kontrole deformacij predpostavimo, da so vse maksimalne deformacije na eni poziciji in da so konstantne po celotni višini opaža. Kontrola je tako na varni strani, saj so predpostavljene vrednosti višje od dejanskih, kljub temu pa je možno pričakovati, da bodo deformacijske zahteve izpolnjene.

Kontrola je izvedena v skladu z zahtevami standarda SIST EN 13670:2010 – Izvajanje betonskih konstrukcij. V standardu je kot neposredna posledica deformacij opaža podan pogoj o ravnosti betonske površine. Ravnost je omejena z maksimalnim odklonom opažene površine od predpostavljene ravnine. Maksimalne vrednosti odklona znašajo globalno 9 mm na razdalji 2 m, in lokalno 4 mm na razdalji 0,2 m.

$$f_2 = 0,8 \text{ mm...deformacije opažne plošče,}$$

$$f_K = 0,7 \text{ mm... deformacije nosilca GT 24,}$$

$$f_{SRZ} = 0,98 \text{ mm...deformacije dvojnega U profila SRZ U100,}$$

$$f_{dej} = f_2 + f_F + f_{SRZ} = 2,48 \text{ mm} < f_{max}.$$

Kljub temu da je poenostavljeni izračun deformacij na varni strani, dejanske deformacije zadovoljijo tako globalnim kot lokalnim deformacijskim zahtevam iz standarda.



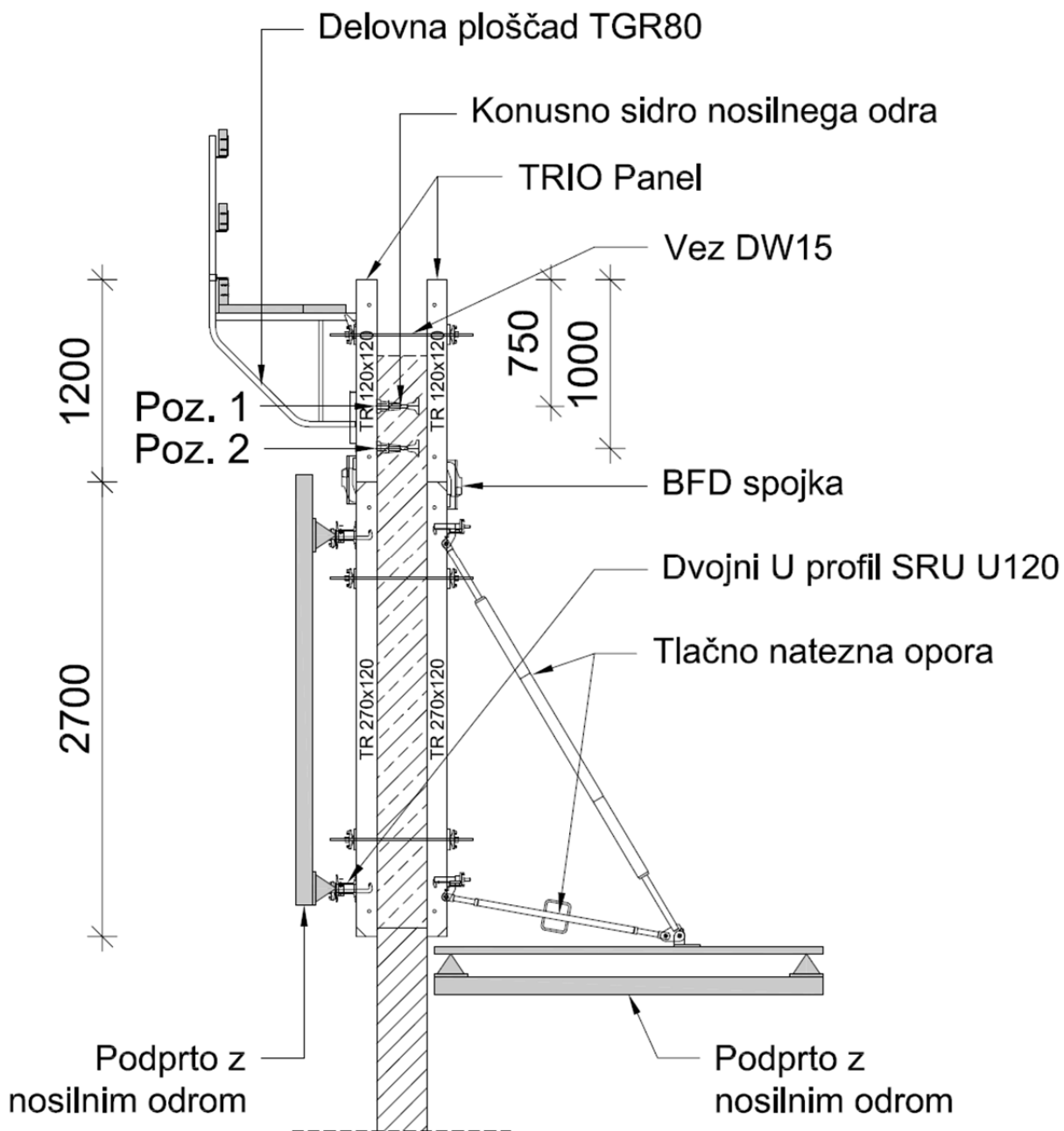
## 6.3.2 TRIO

Panelni značaj sistema TRIO se ne odraža le v uporabi, ampak tudi pri načrtovanju sistema. Osnovni gradnik sistema je sam opažni panel, ki predstavlja zaključen del opaža, kateremu je treba le dodati načinu uporabe predpisane dodatke. Edina spremenljivka panela je njegova velikost in lokacija, nestandardne rešitve se izvajajo s pomočjo dodatkov, ki so pritrjeni na panele in ne z modifikacijo panelov. Načrtovanje se izvaja s pomočjo navodil za uporabo, načrti, izvedeni v skladu z navodili in omejitvami opažnega sistema, pa ne potrebujejo statičnih kontrol.

### 6.3.2.1 Določitev prereza opaža

Dejavniki pri določanju višine opaža so enaki tistim, opisanim v razdelku 6.3.1.1. Pri sistemu TRIO pa je potreben veliko večji poudarek pri obravnavanju vozlišč med opažem in nosilnimi odri.

Izbrana je višina opaža 3,9 m s 34 koraki betoniranja in enakim višinskim potekom kot pri sistemu VARIO GT 24. Opaž je sestavljen iz panela višine 2,7 m, nadvišanega s panelom višine 1,2 m do skupne višine 3,9 m. Razlike v višini etaž in korakov betoniranja povzročijo, da se ob uporabi enake pozicije sidranja v vsakem koraku sidra nosilnega odra locirajo v območju panela, kjer njihova pritrditev ni mogoča. Iz tega razloga sta predpisani dve različni poziciji pritrditev sider nosilnih odrov na opaž. Merjeno od vrha opaža sem predpostavil sidro na razdalji 75 cm in 100 cm v zaporedju, opisanem v preglednici 3.



Slika 38: Izbrani prerez opažnega sistema TRIO

Preglednica 3: Višinski potek opaženja

Korak betoniranja	Etaža	Višina betoniranja [mm]	Pozicija sidra
1	K3	3600	2
2	K2	3600	2
3	K1	3600	2
4	P	3600	2
5	P,1	3600	2
6	1	3700	2
7	2	3400	1
8	3	3400	1
9	4	3400	1
10	5	3400	1
11	6	3400	1
12	7	3400	1
13	8	3400	1
14	9	3400	1
15	10	3400	1
16	11	3400	1
17	12	3400	1
18	13	3400	1
19	14	3400	1
20	15	3400	1
21	16	3400	1
22	17	3400	1
23	18	3400	1
24	19	3400	1
25	20	3400	1
26	21	3400	1
27	22	3400	1
28	23	3400	1
29	24	3400	1
30	25	3400	1
31	26	3400	1
32	S1	3700	2
33	S1,S2	3700	2
34	S2	3700	2

### 6.3.2.2 Razporeditev panelov

Pri načrtovanju pride do izraza drugačen koncept sistema opaženja. Medtem ko je pri načrtovanju opaža VARIO GT 24 prilagodil opažne elemente pogojem potrebno, je pri sistemu TRIO treba zadostiti pogojem z izbiro panelov. Celotni opaž je bilo možno sestaviti iz standardnih delov, zato ni bilo potrebe po statičnih kontrolah rešitev.

Razporeditev je začeta tipično z rešitvijo vogalov, na kar so skladno z zahtevami nosilnih odrov in razpoložljivim prostorom razporejeni paneli. Velikost nosilnih odrov pogojuje mesta spojev posameznih delov opaža, ki pripadajo različnim odrom in so razopaženi ločeno. V naslednjem koraku so zato pozicionirani paneli na stičiščih opažnih odrov. Za doseganje neodvisnosti pri razopaževanju elementov je med sklope opaža vstavljeno leseno polnilo. Polnilo je možno preprosto in hitro odstraniti, zaradi uporabe spojke BFD pa ne potrebuje posebnih pritrdilnih elementov. Zaradi položaja stičišča nekaterih nosilnih odrov je bilo treba nekatere od odrov modificirati. Spremenjena je bila njihova velikost, saj je njihov stik potekal v področju vogala T. Opažni sistem TRIO ponuja z uporabo standardnih gradnikov samo eno rešitev za takšne vogale, zato se je kot racionalnejša izkazala sprememba velikosti nosilnega odra.

V območju jaškovnega opaža je določen položaj jaškovnih panelov. Za lažje razopaževanje preostalih notranjih opažev so notranji vogalni paneli obdani z lesenim polnilom, razrezanim po diagonali. Polnilo na ta način tvori dve nasprotno orientirani zagozdi. Notranji opaž je zaradi pritiska betona nanj v tlaku. Oblika polnila omogoča njegovo enostavno odstranitev in sprostitev napetosti v opažu. Na ta način se elegantno izognemo poškodbam panelov, v najslabšem primeru z razopaževanjem poškodujemo le polnilo, cena katerega je v primerjavi s paneli zanemarljiva.

Po zadostitvi vseh podanih pogojev so razporejeni preostali paneli. Poudarek pri izbiri panelov je bil na ekonomičnosti in funkcionalnosti rešitve opaženja. Uporabljeni so paneli največjih možnih dimenzij ob izogibanju uporabe velikega števila polnil. Tako je zagotovljena izvedba z minimalnim številom gradnikov opaža, kar seveda vpliva na končno ceno dela.

Za omogočitev pritrditve opaža na opažne odre RCS-C je bilo treba predvideti uporabo dvojnih U profilov SRZ U120. Za vsak nosilni oder je bilo treba izbrati potrebno dolžino profila. Ta mora zagotavljati, da nosilec premosti razdaljo med nosilcema nosilnega odra, ki predstavljata kontaktno točko opaža in odra. Poleg tega mora biti dovolj dolg, da omogoča pritrditev profila na opaž na obeh straneh kontaktne točke. Pritrditev je izvedena s pritrditvenimi kljukami in krilatimi maticami s podložno ploščo.

Masa posameznih jaškovnih opažev s pripadajočimi nosilnimi odri ni presegla maksimalne obtežbe, ki jo je mogoče dvigniti s pomočjo jaškovnih panelov. Celotni opaž na teh območjih je izveden tako, da je za razliko od sistema VARIO GT 24 možno premakniti celotni opaž skupaj z nosilnim odrom.

Pripadajoči opažni načrti se nahajajo v Prilogah B1 in B2.

### **6.3.3 MAXIMO**

Načrtovanje opažnega sistema MAXIMO poteka povsem na enak način kot pri sistemu TRIO. Prerez panelov obeh sistemov je popolnoma enak, torej lahko višinski potek opaženja povzamemo po sistemu TRIO.

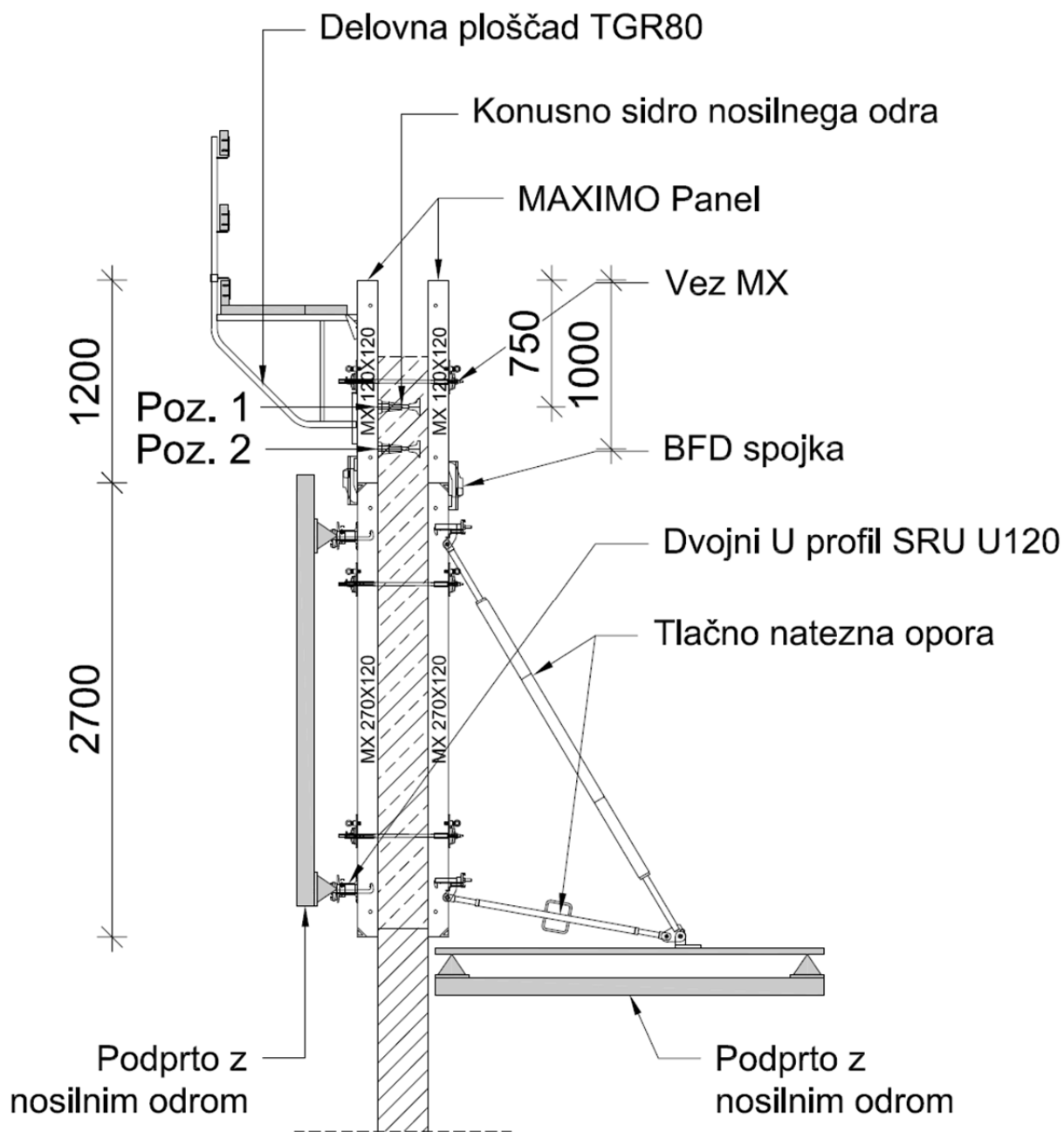
#### **6.3.3.1 Razporeditev panelov**

Razporeditev panelov poteka po enakem postopku kot pri sistemu TRIO, vendar je končna rešitev opaženja popolnoma drugačna. Razlog za to so različne širine razpoložljivih panelov, drugačna razporeditev odprtih za vezi in drugačne rešitve detajlov.

