



Datum: 4. 9. 2020

Naročnik: Občina Brežice  
Cesta prvih borcev 18  
8250 Brežice

Projekt: **POROČILO**  
**o analizi možnosti rekonstrukcije**  
**konstrukcije vodovodnega stolpa v Brežicah**

Delovni nalog: DN 2006891

Naročilo: Pogodba P-0556-2020 z dne 10. 07. 2020

Center: **CENTER ZA MATERIALE IN KONSTRUKCIJE**

Nosilec naloge: **Gašper RUS, mag. inž. grad.**

in soavtorji: mag. Anton ŠTAMPFL, univ. dipl. inž. grad.  
Branko PODGORNIK, dipl. inž. grad.

Vodja centra: **dr. Blaž DOLINŠEK, univ. dipl. inž. grad.**

Direktor: **Marijan PREŠEREN, univ. dipl. inž. grad.**

**GRADBENI INŠTITUT<sup>2</sup>**  
**ZRMK d.o.o.**  
Ljubljana, Dimičeva 12



## KAZALO VSEBINE

<b>1.</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OPIS OBJEKTA .....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>PREGLEDI IN PREISKAVE.....</b>	<b>3</b>
3.1.	PREGLED DOKUMENTACIJE.....	3
3.2.	PREGLED OBJEKTA IN OPIS POŠKODB .....	4
3.3.	PREISKAVE S SONDIRANJEM .....	4
3.4.	MERITVE ARMATURE Z NEDESTRUKTIVNO METODO.....	5
3.5.	NEDESTRUKTIVNE PREISKAVE TLAČNE TRDNOSTI BETONA .....	5
<b>4.</b>	<b>STATIČNA KONTROLA.....</b>	<b>6</b>
4.1.	SPLOŠNO .....	6
4.2.	KONTROLA NAPETOSTI V ZIDOVIH.....	6
4.3.	KONTROLA PODESTOV, PLOŠČE REZERVOARJA IN ELEMENTOV OSTREŠJA .....	6
<b>5.</b>	<b>SEIZMIČNA ANALIZA.....</b>	<b>7</b>
5.1.	SPLOŠNO .....	7
5.2.	RAČUNSKI MODEL IN METODA .....	7
5.3.	POTRESNA OBTEŽBA .....	7
5.4.	REZULTATI ANALIZE .....	7
<b>6.</b>	<b>ŠTUDIJA MOŽNOSTI UTRDITVE OBJEKTA .....</b>	<b>8</b>
6.1.	SPLOŠNO .....	8
6.2.	VARIANTA 1: UTRDITEV ZIDOVJA Z ARMIRANOBETONSKO OBLOGO .....	8
6.3.	VARIANTA 2: UTRDITEV ZIDOVJA Z ZIDNIMI VEZMI NA ZUNANJI STRANI.....	9
6.4.	VARIANTA 3: UTRDITEV ZIDOVJA Z ZIDNIMI VEZMI NA NOTRANJI STRANI.....	10
6.5.	DRUGE SMERNICE ZA NADALJNJE NAČRTOVANJE .....	10
<b>7.</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>11</b>

### PRILOGE:

1. Fotodokumentacija
2. Preiskave materialov
  - 2.1. Preiskave tlačne trdnosti betona s sklerometrom
  - 2.2. Laboratorijske preiskave tlačne trdnosti opeke
  - 2.3. Laboratorijske preiskave tlačne trdnosti malte
3. Statična in seizmična analiza
4. Kataster poškodb
5. Mesta meritev in ugotovitve preiskovalnih sond

## 1. UVOD

---

Na osnovi naročila Občine Brežice, smo pristopili k izdelavi Poročila o analizi možnosti rekonstrukcije konstrukcije vodovodnega stolpa v Brežicah.

Namen naloge je pridobiti podatke o sestavi, stanju in kvaliteti vgrajenih materialov, ugotoviti statično in protipotresno varnost konstrukcije ter proučiti možnosti za utrditev konstrukcije za zagotavljanje varnosti glede na veljavne predpise.

V okviru naloge smo skladno s ponudbo izvedli:

- pregled razpoložljive projektne dokumentacije (IZP);
- vizualni pregled objekta (ugotavljanje konstrukcijskega sistema, registracija obstoječih poškodb, izdelava fotodokumentacije);
- preiskave nosilne konstrukcije:
  - ugotavljanje geometrijskih karakteristik elementov nosilne konstrukcije,
  - preiskave nosilnih elementov s preiskovalnimi sondami,
  - preiskave nosilnih elementov z nedestruktivnimi meritvami,
  - laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev;
- statično in seizmično analizo objekta ob upoštevanju dejansko ugotovljenih materialno tehničnih karakteristik;
- analizo možnosti rekonstrukcije objekta;
- poročilo z ugotovitvami izvedenih preiskav in računskih analiz, oceno stanja konstrukcije ter smernicami za protipotresno utrditev konstrukcije.

## 2. OPIS OBJEKTA

---

Objekt je bil zgrajen leta 1914 in velja za spomenik tehnične in kulturne dediščine. Nahaja se na križišču Ulice stare pravde in Bizeljske ceste. V preteklosti je služil za oskrbo meščanov s pitno vodo, kasneje pa je bil preurejen v gostinski lokal. Danes je predvidena preureditev objekta v razgledno in turistično točko. Stolp ima spomeniško varstveni status in je s starostjo postal simbol mesta.

Nadzemeljski del vodovodnega stolpa je visok 41,4 m. Na ca. 27-ih metrih se nahaja okrogel rezervoar. Streha je piramidaste oblike. Vertikalna nosilna konstrukcija sestoji iz opečnega zidovja. Premer stolpa v pritličju znaša 8,58 m, debelina zidovja pa 1,2 m. Premer stolpa in debelina zidovja se z višino zmanjšujeta. Na fasadi objekta so na 6-ih mestih po celotnem obodu vgrajene jeklene vezi. Etažne konstrukcije so praviloma lesene, ojačane z jeklenimi nosilci. Rezervoar je iz armiranega betona, ki je postavljen na armiranobetonske nosilce. Le-ti skupaj tvorijo brano, ki nalega na obodno zidovje. Po obodu rezervoarja se nahaja lesena pod-konstrukcija skupaj s fasadno oblogo. Ostrešje je leseno.

### 3. PREGLEDI IN PREISKAVE

---

#### 3.1. Pregled dokumentacije

Arhivska projektna dokumentacija je ohranjena v zelo okrnjenem obsegu. Za potrebe pričujoče naloge smo proučili izveden arhitekturni posnetek in idejni projekt (naziv gradnje: Idejna zasnova - vodovodni stolp - razgledna točka; vrste gradnje: Vzdrževalna dela / rekonstrukcija; vrsta projektna dokumentacije: idejna zasnova – IZP; številka projekta: A-19-22; datum izdelave: november 2019; projektant: NAINO d.o.o.; Vodja projekta: Grega Bizjak, u. d. i. a, ZAPS 1592 A). Na podlagi pregleda dokumentacije podajamo bistvene ugotovitve:

- Predlagane so štiri variante prenove stolpa za namen ureditve razgledne točke;
- varianta 1 predvideva:
  - nov nadstrešek pred vhodom,
  - ohranitev jeklene konstrukcije podesta,
  - vgraditev novega dvigala na mestu obstoječega tovarnega,
  - umestitev novega podesta za vmesno razgledno točko v nivoju balkonov,
  - obnovo kleti,
  - ureditev galerije na podestih,
  - izvedbo prebojev betonske konstrukcije rezervoarja,
  - zapolnitev rezervoarja s 30 cm vode;
- varianta 2 predvideva:
  - nov nadstrešek pred vhodom,
  - menjavo stopnišča,
  - umestitev novega podesta za vmesno razgledno točko v nivoju balkonov,
  - obnovo kleti,
  - ureditev galerije na podestih;
- varianta 3 predvideva:
  - nov nadstrešek pred vhodom,
  - umestitev novega dvigala,
  - izvedbo prebojev betonske konstrukcije rezervoarja,
  - menjavo kovinske konstrukcije podestov,
  - umestitev novega podesta za vmesno razgledno točko v nivoju balkonov,
  - obnovo kleti,
  - ureditev galerije na podestih;
- varianta 4 predvideva:
  - nov nadstrešek pred vhodom,
  - umestitev novega dvigala,
  - izvedbo prebojev betonske konstrukcije rezervoarja,
  - menjavo kovinske konstrukcije podestov,
  - umestitev novega podesta za vmesno razgledno točko v nivoju balkonov,
  - obnovo kleti,
  - postavitev steklenega paviljona,
  - ureditev galerije na podestih.



### 3.2. Pregled objekta in opis poškodb

V okviru naloge smo izvedli vizualni pregled stanja objekta. Fotodokumentacija tipičnih poškodb je podana v prilogi 1, kataster poškodb pa v prilogi 4.

Vizualni pregled notranjosti in zunanosti objekta je pokazal, da so na objektu prisotne poškodbe, ki so po naši oceni večinoma posledica dotrajanosti, lokalnega zamakanja ali pa raznih tehnoloških in reoloških vplivov, kot so krčenje in raztezanje materialov. V kleti, na leseni konstrukciji 6 etaže in na elementu ostrešja smo evidentirali območja zamakanja. Na armiranobetonski plošči rezervoarja smo lokalno zaznali premajhen krovni sloj in sledi korozije armature. Prisotne so še razne manjše razpoke v zidovju in odpadanje ometa v notranjosti objekta. Na fasadi smo evidentirali več območji z mrežnimi razpokami, razne posamične razpoke, degradacijo in odpadanje fasadnega ometa ter prisotnost korozije jekla na obodnih jeklenih vezeh.

Sicer pa na objektu nismo evidentirali poškodb, ki bi kazale na problematiko preobremenitve in prekomernih povosov nosilnih elementov ali diferenčnega posedanja temeljnih tal. Izjema so konstrukcijske razpoke zidovja prikazane na slikah: 30, 32 in 34 v prilogi 1. Nastanek slednjih pripisujemo potresnim vplivom na objekt v preteklosti. Ocenjujemo, da razpoke v tej fazi še ne vplivajo bistveno na zmanjšanje varnosti objekta, vendar pa jih je treba v sklopu prenove objekta vsekakor sanirati.

Izvršili smo tudi detajlni pregled ostrešja. Leseni nosilni elementi so v dobrem stanju, lesna gniloba ni prisotna. Stiki med lesenimi elementi so ustrezni. Dimenzije posameznih elementov ostrešja podajamo v prilogi 1 (slike 19–22).

### 3.3. Preiskave s sondiranjem

#### 3.3.1. Splošno

Preiskave objekta smo izvedli dne 21. 8. 2020. Za potrebe naloge smo skupno izdelali 9 preiskovalnih sond. Na 13-ih mestih smo opravili meritve z nedestruktivno metodo. Fotografije preiskovalnih sond so podane v prilogi 1, rezultati preiskav materialov v prilogi 2, mesta sond in meritev pa skupaj s skicami sond v prilogi 5.

#### 3.3.2. Preiskave zidov

Skupno smo opravili 4 preiskovalne sonde zidov (S1–S4). Na mestu sond smo vzeli vzorce zidakov in malte. Ugotovili smo, da zidovje sestoji iz polnih opečnih zidakov normalnega formata. Rege med zidaki so dobro zapolnjene. Laboratorijsko testiranje tlačne trdnosti zidakov se je izvajalo na treh vzorcih, saj je bil vzorec odvzet na mestu S1 prekomerno poškodovan. Rezultat testiranja je ocena normalne tlačne trdnosti zidakov, ki za obravnavan primer znaša 13,9 MPa (priloga 2.2).

Vgrajena malta je glede na starost objekta dobre kvalitete. Primerni vzorci za laboratorijsko testiranje so bili odvzeti na mestu S1. Odvzeti vzorci na ostalih mestih so bili premajhni. Preskusili smo tlačno trdnost malte na dveh preizkušancih. Rezultati testiranja so pokazali, da ocena tlačna trdnost malte znaša 10 MPa (priloga 2.3). Zaradi majhnega števila preizkušancev in vpliva dimenzij vzorcev so rezultati nezanesljivi. Ker se kvaliteta vgrajene malte z višino objekta nekoliko zmanjšuje, smo v nadaljnjih računskih analizah upoštevali tlačno trdnost malte v vrednosti 5 MPa. Najverjetneje gre za apneno-cementno malto.

### 3.3.3. Preiskave armiranobetonskega rezervoarja

Opravili smo skupno 5 sond na armiranobetonskem rezervoarju. Po eno sondo smo izdelali na nosilcu (S5) in plošči (S6), 3 sonde pa na zunanji strani stene rezervoarja (S7–S9). Debelina stene rezervoarja znaša 20 cm.

Sonda na armiranobetonskem nosilcu (S5) kaže na to, da je spodnja armatura iz dveh palic premera  $\phi$  20 mm in ene palice premera  $\phi$  18,5 mm. Vzdolž širine nosilca sta vgrajeni po dve stremeni. Stremena so iz armaturnih palic premera  $\phi$  7 mm, ki so vgrajena na medsebojni razdalji 24 cm oz. 31 cm. Jeklene armaturne palice so gladke. Krovni sloj betona znaša ca. 1–3 cm.

Na podlagi sonde na armiranobetonski plošči iz spodnje strani (S6) ugotavljamo, da je plošča križno armirana. Vgrajena armatura v eni smeri je iz para palic  $\phi$  7 mm, ki so vgrajene na medsebojnem razmaku 25 cm. V drugi smeri pa natezno armaturo predstavljajo posamične palice  $\phi$  7 vgrajene na medsebojnem razmaku 16,5 cm. Jeklene armaturne palice so gladke. Krovni sloj betona znaša ca. 0,5 cm.

Na steni rezervoarja je po obodu vgrajena izolacija iz zmesi plute in bitumna debeline 4 cm, na katero je nanešen zaključni sloj (omet) debeline 6 mm. Na podlagi izvedenih preiskovalnih sond (S7–S9) ugotavljamo, da je po obodu rezervoarja vgrajena obročna armatura iz palic premera od  $\phi$  14 mm do  $\phi$  22 mm. Poleg tega so vgrajene tudi vertikalne palice premera od  $\phi$  6 mm do  $\phi$  9 mm. Sonda S8 je pokazala, da so prisotne tudi palice v diagonalni smeri. Vgrajene armaturne palice so gladke. Krovni sloj betona znaša ca. 0,5–2 cm.

### 3.4. Meritve armature z nedestruktivno metodo

Poleg preiskovalnih sond smo lego vgrajene armature ugotavljali tudi z nedestruktivno metodo s pomočjo profometra proizvajalca Hilti. Naprava deluje po principu magnetne indukcije, in sicer na podlagi zaznavanja motenj v elektromagnetnem polju, ki jih povzroča jeklena armatura.

Metode smo se posluževali predvsem kot dopolnitev preiskovalnih sond armiranobetonskega rezervoarja. Na podlagi pridobljenih informacij o legi vgrajene armature, smo slednje preverili tudi na drugih mestih.

### 3.5. Nedestruktivne preiskave tlačne trdnosti betona

Nedestruktivne preiskave tlačne trdnosti betonskih elementov smo izvedli z metodo povratno udarnega kladiwa po Schmidtu (t. i. sklerometriranje) z uporabo instrumenta SilverSchmidt PC N, proizvajalca Proceq. Preiskava je izvedena po standardu SIST EN 12504-2:2002, rezultati pa so vrednoteni po standardu SIST EN 13791:2007.

Sklerometrične preiskave smo izvedli na armiranobetonskih elementih na skupno 13-ih merskih mestih. Mesta preiskav so označena v prilogi 5, rezultati preiskav pa so podani v prilogi 2.1. Na 5-ih mestih smo preiskovali tlačno trdnost vgrajenega betona v nosilcih, dodatnih 5 meritev smo opravili na plošči rezervoarja. Skupaj 3 meritve pa smo izvedli na mestih sond stene rezervoarja.

Pri interpretaciji rezultatov se je treba zavedati, da gre za grobo oceno. Za večjo zanesljivost bi potrebovali bistveno več meritev po posameznih sklopih. Še večjo zanesljivost pa bi dosegli z izvedbo destruktivnih preiskav z odvzemom valjev in laboratorijskimi preiskavami vzorcev. Zaradi

prostorske stiske in logističnih težav slednjega ni bilo mogoče izvesti. Na podlagi izvedenih meritev (priloga 2.1) ocenjujemo, da se vgrajeni beton rezervoarja uvršča v trdnosti razred C30/37.

## 4. STATIČNA KONTROLA

---

### 4.1. Splošno

Izvedli smo statično kontrolo glavnih nosilnih elementov. Preverili smo napetosti v zidovih, izvedli preračun etažnih konstrukcij in elementov ostrešja. Metoda računa, vhodni podatki in rezultati so razvidni iz priloge 3.

Za račun notranjih statičnih količin smo uporabili programsko orodje SAP2000 (v. 17.2.0), ki temelji na metodi končnih elementov. Nosilnost glavnih konstrukcijskih elementov smo izvajali skladno s standardi Evrokod. Pri preračunu etažnih konstrukcij smo upoštevali dimenzije elementov iz razpoložljivega arhitekturnega posnetka.

### 4.2. Kontrola napetosti v zidovih

Izvedli smo statično preverbo zidov pri vertikalni obtežbi. Pri tem smo upoštevali vplive zaradi lastne in stalne teže, koristne obtežbe, obtežbe snega in vetra. Mehanske karakteristike zidovja so ocenjene glede na identifikacijo zidovja s sondiranjem in izvedenimi laboratorijskimi preiskavami odvzetih vzorcev.

Pri kontroli napetosti v nosilnih elementih zaradi statične obtežbe smo upoštevali evropski standard za zidane konstrukcije SIST EN 1996-1-1:2006. Z ozirom, da je bilo zidovje v preteklosti podvrženo večjim nivojem tlačnih obremenitev (voda v rezervoarju), so rezultati analize pričakovani in kažejo na to, da napetosti v zidovju niso presežene. Upoštevajoč predvidene vertikalne obtežbe znaša izkoriščenost tlačne trdnosti zidovja 21 %. Pri tem smo izdelali kontrolo napetosti na več mestih po višini. Ob delovanju projektne obtežbe vetra je zidovje pri upogibnem mehanizmu izkoriščeno le 5 %, pri strižnem pa 3 %.

### 4.3. Kontrola podestov, plošče rezervoarja in elementov ostrešja

Primarna nosilna konstrukcija podestov je jeklena. Gre za tri jeklene nosilce, ki se med seboj priključujejo na način, da tvorijo nekakšno brano trikotne oblike. Nosilci so toga vpeti v zidovje. Na jeklenih nosilcih je sekundarna lesena konstrukcija. Nosilnost jeklenih elementov podesta je upoštevajoč predvideno koristno obremenitev v vrednosti  $q = 5.0 \text{ kN/m}^2$  (kategorija uporabe C3) zadostna. Izkoriščenost na nivoju prereza znaša 39 %, bočna zvrnitev je preprečena. Povesi niso preseženi.

Pri preveritvi ustreznosti armiranobetonske plošče rezervoarja in nosilcev smo upoštevali doprinos vode (predvidena višina vode 30 cm) in koristno obtežbo v vrednosti  $q = 5.0 \text{ kN/m}^2$ . Na podlagi konzervativnega preračuna ugotovimo, da je nosilnost ustrezna.

Nosilnost strešnih elementov ob upoštevanju stalne obtežbe opečne kritine, snega in vetra je presežena za 8 %. Ocenjujemo, da navedena prekoračitev nosilnosti ni problematična z vidika varnosti konstrukcije (rezervna nosilnost konstrukcije). V okviru analize smo upoštevali trdnostni razred lesa C24.

## 5. SEIZMIČNA ANALIZA

---

### 5.1. Splošno

Izvedli smo seizmično analizo objekta, skladno s standardom Evrokod 8. Metoda računa, vhodni podatki in rezultati so razvidni iz priloge 3.

### 5.2. Računski model in metoda

Izvedli smo potresno analizo s pomočjo modalne analize s spektri odziva. Pri tem smo uporabili programsko orodje SAP2000 (v. 17.2.0), ki temelji na metodi končnih elementov. Vertikalno nosilno konstrukcijo objekta smo modelirali z linijskimi elementi. Pri tem smo upoštevali spreminjanje zunanjskega in notranjega premera zidovja po višini. Upoštevali smo razpokanost prereзов (redukcija togosti elementov s faktorjem 0,5).

S pomočjo uporabljene metode ugotavljamo osnovne dinamične karakteristike objekta, velikost horizontalnih pomikov ter nivo obremenitev nosilnih elementov pri projektnem potresu.

### 5.3. Potresna obtežba

V skladu z evropsko regulativo se potresno nevarnost določa po »Karti potresne nevarnosti Slovenije - projektni pospeški tal« za povratno dobo 475 let (Lapajne, 2001). Obravnavani objekt se nahaja na območju, kjer se pričakuje potres s pospeškom temeljnih tal  $a_g = 0,225$  g. Glede pomembnosti se objekt uvršča v II. kategorijo objektov (običajni objekti). Pri določitvi potresnega spektra odziva upoštevamo kategorijo tal B. Glede na starost in zasnovo objekta ter detajle uporabimo faktor obnašanja konstrukcije za nizko stopnjo duktilnosti v vrednosti  $q = 1,5$  (DCL).

### 5.4. Rezultati analize

#### 5.4.1. Nihajne oblike in nihajni časi

Osnovni nihajni časi prvih treh nihajnih oblik znašajo:  $T_1 = 0,55$  s,  $T_2 = 0,12$  s in  $T_3 = 0,07$  s. Vrednosti kažejo na to, da ima konstrukcija relativno kratke periode nihanja, kljub temu, da gre za razmeroma vitko konstrukcijo (razmerje med višino nosilne konstrukcije in premerom znaša ca. 4).

#### 5.4.2. Kontrola pomikov

Kontrola pomikov se izvede ob upoštevanju elastičnega spektra odziva in za primer potresa s povratno dobo 95 let. Rezultati analize kažejo, da vrednost priporočenega pomika na vrhu ( $H/500$ ) ni presežena.

#### 5.4.3. Kontrola nosilnosti elementov

Kontrolo nosilnosti zidovja ob projektni potresni obtežbi smo izvedli na 5-ih mestih (spremembe geometrijskih karakteristik prečnega prereza) in sicer na višinskih kotah: 0,0 m, 6,0 m, 9,0 m, 13,0 m in 27,1 m.

Računska analiza je pokazala, da je nosilnost konstrukcije na 4-ih mestih prekoračena, le na višinski koti 27,1 m (tik pod rezervoarjem) je zadostna. Upogibna nosilnost zidovja je prekoračena za faktor v vrednosti od 1,44 do 1,59, tudi strižna nosilnost ni zadostna.



Glavni vzrok za nizko potresno odpornost je predvsem posledica dejstva, da v času projektiranja objekta potresne (horizontalne) obtežbe predpisi niso obravnavali, oziroma je bila potresna obtežba bistveno manjša od zahtev današnjih predpisov. Objekt je tako zasnovan in računsko preverjen samo za prevzem statične (vertikalne) obtežbe. Dodatni vzrok za nizko potresno odpornost je tudi posledica lokacije. Obravnavan objekt namreč leži na območju visoke seizmičnosti. Po drugi strani, pa je z vidika protipotresne varnosti ugodno to, da je vodni stolp ni več namenjen svoji prvotni funkciji – v primeru polnega rezervoarja vode bi bile potresne sile zaradi velike mase še mnogo višje, potresna varnost pa posledično še bistveno manjša.

## 6. ŠTUDIJA MOŽNOSTI UTRDITVE OBJEKTA

---

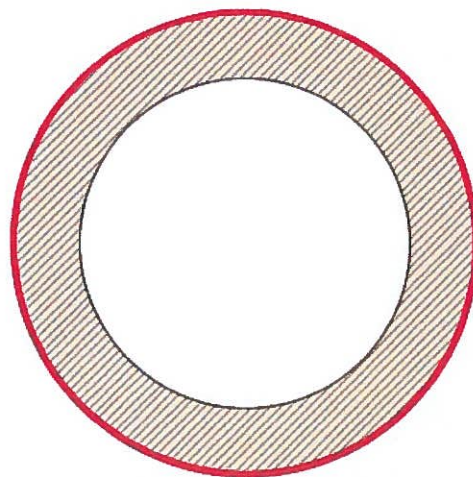
### 6.1. Splošno

Glede protipotresne varnosti lahko objekt označimo kot potresno ogrožen, saj ne dosega zahtev današnjih standardov. Objekt dosega le ca. 60 % zahtevane potresne odpornosti. Za doseganje ustrezne protipotresne varnosti je treba konstrukcijo utrditi.

V splošnem je možno potresno odpornost objektov izboljšati z: ojačitvijo obstoječih nosilnih elementov, dodajanjem novih elementov, ali pa z izvedbo novega nosilnega sistema za prevzem potresnih sil. Izbira ukrepov je odvisna od same konfiguracije objekta, od nivoja sprejemljivosti posega v prostor, posega v arhitekturo in funkcionalnost objekta ter od vpliva na obratovanje objekta med samo izvedbo ojačitev. V konkretnem primeru so glede na zasnovo konstrukcije in zahtevan nivo potrebnih ojačitev smiselni predvsem ukrepi z ojačevanjem obstoječe konstrukcije – tako da se izkoristi nosilnost obstoječe konstrukcije, izboljšano obnašanje pa se doseže z ojačitvami. Preverili smo tri variante možnih utrditvenih ukrepov, s katerimi je možno doseči zahtevano izboljšanje potresne odpornosti. V vseh treh primerih je za glavni ojačitveni material predvideno armaturno jeklo, razlike med variantami so predvsem glede lokacije ojačitev in načina izvedbe.

### 6.2. Varianta 1: utrditev zidovja z armiranobetonsko oblogo

Računsko smo preverili varianto protipotresne utrditve, pri kateri se obstoječo zidovje utrdi z armiranobetonsko oblogo. Oblogo se vgradi na zunanji strani stolpa, pri čemer se predhodno odstrani fasadni omet do opečne površine. Predlagana debelina obloge je ca. 8 cm, njena kvaliteta pa C 25/30. Nanese se na predhodno izveden polimeriziran cementni obrizg. Ometi se armirajo z armaturnimi mrežami Q636, ki se jih skozi predhodno izvrtane luknje v zidovju sidra s horizontalnimi sidri RA  $\phi$  8 mm, v obsegu ca. 8–10 kos/m<sup>2</sup>. Predvidena kvaliteta armature je B500 B. Obloga se vgradi po celi višini, kontinuirano od kleti, kjer se sidra v temelje, do vrha zidanega dela stolpa, kjer se sidra v betonsko konstrukcijo rezervoarja. Po izvedbi ojačitev se lahko izvede nov omet v želeni teksturi in barvi, tako da ojačitve ne bodo vidne, gabariti objekta (premer) pa se s tem povečajo le za nekaj centimetrov. Pri tem načinu ojačevanja, se obstoječe obročne jeklene vezi lahko opustijo, saj njihovo vlogo prevzame armatura vgrajena v AB oblogi, ki konstrukcijo utrdi tudi v horizontalni oz. obročni smeri.



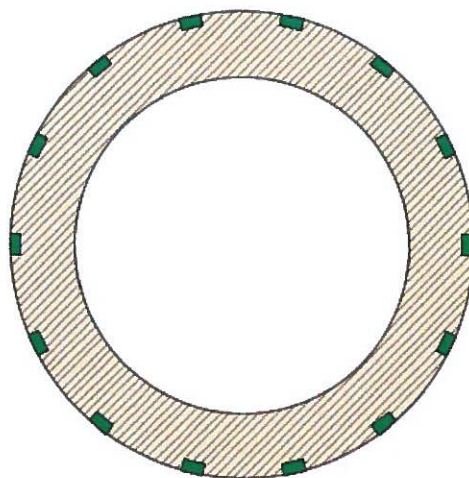
Legenda:

■ - AB zidna obloga, d=8cm

Slika 1: Shema ojačitev – varianta 1

### 6.3. Varianta 2: utrditev zidovja z zidnimi vezmi na zunanji strani

Varianta 2 predvideva vgradnjo armiranobetonskih vertikalnih zidnih vezi – AB slopov. Izračuni kažejo na to, da je potrebnih 14 kom AB slopov (na osni razdalji ca. 1,8 m), dimenzij 20/40 cm. Zadoščala bi vertikalna armatura 6 RA  $\phi$  16 mm na posamezen slop. Predlagana horizontalna stremenska armatura pa bi bila RA  $\phi$  10mm/10cm. Vsako drugo ali tretje streme bi bilo oblike »U«, pri čemer bi se ustrezno sidralo v predhodno izvrtane horizontalne vrtine. Predvidena kvaliteta armature je B500 B, kvaliteta betona pa C25/30. Slope se vgradi v utore, ki se izvedejo z rezalno tehniko, tako da se obstoječa konstrukcija čim manj poškoduje. Ojačitve potekajo po celi višini, kontinuirano od kleti, kjer se sidrajo v temelje, do vrha zidanega dela stolpa, kjer se sidrajo v betonsko konstrukcijo rezervoarja. Poleg tega predlagamo tudi, da se nadomesti obstoječe jeklene obročne vezi. Te se lahko izvedejo na podoben način kot vertikalne vezi, t. j. v armiranobetonski izvedbi v predhodno izvedene utore, lahko pa se izvedejo tudi v obliki karbonskih lamel ali karbonske tkanine, ki se vgradijo na predhodno ustrezno pripravljeno opečno površino. Po izvedbi ojačitev se izvede preplastitev ometa v območju ojačitev in pleskanje celotne fasade, tako da ojačitve ne bodo vidne, niti se ne spremenijo gabariti objekta.



Legenda:

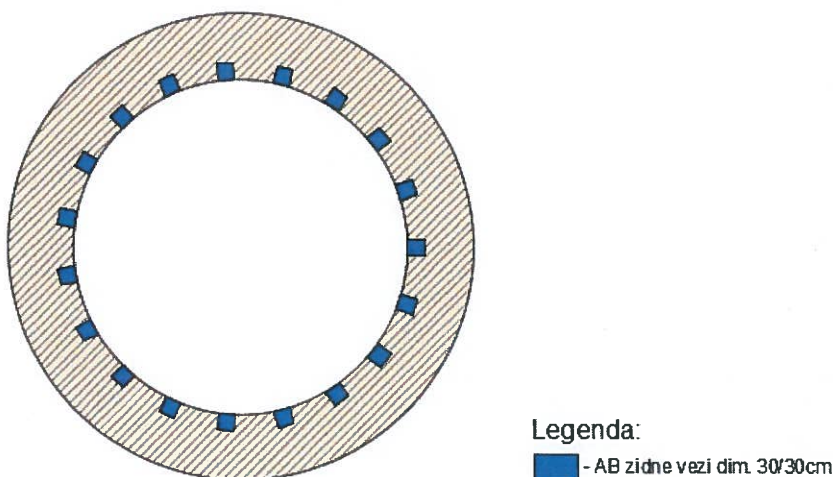
■ - AB zidne vezi dim. 20/40cm

Slika 2: Shema ojačitev – varianta 2



### 6.4. Varianta 3: utrditev zidovja z zidnimi vezmi na notranji strani

Tretja varianta predvideva utrditev zidovja z vgradnjo zidnih vezi – AB slopov na notranji strani objekta. V konstrukcijskem smislu je predlog manj ugoden, glede na varianto 2. Posledično analize kažejo na to, da je treba vgraditi 19 kom AB slopov (na osni razdalji ca. 1,0 m) dimenzij 30/30 cm, v predhodno pripravljene utore v zidovju. Izračuni kažejo na to, da bi zadoščala vertikalna armatura 4 RA  $\phi$  18 mm na posamezen slop. Predlagana horizontalna stremenska armatura pa bi bila RA  $\phi$  10 mm/10 cm. Vsako drugo ali tretje streme bi bilo oblike »U«, pri čemer bi se ustrezno sidralo v predhodno izvrtane horizontalne vrtine. Predvidena kvaliteta armature je B500 B, kvaliteta betona pa C25/30. Slope se vgradi v utore, ki se izvedejo z rezalno tehniko, tako da se obstoječa konstrukcija čim manj poškoduje. Ojačitve potekajo po celi višini, kontinuirano od kleti, kjer se sidrajo v temelje, do vrha zidanega dela stolpa, kjer se sidrajo v betonsko konstrukcijo rezervoarja. Tudi v tem primeru predlagamo zamenjavo obstoječih obročnih vezi na zunanji strani. Možne so variante izvedbe opisane v prejšnji točki, lahko pa se jih izvede na enak način, kot so obstoječe. V primeru predvidene zamenjave celotnega ometa, se lahko obročne ojačitve izvedejo tudi z vgradnjo mrežice iz steklenih vlaken v nov sanirni omet (kot npr. Mapei MapeGrid G220, Planitop HDM Restauro). V tej varianti utrditve bodo betonske ojačitve v neometanih delih notranjih prostorov vidne.



Slika 3: Shema ojačitev – varianta 3

### 6.5. Druge smernice za nadaljnje načrtovanje

Predvidena je vgradnja osebne dvigala znotraj objekta. Izkaže se, da morebitna masivna armiranobetonska izvedba dvigalnega jaška ne bi pripomogla k potresni odpornosti objekta, temveč bi le-to zaradi dodatne mase še poslabšala. Zato predlagamo, da se za konstrukcijo dvigala predvidi lahka jeklena izvedba, ki se jo lahko sidra v zidovje. Kakršnekoli oslabitve zidovja niso dopustne.

V primeru izvedbe prebojev skozi plošče in stene armiranobetonskega rezervoarja bo najverjetneje treba izvesti lokalne ojačitve konstrukcije. Ker je bila konstrukcija rezervoarja v preteklosti podvržena izrazito večjim obremenitvam od sedaj predvidenih, ocenjujemo, da drastični ukrepi ne bodo potrebni. Možne so lokalne ojačitve betonov s karbonskimi lamelami in karbonsko tkanino.

Ne glede na izbrano varianto ojačitve bo treba sanirati večje poškodbe, še zlasti razpoke, ki smo jih evidentirali v zgornjem delu objekta. Sanacija razpok se izvede z linijskim injektiranjem s cementnim ali epoksidnim lepilom.

## 7. ZAKLJUČEK

V poročilu smo podali rezultate pregleda, preiskav in opravljenih računskih analiz nosilne konstrukcije objekta.

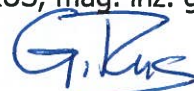
Pregled objekta je pokazal, da je objekt relativno dobro vzdrževan in je v dobrem stanju. Statična analiza je pokazala, da je nosilnost glavnih konstrukcijskih elementov v splošnem zadostna za prevzem predvidenih obremenitev. Seizmična analiza glavnega objekta pa kaže na to, da objekt ne ustreza zahtevam veljavnih predpisov glede protipotresne varnosti. Objekt dosega le ca. 60 % zahtevane potresne odpornosti, zato ga opredelimo kot potresno ogroženega. Ob nastopu predvidenega projektnega potresa bi lahko prišlo do močnih poškodb nosilne konstrukcije, ki bi lahko privedle do delnih rušitev ali celo do kolapsa nosilnega sistema.

Preverili smo več možnih variant za protipotresno utrditev objekta. Izkazuje se, da je s predlaganimi utrditvenimi ukrepi mogoče konstrukciji zagotoviti nivo protipotresne varnosti, kot ga zahtevajo današnji standardi. V vseh obravnavanih variantah smo predvideli ojačevanje obstoječe konstrukcije – tako, da se čim bolj izkoristi nosilnost obstoječe konstrukcije, izboljšano obnašanje pa se doseže z »minimalnimi« jeklenimi oziroma armiranobetonskimi ojačitvami, katerih lokacija in obseg se od variante do variante razlikuje.

V primeru izvedbe predlaganih posegov, bo treba predhodno izdelati projekt rekonstrukcije in pridobiti gradbeno dovoljenje. Pri tem pričujoče poročilo služi kot smernica za nadaljnje načrtovanje. Dejansko izbrano varianto utrditvenih ukrepov bo treba v okviru projekta detajlno obdelati. Vsi predvideni ukrepi morajo biti predhodno usklajeni s službo spomeniškega varstva.

PRIPRAVILA:

Gašper RUS, mag. inž. grad.



mag. Anton Štampfl, univ. dipl. inž. grad.



**PRILOGA 1**  
**Fotodokumentacija**

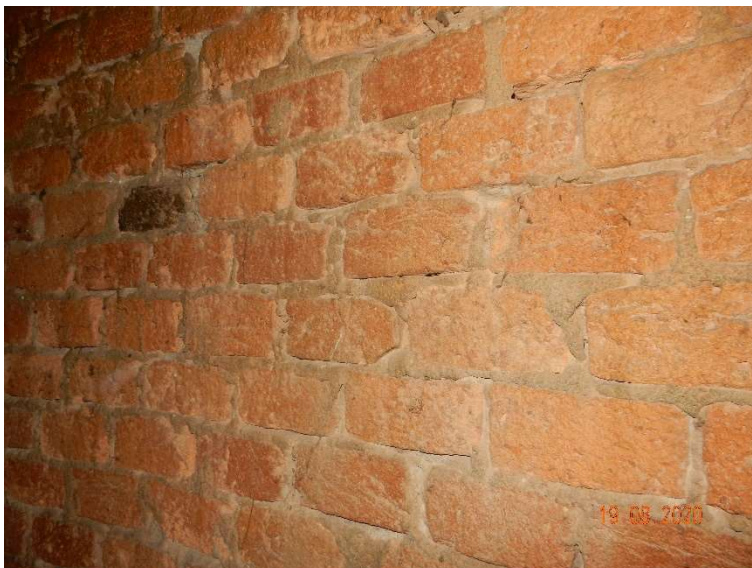
**ZASNOVA**

**Slika 1:** Vodovodni stolp  
okroglega prereza z  
osemkožno piramidasto  
streho



**Slika 2:** Jeklene vrvi  
premera  $\varnothing 28$  mm

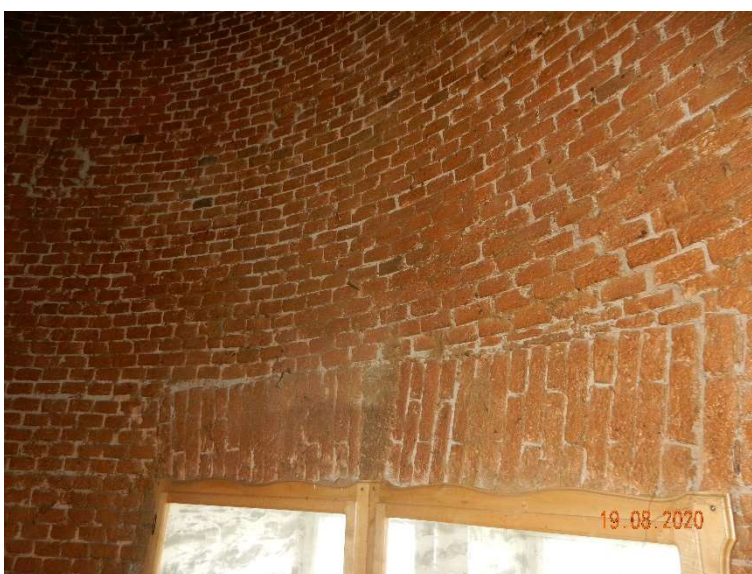




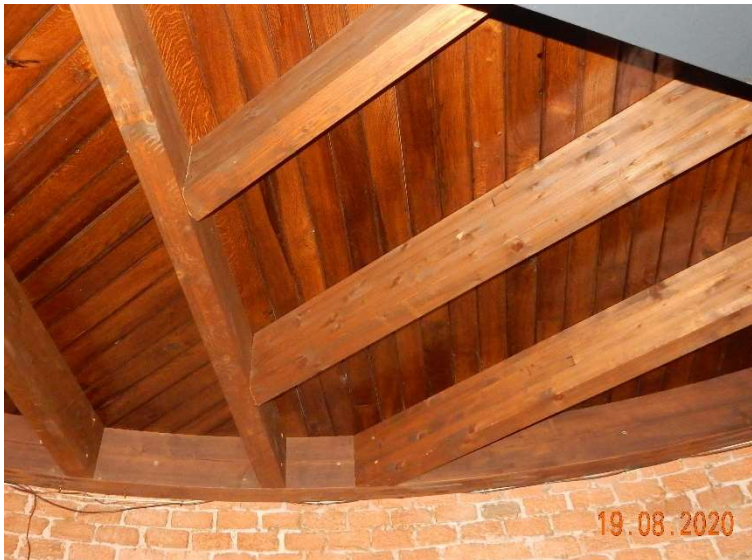
**Slika 3:** Vertikalno nosilno konstrukcijo stolpa predstavlja zidovje



**Slika 4:** Zmanjševanje debeline zidvoja po višini



**Slika 5:** Okenska preklada



**Slika 6:** Lesena sekundarna etažna konstrukcija



**Slika 7:** Pritrjevanje lesene sekundarne etažne konstrukcije na primarno



**Slika 8:** Primarna etažna konstrukcija – jeklena brana





**Slika 9:** Sidrišče jeklene primarne konstrukcije v nosilno zidovje



**Slika 10:** Jeklen podest po obodu in lesena etažna konstrukcija v slabem stanju



**Slika 11:** Brana iz armiranobetonskih nosilcev pod ploščo vodohrama



**Slika 12:** Konstrukcija armiranobetonskega vodohrama



**Slika 13:** Stene vodohrama debeline 20 cm



**Slika 14:** Lesena konstrukcija za fasadno oblogo po obodu vodohrama; nosilni leseni elementi dim. 15/15 cm





**Slika 15:** Lesena konstrukcija za fasadno oblogo po obodu vodohrama; nosilni leseni elementi dim. 15/15 cm



**Slika 16:** Medsebojno povezovanje nosilnih lesenih elementov s pomočjo t. i. skobe



**Slika 17:** Lesena etažna konstrukcija med vodohramom in ostrešjem; nad zgornjim slojem desk vgrajen estrih debeline 3,0 cm iz slabega betona; zaznati povečane vibracije ob hoji