Med načrtovanjem se je zagotavljanje primerne odmika okvirja od sider izkazalo za nekoliko zahtevnejše kot pri predhodnem sistemu. Dva dodatna vertikalna elementa okvirja še dodatno zmanjšata območje, v katerem je možna pritrditev sider, zato je potrebnega veliko truda za doseg racionalne rešitve.

Sistem MAXIMO uporablja stabilizacijske profile MAR za stabilizacijo panelov z eno vezjo. Količino teh zmanjšuje uporaba dvojnih U profilov. Njihovo število je bilo mogoče zmanjšati z uporabo daljših dvojnih U profilov SRU 120. Izbrane so daljše dolžine profilov od potrebnih za pritrditev opaža in dodane dodatne pritrdilne kljuge. Dodatna dolžina je omogočila stabilizacijo panelov, ki to potrebujejo, ter omilila potrebo po uporabi profilov MAR.

Pripadajoči opažni načrti se nahajajo v Prilogah C1 in C2.



Slika 39: Izbrani prerez opažnega sistema MAXIMO

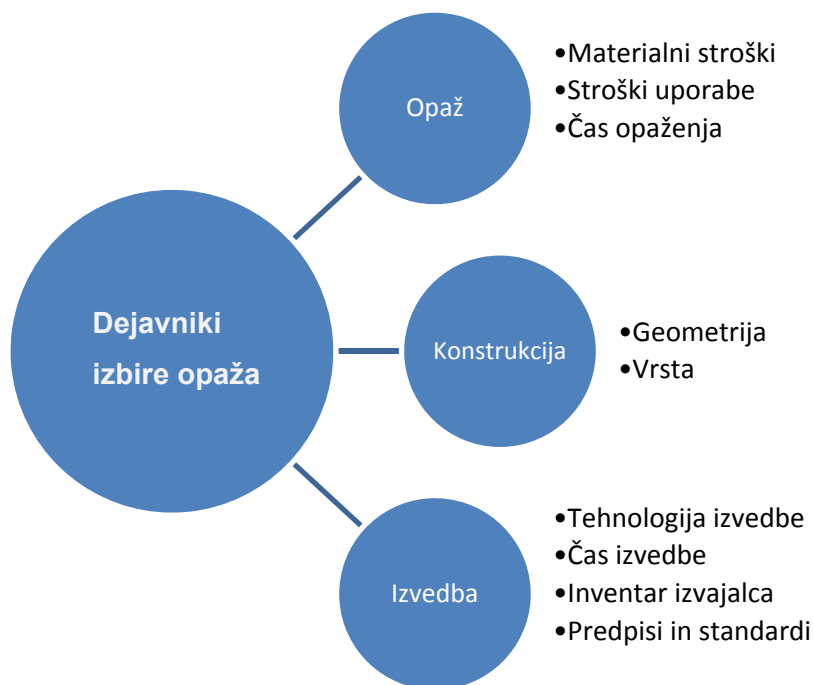
## 7 ANALIZA

Pri izbiranju najbolj optimalnega sistema opaževanja se moramo vprašati, ali so lahko stroški materiala edini kriterij za izbiro opaža. To se zgodi pogosto, pri čemer velja opozoriti, da so dejavniki, odgovorni za razlike med cenami, pogosto spregledani, in zanemarjeni so stroški, ki nastanejo med uporabo. Za potrebe pravilne izbire je treba poznati tudi ozadje različnih opažnih sistemov. Šele tedaj lahko govorimo o racionalni in ekonomični izbiri opaža.

Dejavnike, ki vplivajo na izbiro opaža, lahko razvrstimo v tri velike skupine:

- dejavnike opaža,
- dejavnike konstrukcije,
- dejavnike izvedbe.

Dejavniki opaža predstavljajo materialne stroške, stroške dela, potrebnega za izvedbo, in hitrost dela z opaži. Konstrukcija vpliva na izbiro s svojo geometrijo in vrsto. Dejavniki izvedbe pa so tehnologija izvedbe, čas izvedbe, obstoječi inventar izvajalca ter veljavni predpisi in standardi.



Slika 40: Dejavniki izbire opaža

Nasprotno od prakse, kjer so primerjave izvedene s pomočjo ocenjenih stroškov opaženja, bo primerjava izvedena s pomočjo opažnih načrtov, pripravljenih v 6. poglavju. Načrti že upoštevajo konstrukcijske dejavnike in so v skladu s predpisi in standardi. Tehnologija izvedbe in inventar izvajalca sta zanemarjena z izjemo časa izvedbe, saj izvajalec še ni znan, zato podatkov ni mogoče pridobiti. Zanemarjena dejavnika sta sicer zelo pomembna in imata lahko velik vpliv na izbiro opaženja. Izbiro opaža lahko izredno omejita ali celo pogojujeta uporabo določenega opažnega sistema.

Za vse tri opažne sisteme so stroški določeni z enakimi pogoji. Cene predvidevajo izvedbo koraka betoniranja v enem tednu. Pri izvedbi celotnega jedra v tem tempu je za izvedbo konstrukcije potrebnih 34 tednov, kar predstavlja čas izposoje opaža. Cene vsebujejo vse potrebne opažne komponente, potrebne za opaženje, pritrditev opažev in premike opaža.

## 7.1 Stroški materiala

V tem razdelku so primerjani stroški materiala, potrebnega za izvedbo opažev sistemov VARIO, TRIO in MAXIMO. Predstavljeni so stroški posameznih sklopov opaža, medtem ko se v prilogah nahajajo detajlni sezname komponent. Kljub temu, da je predviden najem opaža, je neizogibno, da del komponent predstavlja potrošni material, ki predstavlja enkratne stroške nakupa. Iz tega razloga bodo pri vsakem sistemu poleg skupnih stroškov ločeno podani stroški izposojenih in kupljenih komponent.

Preglednica 4: Materialni stroški opažnega sistema VARIO GT 24

Poz	Postavka	Strošek najema [€]	Strošek najema m <sup>2</sup> opaža [€]	Enkratni strošek [€]	Strošek opaža [€]
1	Nosilci VARIO GT 24	14152,39	0,51		14152,39
2	Dodatki	12689,20	0,46	779,25	13468,45
3	Dvojni U profil	15897,25	0,58	835,02	16732,27
4	Opore	4386,41	0,16		4386,41
5	Vezi	2246,72	0,08	166,37	2413,09
6	Opazne plošče			16500,00	16500
7	Žagani les		0,00	1316,00	1316
	SKUPAJ:	49371,97	1,79	19596,64	68968,61

Podrobnejši seznam komponent opažnega sistema VARIO GT 24 se nahaja v Prilogi A3.



Preglednica 5: Materialni stroški opažnega sistema TRIO

Poz	Postavka	Strošek najema [€]	Strošek najema m <sup>2</sup> opaža [€]	Enkratni strošek [€]	Strošek opaža [€]
1	Paneli	85732,10	3,11		85732,1
2	Dodatki	14530,64	0,53	299,00	14829,64
3	Vezi	1763,24	0,06	148,68	1911,92
4	Opore	4801,76	0,17		4801,76
5	Pritrditev RCS	5517,33	0,20		5517,33
6	Žagan les			1972,40	1972,4
SKUPAJ:		112345,07	4,07	2420,08	114765,15

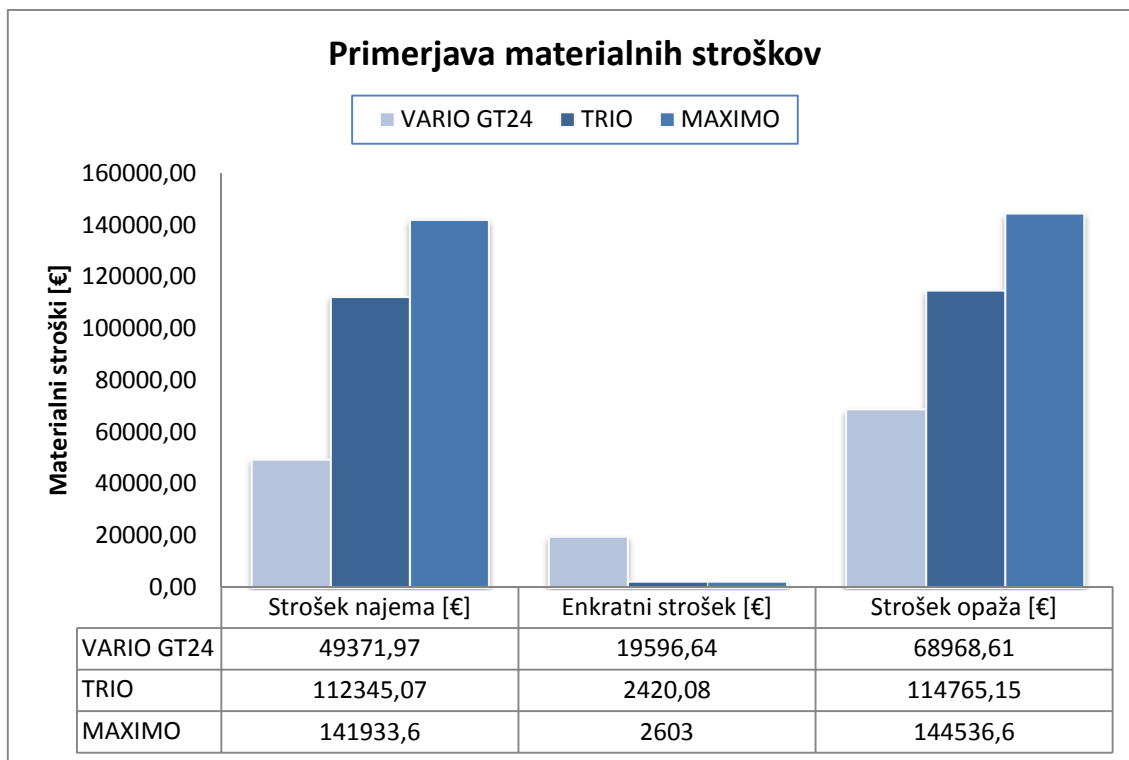
Podrobnejši seznam komponent opažnega sistema TRIO se nahaja v Prilogi B3.

Preglednica 6: Materialni stroški opažnega sistema MAXIMO

Poz	Postavka	Strošek najema [€]	Strošek najema m <sup>2</sup> opaža [€]	Enkratni strošek [€]	Strošek opaža [€]
1	Paneli	100491,85	3,64		100491,85
2	Dodatki	20912,00	0,76	299,00	21211
3	Vezi	9574,02	0,35		9574,02
4	Opore	4801,76	0,17		4801,76
5	Pritrditev RCS	6153,97	0,22		6153,97
6	Žagani les			2304,00	2304
SKUPAJ:		141933,6	5,15	2603	144536,6

Podrobnejši seznam komponent opažnega sistema MAXIMO se nahaja v Prilogi A3.

Rezultat primerjave je pričakovan in odraža razlike med klasičnimi in panelnimi opažnimi sistemi. Kot najcenejša se izkaže izposoja materiala, potrebnega za izdelavo opaža VARIO (68.968,61 €), sledi mu sistem TRIO (114.765,15 €), kot najdražji pa se izkaže sistem MAXIMO (144.536,6 €). Kar 28 % cene sistema VARIO GT 24 je namenjenih nakupu potrošnega materiala, medtem ko je ta delež pri ostalih sistemih pod 2 %. Visok delež potrošnega materiala pri sistemu VARIO gre pripisati potrebi po nakupu opažnih plošč, medtem ko je pri panelnih sistemih ta strošek že vključen v izposajo panelov.



Slika 41: Primerjava materialnih stroškov

Pogosto želijo izvajalci ob delu s sistemom VARIO privarčevati pri najdražji postavki, tj. opažni plošči. Te priskrbijo sami, vendar ne upoštevajo, da so opažni načrti pripravljeni v skladu z mehanskimi lastnostmi opažnih plošč. V želji po znižanju stroškov običajno izberejo slabšo kvaliteto plošč in spremenijo parametre, s katerimi je opaž načrtovan. Da bi bila uporaba alternativnih plošč upravičena, je treba izbrati plošče z enakimi mehanskimi lastnostmi. V nasprotnem primeru je potrebna prilagoditev materialnih stroškov.

## 7.2 Stroški sestave

Le nepoznavalec opažnih sistemov bi lahko njihovo izbiro temeljil samo na podlagi materialnih stroškov. Cena opaža poleg materialnih stroškov določa strošek dela, potrebnega za izdelavo opaža, ki pa je odvisen od števila komponent, potrebnih za izgradnjo opaža.