**Slika 18:** Leseno ostrešje, strešna kritina je opečni bobrovec; nosilni elementi v relativno dobrem stanju



**Slika 19:** Stikovanje škarij na špirovec preko svornika, škarje so dim. 7/18 cm



**Slika 20:** Osrednja podpora dim. 20/20 cm





**Slika 21:** Leseni špirovci  
dim. 12/15 cm, vogalni  
špirovci dim. 12,5/15,5 cm



**Slika 22:** Lesene letve,  
pravokotno na špirovce  
dim. 3,5/5,0 cm na  
oddaljenosti 15 cm

**POŠKODBE**

**Slika 23 (Klet -2, Strop):**  
Sledovi zamakanja in  
mestoma odpadel omet



**Slika 24 (Pritličje - 0):**  
Vertikalna razpoka v steni



**Slika 25 (Pritličje - 0):**  
Oslabitev v zidu





**Slika 26 (Etaža-1):**  
Vertikalna razpoka nad  
oknom



**Slika 27 (Etaža-1):** Poševna  
razpoka nad oknom



**Slika 28 (Etaža-1):** Poševna  
razpoka v zidu, mestoma  
rege med zidaki niso  
zapolnjene v celoti



**Slika 29 (Etaža-4):**  
Odpadanje ometa



**Slika 30 (Etaža-4):**  
Vertikalna in poševna  
razpoka, ki gre skozi več  
etaž

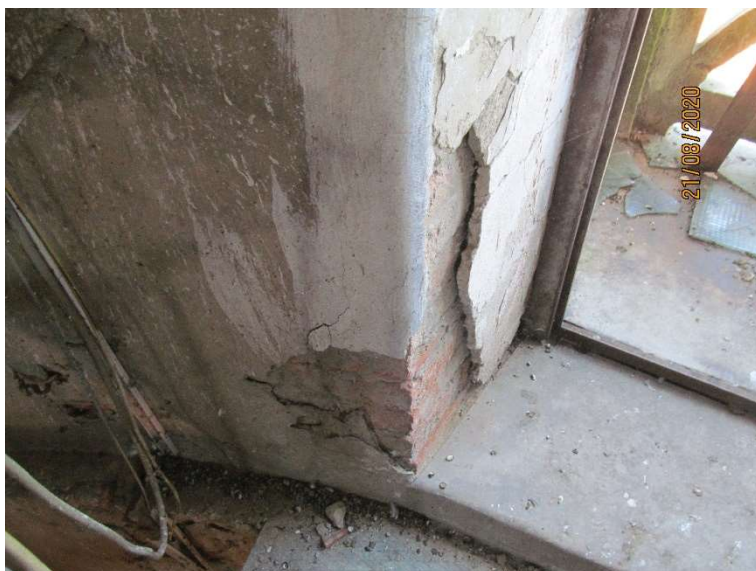


**Slika 31 (Etaža-4):**  
Vertikalna razpoka ob  
stopnišču





**Slika 32 (Etaža-5):**  
Poševna razpoka,  
odpadanje ometa



**Slika 33 (Etaža-6):**  
Razpadanje ometa



**Slika 34 (Etaža-6):**  
Poševna razpoka,  
odpadanje ometa





**Slika 35 (Etaža-6):** Prečna razpoka na balkonu in na pragu



**Slika 36 (Etaža-6):** Poševna razpoka v ometu



**Slika 37 (Etaža-6):** Oslabitev v nosilnem zidu (d=35cm, š=30cm) skozi več etaž



**Slika 38 (Etaža-6, strop):**  
Sledi zamakanja na leseni  
etažni konstrukciji



**Slika 39 (Etaža-7, strop):**  
Vidna korodirana armatura  
v nosilcih in plošči  
vodohrama



**Slika 40 (Etaža-9,  
ostrešje):** Sledi zamakanja  
na nosilni konstrukciji  
ostrešja





**Slika 41** (Severna fasada - cokel): Vertikalna razpoka



**Slika 42** (Severna fasada): Mehanska poškodba na fasadnem ometu



**Slika 43** (Severna fasada): Vertikala in horizontalna razpoka na parapetu balkona





**Slika 44** (Severna fasada):  
Mrežaste razpoke v  
fasadnem ometu



**Slika 45** (Zahodna  
fasada): Vertikalni razpoki  
pod oknom



**Slika 46** (Zahodna fasada  
- cokol): Vertikalna  
razpoka



**Slika 47** (Zahodna fasada): Vertikalna razpoka v fasadnem ometu



**Slika 48** (Zahodna fasada – plošča balkona): Prečna razpoka



**Slika 49** (Zahodna fasada): Mrežaste razpoke, posamezne razpoke so izrazitejše



**Slika 50** (Zahodna fasada): Mrežaste razpoke, posamezne razpoke so izrazitejše



**Slika 51** (Zahodna fasada): Mrežaste razpoke v fasadnem ometu nad coklom



**Slika 52** (Zahodna fasada): Mrežaste razpoke v fasadnem ometu v višini nadstreška





**Slika 53** (Zahodna fasada): Razpoke zaradi razpadanja ometa nad coklom



**Slika 54** (Zahodna fasada): Mehanska poškodba ometa



**Slika 55** (Zahodna fasada - cokel): Vertikalna razpoka



**Slika 56** (Zahodna fasada): Razpadanje ometa zaradi vlage



**Slika 57** (Zahodna fasada): Razpadanje ometa zaradi vlage



**Slika 58** (Zahodna fasada): Korozija obodnih jeklenih vezi



**Slika 59** (Vzhodna fasada): Poševna razpoka nad vhodom



**Slika 60** (Vzhodna fasada): Razpoke v tlaku pred vhodom



**PREISKAVE**

**Slika 61:** Meritve vgrajene armature s profometrom



**Slika 62:** Zidna sonda S1; polni opečni zidaki normalnega formata, malta dobre kvalitete



**Slika 63:** Vzorec zidaka na mestu S1; zaradi poškodovanosti vorec ni bil vključen v preskus tlačne trdnosti



**Slika 64:** Zidna sonda S2;  
polni opečni zidaki  
normalnega formata, malta  
dobre kvalitete



**Slika 65:** Vzorec zidaka na  
mestu S2



**Slika 66:** Zidna sonda S3;  
polni opečni zidaki  
normalnega formata, malta  
dobre kvalitete





**Slika 67:** Vzorec zidaka na mestu S3



**Slika 68:** Zidna sonda S4;  
polni opečni zidaki  
normalnega formata, malta  
dobre kvalitete



**Slika 69:** Vzorec zidaka na mestu S4





**Slika 70:** Preiskovalna sonda S5 na armiranobetonskem nosilcu; vgrajene gladke armaturne palice



**Slika 71:** Preiskovalna sonda S6 na armiranobetonski plošči; vgrajene gladke armaturne palice



**Slika 72:** Preiskovalna sonda S7 na armiranobetonski steni rezervoarja; sonda izvedena nad odprtino za vstop v prostor med rezervoarjem in fasadno oblogo; vgrajene gladke armaturne palice



**Slika 73:** Preiskovalna sonda S8 na armiranobetonski steni rezervoarja; vgrajene gladke armaturne palice, nanešena izolacija iz plute in bitumna po obodu rezervoarja



**Slika 74:** Preiskovalna sonda S9 na armiranobetonski steni rezervoarja; vgrajene gladke armaturne palice, nanešena izolacija iz plute in bitumna po obodu rezervoarja

**PRILOGA 2**  
**Preiskave materialov**



## **PRILOGA 2.1**

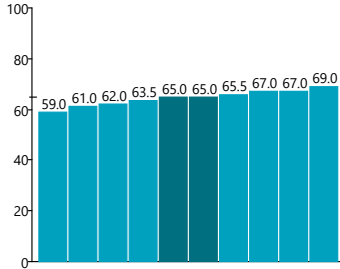
### **Preiskave tlačne trdnosti betona s sklerometrom**

Meritev: Sklerometer (Proceq, SilverSchmidt, PC Type N)  
 Objekt: Vodovodni stolp Brežice  
 Datum meritve: 21.8.2020  
 Meritve opravil: Gašper Rus, mag. inž. grad.  
 Standard: SIST EN 12504-2:2002, SIST EN 13791:2007

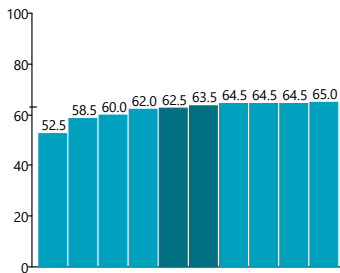
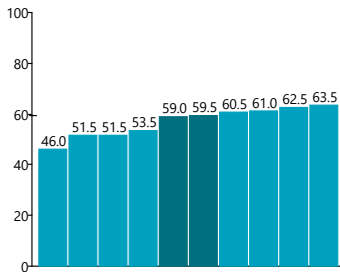
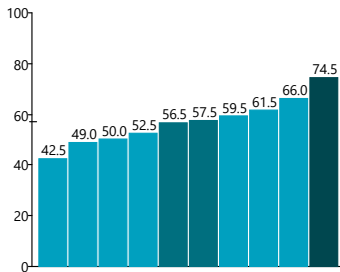
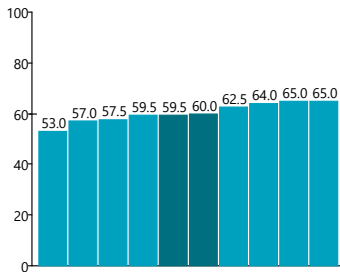
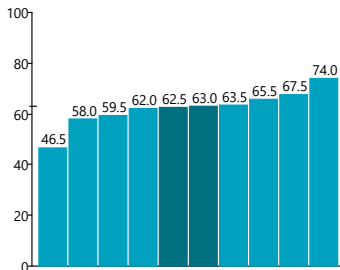
Rezultati sklerometriranja						
mersko mesto	del objekta	konstrukcijski element	etaža	projekt. marka	št. udarcev	srednja. tlač. trdnost (mediana)
						[MPa]
SK 1	AB vodohram	nosilec	8	-	10	65.0
SK 2	AB vodohram	nosilec	8	-	10	67.5
SK 3	AB vodohram	nosilec	8	-	10	64.5
SK 4	AB vodohram	nosilec	8	-	10	36.0
SK 5	AB vodohram	nosilec	8	-	10	62.5
SK 6	AB vodohram	plošča	8	-	10	57.0
SK 7	AB vodohram	plošča	8	-	10	47.5
SK 8	AB vodohram	plošča	8	-	10	42.5
SK 9	AB vodohram	plošča	8	-	10	49.0
SK 10	AB vodohram	plošča	8	-	10	56.5
SK 11	AB vodohram	stena	8	-	10	39.0
SK 12	AB vodohram	stena	8	-	10	30.5
SK 13	AB vodohram	stena	8	-	10	32.5

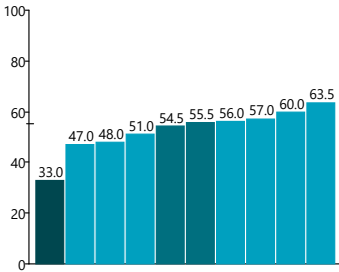
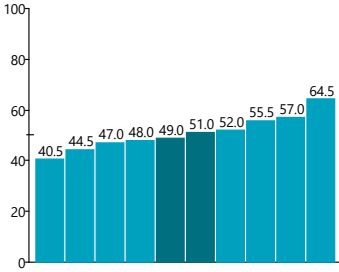
$$\begin{aligned}
 f_{is,lowest.cube} &= 30.5 && \text{MPa} \\
 f_{m(n).is.cube} &= 50.0 && \text{MPa} \\
 s &= 13.1 && (\geq 3.0) \text{ MPa} \\
 n &= 13 && (> 15) \text{ *OP: št. meritev ne ustreza kriteriju} \\
 f_{ck.is.1.cube} &= f_{m(n).is.cube} - 1.48 \cdot s = 30.6 && \text{MPa} \\
 f_{ck.is.2.cube} &= f_{is,lowest.cube} + 4 = 34.5 && \text{MPa} \\
 f_{ck.is.cube} &= \min(f_{ck.is.1.cube}, f_{ck.is.2.cube}) = 30.6 && \text{MPa} \\
 f_{ck.cube} &= f_{ck.is.cube} / 0.85 && 36.0 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Vrednosti trdnostnih karak. stropne konstrukcije ustrezajo trdnostnemu razredu C30/37.

SilverSchmidt measurement series												Hammerlink Version 2.2.0.0
Impact counter	Name	Date & Time	Mean value	Averaging mode	Upper outliers	Lower outliers	Valid/Total	Std. dev.	Conv. curve	Form factor	Carbonation factor	
908	SK1	08/21/2020 11:55 AM	65.0 MPa	Median EN	0	0	10/10	11.0 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00	
<div><div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>66.0 68.0 68.0 71.5 69.0 63.5 61.0 65.5 60.5 65.5</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 65.0 MPa (65.8 Q) Standard deviation s = 11.0 MPa (3.5 Q)</div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div><div>Comment [Add]</div></div></div></div>												
918	SK2	08/21/2020 11:57 AM	67.5 MPa	Median EN	0	0	10/10	8.3 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00	
<div><div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>67.0 66.5 66.5 66.5 65.0 64.5 64.0 63.0 71.0 70.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 67.5 MPa (66.5 Q) Standard deviation s = 8.3 MPa (2.5 Q)</div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div><div>Comment [Add]</div></div></div></div>												
928	SK3	08/21/2020 11:58 AM	64.5 MPa	Median EN	0	0	10/10	17.8 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00	
<div><div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>67.5 63.5 64.0 71.0 60.0 69.5 61.5 52.0 69.0 67.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 64.5 MPa (65.5 Q) Standard deviation s = 17.8 MPa (5.7 Q)</div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div><div>Comment [Add]</div></div></div></div>												
938	SK4	08/21/2020 11:59 AM	36.0 MPa	Median EN	0	0	10/10	10.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00	
<div><div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>52.5 48.5 53.5 47.0 63.5 53.5 47.5 63.5 56.5 58.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 36.0 MPa (53.5 Q) Standard deviation s = 10.5 MPa (6.0 Q)</div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div><div>Comment [Add]</div></div></div></div>												
948	SK5	08/21/2020 12:00 PM	62.5 MPa	Median EN	0	0	10/10	9.3 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00	
<div><div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>69.0 67.0 62.0 65.0 67.0 63.5 65.5 59.0 65.0 61.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 62.5 MPa (65.0 Q) Standard deviation s = 9.3 MPa (3.1 Q)</div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div><div>Comment [Add]</div></div></div></div>												
958	SK6	08/21/2020 12:01 PM	57.0 MPa	Median EN	0	0	10/10	10.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00	



Impact counter	Name	Date & Time	Mean value	Averaging mode	Upper outliers	Lower outliers	Valid/Total	Std dev.	Conv. curve	Form factor	Carbonation factor		
			<div><div><div><div>Q-Values diagram <a href="#">[ordered by value]</a></div><div></div></div><div><div>Q-Values</div><div>63.5 64.5 64.5 62.5 58.5 62.5 63.5 64.5 64.5 65.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 57.0 MPa (63.0 Q) Standard deviation s = 10.5 MPa (3.9 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div><a href="#">[Add]</a></div></div></div></div>										
968	SK7	08/21/2020 12:02 PM	47.5 MPa	Median EN	0	0	10/10	13.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00		
			<div><div><div><div>Q-Values diagram <a href="#">[ordered by value]</a></div><div></div></div><div><div>Q-Values</div><div>46.0 59.0 63.5 62.5 60.5 59.5 61.0 51.5 51.5 53.5</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 47.5 MPa (59.3 Q) Standard deviation s = 13.5 MPa (5.8 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div><a href="#">[Add]</a></div></div></div></div>										
978	SK8	08/21/2020 12:04 PM	42.5 MPa	Median EN	0	0	9/10	19.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00		
			<div><div><div><div>Q-Values diagram <a href="#">[ordered by value]</a></div><div></div></div><div><div>Q-Values</div><div>50.0 52.5 49.0 66.0 59.5 57.5 56.5 61.5 66.0 74.5</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 1 (10%) Median EN f = 42.5 MPa (57.0 Q) Standard deviation s = 19.5 MPa (9.2 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div><a href="#">[Add]</a></div></div></div></div>										
988	SK9	08/21/2020 12:04 PM	49.0 MPa	Median EN	0	0	10/10	9.3 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00		
			<div><div><div><div>Q-Values diagram <a href="#">[ordered by value]</a></div><div></div></div><div><div>Q-Values</div><div>65.0 57.5 64.0 59.5 53.0 59.5 65.0 62.5 60.0 57.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 49.0 MPa (59.8 Q) Standard deviation s = 9.3 MPa (3.9 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div><a href="#">[Add]</a></div></div></div></div>										
998	SK10	08/21/2020 12:08 PM	56.5 MPa	Median EN	0	0	10/10	19.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00		
			<div><div><div><div>Q-Values diagram <a href="#">[ordered by value]</a></div><div></div></div><div><div>Q-Values</div><div>63.0 67.5 63.5 65.5 74.0 46.5 59.5 58.0 62.0 62.5</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 56.5 MPa (62.8 Q) Standard deviation s = 19.5 MPa (7.1 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div><a href="#">[Add]</a></div></div></div></div>										
1028	SK11	08/21/2020 12:39 PM	39.0 MPa	Median EN	0	0	9/10	16.3 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00		

Impact counter	Name	Date & Time	Mean value	Averaging mode	Upper outliers	Lower outliers	Valid/Total	Std dev.	Conv. curve	Form factor	Carbonation factor
1038	SK12	08/21/2020 12:41 PM	<div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>60.0 47.0 <del>33.0</del> 57.0 63.5 54.5 55.5 51.0 48.0 56.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 1 (10%) Median EN f = 39.0 MPa (55.0 Q) Standard deviation s = 16.3 MPa (8.5 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div>[Add]</div></div></div>								
			30.5 MPa	Median EN	0	0	10/10	10.3 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00
1048	SK13	08/21/2020 12:42 PM	<div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>55.5 64.5 48.0 44.5 57.0 49.0 47.0 40.5 52.0 51.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Median EN f = 30.5 MPa (50.0 Q) Standard deviation s = 10.3 MPa (6.8 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div>[Add]</div></div></div>								
			32.5 MPa	Median EN	0	0	9/10	16.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00
1048	SK13	08/21/2020 12:42 PM	<div><div><div>Q-Values diagram [ordered by value]</div></div><div><div>Q-Values</div><div>36.0 53.5 51.5 <del>32.0</del> 49.0 51.5 65.5 55.5 37.0 51.0</div></div><div><div>Statistics</div><div>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 1 (10%) Median EN f = 32.5 MPa (51.3 Q) Standard deviation s = 16.5 MPa (10.3 Q)</div></div><div><div>Settings</div><div>Averaging mode Median EN Conversion curve 10-percentile curve Form factor Cube 150mm (100%) Carbonation factor 1.00 Unit MPa Serial number SH01-005-0137 Spring type SilverSchmidt N</div></div><div><div>Comment</div><div>[Add]</div></div></div>								
			32.5 MPa	Median EN	0	0	9/10	16.5 MPa	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

**PRILOGA 2.2**  
**Laboratorijske preiskave tlačne trdnosti opeke**



**PRESKUS TLAČNE TRDNOSTI ZIDAKOV**  
SIST EN 772-1:2011

objekt: **Vodovodni stolp Brežice**

faktor priprave (vlaga): 1.0

	ŠT. VZORCA	DIMENZIJE					NAVIDEZNA GOSTOTA		TLAČNA TRDNOST			
		STRANICA a	STRANICA b	VIŠINA h	BRUTO POVRŠINA F	BRUTO PROSTORNINA V	MASA	PROST. MASA	PORUŠNA SILA	TRDNOST	FAKTOR OBLIKE	NORM. TLAČNA TRDNOST
		mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	kg	kg/m <sup>3</sup>	kN	MPa		MPa
1	S2	120	110	59	13200	779	1.185	1522	163.6	12.4	0.79	9.8
2	S3	120	110	60	13200	792	1.305	1648	296.6	22.5	0.80	18.0
3	S4	120	120	66	14400	950	1.466	1543	247.2	17.2	0.81	14.0
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
							povprečje:	<b>1571</b>		<b>17.3</b>		<b>13.9</b>
							standardna deviacija:	67.61		5.04		4.07

DATUM PREISKAVE: 28.2.202

(izpolni laborant)

PREISKAL: **Despotović**

(podpis)

**PRILOGA 2.3**  
**Laboratorijske preiskave tlačne trdnosti malte**



# Ocena trdnosti odvzetih vzorcev malte

## Objekt: Vodovodni stolp Brežice

Na vodovodnem stolpu so bili odvzeti vzorci malte iz vodoravnih spojin. Izmed vseh odvzetih vzorcev je bilo, zaradi neravnin in premajhnih prerezov, mogoče narediti samo dva vzorca za izvedbo tlačne preiskave. Vzorca sta bila dimenzij ca. 40 x 40 mm in debeline 11mm oz. 12mm. Na spodnji in zgornji strani smo jih izravnali s hitrovezočo cementno malto.

Preiskava je bila izvedena podobno kot SIST EN 1015-11:2001 - določanje upogibne in tlačne trdnosti strjene malte, pri čemer je bilo odstopanje seveda višina vzorca, ki ni bila predvidenih 40mm (kar seveda ni možno dobiti iz v fuge vgrajene malte obstoječih objektov).

Datum opravljenega preskusa: 1.9.2020

Preskus opravil: dr. Samo Gostič, univ. dipl. inž. grad., vodja laboratorija

Širina/dolžina tlačnih ploščic:  
(debelina ploščic je 10mm)

$$a := 40mm$$

Maksimalna dosežena sila:  
(2 vzorca)

$$F_{max} := \left( \frac{34.4}{29.6} \right) \cdot kN$$

Izračun trdnosti brez upoštevanja  
zmanjšane debeline vzorca:

$$f_{mc} := \frac{F_{max}}{a^2}$$

$$f_{mc} = \left( \frac{21.5}{18.5} \right) \cdot MPa$$

Povprečna vrednost rezultatov:

$$mean(f_{mc}) = 20 \cdot MPa$$



Pri manjših debelinah vzorcev postaja vpliv oviranih prečnih deformacij, zaradi trenja z jeklenimi tlačnimi ploščicami vedno večji, zato rezultati testa pokažejo višjo trdnost kot je dejanska (v spojnici). Točne faktorje redukcije je težko določiti, toda za razmerje ca. 1/4 (11mm/40mm) redukcija znaša ca.40%.

Reducirana tlačna trdnost malte zaradi manjše debeline vzorca:

$$60\% mean(f_{mc}) = 12 \cdot MPa$$

Število vzorcev je premajhno za pravo določitev tlačne trdnosti malte, tako da so zgoraj izračunani rezultati samo ocena trdnosti. Poleg tega, da vzorci niso bili pripravljeni v kalupu in niso standardnih dimenzij.

**Ocenjena tlačna trdnost preizkušene malte je v rangi MM 10 (10 MPa).**

Pripravil:

dr. Samo Gostič, univ. dipl. inž. grad.



**PRILOGA 3**  
**Statična in seizmična analiza**



# 1. STATIČNA IN SEIZMIČNA ANALIZA - Vodovodni stolp Brežice

Kontrola je izvedena v programu MATHCAD, kjer so enačbe zapisane v matematični obliki. Račun poteka iz leve strani proti desni in od zgoraj navzdol. Pri vsaki kontroli so tako najprej definirane vhodne količine, sledi izračun in nato še primerjava nosilnosti z obremenitvami. V enačbah oznaka "≐" pomeni definicijo, oznaka "=" pa izračunano vrednost. V nadaljevanju je prikazana statična analiza odpornosti posameznih nosilnih elementov glede na veljavne Evrokod standarde.

## 1.1 Karakteristike materialov

### 1.1.1 Beton C30/37

$$f_{ck,C30} := 3.0 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\gamma_{M,c} := 1.5$$

$$f_{cd,C30} := f_{ck,C30} \div \gamma_{M,c} = 2.0 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{ctm,C30} := 0.29 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{ctk,0.05,C30} := 0.20 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$E_{cm,C30} := 3300 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\gamma_c := 25 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

karakteristična tlačna trdnost

materialni varnostni faktor za beton

projektna tlačna trdnost

natezna trdnost betona - srednja vrednost

natezna trdnost betona - 5% fraktila

elastični modul betona

specifična teža betona

### 1.1.2 Gladka armatura S240

$$f_{yk,GA} := 24 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\gamma_{m,s} := 1.15$$

$$f_{yd,GA} := \frac{f_{yk,GA}}{\gamma_{m,s}} = 20.87 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$E_s := 20000 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

karak. vrednost meje elastičnosti armature

materialni varnostni faktor za jeklo

projektna vrednost meje elastičnosti armature

elastični modul armature

### 1.1.3 Les C24, 2. razred uporabnosti (T=20°, v<20%)

$$f_{m,k} := 2.40 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{t,0,k} := 1.40 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{c,0,k} := 2.10 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{c,90,k} := 0.53 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{v,k} := 0.25 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$E_{0,mean} := 1100 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$E_{0,05} := 740 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\rho_{mean} := 420 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\rho_k := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\gamma_{les} := 4.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\gamma_{m,les} := 1.3$$

$$k_{def} := 0.8$$

karakteristična upogibna trdnost

karakteristična natezna trdnost (vzporedno)

karakteristična tlačna trdnost (vzporedno)

karakteristična tlačna trdnost (pravokotno)

karakteristična strižna trdnost

modul elastičnosti lesa (povprečno)

modul elastičnosti lesa (5% fraktila)

gostota (povprečno)

gostota (karakteristično)

specifična teža (povprečno)

materialni varnostni faktor za les

deformacijski faktor

Modifikacijski faktorji

$$k_{mod,P} := 0.6$$

$$k_{mod,L} := 0.7$$

$$k_{mod,M} := 0.8$$

$$k_{mod,S} := 0.9$$

$$k_{mod,I} := 1.1$$

stalna obtežba (P)

dolgotrajna obtežba (L)

srednje dolga obtežba (M)

kratkotrajna obtežba (S)

trenutna obtežba (I)

### 1.1.4 Konstrukcijsko jeklo S235

$$f_{yk,S235} := 23.5 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{u,S235} := 36 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

karakteristična vrednost meje plastičnosti

karakteristična vrednost natezne trdnosti

materialni varnostni faktorji za jeklo

$$f_{yd.S235} := \frac{f_{yk.S235}}{\gamma_{M0}} = 23.5 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

projektna vrednost meje plastičnosti

$$E_s := 21000 kN \cdot cm^{-2}$$

elastični modul jekla

$$G_s := 8077 kN \cdot cm^{-2}$$

strižni modul jekla

$$\gamma_s := 78 kN \cdot m^{-3}$$

spec. teža jekla

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{23.5 kN \cdot cm^{-2}}{f_{yk.S235}}} = 1$$

### 1.1.5 Opečnato zidovje

Materialne karakteristike zidu so določene po SIST EN 1996-1-1, ob upoštevanju ocenjene tlačne trdnosti zidakov in malte.

#### Materialni varnostni faktor za zidovje

$$\gamma_{m.zid} := 2$$

#### Skupina zidakov (pregl. 3.1): Skupina 1

##### Tlačna trdnost zidovja

$$\bar{f}_{b.povp} := 13.9 MPa$$

preiskave

$$f_b := \min(\bar{f}_{b.povp}, 75 MPa) = 13.9 MPa$$

normalizirana povprečna tlačna trdnost zidakov v smeri obtežbe  
(malta za splošno uporabo:  $f_b \leq 75$  MPa; tankoslojna malta:  $f_b \leq 50$  MPa)

$$f_m := 5 MPa$$

tlačna trdnost malte - ocena  
(malta za splošno uporabo:  $f_m \leq 20$  MPa,  $f_m \leq 2 \cdot f_b$ ; tankoslojna malta:  $f_m \leq 10$  MPa)

$$K := 0.55$$

K vrednost za malto (pregl. 3.3), (malta za splošno uporabo, skupina zidakov 1-opeka),  
(korekcija v primeru zidovja z naleganjem na robovih, korekcija za rego vzporedno z zidom)

$$\alpha := 0.7$$

konstanti za izračun tlačne trdnosti zidovja:

$$\beta := 0.3$$

-zidovje z malto za splošno uporabo in lahko malto:  $\alpha=0.7$ ,  $\beta=0.3$ -opečni zidaki skupin 1 in 4, betonski zidaki, celični beton, kalcijev silikatni zidaki; tankoslojna malta:  $\alpha=0.85$ ,  $\beta=0$ -opečni zidaki skupin 2 in 3; tankoslojna malta:  $\alpha=0.7$ ,  $\beta=0$ 

$$\delta := 1$$

korekcijski faktor pri delovanju obtežbe vzporedno z regami (preiskave:  $\delta \leq 1$ , skupini zidakov 2 in 3:  $\delta=0.5$ )

$$f_k := \delta K \cdot \left( \frac{f_b}{MPa} \right)^\alpha \cdot \left( \frac{f_m}{MPa} \right)^\beta \cdot MPa = 5.63 MPa$$

računska karakteristična tlačna trdnost zidovja

$$f_d := \frac{f_k}{\gamma_{m.zid}} = 2.81 MPa$$

projektna tlačna trdnost zidovja

Opomba:

Natezno in strižno trdnost zidu določimo v nadaljevanju - odvisnost od nivoja tlačnih obremenitev.

##### Elastični modul zidovja

$$E_{zid} := 1000 \cdot f_k = 5625.54 MPa$$

elastični modul zidovja

##### Strižni modul zidovja

$$G_{zid} := 0.4 \cdot E_{zid} = 2250.22 MPa$$

strižni modul zidovja

##### Strižna trdnost zidovja

$$f_{vk0} := 0.2 MPa$$

karakteristična začetna strižna trdnost pri ničelni tlačni napetosti

##### Specifična teža zidovja

$$\gamma_{zid} := 16 \cdot kN \cdot m^{-3}$$

specifična teža zidovja

## 1.2 Geometrijske karakteristike

Površina strehe (pravilna 8-strana piramida)

$$pl_{str} := 8 \cdot \frac{4.35 \cdot m \cdot 9.7 \cdot m}{2} = 168.78 \cdot m^2$$

Tlorisna površina strehe (projekcija)

$$pl_{str.proj} := 91.55 \cdot m^2$$



Debelina AB plošče rezervoarja

$$d_{AB,pl} := 70 \cdot \text{cm}$$

Faktor za upoštevanje dejanskih etanih površin

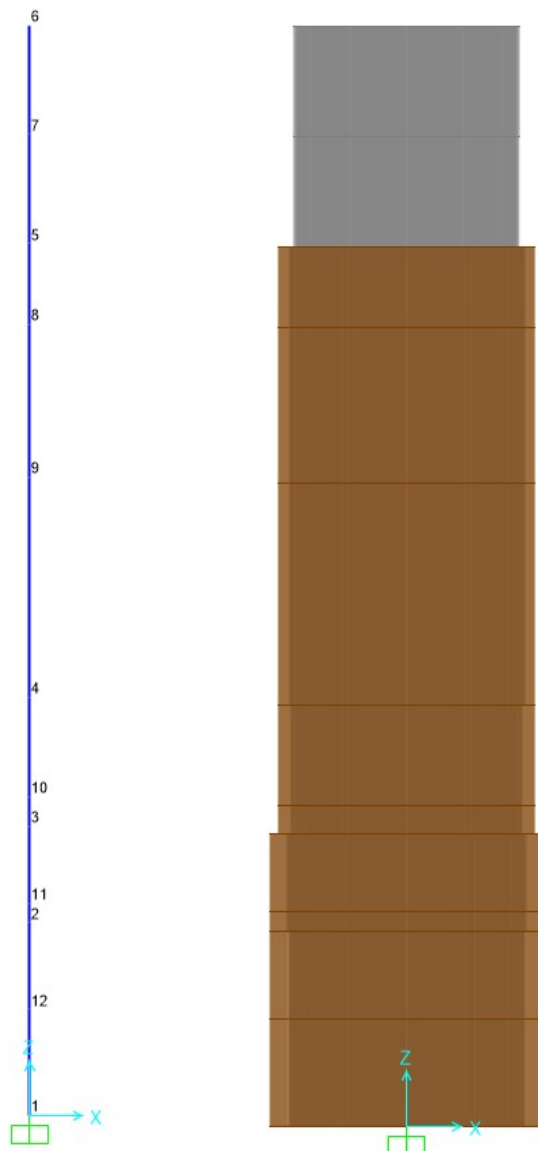
$$f_{red} := 0.8$$

Geometrijske karakteristike zidovja

$z_1 := 0m$	$D_{z,1} := 8.57m$	$D_{n,1} := 6.17m$	$t_1 := (D_{z,1} - D_{n,1}) \cdot 0.5 = 120 \text{ cm}$	$h_1 := 6m$
$z_2 := z_1 + h_1 = 6 \cdot m$	$D_{z,2} := 8.57m$	$D_{n,2} := 6.47m$	$t_2 := (D_{z,2} - D_{n,2}) \cdot 0.5 = 105 \text{ cm}$	$h_2 := 3m$
$z_3 := z_2 + h_2 = 9 \cdot m$	$D_{z,3} := 8.04m$	$D_{n,3} := 6.47m$	$t_3 := (D_{z,3} - D_{n,3}) \cdot 0.5 = 78.5 \text{ cm}$	$h_3 := 4m$
$z_4 := z_3 + h_3 = 13 \cdot m$	$D_{z,4} := 8.04m$	$D_{n,4} := 6.69m$	$t_4 := (D_{z,4} - D_{n,4}) \cdot 0.5 = 67.5 \text{ cm}$	$h_4 := 14.1m$
$z_5 := z_4 + h_4 = 27.1 \cdot m$	$D_{z,5} := 7.10m$	$D_{n,5} := 6.7m$	$t_5 := (D_{z,5} - D_{n,5}) \cdot 0.5 = 20 \text{ cm}$	$h_5 := 6.8m$
	$D_{z,5,obl} := 8.97 \cdot m$		fasadna obloga okoli rezervoarja	
$z_6 := z_5 + h_5 = 33.9 \cdot m$				
$h := z_6 = 33.9 \cdot m$				

### 1.3 Računski model

Računski model ustvarimo v programu SAP2000, ki deluje po metodi končnih elementov. Obravnavano konstrukcijo modeliramo z linijskimi končnimi elementi, pri čemer zanemarimo okenske in vrkatne odprtine v zidovju. Upoštevamo karakteristike razpokanega prereza, preko redukcije vztrajnostnih momentov s faktorjem 0,5.



## 1.4 Obtežbe

### 1.4.1 Lastna in stalna obtežba

Lastno težo zidovja in stene rezervoarja upošteva program samodejno.

#### Ostrešje s strešno kritino

$$g_{krit} := 0.6 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

strešna kritina iz opečnih bobrovcev

$$g_{let} := \frac{3.5 \cdot cm \cdot 5 \cdot cm}{15 \cdot cm} \cdot \gamma_{les} = 0.05 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

lesene letve 3,5/5cm na 15cm

$$g_{špir} := \frac{12 \cdot cm \cdot 15 \cdot cm}{90 \cdot cm} \cdot \gamma_{les} = 0.08 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

lesen špirovec 12/15cm na 90cm

Rezultanta:

$$G_1 := (g_{krit} + g_{let} + g_{špir}) \cdot p_{lstr} = 123.72 kN$$

#### Fasadna obloga po obodu rezervoarja

Rezultanta (ocena):

$$G_2 := 50 \cdot kN$$

#### Stena rezervoarja skupaj z izolacijo

Stena

$$t_5 = 20 \cdot cm$$

$$h_{st.vod} := h_5 - d_{AB.pl} = 610 \cdot cm$$

debelina stene rezervoarja

višina stene rezervoarja

Izolacija

$$d_{izo} := 4 \cdot cm$$

debelina izolacijske obloge

$$\gamma_{izo} := 1 \cdot kN \cdot m^{-3}$$

specifična teža izolacije (ocena)

Rezultanta:

$$G_{3,st.vod} := \pi \cdot (D_{n.5} + t_5) \cdot h_{st.vod} \cdot t_5 \cdot \gamma_c = 661.15 kN$$

$$G_{3,izo} := \pi \cdot D_{z.5} \cdot h_5 \cdot d_{izo} \cdot \gamma_{izo} = 6.07 kN$$

$$G_3 := G_{3,izo} = 6.07 kN$$

#### Lesen podest na v. k. 34.58 m

$$g_{est} := 0.03 \cdot m \cdot 20 \cdot kN \cdot m^{-3} = 0.6 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

estrih slabe kvalitete

$$g_{desk.1} := 0.025 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

lesene deske

$$g_{strop} := \frac{16 \cdot cm \cdot 20 \cdot cm}{150 \cdot cm} \cdot \gamma_{les} = 0.09 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

lesen stropni nosilec (ocena)

$$g_{desk.2} := 0.025 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

lesene deske

Rezultanta:

$$G_4 := (g_{est} + g_{desk.1} + g_{strop} + g_{desk.2}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.5})^2 \right] = 31.72 kN$$

#### AB plošča vodohrama na v. k. 27.10 m

AB plošča

$$d_{AB.pl} = 70 \cdot cm$$

debelina AB plošče

$$g_{AB.pl} := d_{AB.pl} \cdot \gamma_c = 17.5 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

AB nosilci

$$h_{AB.nos} := 75 \cdot cm$$

višina AB nosilca

$$\dot{s}_{AB.nos} := 20 \cdot cm$$

širina AB nosilca

$$g_{AB.nos.1} := \frac{h_{AB.nos} \cdot \dot{s}_{AB.nos}}{100 \cdot cm} \cdot \gamma_c = 3.75 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{AB.nos.2} := \frac{h_{AB.nos} \cdot \dot{s}_{AB.nos}}{75 \cdot cm} \cdot \gamma_c = 5 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Voda

$$h_{voda} := 30 \cdot cm$$

predvidena višina vode

$$\gamma_{voda} := 10 \cdot kN \cdot m^{-3}$$

specifična teža vode

$$g_{voda} := h_{voda} \cdot \gamma_{voda} = 3 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Rezultanta:

$$G_{5.AB.pl} := g_{AB.pl} \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{z.5})^2 \right] = 692.86 \text{ kN}$$

$$G_{5.AB.nos} := (g_{AB.nos.1} + g_{AB.nos.2}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{z.5})^2 \right] = 346.43 \text{ kN}$$

$$G_{5.voda} := g_{voda} \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.5})^2 \right] = 105.77 \text{ kN}$$

$$G_5 := G_{5.AB.pl} + G_{5.AB.nos} + G_{5.voda} = 1145.06 \text{ kN}$$

Lesen podest na v. k. 24.61 m

$$g_{desk} := 0.025 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

lesene deske

$$g_{strop} := \frac{16 \cdot \text{cm} \cdot 20 \cdot \text{cm}}{50 \cdot \text{cm}} \cdot \gamma_{les} = 0.27 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

leseni stropni nosilec (ocena)

Rezultanta:

$$G_6 := (g_{desk} + g_{strop}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.4})^2 \right] = 13.14 \text{ kN}$$

Jeklen podest na v. k. 19.83 m - predvidena vgraditev novega podesta

Linjska obtežba (ocena):

$$g_7 := 0.5 \text{ kN} \cdot m^{-1}$$

Rezultanta:

$$G_7 := \pi D_{n.4} \cdot g_7 = 10.51 \text{ kN}$$

Jeklen podest na v. k. 13.20 m

$$g_{desk} := 0.03 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.13 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

lesene deske

$$g_{strop} := \frac{8 \cdot \text{cm} \cdot 20 \cdot \text{cm}}{60 \cdot \text{cm}} \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

leseni stropni nosilec (ocena)

$$g_{ipe.lin} := 422 \cdot N \cdot m^{-1}$$

linjska teža IPE nosilca

$$l_{ipe} := 4.73 \cdot m$$

dolžina IPE nosilca

Rezultanta:

$$G_8 := (g_{desk} + g_{strop}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.4})^2 \right] \cdot f_{red} + 3 \cdot g_{ipe.lin} \cdot l_{ipe} = 12.68 \text{ kN}$$

Jeklen podest na v. k. 9.90 m

$$g_{desk} := 0.03 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.13 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

lesene deske

$$g_{strop} := \frac{8 \cdot \text{cm} \cdot 20 \cdot \text{cm}}{60 \cdot \text{cm}} \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

leseni stropni nosilec (ocena)

$$g_{ipe.lin} := 422 \cdot N \cdot m^{-1}$$

linjska teža IPE nosilca

$$l_{ipe} := 4.73 \cdot m$$

dolžina IPE nosilca

Rezultanta:

$$G_9 := (g_{desk} + g_{strop}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.3})^2 \right] \cdot f_{red} + 3 \cdot g_{ipe.lin} \cdot l_{ipe} = 12.25 \text{ kN}$$

Jeklen podest na v. k. 6.60 m

$$g_{desk} := 0.03 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.13 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

lesene deske

$$g_{strop} := \frac{8 \cdot \text{cm} \cdot 20 \cdot \text{cm}}{60 \cdot \text{cm}} \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

leseni stropni nosilec (ocena)

$$g_{ipe.lin} := 422 \cdot N \cdot m^{-1}$$

linjska teža IPE nosilca

$$l_{ipe} := 4.73 \cdot m$$

dolžina IPE nosilca

Rezultanta:

$$G_{10} := (g_{desk} + g_{strop}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.2})^2 \right] \cdot f_{red} + 3 \cdot g_{ipe.lin} \cdot l_{ipe} = 12.25 \text{ kN}$$

Jeklen podest na v. k. 3.30 m

$$g_{desk} := 0.03 \cdot m \cdot \gamma_{les} = 0.13 \cdot \text{kN} \cdot m^{-2}$$

lesene deske



$$g_{strop} := \frac{8 \cdot cm \cdot 20 \cdot cm}{60 \cdot cm} \cdot \gamma_{les} = 0.11 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{ipe.lin} := 422 \cdot N \cdot m^{-1}$$

$$l_{ipe} := 4.73 \cdot m$$

Rezultanta:

$$G_{11} := (g_{desk} + g_{strop}) \cdot \left[ \pi \cdot (0.5 D_{n.1})^2 \right] \cdot f_{red} + 3 \cdot g_{ipe.lin} \cdot l_{ipe} = 11.68 \cdot kN$$

AB plošča na v. k. 0.00 m

V analizi ne upoštevamo.

### 1.4.2 Koristna obtežba

$$q_{pl} := 5 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

AB plošča vodohrama na v. k. 27.10 m

$$Q_1 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.5})^2 = 176.28 \cdot kN$$

Lesen podest na v. k. 24.61 m

$$Q_2 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.4})^2 = 175.76 \cdot kN$$

Jeklen podest na v. k. 19.83 m - predvidena vgraditev novega podesta

$$Q_3 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.4})^2 = 175.76 \cdot kN$$

Jeklen podest na v. k. 13.20 m

$$Q_4 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.4})^2 \cdot f_{red} = 140.61 \cdot kN$$

Jeklen podest na v. k. 9.90 m

$$Q_5 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.3})^2 \cdot f_{red} = 131.51 \cdot kN$$

Jeklen podest na v. k. 6.60 m

$$Q_6 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.2})^2 \cdot f_{red} = 131.51 \cdot kN$$

Jeklen podest na v. k. 3.30 m

$$Q_7 := q_{pl} \cdot \pi \cdot (0.5 D_{n.1})^2 \cdot f_{red} = 119.6 \cdot kN$$

### 1.4.3 Potresna obtežba

Potresni spekter

$$a = 0.225g$$

$$S = 1.2$$

$$\gamma_I = 1$$

Faktor obnašanja

DCL - nizka stopnja duktilnosti

$$q_{DCL} := 1.5$$

### 1.4.4 Obtežba snega

Karakteristična vrednost obtežbe snega na tleh

$$nv := 162m$$

$$s_k := 1.293 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{nv}{728m} \right)^2 \right] \cdot kN \cdot m^{-2} = 1.36 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Obtežba snega na strehi

$$\mu_I := 0.8$$

lesen stropni nosilec (ocena)

linijska teža IPE nosilca

dolžina IPE nosilca

koristna obtežba medetažnih plošč  
(kategorija C3 - površine brez ovir za  
gibanje ljudi)

pospešek temelj. tal (povratna doba 475 let)  
parameter tal (tla B - ocena)  
faktor pomembnosti za II. ktg. objektov

nadmorska višina Brežice, cona A2

$$s_I := \mu_I \cdot s_k = 1.09 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Rezultanta:

$$S_I := s_I \cdot pl_{str.proj} = 99.39 kN$$

### 1.4.5 Obtežba vetra

#### Geometrijski podatki

$$b_{top} := D_{z,3} = 8.04 \cdot m$$

širina objekta (premer-zgoraj)

$$b_{bot} := D_{z,1} = 8.57 \cdot m$$

širina objekta (premer-spodaj)

$$h = 33.9 \cdot m$$

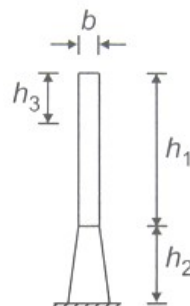
višina objekta (do strehe)

$$h_2 := 9m$$

dolžina spodnjega območja s spremenljivim presekom

$$h_1 := h - h_2 = 24.9 \cdot m$$

dolžina zgornjega območja s konstantnim presekom



#### Račun osnovne hitrosti vetra

Referenčna hitrost vetra:

$$v_{b0} := 20 \cdot m \cdot s^{-1}$$

cona

Koefficienta smeri in letnega časa:

$$c_{dir} := 1$$

$$c_{season} := 1$$

Osnovna hitrost vetra:

$$v_b := v_{b0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 20 \cdot m \cdot s^{-1}$$

#### Račun povprečne hitrosti vetra

Gostota zraka:  $\rho := 1.25 kg \cdot m^{-3}$ 

Koefficienti terena - kategorija terena

$$z_0 := 0.3 \cdot m$$

$$z_{min} := 5 \cdot m$$

$$z_{0,II} := 0.05m$$

$$z_{max} := 200m$$

$$k_r := 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_0,II} \right)^{0.07} = 0.22$$

$$c_r(z) := \text{if} \left( z \geq z_{min}, k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right), k_r \cdot \ln \left( \frac{z_{min}}{z_0} \right) \right)$$

za:  $z < z_{max} = 200m$ 

Faktor hribovitosti:

$$c_0(z) := 1$$

Povprečna hitrost vetra na višini z:

$$v_m(z) := c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

#### Račun intenzitete turbulence

 $k_I := 1$  faktor turbulence

$$I_v(z) := \text{if} \left( z \geq z_{min}, \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)}, \frac{k_I}{c_0(z_{min}) \cdot \ln \left( \frac{z_{min}}{z_0} \right)} \right)$$

intenziteta  
turbulenceza:  $z < z_{max} = 200m$ 

#### Tlak pri konični hitrosti vetra

$$q_p(z) := \left( 1 + 7 \cdot I_v(z) \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2$$