Preglednica 7: Število komponent, potrebnih za izdelavo opaža

	VARIO GT24	TRIO	MAXIMO
Število komponent	16153	6389	4396

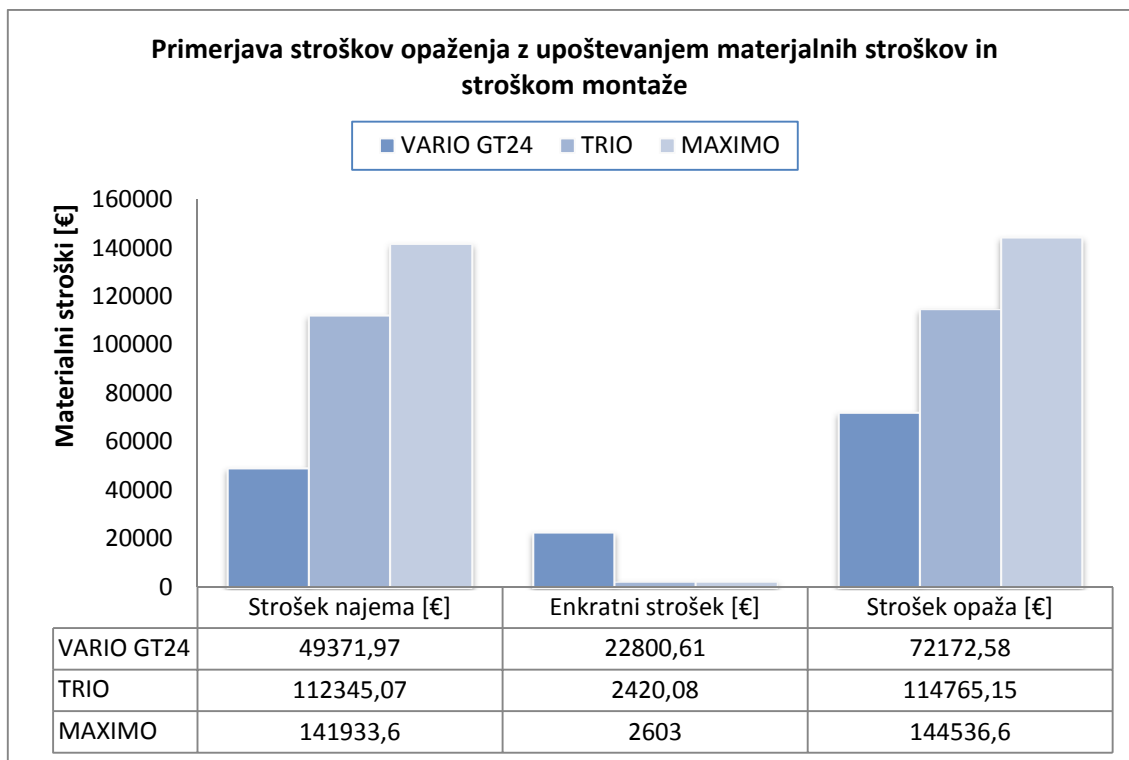
Dva različna pristopa k izdelavi opažev zahtevata upoštevanje cen dela pri izbiri opaža. Uporaba klasičnih opažnih sistemov zahteva montažo in demontažo opažnih elementov pred začetkom in po končani uporabi ali ob spremembi opaža. Iz tega razloga se strošek dela, potrebnega za sestavo, pojavlja pred, med in po uporabi opaža. Panelni sistemi ne potrebujejo sestavljanja panelov, saj so osnovni elementi opaža paneli večjih dimenzij, ki zahtevajo le pozicioniranje. Stroški sestave so pravzaprav stroški izdelave in se odražajo v materialnih stroških in ne med samo uporabo. Strošek izdelave panelov je konstanten, medtem ko strošek dela potrebnega za sestavo klasičnih opažev predstavlja spremenljivko v odvisnosti od cene dela. Iz tega razloga je uporaba klasičnih sistemov racionalnejša na območjih z nizko ceno dela, panelni sistemi pa so primerni za območja z visoko ceno dela. Meja med visoko in nizko ceno dela pa je odvisna od parametrov konstrukcije.

Iz normativov za sestavo opažnega sistema VARIO je mogoče določiti čas, potreben za izdelavo opažnih elementov. Vrednosti se razlikujejo v odvisnosti od zapletenosti izvedbe. Najhitrejša je montaža in demontaža ravnih opažnih elementov, sledijo vogalni elementi, najzahtevnejša pa je izdelava polnil med posameznimi opažnimi elementi. Z upoštevanjem cene dela v Sloveniji, ki znaša 7 €/uro, je iz površine opaža, določene med načrtovanjem, in znanih normativov za postavljanje opaža mogoče določiti stroške, potrebne za sestavo opaža VARIO.

Preglednica 8: Stroški sestave opaža VARIO GT 24

Poz	Postavka	Strošek najema [€]	Strošek najema m <sup>2</sup> opaža [€]	Enkratni strošek [€]	Strošek opaža [€]
	Nosilci VARIO				
1	GT24	14152,39	0,51		14152,39
2	Dodatki	12689,20	0,46	779,25	13468,45
3	Dvojni U profil	15897,25	0,58	835,02	16732,27
4	Opore	4386,41	0,16		4386,41
5	Vezi	2246,72	0,08	166,37	2413,09
6	Opazne plošče			16500,00	16500
7	Žagani les		0,00	1316,00	1316
8	Sestava			3203,97	3203,97
	SKUPAJ:	49371,97	1,79	22800,61	72172,58

Sistem VARIO ob upoštevanju stroškov sestavljanja še vedno predstavlja najugodnejšo opcijo, vendar je razlika v ceni v primerjavi s preostalima sistemoma manjša za 3.203,97 €. Stroški montaže pa še dodatno povečajo enkratne stroške, ki znašajo 31 % celotne cene.



Slika 42: Primerjava stroškov opaženja z upoštevanjem materialnih stroškov in stroškov montaže

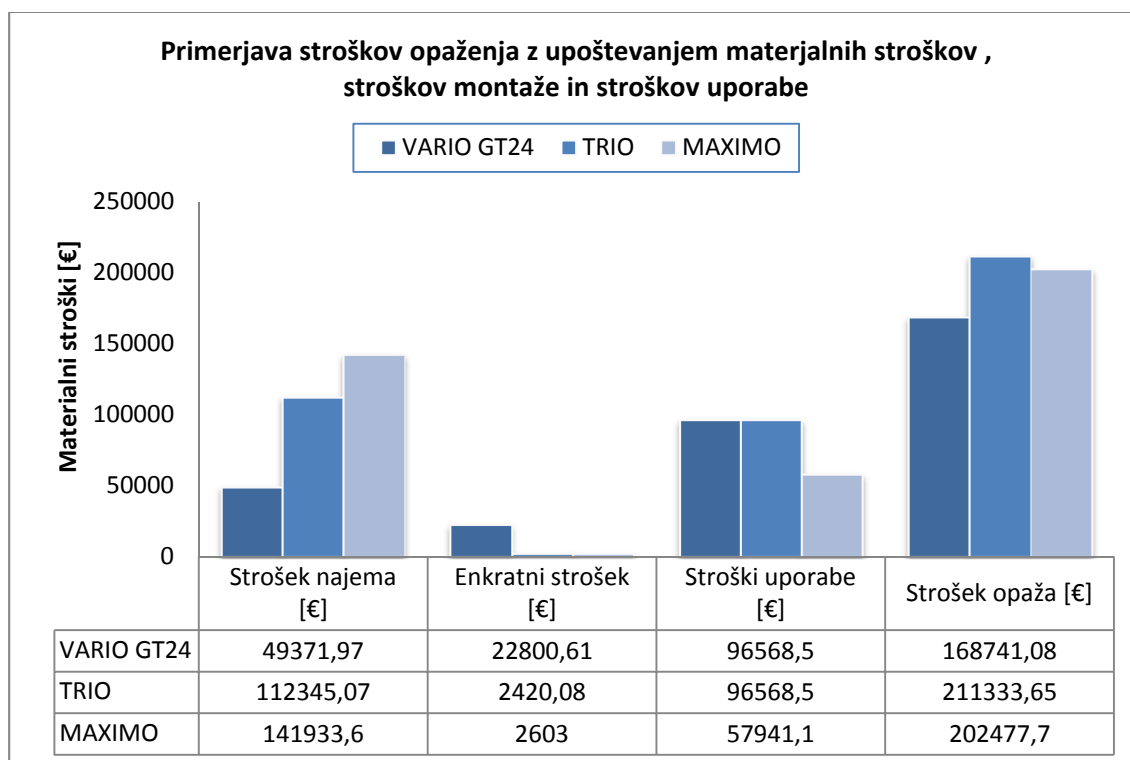
### 7.3 Čas opaženja

Poleg stroškov montaže je za določitev skupnih stroškov opaženja treba upoštevati še stroške uporabe opaža. Razlika v količini dela, ki je potrebna za postavitvev opaža, razopaženje in čiščenje ob velikem številu korakov betoniranja lahko znatno vplivajo na končni strošek opaženja. Količina dela, potrebna za uporabo opažev VARIO in TRIO, je enaka, medtem ko je glavna prednost sistema MAXIMO prav majhna količina dela, potrebnega za njegovo uporabo.

Za izdelavo obravnavane konstrukcije je predvidenih 34 korakov betoniranja. Opažna površina posameznega koraka znaša 811,5 m<sup>2</sup>. Normativ porabljenega časa opaženja opažnega sistema VARIO in TRIO znaša 0,5 h/m<sup>2</sup>, medtem ko ta znaša 0,3 h/m<sup>2</sup> pri sistemu MAXIMO. Čas opaženja je v analizi upoštevan le kot strošek opravljenega dela, vpliv na časovni potek dela pa je zanemarjen. Terminski vpliv je zanemarjen, saj je z uporabo večje delovne sile mogoče doseči enako hitrost dela, vendar so v tem primeru stroški dela večji.

Preglednica 9: Stroški uporabe opažnih sistemov VARIO GT 24, TRIO in MAXIMO

	Površina opaža [m <sup>2</sup> ]	Število korakov betoniranja	Normativ opaženja [h/m <sup>2</sup> ]	Urna postavka [€/h]	Stroški uporabe [€]
VARIO GT 24	811,5	34	0,5	7	96568,5
TRIO	811,5	34	0,5	7	96568,5
MAXIMO	811,5	34	0,3	7	57941,1



Slika 43: Primerjava stroškov opaženja z upoštevanjem materialnih stroškov, stroškov montaže in stroškov uporabe

Sistem VARIO (168.741,08 €) se tudi z upoštevanjem stroškov uporabe izkaže kot najboljša izbira. Sledita mu sistema MAXIMO (202.477,7 €) in TRIO (211.333,65 €). Ker je količina dela s sistemom MAXIMO manjša za 40 %, se kot posledica velikega števila uporab ta sistem izkaže kot bolj racionalen kot sistem TRIO. Stroški dela s sistemom MAXIMO znašajo 57.941,1 € in so v primerjavi s preostalima sistemoma nižji za 38.627,4 €. Kljub višjim materialnim stroškom so skupni stroški MAXIMA nižji za 8856 € v primerjavi s sistemom TRIO.

Rezultati analize so bili nekoliko presenetljivi, saj se v praksi MAXIMO skupaj z nosilnimi odri skorajda ne uporablja. Kljub nizki ceni dela v Sloveniji so rezultati upravičevali uporabo

sistema MAXIMO. Iz tega razloga je račun stroškov izveden ponovno z uporabo cen dela v Nemčiji, ki so bistveno višje od slovenskih.

Preglednica 10: Stroški uporabe opaža v Nemčiji

	Površina opaža [m <sup>2</sup> ]	Število korakov betoniranja	Normativ opaženja [h/m <sup>2</sup> ]	Urna postavka [€/h]	Stroški uporabe [€]
VARIO GT 24	811,5	34	0,5	30	413.865
TRIO	811,5	34	0,5	30	413.865
MAXIMO	811,5	34	0,3	30	248.319

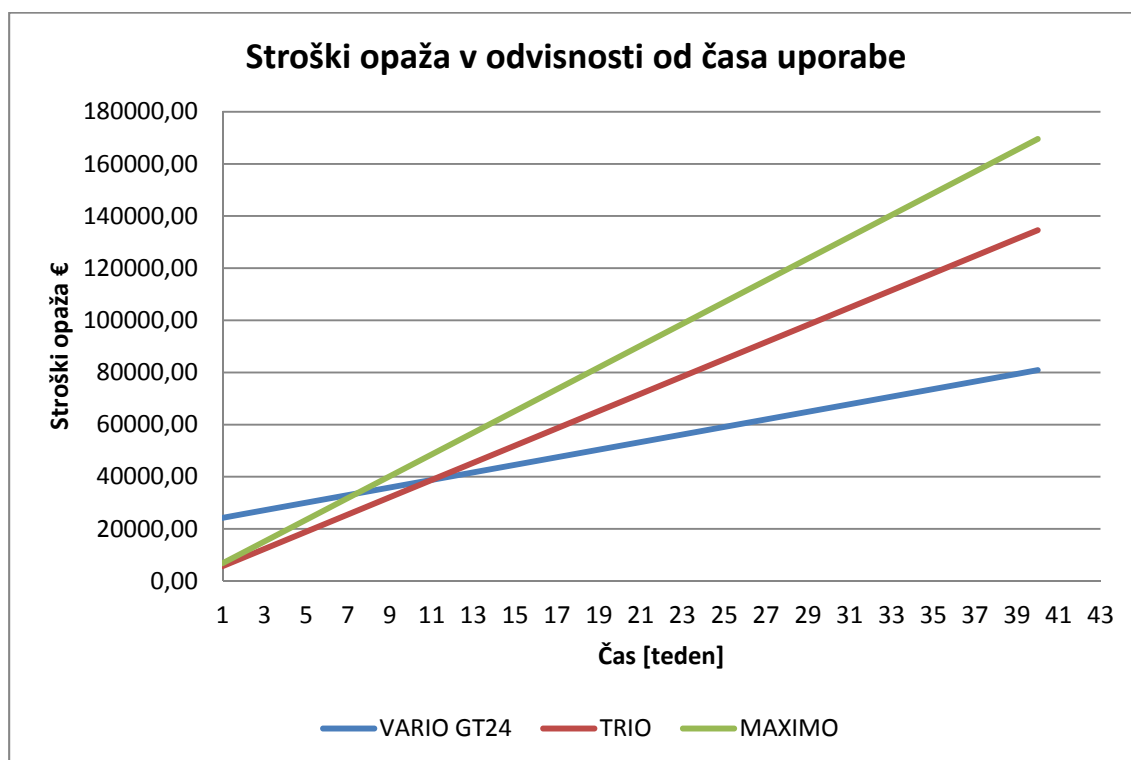
Velika razlika med stroški uporabe pri računu z nemškimi cenami dela je potrdila anomalijo med analizo in stanjem v praksi, zato je bilo potrebno raziskati vzroke anomalije. Izkazalo se je, da normativa opaženja sistema MAXIMO pri uporabi z nosilnimi odri ni mogoče doseči. Razlog za to je relativna nerazvitost sistema MAXIMO. Sistem je dokaj nov in razvoj aplikacij uporabe v kombinaciji z nosilnimi odri še ni na nivoju, ki bi omogočal doseganje časov opaženja iz normativa. Pridobljeni rezultati za sistem MAXIMO zato niso veljavni za predvideno izvedbo objekta, predstavljajo pa dober vpogled v razliko med stroški uporabe v primeru uporabe opažev brez nosilnih odrov. Najvišji materialni stroški opažnega sistema MAXIMO so v tem primeru vsekakor upravičeni.

Po izključitvi pridobljenih vrednosti za sistem MAXIMO se čas opaženja v podanih pogojih ne izkaže kot dejavnik izbire. Celotni strošek izvedbe obravnavanega objekta z opažnim sistemom VARIO znaša 168.741,08 € in predstavlja najcenejšo opcijo. S skupno ceno 211.333,65 € je izvedba z uporabo sistema TRIO za 42.592,57 € dražja izbira. Sistem MAXIMO v podanih pogojih ne more izkoristiti svojih prednosti, zato se izkaže kot nekonkurenčen. S predpostavko, da je možno doseči enake čase opaženja kot pri preostalih dveh sistemih, znaša skupna cena opaženja z opažnim sistemom MAXIMO 241.105,1 € in predstavlja najdražjo možnost.