#### A) Določitev sile vetra

Določitev faktorja konstrukcije CsCd (Annex B)

Turbolenca vetra

$$\alpha := 0.67 + 0.05 \cdot \ln \left( \frac{z_0}{l_m} \right) = 0.61$$

 $L_t := 300m$  referenčna dolžina $z_t := 200m$  referenčna višina

$$L(z) := \text{if} \left( z \geq z_{min}, L_t \left( \frac{z}{z_t} \right)^\alpha, L_t \left( \frac{z_{min}}{z_t} \right)^\alpha \right)$$

turbolenčna dolžina

$$f_L(z, n) := \frac{n \cdot L(z)}{v_m(z)}$$

brezdimenzijska frekvenca 1. nihajne dobe

$$S_L(z, n) := \frac{6.8 \cdot f_L(z, n)}{(1 + 10.2 \cdot f_L(z, n))^{(5+3)}}$$

razporeditev vetra po frekvencah

$$T_I := 0.55 \cdot s$$

1. lastna nihajna doba (določeno z modalno analizo)

$$n_{I,x} := \frac{1}{T_I} = 1.82 \cdot \text{Hz}$$

1. lastna frekvenca

Konstrukcijski faktor B (vpliv pritiska vetra na odziv konstrukcije)

$$z_s := 0.6 \cdot h = 20.34 \cdot \text{m} \quad \text{referenčna višina za določitev faktorja CsCd (fig. 6.1)}$$

$$B^2 := \frac{1}{1 + 0.9 \cdot \left( \frac{b_{top} + h}{L(z_s)} \right)^{0.63}} = 0.61$$

Konstrukcijski faktor R (resonančni odziv)

$$\delta := 0.03 \quad (\text{tab. F2, AB stolpi in dimniki})$$

$$\eta_h := \frac{4.6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{I,x}) = 15.61 \quad R_h := \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} \cdot \left( 1 - e^{-2 \cdot \eta_h} \right) = 0.06$$

$$\eta_b := \frac{4.6 \cdot b_{top}}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{I,x}) = 3.7 \quad R_b := \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} \cdot \left( 1 - e^{-2 \cdot \eta_b} \right) = 0.23$$

$$R^2 := \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_{I,x}) \cdot R_h \cdot R_b = 0.09$$

Konstrukcijski faktor kp (konični faktor)

$$\nu := \min \left( n_{I,x} \sqrt{\frac{R^2}{R^2 + B^2}}, 0.08 \text{ Hz} \right) = 0.08 \cdot \text{Hz}$$

$$T := 600 \text{ s}$$

$$k_p := \max \left( \sqrt{2 \cdot \ln(\nu \cdot T)} + \frac{0.6}{\sqrt{2 \cdot \ln(\nu \cdot T)}}, 3 \right) = 3$$

Faktor konstrukcije CsCd (eq.6.1)

$$CsCd := \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_y(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_y(z_s)} = 0.82$$

Koeficient sile vetra Cf

Račun osnovne vrednosti koeficienta sile vetra (7.9.2)

$$\nu_{kin} := 15 \cdot 10^{-6} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

kinematična viskoznost vetra

$$v(z) := \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho}}$$

konična hitrost vetra

$$z_e := h = 33.9 \cdot \text{m}$$

referenčna višina (maksimalna višina)

$$Re := \frac{b_{top} \cdot v(z_e)}{\nu_{kin}} = 1.72 \times 10^7$$

Reynoldsovo število (eq. 7.15)

$$k := 0.2 \text{ mm}$$

koeficient hrapavosti površine (tab. 7.13, gladek beton/omet)

$$C_{f,0} := 1.2 + \frac{0.18 \cdot \log \left( 10 \cdot \frac{k}{b_{top}} \right)}{1 + 0.4 \cdot \log \left( \frac{Re}{10^6} \right)} = 0.77$$

osnovna vrednost koeficienta sile vetra (fig. 7.28)

Račun faktorja končnega učinka (end-effect)

$$\alpha_\lambda := \text{inter}(15 \text{ m}, 50 \text{ m}, 1, 0.7, h) = 0.84$$

linearna interpolacija za višine objektov med 15 m in 50 m (tab. 7.16)

$$\lambda := \min \left( \alpha_\lambda \cdot \frac{h}{b_{top}}, 70 \right) = 3.53$$

vitkost konstrukcije (tab. 7.16)

$$\psi_\lambda := 0.775$$

faktor končnega učinka (fig. 7.36,  $\varphi = 1$ )

$$\varphi := 1$$

faktor zapolnjenosti  $\varphi = A/A_c$  (fig. 7.37)  
izberi: 1, 0.95, 0.9, 0.5 ali 0.1

$$\Psi_\lambda := f_{\Psi, \lambda}(\varphi, \lambda) = 0.65$$

Koeficient sile

$$C_f := C_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0.59$$



Sila vetra

$$z_e = 33.9 \cdot m$$

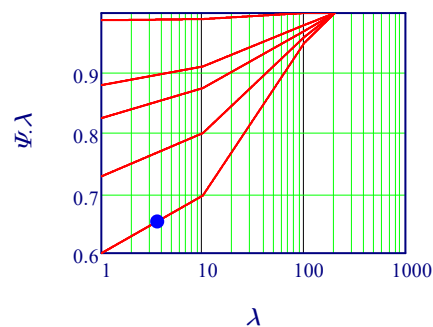
$$f_w(z) := C_s C_d \cdot C_f \cdot q_p(z)$$

$$f_w(z_e) = 0.31 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

referenčna višina odseka (7.9.2.(5))

pritisek vetra (eq.5.3)

pritisek vetra na vrhu



Razpored osnovne obtežba vetra po višini

$z_e := z_1 = 0$	$b_{sec,i} := D_{z,1} = 8.57 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.34 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_2 = 6 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,1} = 8.57 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.17 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.46 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_2 = 6 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,2} = 8.57 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.17 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.46 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_3 = 9 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,2} = 8.57 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.2 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.72 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_3 = 9 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,3} = 8.04 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.2 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.61 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_4 = 13 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,3} = 8.04 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.23 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.85 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_4 = 13 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,3} = 8.04 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.23 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 1.85 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_5 = 27.1 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,4} = 8.04 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.29 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 2.36 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_5 = 27.1 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,5,obl} = 8.97 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.29 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 2.64 \cdot kN \cdot m^{-1}$
$z_e := z_6 = 33.9 \cdot m$	$b_{sec,i} := D_{z,5,obl} = 8.97 \cdot m$	$f_w(z_e) = 0.31 \cdot kN \cdot m^{-2}$	$f_{w,i'} := f_w(z_e) \cdot b_{sec,i} = 2.82 \cdot kN \cdot m^{-1}$

**B) Vrtinčenje vetra (aeroelastičen odziv konstrukcije) - pravokotno na smer vetra**

Kriteriji za kontrolo vrtinčenja vetra

1. Kriterij dimenzij objekta (E1.2)

$$b_{top} = 8.04 \cdot m \quad h = 33.9 \cdot m \quad \frac{h}{b_{top}} = 4.22$$

$$kontrola \left( \frac{h}{b_{top}} \leq 6 \right) = \text{"JE izpolnjena -> izračun NI potreben"}$$

-&gt;kontrola vrtinčenja NI potrebna

## 1.5 Obtežne kombinacije

Kontrola upogiba in striga

COMB 1: 1.0 G + 1.5 W

COMB 2: 1.0 G + E<sub>DCL</sub>

stalna obtežba, obtežba vetra

potres (Ex+0.3Ey)

Kontrola tlačnih napetosti

COMB 3: 1.35 G + 1.5 Q + 0.5 S

stalna in koristna obtežba ter obtežba snega

Analiza stropov

COMB 4: 1.35 G + 1.5 Q

stalna in koristna obtežba - MSN

COMB 5: 1.0 G + 1.0 Q

stalna in koristna obtežba - MSU

Analiza ostrešja

COMB 6: 1.35 G + 1.5 S + 1.5\*0.6\*W

stalna obt. in obtežba snega ter vetra - MSN

COMB 7: 1.0 G + 1.0 S + 0.6\*W

stalna obt. in obtežba snega ter vetra - MSU

Kontrola kontaktnih napetosti s temeljnimi tlemi

COMB 8: 1.0 G + 1.0 Q -&gt; ne preverjamo (premalo podatkov)

## 1.6 Modalna analiza

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.55127; f = 1.81398



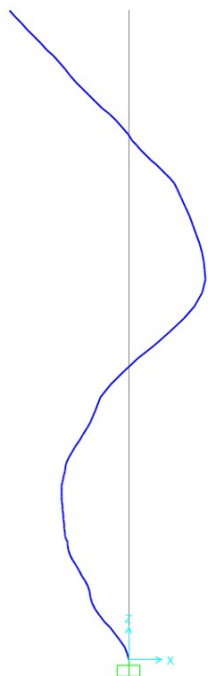
Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0.11921; f = 8.38868



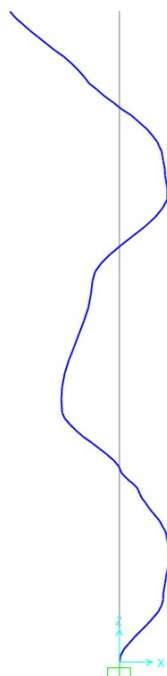
Deformed Shape (MODAL) - Mode 5; T = 0.06863; f = 14.57146



Deformed Shape (MODAL) - Mode 6; T = 0.06196; f = 16.13871



Deformed Shape (MODAL) - Mode 8; T = 0.04007; f = 24.95525



Deformed Shape (MODAL) - Mode 10; T = 0.03535; f = 28.28619

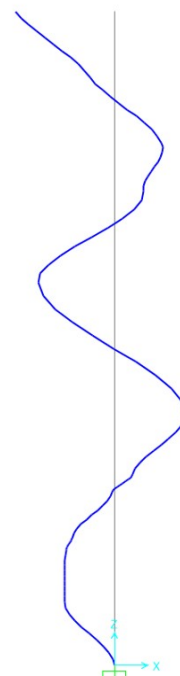


TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.551	0.052	0.542	0.052	0.542	0	0
MODAL	Mode	2	0.551	0.542	0.052	0.594	0.594	0	0
MODAL	Mode	3	0.119	0.064	0.199	0.658	0.793	0	0
MODAL	Mode	4	0.119	0.199	0.064	0.857	0.857	0	0
MODAL	Mode	5	0.069	0.000	0.000	0.857	0.857	0	0
MODAL	Mode	6	0.062	0.066	0.011	0.923	0.868	0	0
MODAL	Mode	7	0.062	0.011	0.066	0.934	0.934	0	0
MODAL	Mode	8	0.040	0.018	0.014	0.952	0.948	0	0
MODAL	Mode	9	0.040	0.014	0.018	0.966	0.966	0	0
MODAL	Mode	10	0.035	0.014	0.003	0.980	0.969	0	0
MODAL	Mode	11	0.035	0.003	0.014	0.983	0.983	0	0
MODAL	Mode	12	0.024	0.000	0.000	0.983	0.983	0	0
MODAL	Mode	13	0.024	0.003	0.011	0.986	0.994	0	0
MODAL	Mode	14	0.024	0.011	0.003	0.997	0.997	0	0
MODAL	Mode	15	0.023	0.000	0.001	0.997	0.998	0	0
MODAL	Mode	16	0.023	0.001	0.000	0.998	0.998	0	0
MODAL	Mode	17	0.017	0.002	0.000	1.000	0.998	0	0
MODAL	Mode	18	0.017	0.000	0.002	1.000	1.000	0	0

## 1.7 Kontrola pomikov MSU

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
6	COMB 1	Combination		0.002	0	-0.001	0	0	0
6	COMB 2x	Combination	Max	0.051	0.015	-0.002	0.001	0.002	0
6	COMB 2x	Combination	Min	-0.051	-0.015	-0.002	-0.001	-0.002	0
6	COMB 2y	Combination	Max	0.015	0.051	-0.002	0.002	0.001	0
6	COMB 2y	Combination	Min	-0.015	-0.051	-0.002	-0.002	-0.001	0
6	COMB 3	Combination		0	0	-0.002	0	0	0

### 1.7.1 Kontrola pomikov pri kombinaciji z vetrom

$$u_1 := 0.002m$$

$$u_2 := 0m$$

$$u := \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.002m$$

$$d_{abs} := u = 0.2cm$$

pomik na vrhu

$$H := h = 33.9m$$

višina stolpa

$$d_{abs,dov} := \frac{H}{500} = 6.78cm$$

dovoljen pomik na vrhu

$$d_{abs,MSU} := d_{abs} = 0.2cm$$

pomik na vrhu pri MSU

$$kontrola(d_{abs,MSU} \leq d_{abs,dov}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$d_{abs,MSU} \div d_{abs,dov} = 0.03$$

Vrednosti pomikov pri kombinaciji z vetrom so v okviru priporočenih vrednosti.

### 1.7.2 Kontrola pomikov pri potresni kombinaciji

$$q_{DCL} = 1.5$$

$$u_1 := q_{DCL} \cdot 0.051m$$

$$u_2 := q_{DCL} \cdot 0.015m$$

$$u := \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.08m$$

$$d_{abs} := u = 7.97cm$$

pomik na vrhu (el. spekter, razpokan prerez)

$$H := h = 33.9m$$

višina stolpa

$$d_{abs,dov} := \frac{H}{500} = 6.78cm$$

dovoljen pomik na vrhu

$$\nu := 0.5$$

faktor redukcije zaradi manjše povratne dobe

$$d_{abs,MSU} := \nu \cdot d_{abs} = 3.99cm$$

pomik na vrhu pri MSU

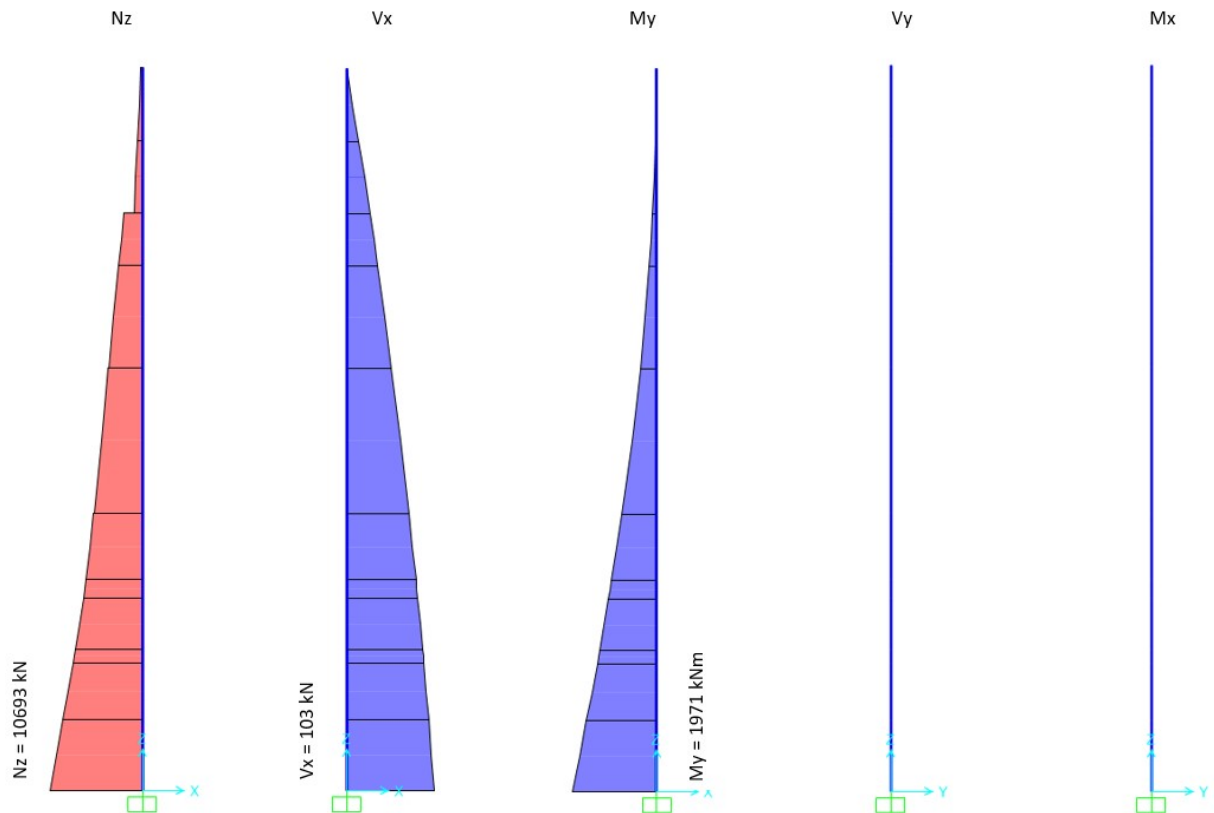
$$kontrola(d_{abs,MSU} \leq d_{abs,dov}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$d_{abs,MSU} \div d_{abs,dov} = 0.59$$

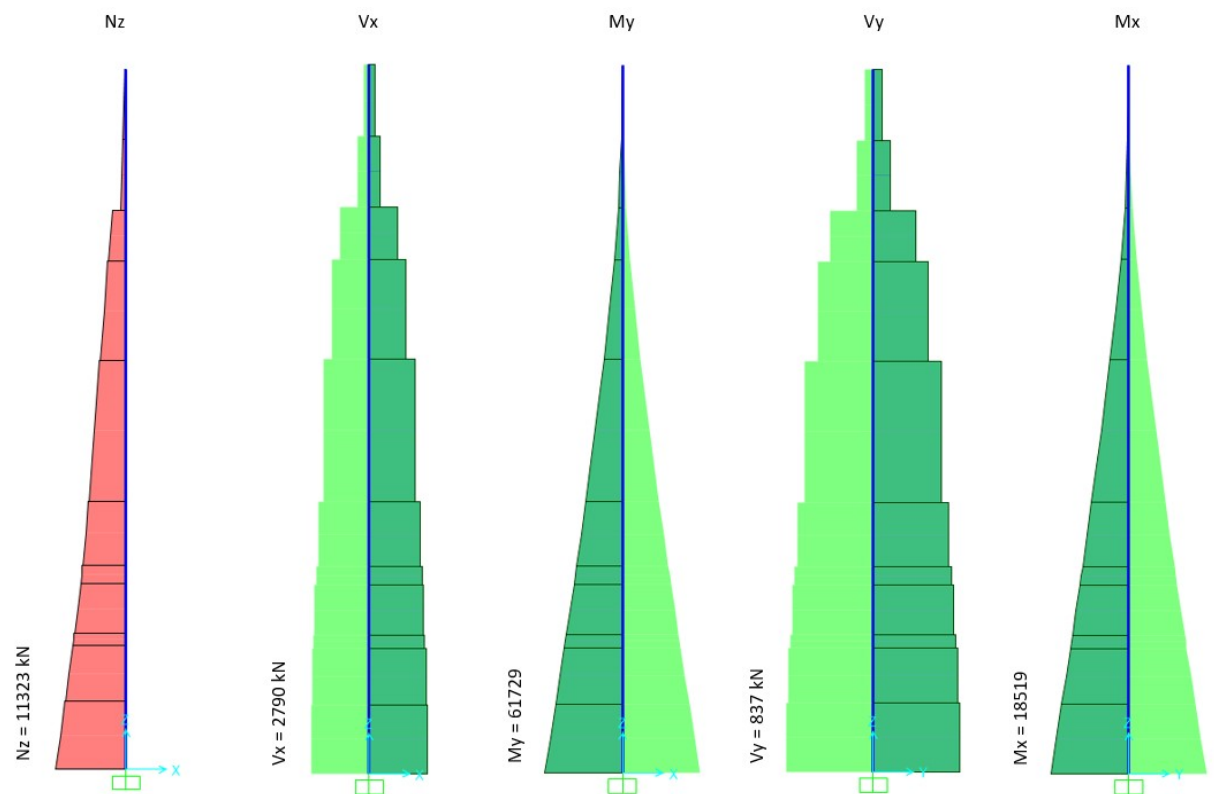
Vrednosti pomikov pri kombinaciji s potresom so v okviru priporočenih vrednosti.

## 1.8 Obremenitve zidovja

### 1.8.1 COMB 1

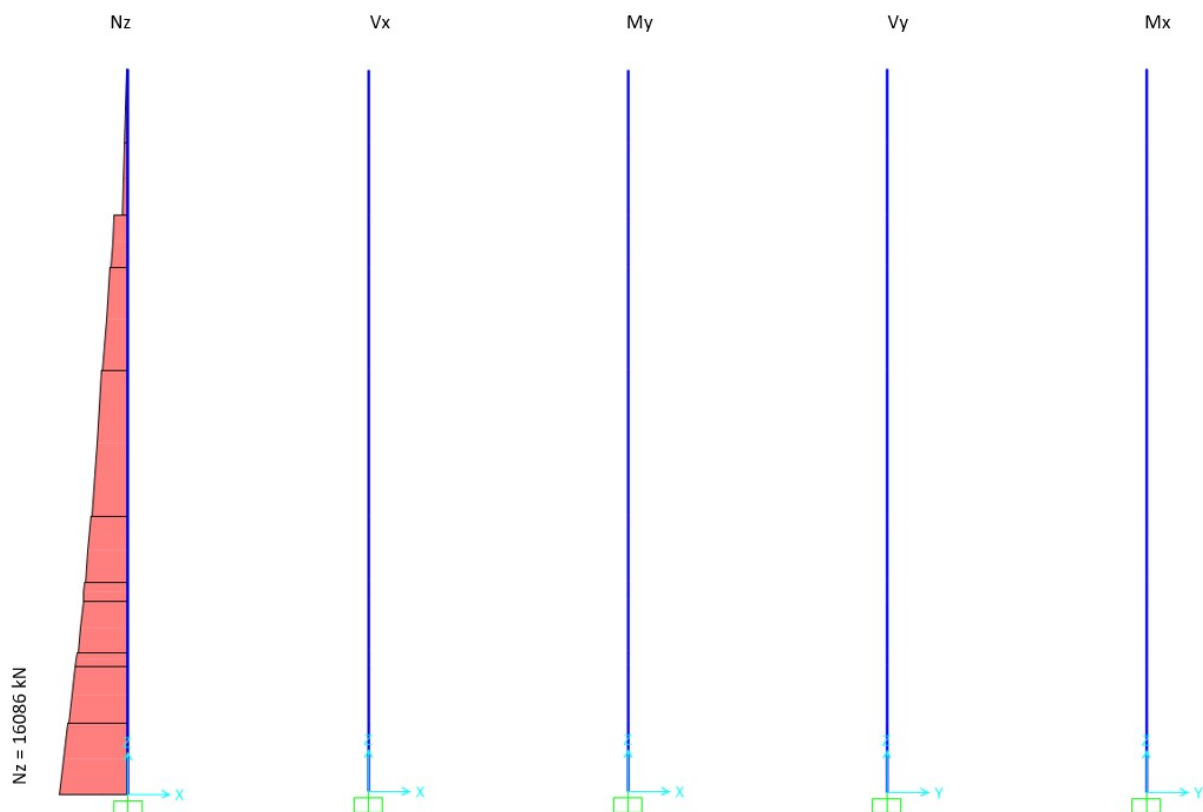


### 1.8.2 COMB 2





## 1.8.3 COMB 3



## 1.9 Kontrola nosilnosti v zidovju

## 1.9.1 Prerez ob vpetju - v.k. 0,00m

Materiali

$$f_{zid.c.d} := f_d = 2.81 \cdot MPa$$

Dimenzije prereza

$$D_z := D_{z.I} = 8.57 \cdot m$$

$$D_n := D_{n.I} = 6.17 \cdot m$$

$$A_c := \frac{\pi}{4} \cdot (D_z^2 - D_n^2) = 27.78 \cdot m^2$$

$$W_c := \frac{\pi}{32} \cdot (D_z^3 - D_n^3) = 38.73 \cdot m^3$$

Obremenitve

TABLE: Element Joint Forces - Frames									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	COMB 1	Combination		-103	0	10693	0	-1971	0
1	COMB 2x	Combinatic Max		2790	837	11323	18519	61729	0
1	COMB 2x	Combinatic Min		-2790	-837	11323	-18519	-61729	0
1	COMB 2y	Combinatic Max		837	2790	11323	61729	18519	0
1	COMB 2y	Combinatic Min		-837	-2790	11323	-61729	-18519	0
1	COMB 3	Combination		0	0	16086	0	0	0

## 1.9.1.1 COMB 1 - veter

Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 10693 \cdot kN$$

$$M_{Ed.1} := 1971 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Ed.2} := 0 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed.1}^2 + M_{Ed.2}^2} = 1971 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed.1} := 0 \cdot kN$$

$$V_{Ed.2} := 103 \cdot kN$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed.1}^2 + V_{Ed.2}^2} = 103 \cdot kN$$

Vhodni podatki

$$D_z = 8.57 \cdot m \quad D_n = 6.17 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 10693 \cdot kN$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 428.5 \cdot cm \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 308.5 \cdot cm \quad t := (R_z - R_n) = 1.2 \cdot m \quad f_c := f_{zid.c.d} = 2.81 \cdot MPa$$



**Račun upogibne nosilnosti (1. primer)**

$$a_{i,1,min} := 0 \quad x_{i,max} := t = 1.2 \cdot m \quad a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 1.2 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))) \quad fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 1.13 \cdot m \quad x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = 1.13 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 4.47 \cdot m^2 \quad N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 10693 \text{ kN} \quad e_i := fe(x_i) = 3.62 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,max}) = 4.91 \cdot m^2 \quad N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 11738.48 \text{ kN} \quad e_I := fe(x_{i,max}) = 3.57 \cdot m$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = 1.13 \cdot m \quad \text{kontrola}(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,1} := N_i \cdot e_i = 38657.23 \cdot \text{kN} \cdot m$$

**Kontrola**

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 38657.23 \cdot \text{kN} \cdot m \quad M_{Ed} = 1971 \cdot \text{kN} \cdot m$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.05$$

$$\text{Upogibna nosilnost prereza je ustrezna.}$$

**Kontrola strižne nosilnosti****Kontrola tlačene cone**

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = 0.33 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"JE izpolnjena"} \quad \rightarrow \text{cel prerez tačen}$$

**Določitev strižne nosilnosti**

$$A_{c'} := A_c = 27.78 \cdot m^2 \quad \text{površina prereza z izključitvijo natezne cone}$$

$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.38 \cdot \text{MPa} \quad \text{projektna tlačna napetost, pravokotna na strig z izključitvijo natezne cone}$$

$$f_{yk0} = 0.2 \cdot \text{MPa} \quad \text{začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi}$$

$$f_{vk} := f_{yk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.35 \cdot \text{MPa} \quad \text{karakteristična strižna trdnost}$$

$$f_{vd} := \frac{f_{vk}}{\gamma_{m,zid}} = 0.18 \cdot \text{MPa} \quad \text{projektna strižna trdnost}$$

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 4917.02 \text{ kN} \quad \text{projektna strižna odpornost}$$

**Kontrola**

$$V_{Rd} = 4917.02 \text{ kN} \quad V_{Ed} = 103 \text{ kN}$$

$$\text{kontrola}(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.02$$

$$\text{Strižna nosilnost prereza je ustrezna.}$$

**1.9.1.2 COMB 2 - potres****Kontrola upogibne nosilnosti**

$$N_{Ed} := 11323 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} := 61729 \text{ kN} \cdot m \quad M_{Ed,2} := 18519 \text{ kN} \cdot m \quad M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 64447.05 \cdot \text{kN} \cdot m$$

$$V_{Ed,1} := 2790 \text{ kN} \quad V_{Ed,2} := 837 \text{ kN} \quad V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 2912.85 \text{ kN}$$

**Vhodni podatki**

$$D_z = 8.57 \cdot m \quad D_n = 6.17 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 11323 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 428.5 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 308.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 1.2 \cdot m \quad f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$

**Račun upogibne nosilnosti (1. primer)**

$$a_{i,1,min} := 0 \quad x_{i,max} := t = 1.2 \cdot m \quad a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 1.2 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \operatorname{acos}\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))) \quad fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := \frac{N\theta}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \operatorname{root}(f(x_i), x_i) = 1.17 \cdot m$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \operatorname{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = 1.17 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 4.74 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 11323 \, kN$$

$$e_i := fe(x_i) = 3.59 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,max}) = 4.91 \cdot m^2$$

$$N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 11738.48 \, kN$$

$$e_I := fe(x_{i,max}) = 3.57 \cdot m$$

$$a_{i,I} := a_{i,I,min} + x_i = 1.17 \cdot m$$

$$\operatorname{kontrola}(a_{i,I,min} \leq a_{i,I} \leq a_{i,I,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,I} := N_i \cdot e_i = 40633.46 \cdot kN \cdot m$$

#### Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,I} = 40633.46 \cdot kN \cdot m \quad M_{Ed} = 64447.05 \cdot kN \cdot m$$

$$\operatorname{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 1.59$$

Upogibna nosilnost prereza NI ustrezna.

#### Kontrola strižne nosilnosti

##### Kontrola tlačene cone

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = -1.26 \cdot MPa$$

$$\operatorname{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"NI izpolnjena"}$$

-> izključitev natezne cone



#### Določitev tlačene cone (1. primer)

$$a_{i,I,min} := 0$$

$$x_{i,max} := t = 1.2 \cdot m$$

$$a_{i,I,max} := a_{i,I,min} + x_{i,max} = 1.2 \cdot m$$

$$e_i := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 5.69 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \operatorname{acos}\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))) \quad fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := fe(x) - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \operatorname{root}(f(x_i), x_i) = -2.31 \cdot m$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \operatorname{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = -2.31 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = -14.8i \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = -35383.6i \, kN$$

$$e_i := fe(x_i) = 5.69 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,max}) = 4.91 \cdot m^2$$

$$N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 11738.48 \, kN$$

$$e_I := fe(x_{i,max}) = 3.57 \cdot m$$

$$a_{i,I} := a_{i,I,min} + x_i = -2.31 \cdot m$$

$$\operatorname{kontrola}(a_{i,I,min} \leq a_{i,I} \leq a_{i,I,max}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$A_i := -14.8i \cdot m^2$$

Določitev strižne nosilnosti ni mogoča.

#### 1.9.1.3 COMB 3 - statične obtežbe

##### Kontrola tlačnih napetosti

$$N_{Ed} := 16086 \, kN$$

$$\sigma_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.58 \cdot MPa$$

$$\operatorname{kontrola}(\sigma_{Ed} \leq f_{zid,c,d}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$\sigma_{Ed} \div f_{zid,c,d} = 0.21$$

Tlačna nosilnost prereza je ustrezna.

**1.9.2 Prerez na v.k. 6,00m**

Materiali

$$f_{zid.c.d} := f_d = 2.81 \cdot MPa$$

Dimenzije prereza

$$D_z := D_{z,2} = 8.57 \cdot m \quad D_n := D_{n,2} = 6.47 \cdot m \quad A_c := \frac{\pi}{4} \cdot (D_z^2 - D_n^2) = 24.81 \cdot m^2 \quad W_c := \frac{\pi}{32} \cdot (D_z^3 - D_n^3) = 35.2 \cdot m^3$$

Obremenitve

TABLE: Element Joint Forces - Frames									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	COMB 1	Combination		-90	0	8014	0	-1392	0
2	COMB 2x	Combination	Max	2656	797	8572	13814	46047	0
2	COMB 2x	Combination	Min	-2656	-797	8572	-13814	-46047	0
2	COMB 2y	Combination	Max	797	2656	8572	46047	13814	0
2	COMB 2y	Combination	Min	-797	-2656	8572	-46047	-13814	0
2	COMB 3	Combination		0	0	12290	0	0	0

**1.9.2.1 COMB 1 - veter**

Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 8014 kN$$

$$M_{Ed,1} := 1392 kN \cdot m \quad M_{Ed,2} := 0 kN \cdot m \quad M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 1392 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed,1} := 0 kN \quad V_{Ed,2} := 90 kN \quad V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 90 kN$$

Vhodni podatki

$$D_z = 8.57 \cdot m \quad D_n = 6.47 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 8014 kN$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 428.5 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 323.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 1.05 \cdot m \quad f_c := f_{zid.c.d} = 2.81 \cdot MPa$$



Račun upogibne nosilnosti (1. primer)

$$a_{i,1,min} := 0 \quad x_{i,max} := t = 1.05 \cdot m \quad a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 1.05 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))) \quad fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 0.92 \cdot m \quad x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = 0.92 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 3.35 \cdot m^2 \quad N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 8014 kN \quad e_i := fe(x_i) = 3.73 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,max}) = 4.04 \cdot m^2 \quad N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 9663.2 kN \quad e_I := fe(x_{i,max}) = 3.66 \cdot m$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = 0.92 \cdot m \quad \text{kontrola}(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,1} := N_i \cdot e_i = 29926.71 \cdot kN \cdot m$$

Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 29926.71 \cdot kN \cdot m \quad M_{Ed} = 1392 \cdot kN \cdot m$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.05$$

Upogibna nosilnost prereza je ustrezna.

Kontrola strižne nosilnosti

Kontrola tlačene cone

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = 0.28 \cdot MPa$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"JE izpolnjena"} \quad \rightarrow \text{cel prerez tačen}$$



**Določitev strižne nosilnosti**

$$A_{c'} := A_c = 24.81 \cdot m^2$$

$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.32 \cdot MPa$$

$$f_{vk0} = 0.2 \cdot MPa$$

$$f_{vk} := f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.33 \cdot MPa$$

$$f_{vd} := \frac{f_{vk}}{\gamma_{m,zid}} = 0.16 \cdot MPa$$

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 4083.4 \cdot kN$$

površina prereza z izključitvijo natezne cone

projektna tlačna napetost, pravokotna na strig z izključitvijo natezne cone

začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi

karakteristična strižna trdnost

projektna strižna trdnost

projektna strižna odpornost

**Kontrola**

$$V_{Rd} = 4083.4 \cdot kN \quad V_{Ed} = 90 \cdot kN$$

$$kontrola(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.02$$

Strižna nosilnost prereza je ustrezna.

**1.9.2.2 COMB 2 - potres**Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 8572 \cdot kN$$

$$M_{Ed,1} := 46047 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Ed,2} := 13814 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 48074.45 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed,1} := 2656 \cdot kN$$

$$V_{Ed,2} := 797 \cdot kN$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 2773 \cdot kN$$

**Vhodni podatki**

$$D_z = 8.57 \cdot m \quad D_n = 6.47 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 8572 \cdot kN$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 428.5 \cdot cm \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 323.5 \cdot cm \quad t := (R_z - R_n) = 1.05 \cdot m \quad f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot MPa$$

**Račun upogibne nosilnosti (1. primer)**

$$a_{i,1,min} := 0$$

$$x_{i,max} := t = 1.05 \cdot m$$

$$a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 1.05 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right)$$

$$fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x)))$$

$$fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 0.97 \cdot m$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = 0.97 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 3.59 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 8572 \cdot kN$$

$$e_i := fe(x_i) = 3.71 \cdot m$$

$$A_1 := fA(x_{i,max}) = 4.04 \cdot m^2$$

$$N_1 := A_1 \cdot 0.85 \cdot f_c = 9663.2 \cdot kN$$

$$e_1 := fe(x_{i,max}) = 3.66 \cdot m$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = 0.97 \cdot m$$

$$kontrola(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,1} := N_i \cdot e_i = 31790.03 \cdot kN \cdot m$$

**Kontrola**

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 31790.03 \cdot kN \cdot m \quad M_{Ed} = 48074.45 \cdot kN \cdot m$$

$$kontrola(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 1.51$$

Upogibna nosilnost prereza NI ustrezna.

Kontrola strižne nosilnosti**Kontrola tlačne cone**

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = -1.02 \cdot MPa$$

$$kontrola(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"NI izpolnjena"}$$

-&gt; izključitev natezne cone

**Določitev tlačne cone (1. primer)**

$$a_{i,1,min} := 0$$

$$x_{i,max} := t = 1.05 \cdot m$$

$$a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 1.05 \cdot m$$

$$e_i := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 5.61 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))) \quad fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := fe(x) - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = -2.18 \cdot m$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = -2.18 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = -13.46i \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = -32186.55i \cdot kN$$

$$e_i := fe(x_i) = 5.61 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,max}) = 4.04 \cdot m^2$$

$$N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 9663.2kN$$

$$e_I := fe(x_{i,max}) = 3.66 \cdot m$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = -2.18 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$A_i = -13.46i \cdot m^2$$

Določitev strižne nosilnosti ni mogoča.

### 1.9.2.3 COMB 3 - statične obtežbe

Kontrola tlačnih napetosti

$$N_{Ed} := 12290kN$$

$$\sigma_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.5 \cdot MPa$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed} \leq f_{zid,c,d}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$\sigma_{Ed} \div f_{zid,c,d} = 0.18$$

Kontrola tlačnih napetosti je ustrezna.

### 1.9.3 Prerez na v.k. 9.00m

Materiali

$$f_{zid,c,d} := f_d = 2.81 \cdot MPa$$

Dimenzije prereza

$$D_z := D_{z,3} = 8.04 \cdot m$$

$$D_n := D_{n,3} = 6.47 \cdot m$$

$$A_c := \frac{\pi}{4} \cdot (D_z^2 - D_n^2) = 17.89 \cdot m^2$$

$$W_c := \frac{\pi}{32} \cdot (D_z^3 - D_n^3) = 24.43 \cdot m^3$$

Obremenitve

TABLE: Element Joint Forces - Frames									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
3	COMB 1	Combination		-83	0	6811	0	-1131	0
3	COMB 2x	Combination	Max	2515	755	7291	11583	38609	0
3	COMB 2x	Combination	Min	-2515	-755	7291	-11583	-38609	0
3	COMB 2y	Combination	Max	755	2515	7291	38609	11583	0
3	COMB 2y	Combination	Min	-755	-2515	7291	-38609	-11583	0
3	COMB 3	Combination		0	0	10469	0	0	0

#### 1.9.3.1 COMB 1 - veter

Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 6811kN$$

$$M_{Ed,1} := 1131kN \cdot m$$

$$M_{Ed,2} := 0kN \cdot m$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 1131 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed,1} := 0kN$$

$$V_{Ed,2} := 83kN$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 83kN$$

**Vhodni podatki**

$$D_z = 8.04 \cdot m \quad D_n = 6.47 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 6811 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 402 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 323.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 0.78 \cdot m \quad f_c := f_{zid.c.d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$

**Račun upogibne nosilnosti (2. primer)**

$$a_{i,2,min} := a_{i,1,max} = 0.78 \cdot m \quad x_{i,max} := 2R_z - t = 7.25 \cdot m \quad a_{i,2,max} := 2R_z - t = 7.25 \cdot m$$

$$f\alpha_z(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA_z(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))) \quad fe_z(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha_z(x))^3}{2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))}$$

$$f\alpha_n(x) := \arccos\left[\frac{R_n - (x - t)}{R_n}\right] \quad fA_n(x) := \frac{-1}{2} \cdot R_n^2 \cdot (2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))) \quad fe_n(x) := \frac{4}{3} \cdot R_n \cdot \frac{\sin(f\alpha_n(x))^3}{2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))}$$

$$fA(x) := fA_z(x) + fA_n(x) \quad fe(x) := \frac{fA_z(x) \cdot fe_z(x) + fA_n(x) \cdot fe_n(x)}{fA_z(x) + fA_n(x)}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := t = 0.78 \cdot m \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 86.05 \text{ cm} \quad x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000 \text{ m} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.86 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 2.85 \cdot m^2 \quad N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 6811 \text{ kN} \quad e_i := fe(x_i) = 351.49 \text{ cm}$$

$$A_2 := fA(x_{i,max}) = 15.34 \cdot m^2 \quad N_2 := A_2 \cdot 0.85 \cdot f_c = 36677.72 \text{ kN} \quad e_2 := fe(x_{i,max}) = 59.06 \text{ cm}$$

$$a_{i,2} := x_i = 0.86 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,2,min} \leq a_{i,2} \leq a_{i,2,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,2} := N_i \cdot e_i = 23939.91 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

**Kontrola**

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 23943.79 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed} = 1131 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.05$$

$$\text{Upogibna nosilnost prereza je ustrezna.}$$

**Kontrola strižne nosilnosti****Kontrola tlačene cone**

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = 0.33 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"JE izpolnjena"}$$

-> cel prerez tačen

**Določitev strižne nosilnosti**

$$A_{c'} := A_c = 17.89 \cdot m^2$$

$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.38 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{yk0} = 0.2 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{yk} := f_{yk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.35 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_{m,zid}} = 0.18 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 3151.39 \text{ kN}$$

površina prereza z izključitvijo natezne cone

projektna tlačna napetost, pravokotna na strig z izključitvijo natezne cone

začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi

karakteristična strižna trdnost

projektna strižna trdnost

projektna strižna odpornost

**Kontrola**

$$V_{Rd} = 3151.39 \text{ kN} \quad V_{Ed} = 83 \text{ kN}$$

$$\text{kontrola}(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.03$$

$$\text{Strižna nosilnost prereza je ustrezna.}$$

**1.9.3.2 COMB 2 - potres****Kontrola upogibne nosilnosti**

$$N_{Ed} := 7291 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} := 38609 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,2} := 11583 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 40309.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed,1} := 2515 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2} := 755 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 2625.88 \text{ kN}$$

#### Vhodni podatki

$$D_z := 8.04 \cdot \text{m} \quad D_n := 6.47 \cdot \text{m} \quad N_0 := N_{Ed} = 7291 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 402 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 323.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 0.78 \cdot \text{m} \quad f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$



#### Račun upogibne nosilnosti (2. primer)

$$a_{i,2,min} := a_{i,1,max} = 0.78 \cdot \text{m} \quad x_{i,max} := 2R_z - t = 7.25 \cdot \text{m} \quad a_{i,2,max} := 2R_z - t = 7.25 \cdot \text{m}$$

$$f\alpha_z(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA_z(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))) \quad fe_z(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha_z(x))^3}{2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))}$$

$$f\alpha_n(x) := \arccos\left[\frac{R_n - (x - t)}{R_n}\right] \quad fA_n(x) := \frac{-1}{2} \cdot R_n^2 \cdot (2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))) \quad fe_n(x) := \frac{4}{3} \cdot R_n \cdot \frac{\sin(f\alpha_n(x))^3}{2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))}$$

$$fA(x) := fA_z(x) + fA_n(x) \quad fe(x) := \frac{fA_z(x) \cdot fe_z(x) + fA_n(x) \cdot fe_n(x)}{fA_z(x) + fA_n(x)}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := t = 0.78 \cdot \text{m} \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 91.92 \text{ cm} \quad x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000 \text{ m} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.92 \cdot \text{m}$$

$$A_i := fA(x_i) = 3.05 \cdot \text{m}^2 \quad N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 7291 \text{ kN} \quad e_i := fe(x_i) = 348.96 \text{ cm}$$

$$A_2 := fA(x_{i,max}) = 15.34 \cdot \text{m}^2 \quad N_2 := A_2 \cdot 0.85 \cdot f_c = 36677.72 \text{ kN} \quad e_2 := fe(x_{i,max}) = 59.06 \text{ cm}$$

$$a_{i,2} := x_i = 0.92 \cdot \text{m}$$

$$\text{kontrola}(a_{i,2,min} \leq a_{i,2} \leq a_{i,2,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,2} := N_i \cdot e_i = 25442.59 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

#### Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 25457.46 \cdot \text{kN}\cdot\text{m} \quad M_{Ed} = 40309.07 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 1.58$$

$$\text{Upogibna nosilnost prereza NI ustrežna.}$$

#### Kontrola strižne nosilnosti

##### Kontrola tlačene cone

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = -1.24 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"NI izpolnjena"}$$

-> izključitev natezne cone



#### Določitev tlačene cone (1. primer)

$$a_{i,1,min} := 0 \quad x_{i,max} := t = 0.78 \cdot \text{m} \quad a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 0.78 \cdot \text{m}$$

$$e_i := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 5.53 \cdot \text{m}$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))) \quad fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := fe(x) - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = -2.48 \cdot \text{m} \quad x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000 \text{ m} & \text{otherwise} \end{cases} = -2.48 \cdot \text{m}$$

$$A_i := fA(x_i) = -16.04 \cdot \text{m}^2 \quad N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = -38340.24 \text{ kN} \quad e_i := fe(x_i) = 5.53 \cdot \text{m}$$

$$A_1 := fA(x_{i,max}) = 2.55 \cdot \text{m}^2 \quad N_1 := A_1 \cdot 0.85 \cdot f_c = 6099.24 \text{ kN} \quad e_1 := fe(x_{i,max}) = 3.55 \cdot \text{m}$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = -2.48 \cdot \text{m}$$

$$\text{kontrola}(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"NI izpolnjena"}$$



$$A_i = -16.04i \cdot m^2$$

Določitev strižne nosilnosti ni mogoča.