#### 7.4 Čas izvedbe

Ceno opaža poleg časa najema določa tudi časovna razporeditev stroškov in njihov značaj. Stroškovna analiza je razkrila bistveno razliko v količini enkratnih stroškov med opažnimi sistemi. Sistem VARIO GT 24 zahteva za svojo uporabo nakup opažnih plošč ter sestavo ne glede na dolžino uporabe. Že pri eni sami uporabi se tako srečamo z neizogibnimi, visokimi začetnimi stroški. Za upravičenost uporabe sistema VARIO je iz tega razloga potrebna dolgotrajna uporaba, saj v tem primeru visoke začetne stroške omili nizka cena izposojenih

komponent. Panelna sistema omogočata izposojiti velike večine komponent, enkratne stroške pa predstavljajo le polnila in izgubljene komponente. Cena izposoje komponent je višja kot pri sistemu VARIO, vendar je konstantna in se ne spreminja v odvisnosti od dolžine uporabe. Pri kratkem času uporabe sta torej uporaba panelnih sistemov cenejša, saj ni prisotnih velikih začetnih stroškov.



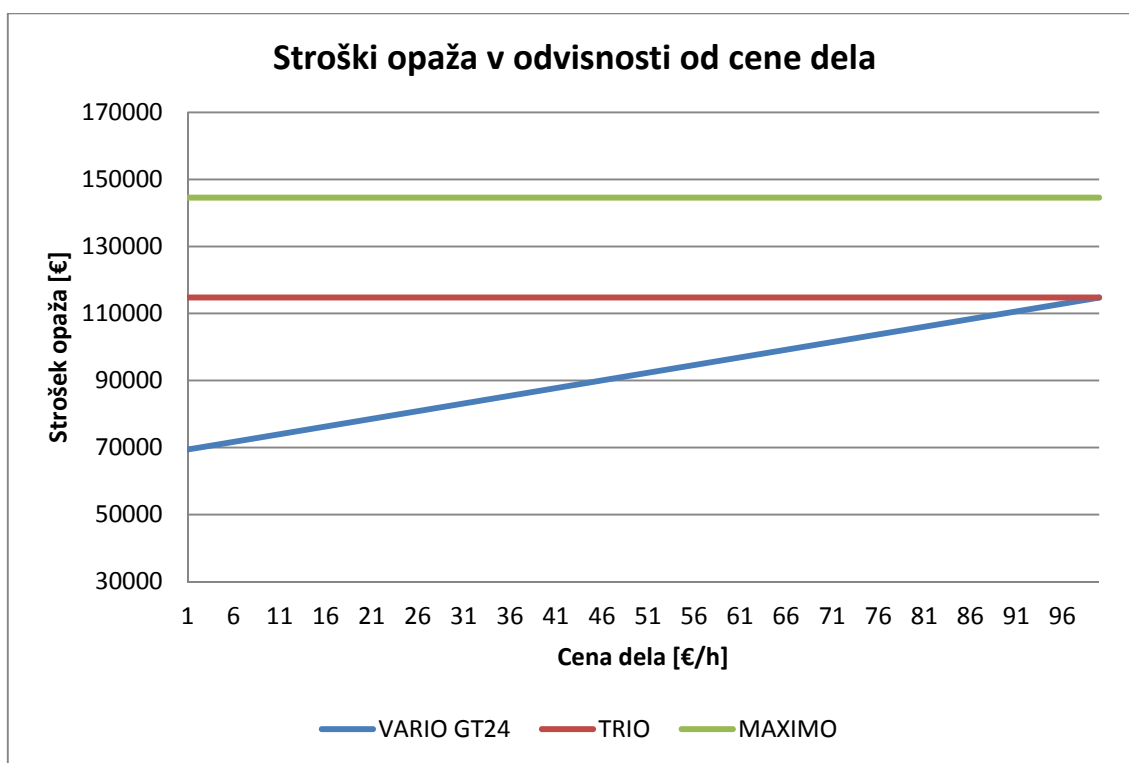
Slika 44: Graf odvisnosti stroškov opaža od časa uporabe

Za obravnavani projekt je s pomočjo materialnih stroškov identificirana količina časa, pri kateri je racionalnejša uporaba panelnih sistemov TRIO in MAXIMO. Pri primerjavi sistema VARIO in TRIO znaša mejni čas 11 tednov. To pomeni, da je ob uporabi 34 korakov betoniranja uporaba sistema TRIO racionalnejša ob izvedbi posameznega koraka betoniranja v 2,3 dneh ali manj. Pri primerjavi VARIA in MAXIMA se za mejni čas izkaže obdobje 7,4 tedna, kar pomeni, da je sistem MAXIMO racionalnejši pri izvedbi koraka betoniranja v 1,5 dneva ali manj.

Čas izvedbe je neposredno odvisen od tehnologije izvedbe konstrukcije. Za predlagano izvedbo obravnavane konstrukcije znaša minimalni čas izvedbe posameznega koraka betoniranja 4 dni ob uporabi primernega betona, načina izvedbe in količine dela. Časov betoniranja, pri katerih bi bila priporočena uporaba sistema TRIO in MAXIMO, s predpostavljeno tehnologijo izvedbe ni možno doseči.

## 7.5 Cena dela

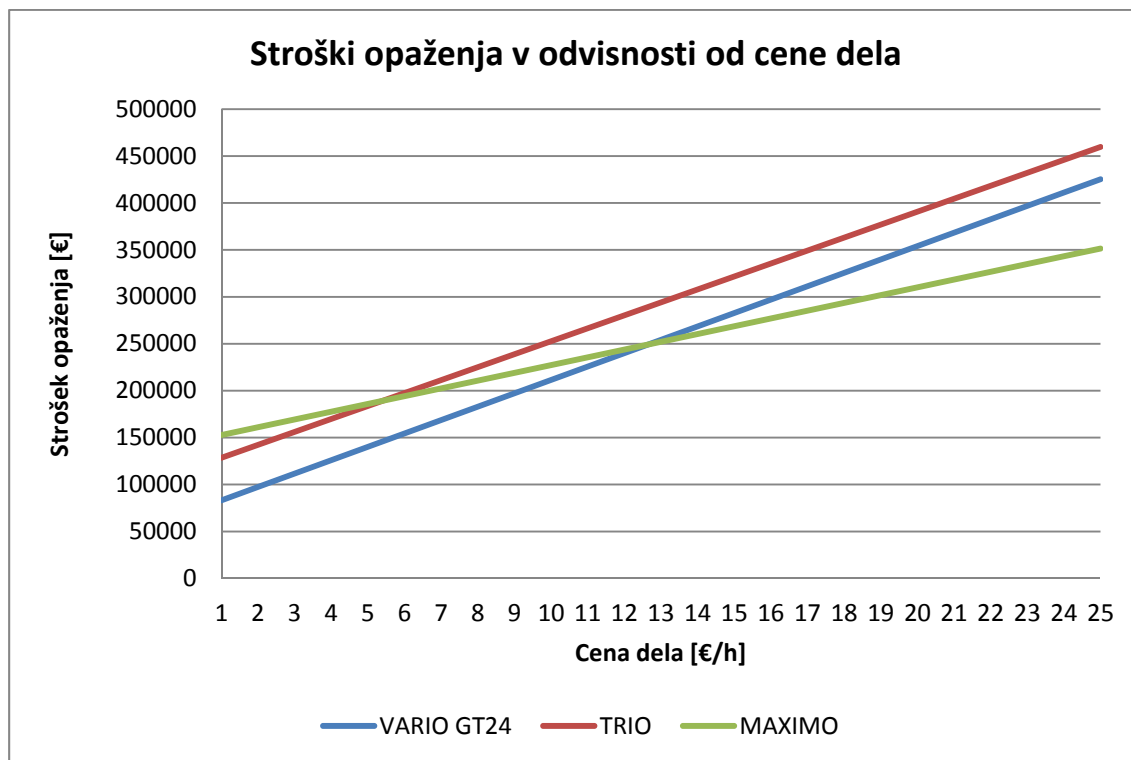
V zadnjem delu naloge želimo še določiti odvisnost cene opaženja od cene dela. Cena dela vpliva na stroške sestave sistema VARIO GT 24. Za sestavo sistema je potrebnih 457,71 ur dela, kar pomeni, da lahko spreminjanje urne postavke bistveno podraži strošek opaženja. Za ilustracijo prednosti sistema MAXIMO sem se odločil izvesti tudi analizo z vključitvijo stroškov uporabe opaža. Iz že opisanih razlogov prednosti opažnega sistema MAXIMO ne pridejo do izraza pri obravnavanem objektu. Rezultati sami pa predstavljajo dober vpogled v to, kakšne prihranke ponuja sistem MAXIMO v primeru, ko lahko dosežemo predpisani normativ dela.



Slika 45: Graf odvisnosti stroškov opaža od cene dela

Mejna cena dela pri primerjavi opažnega sistema VARIO in TRIO znaša 100 €/h. Pri cenah dela, ki so nižje, je racionalnejša uporaba sistema VARIO, pri višjih vrednostih pa panelnega sistemov. Zaradi velike razlike med materialnimi stroški posameznih opažnih sistemov v predpostavljenih pogojih cena dela samostojno ne vpliva na izbiro opažnega sistema. Vrednosti, ki smostojno opravičujejo uporabo sistema TRIO, so nekajkrat večje od cen dela v najbolj razvitih deželah, v primerjavi s slovenskimi cenami pa so kar 14-krat višje od trenutnih cen dela v Sloveniji.





Slika 46: Graf odvisnosti stroškov opaženja od cene dela

Ob upoštevanju stroška uporabe in prednosti, ki jih na tem področju ponuja sistem MAXIMO, se slika bistveno spremeni. Že pri ceni dela 5,4 €/h se MAXIMO izkaže za rentabilnejšega od sistema TRIO, medtem ko v primerjavi s sistemom VARIO mejna vrednost znaša 12,6 €/h. Potencialna razlika se izkaže kot izredno velika in tudi s trenutno nizko ceno dela v Sloveniji se sistem MAXIMO izkaže kot racionalna izbira v primerjavi s sistemom TRIO.

## **8 ZAKLJUČKI**

### **8.1 Zaključki načrtovanja**

Pri načrtovanju opaževanja so se kot zelo pomemben dejavnik izkazali nosilni odri. Podajajo veliko število pogojev, ki jim je treba zadostiti med načrtovanjem. Iz tega razloga se je izkazalo načrtovanje opažnega sistema VARIO GT 24 za najpreprostejše. Fleksibilni značaj tega sistema omogoča enostavno prilagoditev opažnih elementov zahtevam nosilnih odrov. Pri delu s panelnima sistemoma se je zagotavljanje vsem pogojem izkazalo za nekoliko težavno. Pogosto se z zagotovitvijo enega pogoja poruši zagotovitev drugega pogoja. Izvedeno zaporedje dela, kjer je bilo treba opaž prilagoditi načrtu nosilnih odrov, je primerno za sistem VARIO. Pri sistemih TRIO in MAXIMO pa je priporočeno sočasno načrtovanje, saj so opaži in nosilni odri soodvisni in je potrebno njihovo medsebojno prilagajanje.

Tabele, priročniki in navodila za uporabo so se izkazali kot dober pripomoček pri načrtovanju vseh treh sistemov. Pri načrtovanju opažev je bilo možno v dokumentaciji najti rešitve za vse dele obravnavane konstrukcije. Načrtovanje panelnih opažnih sistemov je potekalo brez računskih kontrol, saj so rešitve preverjene v navodilih za uporabo. Sistem VARIO je zaradi svoje narave potreboval nekoliko več kontrol, ki so zahtevale osnovno znanje konstruiranja.

### **8.2 Zaključki analize**

V predpostavljenih pogojih gradnje se kot najbolj ekonomičen izkaže opažni sistem VARIO GT 24. Strošek opažnega sistema VARIO za obravnavani primer znaša 68.968,61 €, uporaba sistema TRIO pa vodi k materialnim stroškom 114.765,15 € oz. 144.536,6 € za sistem MAXIMO. V primeru izvedbe objekta v 11 tednih ali manj se sistem TRIO izkaže kot bolj racionalen v primerjavi s sistemom VARIO, za sistem MAXIMO pa ta meja znaša 7,4 tedna. Obravnavanega objekta z uporabljenimi predpostavkami ni možno izvesti hitreje kot v 19,5 tedna, zato čas gradnje ne vpliva na izbiro opaža v obravnavanem primeru, prikazan pa je vpliv časa izvedbe.

Z upoštevanjem časov dela z opaži se sistem MAXIMO izkaže kot ugodnejša izbira od sistema TRIO in omogoča prihranek v višini 8856 €. Zaradi nerazvitosti sistema ni možno doseči normativov za sistem MAXIMO pri izvedbi konstrukcije s pomočjo nosilnih odrov. Iz tega razloga so rezultati neveljavni, vendar ponujajo dober vpogled v prednosti, ki jih ponuja sistem MAXIMO. Normativi dela s sistemoma VARIO in TRIO so enaki, zato se količina dela pri obravnavani konstrukciji in pogojih ne izkaže kot dejavnik izbire opaža.

Ob podanih pogojih izbire opažnega sistema samo na podlagi cene dela v Sloveniji še dolgo ni pričakovati. Meja, ki upravičuje uporabo sistema TRIO, znaša 100 €/h in je 14-krat večja od trenutne cene dela. Pri uporabi sistema MAXIMO ni mogoče aplicirati njegovih prednosti. Brez upoštevanja manjše količine dela, ki ga potrebuje ta sistem, njegove uporabe ni možno upravičiti na podlagi cene dela. Izvedena analiza za hipotetične pogoje, ki omogočajo doseganje normativov sistema MAXIMO, pa je pokazala, da je njegova uporaba upravičena že pri 5,4 €/h v primerjavi s sistemom TRIO in pri 12,6 €/h s sistemom VARIO GT 24.

Analiza je pokazala, da so za podane pogoje materialni stroški najpombnejši dejavnik izbire. Vpliv preostalih dejavnikov se jasno prikaže skozi analizo, vendar na izbor med predlaganimi rešitvami ne vpliva, saj njihov učinek ne pride do izraza ob uporabi predlaganega načina gradnje. Ob izbiri drugačnih pogojev izvedbe, lahko le-ti vplivajo na izbor opaža, zato jih je ob izboru opaža potrebno upoštevati.