### 1.9.3.3 COMB 3 - statične obtežbe

Kontrola tlačnih napetosti

$$N_{Ed} := 10469 kN$$

$$\sigma_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.59 \cdot MPa$$

$$kontrola(\sigma_{Ed} \leq f_{zid.c.d}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$\sigma_{Ed} \div f_{zid.c.d} = 0.21$$

Kontrola tlačnih napetosti je ustrezna.

### 1.9.4 Prerez na v.k. 13,00m

Materiali

$$f_{zid.c.d} := f_d = 2.81 \cdot MPa$$

Dimenzije prereza

$$D_z := D_{z,4} = 8.04 \cdot m$$

$$D_n := D_{n,4} = 6.69 \cdot m$$

$$A_c := \frac{\pi}{4} \cdot (D_z^2 - D_n^2) = 15.62 \cdot m^2$$

$$W_c := \frac{\pi}{32} \cdot (D_z^3 - D_n^3) = 21.63 \cdot m^3$$

Obremenitve

TABLE: Element Joint Forces - Frames									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	COMB 1	Combination		-73	0	5641	0	-818	0
4	COMB 2x	Combination Max		2200	660	5957	8760	29199	0
4	COMB 2x	Combination Min		-2200	-660	5957	-8760	-29199	0
4	COMB 2y	Combination Max		660	2200	5957	29199	8760	0
4	COMB 2y	Combination Min		-660	-2200	5957	-29199	-8760	0
4	COMB 3	Combination		0	0	8481	0	0	0

#### 1.9.4.1 COMB 1 - veter

Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 5641 kN$$

$$M_{Ed,1} := 818 kN \cdot m$$

$$M_{Ed,2} := 0 kN \cdot m$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 818 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed,1} := 0 kN$$

$$V_{Ed,2} := 73 kN$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 73 kN$$

Vhodni podatki

$$D_z = 8.04 \cdot m \quad D_n = 6.69 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 5641 kN$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 402 \cdot cm \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 334.5 \cdot cm \quad t := (R_z - R_n) = 0.67 \cdot m \quad f_c := f_{zid.c.d} = 2.81 \cdot MPa$$



#### Račun upogibne nosilnosti (2. primer)

$$a_{i,2,min} := a_{i,1,max} = 0.67 \cdot m \quad x_{i,max} := 2R_z - t = 7.37 \cdot m \quad a_{i,2,max} := 2R_z - t = 7.37 \cdot m$$

$$f\alpha_z(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right) \quad fA_z(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))) \quad fe_z(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha_z(x))^3}{2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))}$$

$$f\alpha_n(x) := \arccos\left[\frac{R_n - (x - t)}{R_n}\right] \quad fA_n(x) := \frac{-1}{2} \cdot R_n^2 \cdot (2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))) \quad fe_n(x) := \frac{4}{3} \cdot R_n \cdot \frac{\sin(f\alpha_n(x))^3}{2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))}$$

$$fA(x) := fA_z(x) + fA_n(x)$$

$$fe(x) := \frac{fA_z(x) \cdot fe_z(x) + fA_n(x) \cdot fe_n(x)}{fA_z(x) + fA_n(x)}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := t = 0.67 \cdot m$$

$$x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 76.37 \cdot cm$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = 0.76 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 2.36 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 5641 \text{ kN}$$

$$e_i := f_e(x_i) = 357.49 \text{ cm}$$

$$A_2 := fA(x_{i,max}) = 13.58 \cdot m^2$$

$$N_2 := A_2 \cdot 0.85 \cdot f_c = 32455.9 \text{ kN}$$

$$e_2 := f_e(x_{i,max}) = 54.44 \text{ cm}$$

$$a_{i,2} := x_i = 0.76 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,2,min} \leq a_{i,2} \leq a_{i,2,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,2} := N_i \cdot e_i = 20165.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

### Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 20171.51 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed} = 818 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.04$$

Upogibna nosilnost prereza je ustrezna.

### Kontrola strižne nosilnosti

#### Kontrola tlačne cone

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = 0.32 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"JE izpolnjena"}$$

-> cel prerez tačen

#### Določitev strižne nosilnosti

$$A_{c'} := A_c = 15.62 \cdot m^2$$

površina prereza z izključitvijo natezne cone

$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.36 \cdot \text{MPa}$$

projektna tlačna napetost, pravokotna na strig z izključitvijo natezne cone

$$f_{vk0} = 0.2 \cdot \text{MPa}$$

začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi

$$f_{vk} := f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.34 \cdot \text{MPa}$$

karakteristična strižna trdnost

$$f_{vd} := \frac{f_{vk}}{\gamma_{m,zid}} = 0.17 \cdot \text{MPa}$$

projektna strižna trdnost

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 2690 \text{ kN}$$

projektna strižna odpornost

### Kontrola

$$V_{Rd} = 2690 \text{ kN} \quad V_{Ed} = 73 \text{ kN}$$

$$\text{kontrola}(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.03$$

Strižna nosilnost prereza je ustrezna.

## 1.9.4.2 COMB 2 - potres

### Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 5957 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} := 29199 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,2} := 8760 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 30484.74 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed,1} := 2200 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2} := 660 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 2296.87 \text{ kN}$$

### Vhodni podatki

$$D_z = 8.04 \cdot \text{m} \quad D_n = 6.69 \cdot \text{m} \quad N_0 := N_{Ed} = 5957 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 402 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 334.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 0.67 \cdot \text{m} \quad f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$

### Račun upogibne nosilnosti (2. primer)

$$a_{i,2,min} := a_{i,1,max} = 0.67 \cdot \text{m}$$

$$x_{i,max} := 2R_z - t = 7.37 \cdot \text{m}$$

$$a_{i,2,max} := 2R_z - t = 7.37 \cdot \text{m}$$

$$f\alpha_z(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right)$$

$$fA_z(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x)))$$

$$fe_z(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha_z(x))^3}{2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))}$$

$$f\alpha_n(x) := \arccos\left[\frac{R_n - (x - t)}{R_n}\right]$$

$$fA_n(x) := \frac{1}{2} \cdot R_n^2 \cdot (2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x)))$$

$$fe_n(x) := \frac{4}{3} \cdot R_n \cdot \frac{\sin(f\alpha_n(x))^3}{2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))}$$

$$fA(x) := fA_z(x) + fA_n(x)$$

$$fe(x) := \frac{fA_z(x) \cdot fe_z(x) + fA_n(x) \cdot fe_n(x)}{fA_z(x) + fA_n(x)}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := t = 0.67 \cdot m$$

$$x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 80.68 \text{ cm}$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = 0.81 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 2.49 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 5957 \text{ kN}$$

$$e_i := fe(x_i) = 355.69 \text{ cm}$$

$$A_2 := fA(x_{i,\max}) = 13.58 \cdot m^2$$

$$N_2 := A_2 \cdot 0.85 \cdot f_c = 32455.9 \text{ kN}$$

$$e_2 := fe(x_{i,\max}) = 54.44 \text{ cm}$$

$$a_{i,2} := x_i = 0.81 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,2,\min} \leq a_{i,2} \leq a_{i,2,\max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,2} := N_i \cdot e_i = 21188.16 \cdot \text{kN} \cdot m$$

#### Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 21202.16 \cdot \text{kN} \cdot m \quad M_{Ed} = 30484.74 \cdot \text{kN} \cdot m$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 1.44$$

Upogibna nosilnost prereza NI ustrezna.

#### Kontrola strižne nosilnosti

##### Kontrola tlačne cone

$$\sigma_{Ed,\min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = -1.03 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,\min} \geq 0) = \text{"NI izpolnjena"}$$

-> izključitev natezne cone



#### Določitev tlačne cone (1. primer)

$$a_{i,1,\min} := 0$$

$$x_{i,\max} := t = 0.67 \cdot m$$

$$a_{i,1,\max} := a_{i,1,\min} + x_{i,\max} = 0.67 \cdot m$$

$$e_i := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 5.12 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right)$$

$$fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x)))$$

$$fe(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := fe(x) - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$x_i := 0.5t$$

$$x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = -1.81 \cdot m$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000m & \text{otherwise} \end{cases} = -1.81 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = -9.79 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = -23412.4 \text{ kN}$$

$$e_i := fe(x_i) = 5.12 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,\max}) = 2.04 \cdot m^2$$

$$N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 4884.53 \text{ kN}$$

$$e_I := fe(x_{i,\max}) = 3.62 \cdot m$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,\min} + x_i = -1.81 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,1,\min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,\max}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$A_i := -9.79 \cdot m^2$$

Določitev strižne nosilnosti ni mogoča.

#### 1.9.4.3 COMB 3 - statične obtežbe

##### Kontrola tlačnih napetosti

$$N_{Ed} := 8481 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.54 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed} \leq f_{zid,c,d}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$\sigma_{Ed} \div f_{zid,c,d} = 0.19$$

Kontrola tlačnih napetosti je ustrezna.

#### 1.9.5 Prerez na v.k. 27,10m (tik pod AB rezervoarjem)

##### Materiali

$$f_{zid,c,d} := f_d = 2.81 \cdot \text{MPa}$$

Dimenzije prereza

$$D_z := D_{z,4} = 8.04 \cdot m$$

$$D_n := D_{n,4} = 6.69 \cdot m$$

$$A_c := \frac{\pi}{4} \cdot (D_z^2 - D_n^2) = 15.62 \cdot m^2$$

$$W_c := \frac{\pi}{32} \cdot (D_z^3 - D_n^3) = 21.63 \cdot m^3$$

Obremenitve

TABLE: Element Joint Forces - Frames

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
5	COMB 1	Combination		-28	0	949	0	-96	0
5	COMB 2x	Combination	Max	542	162	949	830	2766	0
5	COMB 2x	Combination	Min	-542	-162	949	-830	-2766	0
5	COMB 2y	Combination	Max	162	542	949	2766	830	0
5	COMB 2y	Combination	Min	-162	-542	949	-2766	-830	0
5	COMB 3	Combination		0	0	1355	0	0	0

## 1.9.5.1 COMB 1 - veter

Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 949 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} := 96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,2} := 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 96 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed,1} := 0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2} := 28 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 28 \text{ kN}$$

Vhodni podatki

$$D_z = 8.04 \cdot m \quad D_n = 6.69 \cdot m \quad N_0 := N_{Ed} = 949 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 402 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 334.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 0.67 \cdot m \quad f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$



## Račun upogibne nosilnosti (1. primer)

$$a_{i,1,min} := 0$$

$$x_{i,max} := t = 0.67 \cdot m$$

$$a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 0.67 \cdot m$$

$$f\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right)$$

$$fA(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x)))$$

$$f_e(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha(x))^3}{2f\alpha(x) - \sin(2f\alpha(x))}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - fA(x)$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 0.22 \cdot m$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000 \text{ m} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.22 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 0.4 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 949 \text{ kN}$$

$$e_i := f_e(x_i) = 3.89 \cdot m$$

$$A_I := fA(x_{i,max}) = 2.04 \cdot m^2$$

$$N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 4884.53 \text{ kN}$$

$$e_I := f_e(x_{i,max}) = 3.62 \cdot m$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = 0.22 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,1} := N_i \cdot e_i = 3687.75 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 3687.75 \cdot \text{kN}\cdot\text{m} \quad M_{Ed} = 96 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.03$$

Upogibna nosilnost prereza je ustrezna.

Kontrola strižne nosilnosti

Kontrola tlačene cone

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = 0.06 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"JE izpolnjena"}$$

-&gt; cel prerez tačen

Določitev strižne nosilnosti

$$A_{c'} := A_c = 15.62 \cdot m^2$$

površina prereza z izključitvijo natezne ceone



$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.06 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk0} = 0.2 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk} := f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.22 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vd} := \frac{f_{vk}}{\gamma_{m,zid}} = 0.11 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 1751.6 \text{ kN}$$

projektna tlačna napetost, pravokotna na strig z izključitvijo natezne cone

začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi

karakteristična strižna trdnost

projektna strižna trdnost

projektna strižna odpornost

#### Kontrola

$$V_{Rd} = 1751.6 \text{ kN} \quad V_{Ed} = 28 \text{ kN}$$

$$\text{kontrola}(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.02$$

Strižna nosilnost prereza je ustrezna.

### 1.9.5.2 COMB 2 - potres

#### Kontrola upogibne nosilnosti

$$N_{Ed} := 949 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} := 2766 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,2} := 830 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 2887.85 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed,1} := 542 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2} := 162 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 565.69 \text{ kN}$$

#### Vhodni podatki

$$D_z = 8.04 \cdot \text{m} \quad D_n = 6.69 \cdot \text{m} \quad N_0 := N_{Ed} = 949 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 402 \text{ cm} \quad R_n := 0.5 \cdot D_n = 334.5 \text{ cm} \quad t := (R_z - R_n) = 0.67 \cdot \text{m} \quad f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$



#### Račun upogibne nosilnosti (1. primer)

$$a_{i,1,min} := 0$$

$$x_{i,max} := t = 0.67 \cdot \text{m}$$

$$a_{i,1,max} := a_{i,1,min} + x_{i,max} = 0.67 \cdot \text{m}$$

$$f_\alpha(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right)$$

$$f_A(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f_\alpha(x) - \sin(2f_\alpha(x)))$$

$$f_e(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f_\alpha(x))^3}{2f_\alpha(x) - \sin(2f_\alpha(x))}$$

$$f(x) := \frac{N_0}{0.85 \cdot f_c} - f_A(x)$$

$$x_i := 0.5t \quad x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 0.22 \cdot \text{m}$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000 \text{ m} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.22 \cdot \text{m}$$

$$A_i := f_A(x_i) = 0.4 \cdot \text{m}^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 949 \text{ kN}$$

$$e_i := f_e(x_i) = 3.89 \cdot \text{m}$$

$$A_I := f_A(x_{i,max}) = 2.04 \cdot \text{m}^2$$

$$N_I := A_I \cdot 0.85 \cdot f_c = 4884.53 \text{ kN}$$

$$e_I := f_e(x_{i,max}) = 3.62 \cdot \text{m}$$

$$a_{i,1} := a_{i,1,min} + x_i = 0.22 \cdot \text{m}$$

$$\text{kontrola}(a_{i,1,min} \leq a_{i,1} \leq a_{i,1,max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{i,1} := N_i \cdot e_i = 3687.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

#### Kontrola

$$M_{Rd} := M_{i,1} = 3687.75 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{Ed} = 2887.85 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{kontrola}(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.78$$

Upogibna nosilnost prereza je ustrezna.

#### Kontrola strižne nosilnosti

##### Kontrola tlačne cone

$$\sigma_{Ed,min} := \frac{N_{Ed}}{A_c} - \frac{M_{Ed}}{W_c} = -0.07 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed,min} \geq 0) = \text{"NI izpolnjena"}$$

-> izključitev natezne cone



#### Določitev tlačne cone (2. primer)

$$a_{i,2,min} := a_{i,1,max} = 0.67 \cdot \text{m}$$

$$x_{i,max} := 2R_z - t = 7.37 \cdot \text{m}$$

$$a_{i,2,max} := 2R_z - t = 7.37 \cdot \text{m}$$

$$e_i := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 3.04 \cdot m$$

$$f\alpha_z(x) := \arccos\left(\frac{R_z - x}{R_z}\right)$$

$$fA_z(x) := \frac{1}{2} \cdot R_z^2 \cdot (2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x)))$$

$$fe_z(x) := \frac{4}{3} \cdot R_z \cdot \frac{\sin(f\alpha_z(x))^3}{2f\alpha_z(x) - \sin(2f\alpha_z(x))}$$

$$f\alpha_n(x) := \arccos\left[\frac{R_n - (x - t)}{R_n}\right]$$

$$fA_n(x) := \frac{-1}{2} \cdot R_n^2 \cdot (2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x)))$$

$$fe_n(x) := \frac{4}{3} \cdot R_n \cdot \frac{\sin(f\alpha_n(x))^3}{2f\alpha_n(x) - \sin(2f\alpha_n(x))}$$

$$fA(x) := fA_z(x) + fA_n(x)$$

$$fe(x) := \frac{fA_z(x) \cdot fe_z(x) + fA_n(x) \cdot fe_n(x)}{fA_z(x) + fA_n(x)}$$

$$f(x) := fe(x) - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$x_i := t = 0.67 \cdot m$$

$$x_i := \text{root}(f(x_i), x_i) = 221.34 \text{ cm}$$

$$x_i := \begin{cases} x_i & \text{if } \text{Im}(x_i) = 0 \\ -1000 \text{ m} & \text{otherwise} \end{cases} = 2.21 \cdot m$$

$$A_i := fA(x_i) = 5.26 \cdot m^2$$

$$N_i := A_i \cdot 0.85 \cdot f_c = 12572.46 \text{ kN}$$

$$e_i := fe(x_i) = 304.3 \text{ cm}$$

$$A_2 := fA(x_{i, \max}) = 13.58 \cdot m^2$$

$$N_2 := A_2 \cdot 0.85 \cdot f_c = 32455.9 \text{ kN}$$

$$e_2 := fe(x_{i, \max}) = 54.44 \text{ cm}$$

$$a_{i,2} := x_i = 2.21 \cdot m$$

$$\text{kontrola}(a_{i,2, \min} \leq a_{i,2} \leq a_{i,2, \max}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$A_i = 5.26 \cdot m^2$$

#### Določitev strižne nosilnosti

$$A_{c'} := A_i = 5.26 \cdot m^2$$

$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.18 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk0} = 0.2 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk} := f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.27 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vd} := \frac{f_{vk}}{\gamma_{m, \text{zid}}} = 0.14 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 715.66 \text{ kN}$$

površina prereza z izključitvijo natezne ceone

projektna tlačna napetost, pravokotna na strig z izključitvijo natezne cone

začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi

karakteristična strižna trdnost

projektna strižna trdnost

projektna strižna odpornost

#### Kontrola

$$V_{Rd} = 715.66 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 565.69 \text{ kN}$$

$$\text{kontrola}(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.79$$

Strižna nosilnost prereza je ustrezna.

#### 1.9.5.3 COMB 3 - statične obtežbe

##### Kontrola tlačnih napetosti

$$N_{Ed} := 1355 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.09 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kontrola}(\sigma_{Ed} \leq f_{zid, c, d}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$\sigma_{Ed} \div f_{zid, c, d} = 0.03$$

Kontrola tlačnih napetosti je ustrezna.

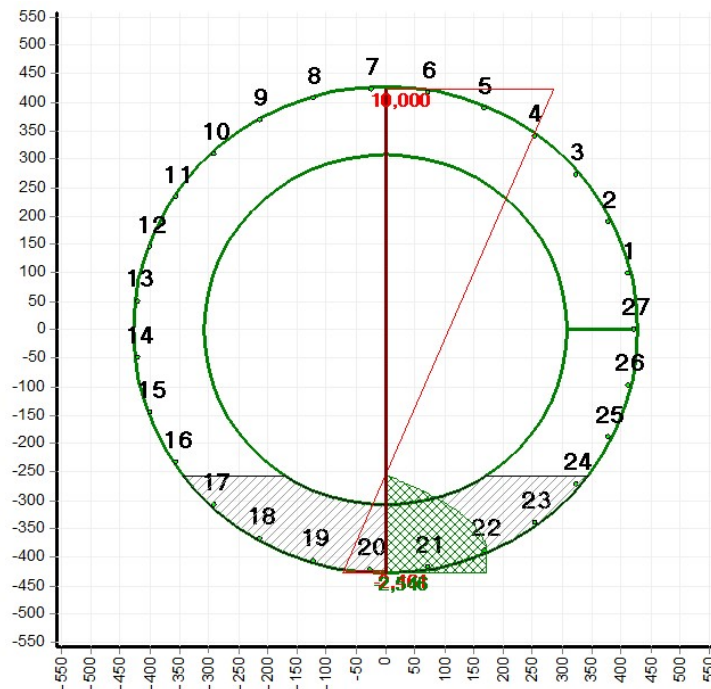
## 2.1 Ojačitve zidovja

Računski dokaz izvedem s pomočjo programa GaLa Reinforcement.  
Preračun ojačitev izvedem na najbolj kritičnem prerezu - ob vpetju stolpa v temeljna tla.