## **VIRI**

### **Uporabljeni viri**

Beg, D., Skuber, P., Sinur, F., Može, P., Pavlovčič, L., Čermelj, B., Kozlevčar, P., 2007. Projektiranje jeklenih konstrukcij v skladu z evrokod standardi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo, Katedra za metalne konstrukcije: 171 str.

Design Tables 2008: Formwork and Shoring. 2007. Weißenhorn, PERI GmbH: 121 str.

DIN EN 1993-1-1:2010 - Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

Fairfaced Concrete. 2002. Weißenhorn, PERI GmbH: 84 str.

GT 24 Girder. 2010. Weißenhorn, PERI GmbH: 15 str.

Handbook 2008: Formwork and Scaffolding Engineering. 2007. Weißenhorn, PERI GmbH: 304 str.

Krumboltz Hurd, M. 2005. Formwork for concrete. American Concrete Institute: 378 str.  
<http://books.google.de> (Pridobljeno 10. 12. 2011.)

MAXIMO. 2011. Weißenhorn, PERI GmbH: 57.

Product Information: Wall Formwork, Push Pull Props. 2011. Weißenhorn, PERI GmbH: 3 str.

SIST EN 1991-1-4:2005 - Evrokod 1 - Vplivi na konstrukcije - 1-4. del: Splošni vplivi - Obtežbe vetra.

SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2008 - Evrokod 1 - Vplivi na konstrukcije - 1-4. del: Splošni vplivi - Obtežbe vetra - Nacionalni dodatek.

SIST EN 13670:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij.

SIST EN 13670:2010/A101:2010 - Izvajanje betonskih konstrukcij - Nacionalni dodatek.

TRIO. 2011. Weißenhorn, PERI GmbH: 77 str.

Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih.  
Uradni list RS št. 83/2005: 8654-8672.

VARIO GT 24. 2011. Weißenhorn, PERI GmbH: 69 str.

Lesen opaž. 2011.

<http://www.burmor.co.uk> (Pridobljeno 25. 2. 2012.)

Opažni sistem iz umetnih mas. 2011.

<http://www.epiceco.com> (Pridobljeno 20. 12. 2011.)

Opis podjetja PERI GmbH. 2012.

<http://www.peri.de> (Pridobljeno 10.1.2012.)

Informacije o obravnavanem objektu. 2008.

<http://www.skyscrapercity.com> (Pridobljeno 15. 12. 2011.)

U-Profile mit parallelen Flanschen. 2012.

<http://www.spaeter-hamburg.de> (Pridobljeno 5. 2. 2012.)

Temporary Works: Standards. 2011.

<http://www.temporaryworks.info> (Pridobljeno 20. 1. 2012.)

### **Ostali viri**

MAXIMO: Assembly Instructions for Standard Configuration. 2010. Weißenhorn, PERI GmbH: 103 str.

TRIO: Assembly Instructions for Standard Configuration. 2012. Weißenhorn, PERI GmbH: 79 str.

VARIO GT 24: Assembly Instructions for Standard Application. 2008. Weißenhorn, PERI GmbH: 63 str.

Standardi SIST. 2012.

<http://www.sist.si/> (Pridobljeno 5. 1. 2012.)

## PRILOGE

## PRILOGA A3: Detajlni seznam komponent opažnega sistema VARIO GT24

## 1. Nosilci GT24

Kol.	En	Opis	Kat.Št.	KG	KG/skupaj
778	KOM	GIRDER GT 24, 390	375390	23,00	17.894,00
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>1.678,15</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>839,07</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>13.313,32</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>14.152,39</b>
Masa:				17.894 KG	

## 2. VARIO Dodatki

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
168	KOM	VARIO COUPLING VKZ 99 CM	313010	9,00	1.512,00
48	KOM	VARIO COUPLING VKZ 147 CM	313020	13,30	638,40
890	KOM	WEDGE TENSIONPROOF KZ	324240	0,81	716,45
100	KOM	PERI WEDGE K	324250	0,33	33,10
84	KOM	COUPLING COMPRESSION PLATE KDP	324220	1,23	103,32
24	KOM	TIE YOKE SKZ	324210	2,18	52,32
306	KOM	GIRDER CLAW HB	324600	0,91	277,54
1.638	KOM	FIX STRAP HB 24-100/120	324070	0,69	1.131,86
156	KOM	HOOK STRAP FOR U100-U120, GALV.	324630	0,74	115,75
30	KOM	HOOK STRAP UNIVERSAL HBU	403845	0,89	26,79
1.400	KOM*	LAG SCREW 8X 60 DIN 571, GALV.	024270	0,023	32,20
6.000	KOM*	TSS-TORX 6X60, GALV.	024470	0,008	48,00
8	KOM	KICKER AV 210, COMPL.	408135	13,00	104,00
16	KOM	WEDGE HEADPIECE CPL.	328060	1,91	30,56
15	KOM*	FORMWORK JOINT 21/40-300	101706	1,23	18,45
104	KOM	SCAFFOLD JACK GB 80	327110	11,00	1.144,00
4	KOM	CORNER SCAFF. JACK EGB 24-80 L	327070	14,00	56,00
4	KOM	CORNER SCAFF. JACK EGB 24-80 R	327060	14,00	56,00
4	KOM	CRANE SPLICE GT24	370760	4,65	18,60

\* = Nakup

<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>1.504,65</b>
<b>Stroški nakupa</b>				<b>Eur</b>	<b>779,25</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>752,32</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>11.936,88</b>
<b>Nakup + Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>13.468,45</b>
Masa:				6.115 KG	

### 3. Dvojni U profili

#### 3.1. SRZ U100

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
30	KOM	STEEL WALE U100 SRZ 120 CM	310030	25,10	753,00
6	KOM	STEEL WALER SRZ 145	310610	30,40	182,40
6	KOM	STEEL WALE U100 SRZ 361 CM	310380	75,90	455,40
72	KOM	STEEL WALE U100 SRZ 195 CM	310070	40,90	2.944,80
84	KOM	STEEL WALE U100 SRZ 245 CM	310050	51,60	4.334,40
6	KOM	STEEL WALE U100 SRZ 295 CM	310120	61,50	369,00
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>1.142,37</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>571,19</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>9.062,79</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>9.633,98</b>
Masa:				9.039 KG	

#### 3.2. SRU U120

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
12	KOM	STEEL WALER SRU 447 U120	403918	119,00	1.428,00
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>181,62</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>90,81</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>1.440,85</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>1.531,66</b>
Masa:				1.428 KG	

#### 3.3. Vogalni profili

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
48	KOM	VARIO WALE U100 VSRZ-24 120/12	310440	32,10	1.540,80
36	KOM	INTERNAL CORNER WALER IRZ75/75	310200	42,30	1.522,80
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>561,06</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>280,53</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>4.451,08</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>4.731,61</b>
Masa:				3.064 KG	



**3.4. Proizvodni stroški**

Kol. En Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
6 KOM*ADD .ROW OF SRZ SLOTS	010350	0,000	0,000
18 KOM*Special length waler fabrication SRZ660	090003/01	0,000	0,000
18 KOM*Special length waler fabrication SRZ640	090003/02	0,000	0,000
6 KOM*Special length waler fabrication SRZ310	090003/03	0,000	0,000
* = Nakup			
<b>Stroški nakupa</b>		<b>Eur</b>	<b>835,02</b>
=====			

**Skupaj poz. 3. Dvojni U profili**

<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>1.885,05</b>
<b>Stroški nakupa</b>	<b>Eur</b>	<b>835,02</b>
<b>Osnovni stroški</b>	<b>Eur</b>	<b>942,53</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>	<b>Eur</b>	<b>14.954,72</b>
<b>Nakup + Osnovni stroški + Najem</b>	<b>Eur</b>	<b>16.732,27</b>
=====		
Masa:		13.531 KG

**4. Tlačno-natezne opore**

Kol. En Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
48 KOM PUSH-PULL PROP RSS1	328010	17,80	854,40
48 KOM KICKER AV CPL.	328110	5,18	248,64
96 KOM GIRDER HEADPIECE 24/A CPL.	328070	4,68	449,28
48 KOM BASE PLATE-2 FOR RSS COMPLETE	406000	1,82	87,36
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>520,13</b>	
<b>Osnovni stroški</b>	<b>Eur</b>	<b>260,06</b>	
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>	<b>Eur</b>	<b>4.126,35</b>	
<b>Osnovni stroški + Najem</b>	<b>Eur</b>	<b>4.386,41</b>	
=====			
Masa:		1.640 KG	

## 5. Vezi

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
12	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 0.85M	330010	1,22	14,64
3	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 1.00M	330480	1,44	4,32
429	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 1.20M	330490	1,73	742,17
3	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 1.50M	330170	2,16	6,48
894	KOM	WINGNUT DW15, GALV.	330100	0,44	391,57
870	KOM	COUNTERPLATE DW15 120X120X15	330140	1,62	1.409,40
24	KOM*	TUBE ROUGH 22 L = 210 MM	065030	0,039	0,94
411	KOM*	TUBE ROUGH 22 L = 270 MM	065031	0,050	20,55
870	KOM*	CONES 22	065033	0,010	8,70

\* = Nakup

**Mesečni najem (30 dni)**

**Eur 266,41**

**Stroški nakupa**

**Eur 166,37**

**Osnovni stroški**

**Eur 133,20**

**Skupni stroški najema za 34 tednov**

**Eur 2.113,52**

**Nakup + Osnovni stroški + Najem**

**Eur 2.413,09**

Masa:

2.599 KG

## 6. Opažne plošče

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
1.000	M2	*PERI BIRCH 21MM 1250X2500	052820	14,80	14.800,00

\* = Nakup

**Stroški nakupa**

**Eur 16.500,00**

Masa:

14.800 KG

## 7. Žagani les

Kol. En Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
0,62 M3 *SOFTW. TIMBER 50x250 L=4,1m	070710/01	600,00	372,00
0,83 M3 *SOFTW. TIMBER 50x250 L=3,7m	070710/02	600,00	498,00
1,4 M3 *SOFTW. TIMBER 50x250 L=3,2m	070710/03	600,00	840,00
0,9 M3 *SOFTW. TIMBER 50x250 L=3m	070710/04	600,00	540,00
0,35 M3 *SOFTW. TIMBER 50x250 L=2,3m	070710/05	600,00	210,00
0,37 M3 *SOFTW. TIMBER 50x150 L=4,1m	070710/06	600,00	222,00
0,5 M3 *SOFTW. TIMBER 50x150 L=3,7m	070710/07	600,00	300,00
0,86 M3 *SOFTW. TIMBER 50x150 L=3,2m	070710/08	600,00	516,00
0,54 M3 *SOFTW. TIMBER 50x150 L=3m	070710/09	600,00	324,00
0,21 M3 *SOFTW. TIMBER 50x150 L=2,3m	070710/10	600,00	126,00

\* = Nakup

**Stroški nakupa****Eur 1.316,00**

Masa:

3.948 KG

## Skupaj

**Mesečni najem (30 dni)****Eur****5.854,39****Stroški nakupa****Eur****19.596,64****Osnovni stroški****Eur****2.927,18****Skupni stroški najema za 34 tednov****Eur****46.444,79****Nakup + Osnovni stroški + Najem****Eur****68.968,61**

Masa:

60.526 KG

## PRILOGA B3: Detajlni seznam komponent opažnega sistema TRIO

### 1. Paneli

#### 1.1. h=270

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
36	KOM	TRIO PANEL TR 270X240	322570	329,00	11.844,00
28	KOM	TRIO PANEL TR 270X120	322510	162,00	4.536,00
52	KOM	TRIO PANEL TR 270X90	322520	115,00	5.980,00
20	KOM	TRIO PANEL TR 270X72	322530	97,20	1.944,00
8	KOM	TRIO PANEL TR 270X60	322550	87,40	699,20
20	KOM	TRIO STOPEND PANEL TR 270X24	323040	50,50	1.010,00
16	KOM	TRIO SHAFT ELEMENT TSE 270	405523	127,00	2.032,00
28	KOM	TRIO CORNER TE 270/2	322580	69,80	1.954,40
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>6.765,66</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>3.382,83</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>53.674,24</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>57.057,07</b>
Masa:				30.000 KG	

#### 1.2. h=120

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
100	KOM	TRIO PANEL TR 120X120	322600	76,10	7.610,00
52	KOM	TRIO PANEL TR 120X90	322610	58,20	3.026,40
20	KOM	TRIO PANEL TR 120X72	322620	48,60	972,00
8	KOM	TRIO PANEL TR 120X60	322640	43,40	347,20
28	KOM	TRIO CORNER TE 120/2	322660	33,20	929,60
20	KOM	TRIO STOPEND PANEL TR 120X24	323030	23,10	462,00
16	KOM	TRIO SHAFT ELEMENT TSE 120	405524	72,60	1.161,60
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>3.400,20</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>1.700,10</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>26.974,93</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>28.675,03</b>
Masa:				14.509 KG	

---

## Skupaj poz. 1. Paneli

---

<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>10.165,86</b>	
<b>Osnovni stroški</b>		<b>Eur</b>	<b>5.082,93</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>		<b>Eur</b>	<b>80.649,17</b>
			<hr/>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>		<b>Eur</b>	<b>85.732,10</b>
			<hr/> <hr/>
Masa:		44.508 KG	

## 2. Dodatki

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
968	KOM	ALIGNMENT COUPLER BFD, G.	323500	4,35	4.210,80
88	KOM	TRIO SCAFF.BRACKET TRG 80	323670	12,80	1.126,40
1.000	KOM	*TSS-TORX 8X44, GALV.	104892	0,011	11,00
4	KOM	TRIO LIFTING HOOK 1,5 T	323690	7,05	28,20
		* = Nakup			
		<b>Mesečni najem (30 dni)</b>		<b>Eur</b>	<b>1.723,00</b>
		<b>Stroški nakupa</b>		<b>Eur</b>	<b>299,00</b>
		<b>Osnovni stroški</b>		<b>Eur</b>	<b>861,50</b>
		<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>		<b>Eur</b>	<b>13.669,14</b>
					<hr/>
		<b>Nakup + Osnovni stroški + Najem</b>		<b>Eur</b>	<b>14.829,64</b>
					<hr/> <hr/>
		Masa:		5.376 KG	

### 3. Vezi

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
360	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 0.85M	330010	1,22	439,20
12	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 1.00M	330480	1,44	17,28
3	KOM	DYWIDAG TIE ROD DW15 1.20M	330490	1,73	5,19
750	KOM	WINGNUT DW15, GALV.	330100	0,44	328,50
750	KOM	COUNTERPLATE DW15 120X120X15	330140	1,62	1.215,00
20	KOM*	TUBE ROUGH 22 L = 210 MM	065030	0,039	0,78
380	KOM*	TUBE ROUGH 22 L = 270 MM	065031	0,050	19,00
750	KOM*	CONES 22	065033	0,010	7,50

\* = Nakup

**Mesečni najem (30 dni) Eur 209,08**

**Stroški nakupa Eur 148,68**

**Osnovni stroški Eur 104,54**

**Skupni stroški najema za 34 tednov Eur 1.658,70**

**Nakup + Osnovni stroški + Najem Eur 1.911,92**

Masa: 2.032 KG

### 4. Tlačno-natezne opore

Qty.	Un	Description	Art.No.	KG	KG/total
48	KOM	PUSH-PULL PROP RSS1	328010	17,80	854,40
48	KOM	KICKER AV CPL.	328110	5,18	248,64
48	KOM	BASE PLATE-2 FOR RSS COMPLETE	406000	1,82	87,36
96	KOM	TRIO PROP CONNECTOR-2, GALV.	323660	3,31	317,76

**Mesečni najem (30 dni) Eur 569,38**

**Osnovni stroški Eur 284,69**

**Skupni stroški najema za 34 tednov Eur 4.517,07**

**Osnovni stroški + Najem Eur 4.801,76**

Masa: 1.508 KG

## 5. Pritrditev na nosilne odre

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
		4 KOM STEEL WALER SRU 347 U120	403906	92,60	370,40
		8 KOM STEEL WALER SRU 397 U120	403915	106,00	848,00
		20 KOM STEEL WALER SRU 447 U120	403918	119,00	2.380,00
		4 KOM STEEL WALER SRU 497 U120	403922	135,00	540,00
		144 KOM TRIO HOOK TIE DW15/400, GALV.	323650	0,77	110,74
		144 KOM WINGNUT COUNTERPLATE DW15, G.	330110	0,80	115,06
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>654,23</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>327,11</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>5.190,22</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>5.517,33</b>
Masa:					4.364 KG

## 6. Žagani les

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
0,009	M3	*SOFTW. TIMBER 10x120 L=3,9m	070710/01	600,00	5,40
1,31	M3	*SOFTW. TIMBER 100x120 L=3,9m	070710/02	600,00	786,00
0,014	M3	*SOFTW. TIMBER 15x120 L=3,9m	070710/03	600,00	8,40
0,084	M3	*SOFTW. TIMBER 30x120 L=3,9m	070710/04	600,00	50,40
0,037	M3	*SOFTW. TIMBER 40x120 L=3,9m	070710/05	600,00	22,20
0,655	M3	*SOFTW. TIMBER 50x120 L=3,9m	070710/06	600,00	393,00
0,337	M3	*SOFTW. TIMBER 60x120 L=3,9m	070710/07	600,00	202,20
0,236	M3	*SOFTW. TIMBER 63x120 L=3,9m	070710/08	600,00	141,60
0,06	M3	*SOFTW. TIMBER 65x120 L=3,9m	070710/09	600,00	36,00
0,131	M3	*SOFTW. TIMBER 70x120 L=3,9m	070710/10	600,00	78,60
0,449	M3	*SOFTW. TIMBER 80x120 L=3,9m	070710/11	600,00	269,40
0,084	M3	*SOFTW. TIMBER 90x120 L=3,9m	070710/12	600,00	50,40
1,23	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=4,1m	070710/13	600,00	738,00
0,855	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=3,8m	070710/14	600,00	513,00
1,575	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=3,5m	070710/15	600,00	945,00
0,225	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=3m	070710/16	600,00	135,00
0,15	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=2m	070710/17	600,00	90,00
0,738	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=4,1m	070710/18	600,00	442,80
0,513	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=3,8m	070710/19	600,00	307,80
0,945	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=3,5m	070710/20	600,00	567,00
0,135	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=3m	070710/21	600,00	81,00
0,09	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=2m	070710/22	600,00	54,00
* = Nakup					
<b>Stroški nakupa</b>				<b>Eur</b>	<b>1.972,40</b>
Masa:					5.917 KG

---

## Skupaj

---

<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>13.321,55</b>
<b>Stroški nakupa</b>	<b>Eur</b>	<b>2.420,08</b>
<b>Osnovni stroški</b>	<b>Eur</b>	<b>6.660,77</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>	<b>Eur</b>	<b>105.684,30</b>
<b>Nakup + Osnovni stroški + Najem</b>	<b>Eur</b>	<b>114.765,15</b>
		=====

Masa: 63.707 KG



**PRILOGA C3: Detajlni seznam komponent opažnega sistema MAXIMO****1. Paneli****1.1. h=270**

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
36	KOM	MAXIMO-PANEL MX 270X240	412006	336,00	12.096,00
18	KOM	MAXIMO-PANEL MX 270X120	412022	186,00	3.348,00
32	KOM	MAXIMO-PANEL MX 270X90	412045	135,00	4.320,00
34	KOM	MAXIMO-PANEL MX 270X60	412200	104,00	3.536,00
12	KOM	MAXIMO-PANEL MX 270X45	412078	77,60	931,20
14	KOM	MAXIMO-PANEL MX 270X30	412090	62,80	879,20
12	KOM	MULTI PANEL MXM 270X60	412849	101,00	1.212,00
12	KOM	MAXIMO INSIDE CORN MX270X50X20	415255	102,00	1.224,00
4	KOM	MAXIMO OUTSIDE COR. MX 270X45	412806	159,00	636,00
16	KOM	SHAFT CORNER MX 270	417914	335,00	5.360,00
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>7.665,48</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>3.832,74</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>60.812,81</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>64.645,55</b>
Masa:				33.542 KG	

**1.2. h=120**

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
36	KOM	MAXIMO-PANEL MX 120X240	412104	166,00	5.976,00
18	KOM	MAXIMO-PANEL MX 120X120	412143	90,70	1.632,60
32	KOM	MAXIMO-PANEL MX 120X90	412152	67,70	2.166,40
34	KOM	MAXIMO-PANEL MX 120X60	412221	51,20	1.740,80
12	KOM	MAXIMO-PANEL MX 120X45	412232	37,10	445,20
14	KOM	MAXIMO-PANEL MX 120X30	412239	27,40	383,60
12	KOM	MULTI PANEL MXM 120X60	412850	50,40	604,80
12	KOM	MAXIMO INSIDE CORN MX120X50X20	415299	48,50	582,00
4	KOM	MAXIMO OUTSIDE COR. MX 120X45	412830	76,10	304,40
16	KOM	SHAFT CORNER MX 120	417915	140,00	2.240,00
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>4.250,55</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>2.125,28</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>33.721,02</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>35.846,30</b>
Masa:				16.076 KG	

## Skupaj poz. 1. Paneli

<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>11.916,03</b>	
<b>Osnovni stroški</b>	<b>Eur</b>	<b>5.958,02</b>	
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>	<b>Eur</b>	<b>94.533,83</b>	
<b>Osnovni stroški + Najem</b>	<b>Eur</b>	<b>100.491,85</b>	
Masa:		49.618 KG	

## 2. Dodatki

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
44	KOM	COMPENSATION WALER MAR 85-2	414034	13,80	607,20
1.340	KOM	ALIGNMENT COUPLER BFD, G.	323500	4,35	5.829,00
4	KOM	LIFTING HOOK MAXIMO 1,5 T	415168	7,53	30,12
1.000	KOM*	TSS-TORX 8X44, GALV.	104892	0,011	11,00
88	KOM	TRIO SCAFF.BRACKET TRG 80	323670	12,80	1.126,40
* = Nakup					
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>2.479,92</b>			
<b>Stroški nakupa</b>	<b>Eur</b>	<b>299,00</b>			
<b>Osnovni stroški</b>	<b>Eur</b>	<b>1.239,96</b>			
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>	<b>Eur</b>	<b>19.674,04</b>			
<b>Nakup + Osnovni stroški + Najem</b>	<b>Eur</b>	<b>21.213,00</b>			
Masa:		7.604 KG			

## 3. Vezi

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
357	KOM	TIE MX 20-30	412387	4,09	1.460,13
357	KOM	WINGNUT MX	412386	2,56	913,92
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>	<b>Eur</b>	<b>1.135,26</b>			
<b>Osnovni stroški</b>	<b>Eur</b>	<b>567,63</b>			
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>	<b>Eur</b>	<b>9.006,39</b>			
<b>Osnovni stroški + Najem</b>	<b>Eur</b>	<b>9.574,02</b>			
Masa:		2.374 KG			

#### 4. Tlačno-natezne opore

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
		48 KOM PUSH-PULL PROP RSS1	328010	17,80	854,40
		48 KOM KICKER AV CPL.	328110	5,18	248,64
		48 KOM BASE PLATE-2 FOR RSS COMPLETE	406000	1,82	87,36
		96 KOM TRIO PROP CONNECTOR-2, GALV.	323660	3,31	317,76
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>569,38</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>284,69</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>4.517,07</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>4.801,76</b>
=====					
Masa:				1.508 KG	

#### 5. Pritrditev na nosilne odre

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
		4 KOM STEEL WALER SRU 347 U120	403906	92,60	370,40
		8 KOM STEEL WALER SRU 397 U120	403915	106,00	848,00
		12 KOM STEEL WALER SRU 497 U120	403922	135,00	1.620,00
		8 KOM STEEL WALER SRU 547 U120	403925	146,00	1.168,00
		4 KOM STEEL WALER SRU 597 U12	403928	159,00	636,00
		160 KOM TRIO HOOK TIE DW15/400, GALV.	323650	0,77	123,04
		160 KOM WINGNUT COUNTERPLATE DW15, G.	330110	0,80	127,84
<b>Mesečni najem (30 dni)</b>				<b>Eur</b>	<b>729,72</b>
<b>Osnovni stroški</b>				<b>Eur</b>	<b>364,86</b>
<b>Skupni stroški najema za 34 tednov</b>				<b>Eur</b>	<b>5.789,11</b>
<b>Osnovni stroški + Najem</b>				<b>Eur</b>	<b>6.153,97</b>
=====					
Masa:				4.893 KG	

## 6. Žagani les

Kol.	En	Opis	Kat.št.	KG	KG/skupaj
4,21	M3	*SOFTW. TIMBER 100x120 L=3,9m	070710/01	600,00	2.526,00
0,05	M3	*SOFTW. TIMBER 25x120 L=3,9m	070710/02	600,00	30,00
0,66	M3	*SOFTW. TIMBER 50x120 L=3,9m	070710/03	600,00	396,00
0,14	M3	*SOFTW. TIMBER 75x120 L=3,9m	070710/04	600,00	84,00
0,35	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=4,6m	070710/05	600,00	210,00
1,65	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=4m	070710/06	600,00	990,00
1,9	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=3,7m	070710/07	600,00	1.140,00
0,12	M3	*SOFTW. TIMBER 50x250 L=3,3m	070710/11	600,00	72,00
0,2	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=4,6m	070710/08	600,00	120,00
1	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=4m	070710/09	600,00	600,00
1,17	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=3,7m	070710/10	600,00	702,00
0,07	M3	*SOFTW. TIMBER 50x150 L=3,3m	070710/12	600,00	42,00

\* = Nakup

**Stroški nakupa**

**Eur 2.304,00**

Masa:

6.912 KG

### Skupaj

**Mesečni najem (30 dni)**

**Eur 16.830,31**

**Stroški nakupa**

**Eur 2.603,00**

**Osnovni stroški**

**Eur 8.415,16**

**Skupni stroški najema za 34 tednov**

**Eur 133.520,44**

**Nakup + Osnovni stroški + Najem**

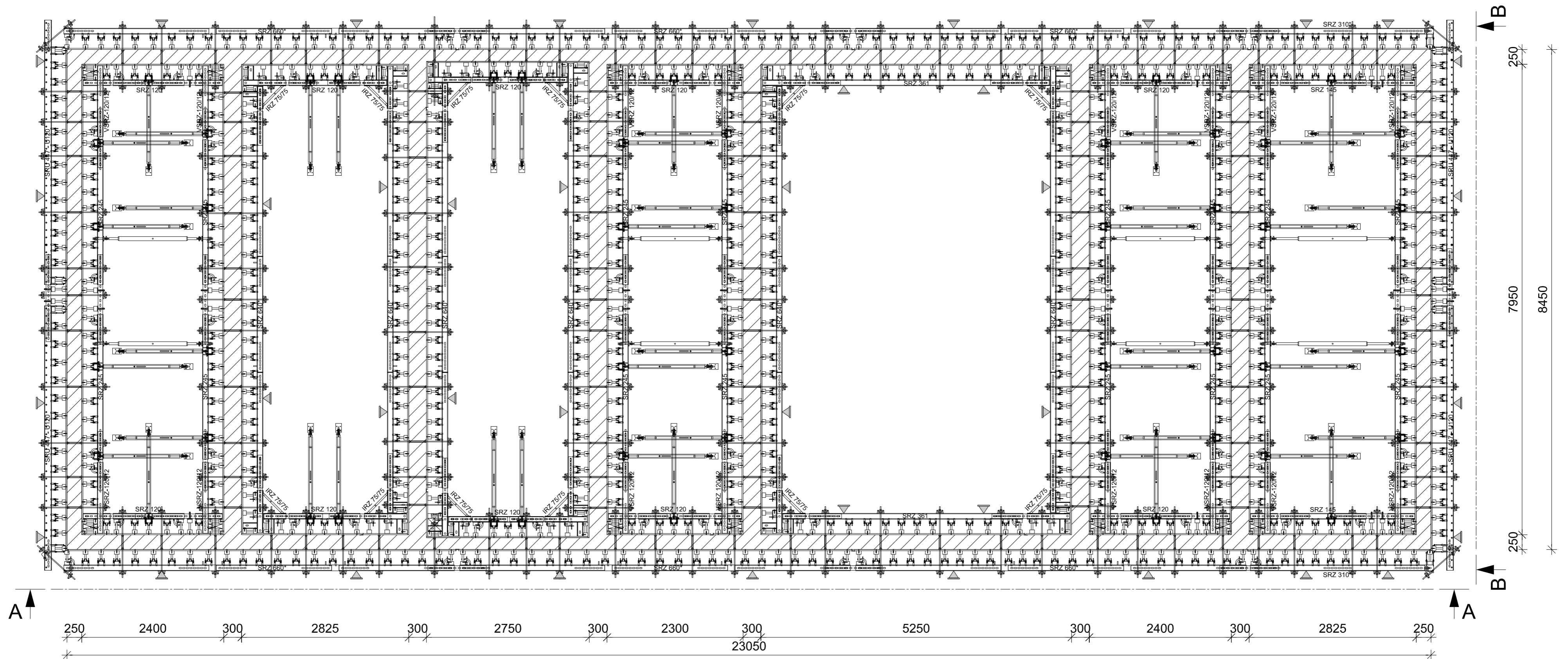
**Eur 144.538,60**

Masa:

72.909 KG



# 1 Generalna razporeditev

Merilo 1:50

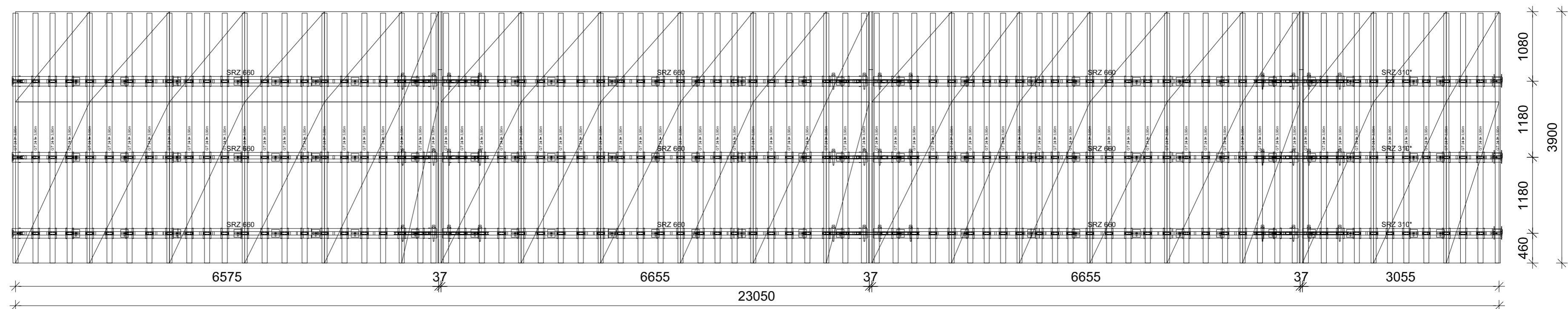


## Prosimo upoštevajte:

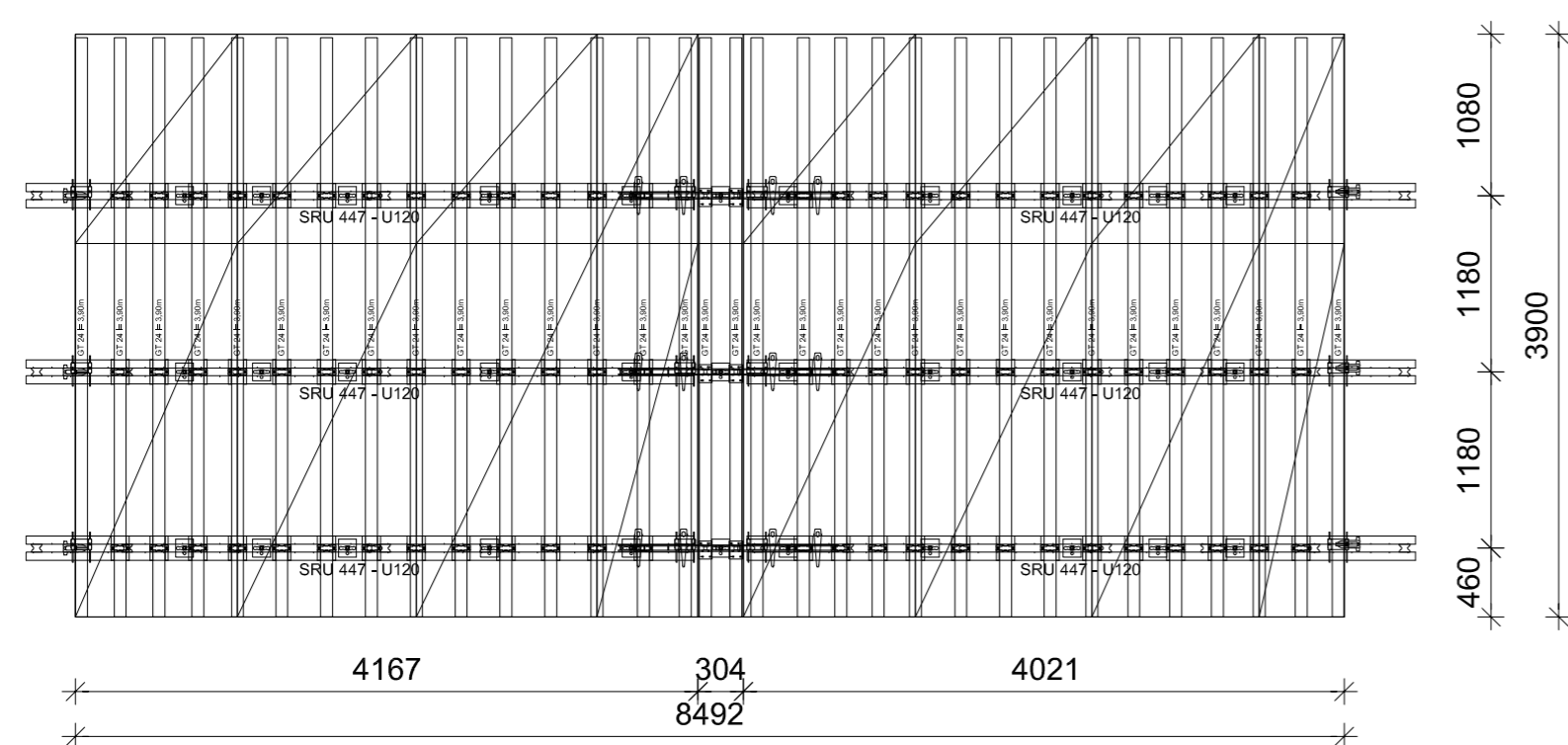
1. Maksimalni pritisk sveže betonske mešanice znaša 80 kN/m<sup>2</sup>
2. Max. hitrost vetra: 77.4 km/h  
Max. hitrost vetra med plezanjem: 50 km/h
3. Ta načrt je potrebno brati skupaj z načrti nosilnih odrov in stranskim pogledom.

	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Jamova 2 1115 Ljubljana, Slovenija		
	Diplomska naloga: <b>Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije</b>		
Naslov: <b>Priloga A1 - Opažni načrt VARIO GT24</b>			
ime in priimek, naziv	Vrsta načrta	Generalna razporeditev	
Mentor	izr. Prof. Dr. Jana Šelih	Merilo	1:50
Kandidat	Junuzović Admir	Datum	3.2.2012
Lastnik dokumentacije	 <b>PERI GmbH, Schalung und Gerüste</b> Rudolf-Diesel-Straße 89264 Weißenhorn www.peri.de, info@peri.de		

2 Pogled A-A  
Merilo 1:50





3 Pogled B-B  
Merilo 1:50



Prosimo upoštevajte:

1. Maksimalni pritisk sveže betonske mešanice znaša 80kN/m<sup>2</sup>
2. Max. hitrost vetra: 77.4km/h  
Max. hitrost vetra med plezanjem: 50km/h
3. Ta načrt je potrebno brati skupaj z načrti nosilnih odrov in generalno razporeditvijo.

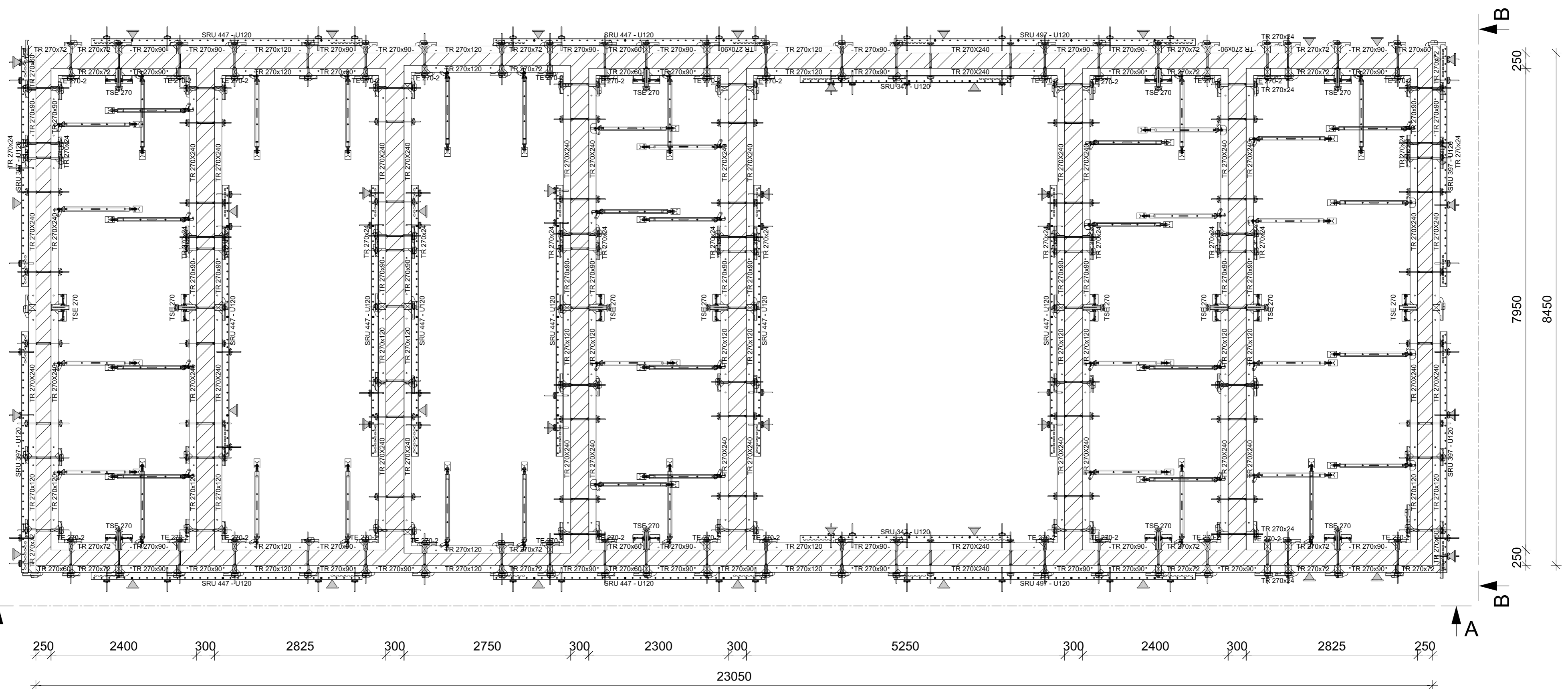
	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Jamova 2 1115 Ljubljana, Slovenija		
	Diplomska naloga: <b>Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije</b>		
Naslov: <b>Priloga A2 - Opažni načrt VARIO GT24</b>			
	ime in priimek, naziv	Vrsta načrta	Stranski pogled
Mentor	izr. Prof. Dr. Jana Šelih	Merilo	1:50
Kandidat	Junuzović Admir	Datum	3.2.2012
Lastnik dokumentacije	 <b>PERI GmbH, Schalung und Gerüste</b> Rudolf-Diesel-Straße 89264 Weißenhorn www.peri.de, info@peri.de		



1

# Generalna razporeditev

Merilo 1:50



## Prosimo upoštevajte:

1. Maksimalni pritisk sveže betonske mešanice znaša 80 kN/m<sup>2</sup>
2. Max. hitrost vetra: 77.4 km/h  
Max. hitrost vetra med plezanjem: 50 km/h
3. Ta načrt je potrebno brati skupaj z načrti nosilnih odrov in stranskim pogledom.



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova 2  
1115 Ljubljana, Slovenija

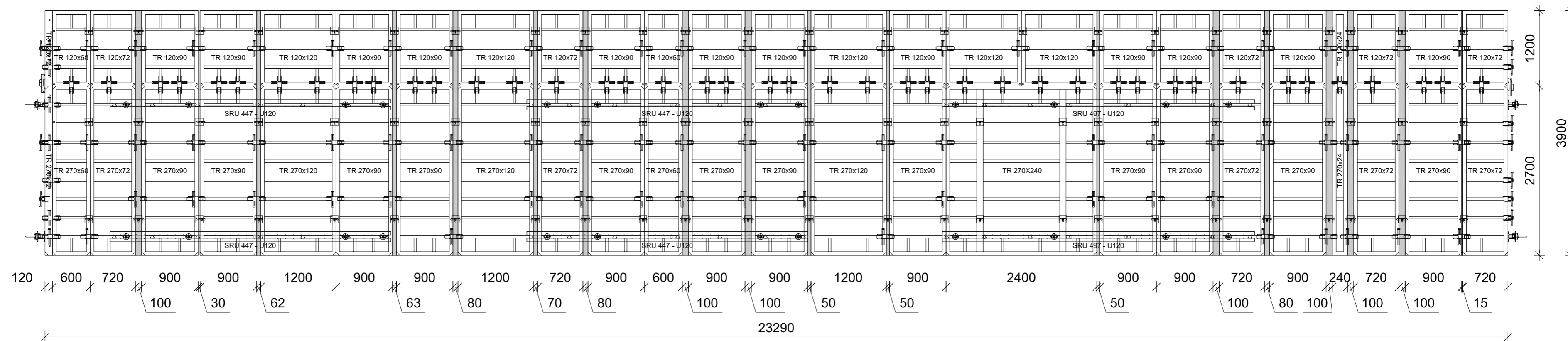
Diplomska naloga:  
**Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije**

Naslov:  
**Priloga B1 - Opažni načrt TRIO**

	ime in priimek, naziv	Vrsta načrta	Generalna razporeditev
Mentor	izr. Prof. Dr. Jana Šelih	Merilo	1:50
Kandidat	Junuzović Admir	Datum	9.2.2012
Lastnik dokumentacije	<b>PERI</b> ®	<b>PERI GmbH, Schalung und Gerüste</b> Rudolf-Diesel-Straße 89264 Weißenhorn www.peri.de, info@peri.de	

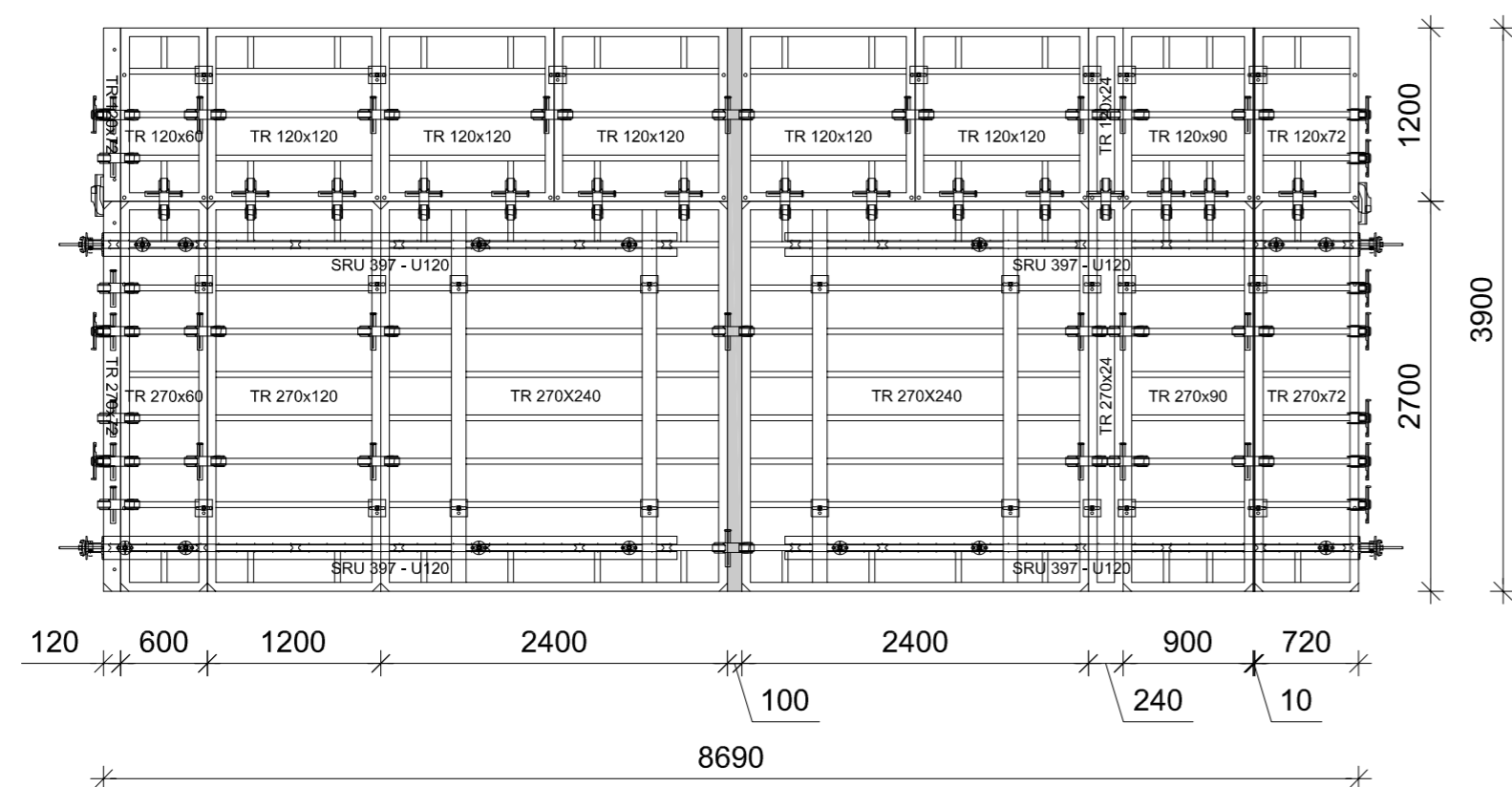
## 2 Pogled A-A

Merilo 1:50





## 3 Pogled B-B

Merilo 1:50



### Prosimo upoštevajte:

1. Maksimalni pritisk sveže betonske mešanice znaša 80kN/m<sup>2</sup>
2. Max. hitrost vetra: 77.4km/h  
Max. hitrost vetra med plezanjem: 50km/h
3. Ta načrt je potrebno brati skupaj z načrti nosilnih odrov in generalno razporeditvijo.

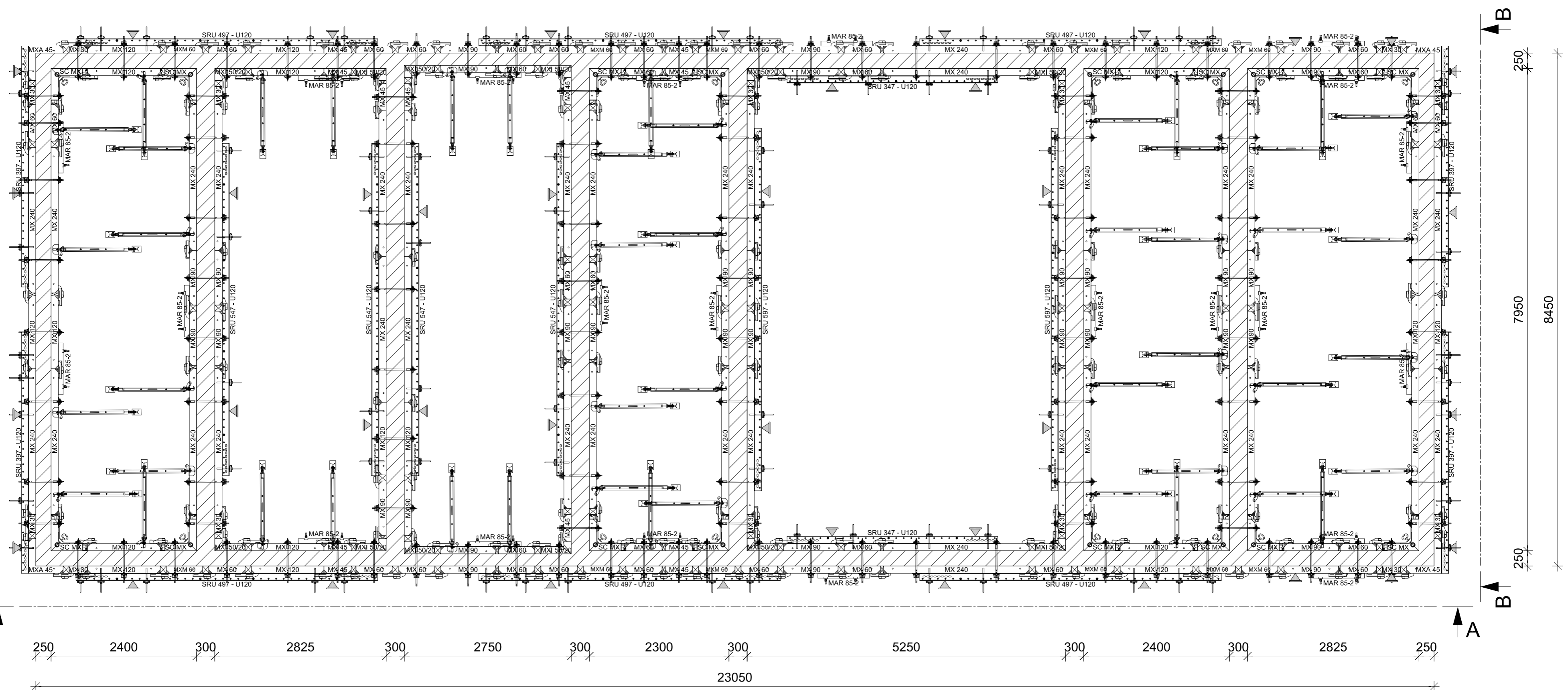
	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Jamova 2 1115 Ljubljana, Slovenija		
	Diplomska naloga: <b>Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije</b>		
Naslov: <b>Priloga B2 - Opažni načrt TRIO</b>			
	ime in priimek, naziv	Vrsta načrta	Stranski pogled
Mentor	izr. Prof. Dr. Jana Šelih	Merilo	1:50
Kandidat	Junuzović Admir	Datum	9.2.2012
Lastnik dokumentacije	 <b>PERI GmbH, Schalung und Gerüste</b> Rudolf-Diesel-Straße 89264 Weißenhorn www.peri.de, info@peri.de		



1

# Generalna razporeditev

Merilo 1:50



## Prosimo upoštevajte:

1. Maksimalni pritisk sveže betonske mešanice znaša 80 kN/m<sup>2</sup>
2. Max. hitrost vetra: 77.4 km/h  
Max. hitrost vetra med plezanjem: 50 km/h
3. Ta načrt je potrebno brati skupaj z načrti nosilnih odrov in stranskim pogledom.



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova 2  
1115 Ljubljana, Slovenija

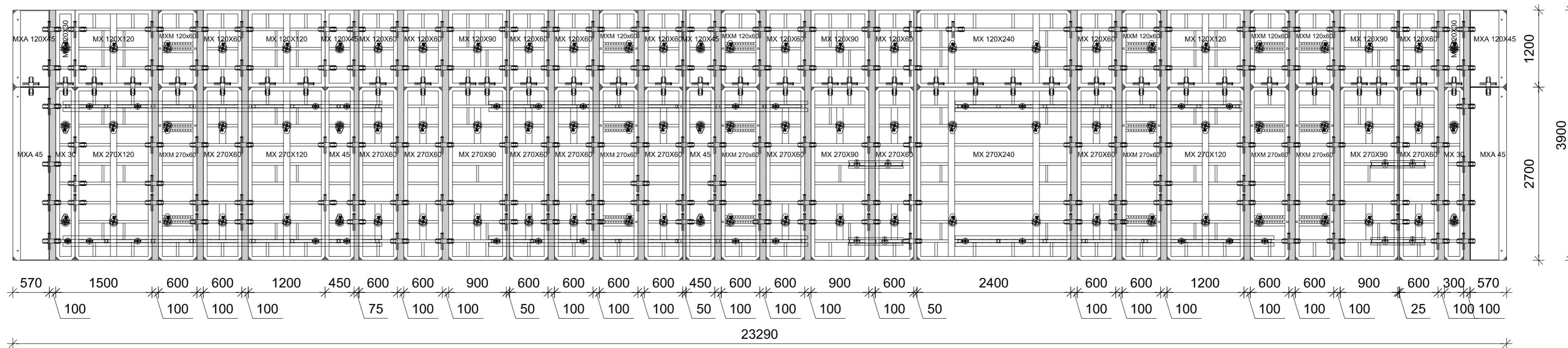
Diplomska naloga:  
**Primerjava opažnih sistemov pri gradnji  
AB konstrukcije**

Naslov:  
**Priloga C1 - Opažni načrt MAXIMO**

	ime in priimek, naziv	Vrsta načrta	Generalna razporeditev
Mentor	izr. Prof. Dr. Jana Šelih	Merilo	1:50
Kandidat	Junuzović Admir	Datum	25.1.2012
Lastnik dokumentacije	<b>PERI</b>	<b>PERI GmbH, Schalung und Gerüste</b> Rudolf-Diesel-Straße 89264 Weißenhorn www.peri.de, info@peri.de	

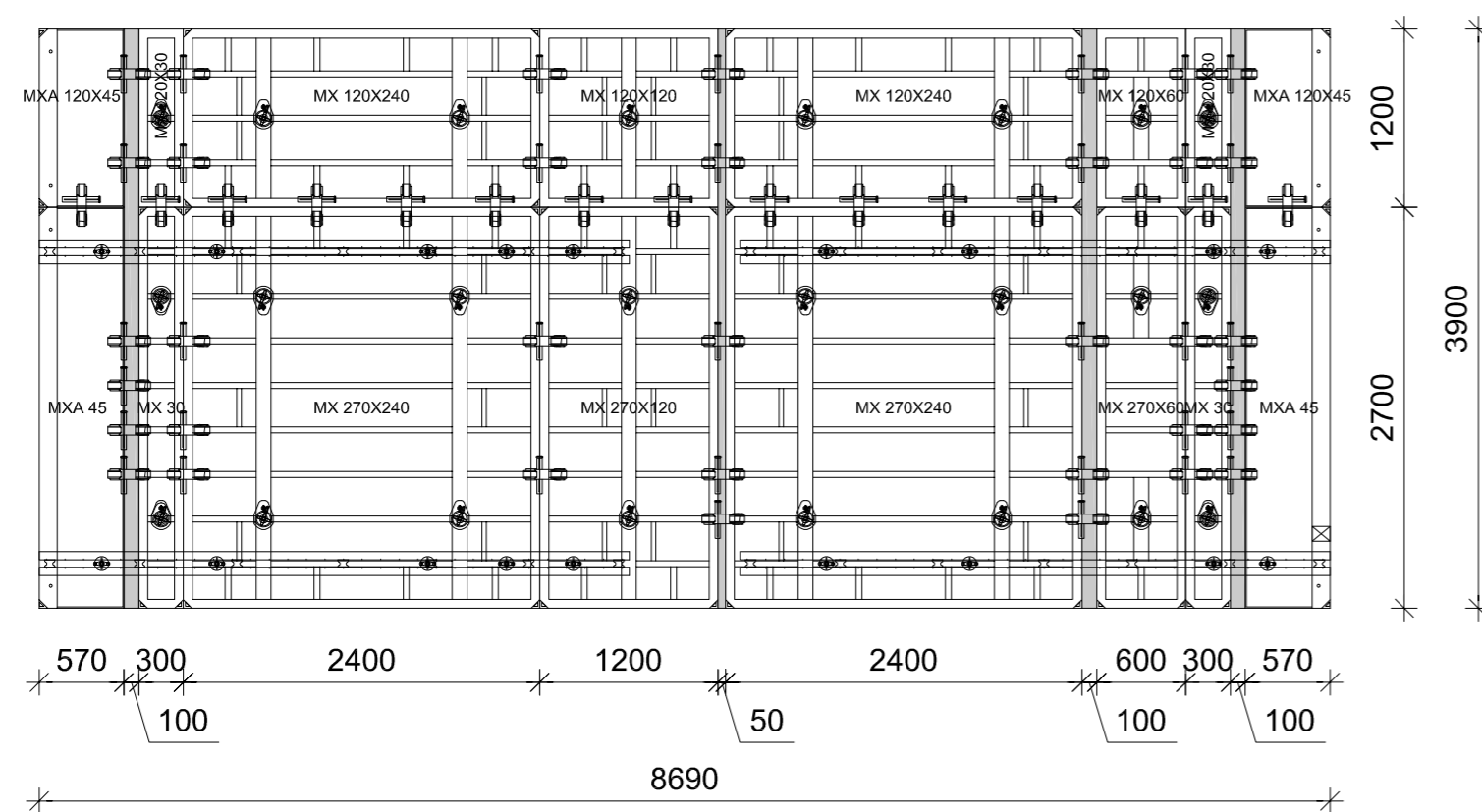
## 2 Pogled A-A

Merilo 1:50





## 3 Pogled B-B

Merilo 1:50



### Prosimo upoštevajte:

1. Maksimalni pritisk sveže betonske mešanice znaša 80kN/m<sup>2</sup>
2. Max. hitrost vetra: 77.4km/h  
Max. hitrost vetra med plezanjem: 50km/h
3. Ta načrt je potrebno brati skupaj z načrti nosilnih odrov in generalno razporeditvijo.

	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Jamova 2 1115 Ljubljana, Slovenija		
	Diplomska naloga: <b>Primerjava opažnih sistemov pri gradnji AB konstrukcije</b>		
Naslov: <b>Priloga C2 - Opažni načrt MAXIMO</b>			
ime in priimek, naziv	Vrsta načrta	Stranski pogled	
Mentor	izr. Prof. Dr. Jana Šelih	Merilo	1:50
Kandidat	Junuzović Admir	Datum	25.1.2012
Lastnik dokumentacije	 <b>PERI GmbH, Schalung und Gerüste</b> Rudolf-Diesel-Straße 89264 Weißenhorn www.peri.de, info@peri.de		