### 2.1.1 Variante utrditve zidovja 1

-AB amiran omet, d = 10 cm, Q636

Kontrola upogibne nosilnosti



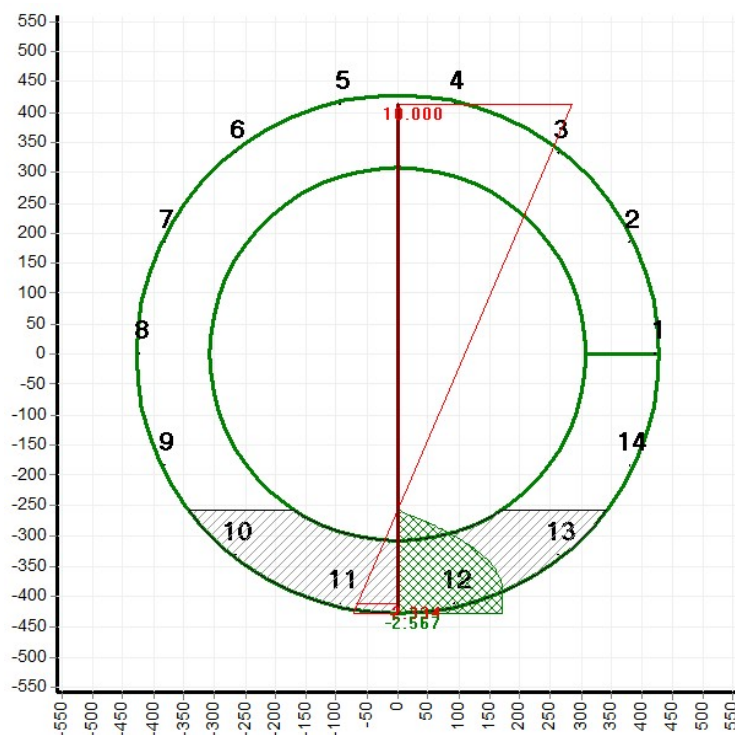
Računsko potrebna armatura  
na tekoči meter:

$$A_{s, \text{potr}} := 5.97 \cdot \text{cm}^2$$

### 2.1.2 Variante utrditve zidovja 2

-AB slopi, 14 kom, d.m. 20/40 cm, vert. arm. 6kom RAfi 16 mm

Kontrola upogibne nosilnosti



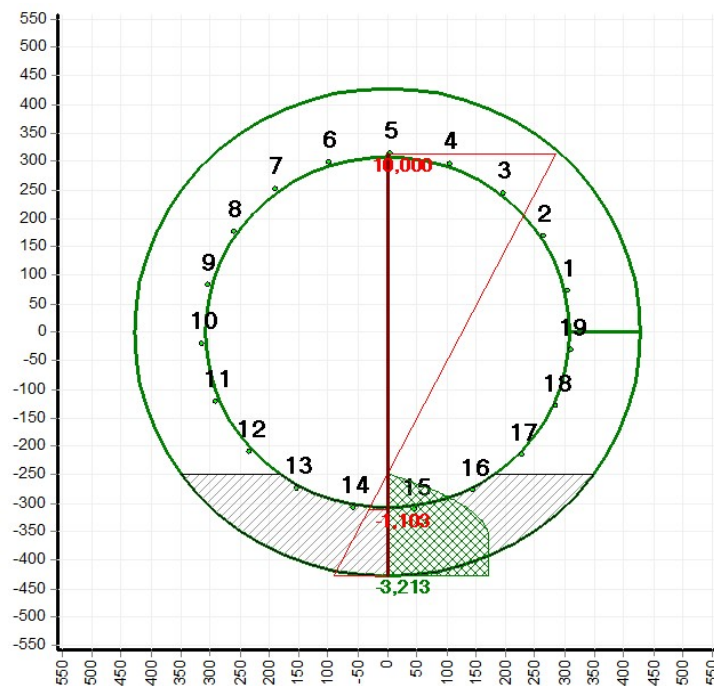
Računsko potrebna armatura  
na AB slop:

$$A_{s, \text{potr}} := 11.56 \cdot \text{cm}^2$$

### 2.1.3 Variante utrditve zidovja 3

-AB slopi, 19 kom, d.m. 25/25 cm, vert. arm. 4kom RAfi 18 mm

#### Kontrola upogibne nosilnosti



Računska potrebna armatura  
na AB slop:

$$A_{s.potr} := 9.60 \cdot \text{cm}^2$$

### 2.1.3 Kontrola strižne nosilnosti za variante 1-3

#### Kontrola strižne nosilnosti

Če je zid armiran z navpično arm., strižna armatura pa se zanemari, se projektno strižno odpornost nearmiranega zidu računa ob upoštevanju celotnega vodoravnega prereza (EC-6 izraz 6.34).

$$N_{Ed} := 11323 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} := 61729 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed,1} := 2790 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} := 18519 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed,2} := 837 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{Ed,1}^2 + M_{Ed,2}^2} = 64447.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{Ed,1}^2 + V_{Ed,2}^2} = 2912.85 \text{ kN}$$

#### Vhodni podatki

$$D_z := D_{z,1} = 8.57 \cdot \text{m}$$

$$D_n := D_{n,1} = 6.17 \cdot \text{m}$$

$$N_0 := N_{Ed} = 11323 \text{ kN}$$

$$R_z := 0.5 \cdot D_z = 428.5 \text{ cm}$$

$$R_n := 0.5 \cdot D_n = 308.5 \text{ cm}$$

$$t := (R_z - R_n) = 1.2 \cdot \text{m}$$

$$f_c := f_{zid,c,d} = 2.81 \cdot \text{MPa}$$

#### Določitev strižne nosilnosti

$$A_{c'} := A_c = 15.62 \cdot \text{m}^2$$

$$\sigma_d := \frac{N_{Ed}}{A_{c'}} = 0.72 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk0} = 0.2 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk} := f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.49 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vd} := \frac{f_{vk}}{\gamma_{m,zid}} = 0.24 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{Rd} := f_{vd} \cdot A_{c'} = 3826.4 \text{ kN}$$

površina prereza z izključitvijo natezne ceone

projektna tlačna napetost, pravokotna na strig (z izključitvijo natezne cone)

začetna strižna trdnost pri ničelni vertikalni obtežbi

karakteristična strižna trdnost

projektna strižna trdnost

projektna strižna odpornost

#### Kontrola

$$V_{Rd} = 3826.4 \text{ kN} \quad V_{Ed} = 2912.85 \text{ kN}$$

$$\text{kontrola}(V_{Ed} \leq V_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd} = 0.76$$

Strižna nosilnost prereza je ustrezna.



### 3.1 Kontrola etažnih konstrukcij

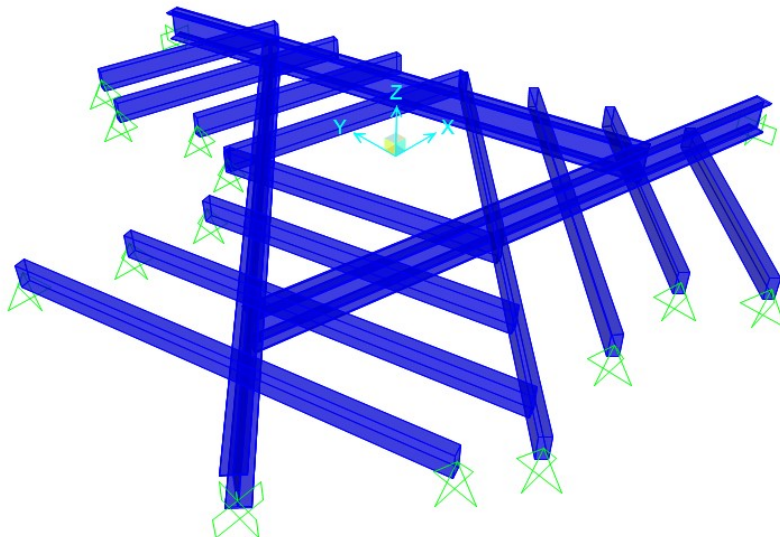
Dimenzije posameznih konstrukcijskih elementov so povzete po arhitekturnem posnetku.

#### 3.1.1 Jeklen podest s sekundarno leseno konstrukcijo

Podesti na v. k. 13.20 m (ekvivalent podestu na: v. k. 9.90 m, v. k. 6.60 m, v. k. 3.30 m)

Bočna zvrnitev je preprečena, zato stabilnostne kontrole niso merodajne.

Idealiziran računski model



Materiali

$$f_{yk.S235} := 23.5 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Dimenzije prereza

Jeklen profil tipa IPE 300:

$$h_I := 30 \cdot \text{cm}$$

$$b := 15 \cdot \text{cm}$$

$$t_f := 1.07 \cdot \text{cm}$$

$$t_w := 0.71 \cdot \text{cm}$$

$$A := 53.8 \cdot \text{cm}^2$$

$$I_y := 8360 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{el,y} := 557 \cdot \text{cm}^3$$

$$r := 1.5 \cdot \text{cm}$$

$$A_{v,z} := A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 25.67 \text{ cm}^2$$

višina profila

širina profila (pasnice)

debelina pasnice

debelina stojine

površina prečnega prereza

vztraj. mom. okoli močnejše osi

elast. odpor. mom. okoli močnejše osi

zaokrožitveni radij

strižni prerez

Obtežbe

Lastna:

Lastno težo primarnih jeklenih nosilcev in sekundarnih lesenih nosilcev upošteva program samodejno.

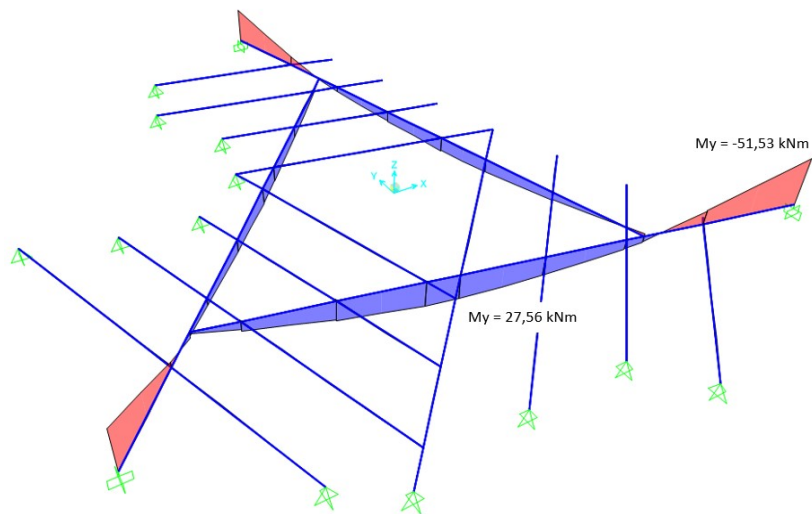
Stalna:

$$g_{lin} := 0.03 \cdot m \cdot \gamma_{les} \cdot 60 \cdot \text{cm} = 0.08 \cdot \text{kN} \cdot m^{-1}$$

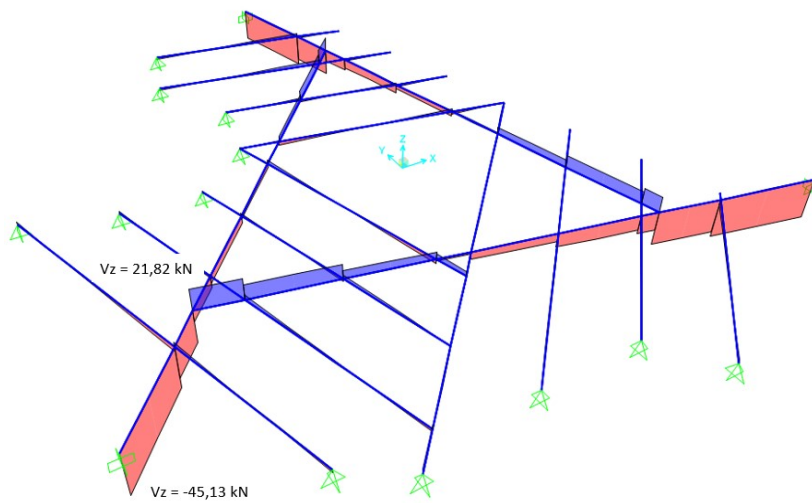
Koristna:

$$q_{lin} := q_p \cdot 60 \cdot \text{cm} = 3 \cdot \text{kN} \cdot m^{-1}$$

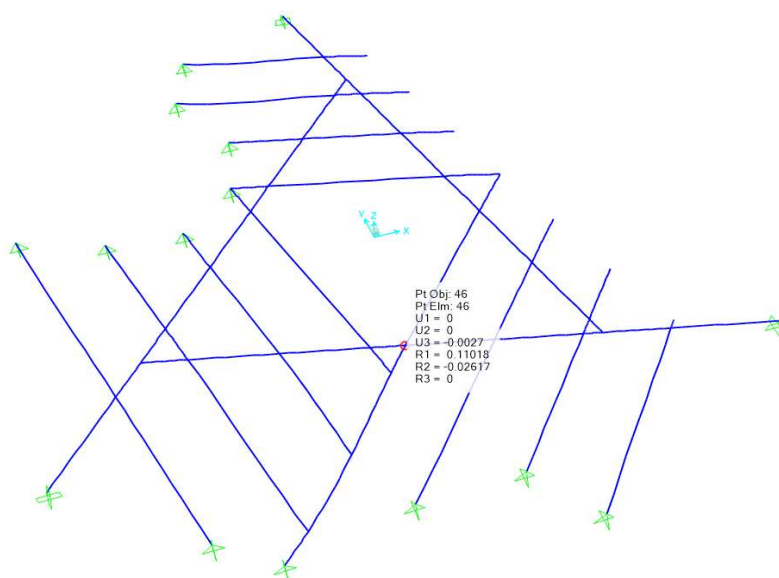
Obremenitve  
My - COMB4



Vz - COMB4



Uz - COMB5



**3.1.1.1 Kontrola nosilnosti jeklenega nosilca**

$$N_{Ed} := 0 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 51.53 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z,Ed} := 45.13 \cdot \text{kN}$$

Kompaktnost prereza

- Kompaktnost stojine - upogib

$$c_1 := h_I - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 24.86 \text{ cm}$$

$$\text{kontrola} \left( \frac{c_1}{t_w} \leq 72 \right) = \text{"JE izpolnjena"}$$

Prerez je v 1. razredu kompaktnosti.

- Kompaktnost pasnice - upogib

$$c_2 := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 5.64 \text{ cm}$$

$$\text{kontrola} \left( \frac{c_2}{t_f} \leq 9 \right) = \text{"JE izpolnjena"}$$

**Kontrola upogibne nosilnosti**

Enosni upogib (elast. karakt.)

$$W_{el,y} := 557 \cdot \text{cm}^3$$

$$M_{y,Rd} := W_{el,y} \cdot f_{yd,S235} = 130.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{kontrola} (M_{y,Ed} \leq M_{y,Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{y,Ed} \div M_{y,Rd} = 0.39$$

Upogibna odpornost jeklenega nosilca izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

**Kontrola strižne nosilnosti**

$$V_{z,Rd} := A_{v,z} \cdot \frac{f_{yd,S235}}{\sqrt{3}} = 348.28 \cdot \text{kN}$$

$$\text{kontrola} (V_{z,Ed} \leq V_{z,Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{z,Ed} \div V_{z,Rd} = 0.13$$

Strižna odpornost jeklenega nosilca izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

Interakcija s prečno silo ni potrebna:

$$\text{kontrola} (V_{z,Ed} \div V_{z,Rd} \leq 0.5) = \text{"JE izpolnjena"}$$

**Kontrola povosov**

Prikazani so pomiki pri mejnem stanju uporabnosti (MSU).

Vertikalni pomiki  $U_3$  (m):

$$U_3 := 0.0027 \cdot \text{m}$$

vertikalni pomik stropa na sredini razpona

$$L_X := 4.93 \cdot \text{m}$$

dolžina stropa v nosilni smeri (globalna X smer)

$$\frac{L_X}{300} = 1.64 \text{ cm}$$

zahteve standarda

$$\text{kontrola} \left( U_3 \leq \frac{L_X}{300} \right) = \text{"JE izpolnjena"}$$

Jeklen nosilec izpolnjuje kriterije MSU po današnjih standardih.

**3.1.1.2 Kontrola nosilnosti lesenega sekundarnega nosilca**

Kontrolo izvedem konzervativno na prostoležečem nosilcu.

Geometrijske karakteristike

$$L_0 := 1.98 \text{ m} \cdot 1.05 = 2.08 \cdot \text{m}$$

$$e_{vpl} := 0.6 \text{ m}$$

$$b := 8 \text{ cm}$$

$$h := 20 \text{ cm}$$

rač. razpetina

vplivna širina

širina prereza

višina prereza

$$A := b \cdot h = 160 \text{ cm}^2$$

$$W_y := \frac{b \cdot h^2}{6} = 533.33 \cdot \text{cm}^3$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = 5333.33 \cdot \text{cm}^4$$

**Obtežba**

$$g_{lin} = 0.08 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

$$q_{lin} = 3 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

**Obremenitev**

$$M_{Ed} := \frac{(1.35 \cdot g_{lin} + 1.5 \cdot q_{lin}) \cdot L_0^2}{8} = 2.49 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed} := \frac{(g_{lin} + 1.5 \cdot q_{lin}) \cdot L_0}{2} = 4.76 \cdot kN$$

**Kontrola upogibne nosilnosti**

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed}}{W_y} = 0.47 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m,d} := k_{mod,M} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{m,les}} = 1.48 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad \sigma_{m,d} \div f_{m,d} = 0.32$$

Upogibna odpornost lesenega nosilca izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

**Kontrola strižne nosilnosti**

$$\tau_d := \frac{V_{Ed}}{(2 \div 3) \cdot A} = 0.04 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v,d} := k_{mod,M} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{m,les}} = 0.15 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\tau_d \leq f_{v,d}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad \tau_d \div f_{v,d} = 0.29$$

Strižna odpornost lesenega nosilca izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

**Kontrola povosov**

$$w_{G,inst} := \frac{5 \cdot g_{lin} \cdot L_0^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} = 0 \text{ cm}$$

poves zaradi lastne obtežbe

$$w_{Q,inst} := \frac{5 \cdot q_{lin} \cdot L_0^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y} = 0.12 \text{ cm}$$

poves zaradi koristne obtežbe

$$w_{inst} := w_{G,inst} + w_{Q,inst} = 0.13 \text{ cm}$$

$$\Psi_{0,Q} := 0.7 \quad \Psi_{2,Q} := 0.6$$

$$w_{net,fin} := w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) + w_{Q,inst} \cdot (1 + \Psi_{2,Q} \cdot k_{def}) = 0.19 \cdot \text{cm}$$

$$w_{inst,lim} := \frac{L_0}{300} = 0.69 \cdot \text{cm}$$

$$w_{net,fin,lim} := \frac{L_0}{250} = 0.83 \cdot \text{cm}$$

$$kontrola(w_{inst} \leq w_{inst,lim}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad w_{inst} \div w_{inst,lim} = 0.18$$

$$kontrola(w_{net,fin} \leq w_{net,fin,lim}) = \text{"JE izpolnjena"} \quad w_{net,fin} \div w_{net,fin,lim} = 0.23$$

Lesen nosilec izpolnjuje kriterije MSU po današnjih standardih.



### 3.1.2 Kontrola nosilnosti AB plošče rezervoarja

Kontrolo izvedem konzervativno na prostoležečem nosilcu.

$$L_0 := 0.75 \cdot m \quad \text{krajša razpetina plošče}$$

Materiali

$$f_{cd} := f_{cd.C30} = 20 \cdot MPa \quad f_{ck} := f_{ck.C30} = 30 \cdot MPa \quad f_{yd} := f_{yk.GA} = 240 \cdot MPa$$

Dimenzije prereza

$$b := 1.0m \quad h := d_{AB.pl} = 70cm \quad a := 0.5cm \quad d := h - a = 69.5cm$$

Obtežbe

Lastna in stalna:

$$g_{lin} := (g_{AB.pl} + g_{voda}) \cdot b = 20.5 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

Koristna:

$$q_{lin} := q_{pl} \cdot b = 5 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

Obremenitve

$$M_{Ed} := \frac{(1.35 \cdot g_{lin} + 1.5 \cdot q_{lin}) \cdot L_0^2}{8} = 4.11 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed} := \frac{(1.35 \cdot g_{lin} + 1.5 \cdot q_{lin}) \cdot L_0}{2} = 21.91 \cdot kN$$

Vgrajena armatura

Vzdolžna armatura

$$A_{s.dej} := 4 \times 2A_{\varphi}(7mm) = 3.08 \cdot cm^2$$

Strižna armatura - stremena

$$A_{sw} := A_{\varphi}(0mm) = 0$$

$$s_w := 0cm$$

Strižna armatura - poševne palice

$$A_{sw.p} := A_{\varphi}(0mm)$$

$$s_{w.p} := 0cm$$

Kontrola upogibne nosilnosti

$$s_c := \frac{f_{yd} \cdot A_{s.dej}}{f_{cd} \cdot b} = 0.37cm \quad x := \frac{s_c}{0.8} = 0.46cm \quad z := d - \frac{s_c}{2} = 69.32cm$$

$$M_{Rd} := f_{yd} \cdot A_{s.dej} \cdot z = 51.22 \cdot kN \cdot m$$

Kontrola

$$\boxed{kontrola(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.08$$

Upogibna odpornost AB plošče izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

Kontrola strižne nosilnosti

Vhodni podatki

$$f_{ck} = 30 \cdot MPa \quad b_w := b = 100cm \quad h = 70cm \quad d = 69.5cm \quad A_{sl} := A_{s.dej} = 3.08 \cdot cm^2 \quad N_{Ed} := 0$$

Strižna odpornost betona

$$V_{Rd.c} := V_{Rd.c}(f_{ck}, b_w, h, d, N_{Ed}, A_{sl}) = 253.74kN$$

Kontrola

$$\boxed{kontrola(V_{Ed} \leq V_{Rd.c}) = \text{"JE izpolnjena"}}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd.c} = 0.09$$

Strižna odpornost AB plošče izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

### 3.1.3 Kontrola nosilnosti AB nosilca

Kontrolo izvedem konzervativno na prostoležečem nosilcu.

$$L_0 := D_{n.4} = 6.69 \cdot m$$

Materiali

$$f_{cd} := f_{cd.C30} = 20 \cdot MPa \quad f_{ck} := f_{ck.C30} = 30 \cdot MPa \quad f_{yd} := f_{yk.GA} = 240 \cdot MPa$$

Dimenzije prereza

$$b := s_{AB.nos} = 20cm \quad h := h_{AB.nos} + d_{AB.pl} = 145cm \quad a := 1cm \quad d := h - a = 144cm$$

**Obtežbe**

Lastna in stalna:

$$g_{lin} := h_{AB,nos} \cdot \dot{s}_{AB,nos} \cdot \gamma_c + (g_{AB,pl} + g_{voda}) \cdot \frac{100 \cdot cm}{2} = 14 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

redukcija zaradi branastega prenosa obtežbe

Koristna:

$$q_{lin} := q_{pl} \cdot \frac{100 \cdot cm}{2} = 2.5 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

redukcija zaradi branastega prenosa obtežbe

**Obremenitve**

$$M_{Ed} := \frac{(1.35 \cdot g_{lin} + 1.5 \cdot q_{lin}) \cdot L_0^2}{8} = 223.22 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{Ed} := \frac{(1.35 \cdot g_{lin} + 1.5 \cdot q_{lin}) \cdot L_0}{2} = 133.47 \cdot kN$$

**Vgrajena armatura**

Vzdolžna armatura

$$A_{s,dej} := 2A_{\varphi}(20mm) + A_{\varphi}(18.5mm) = 8.97 \cdot cm^2$$

Strižna armatura - stremena

$$A_{sw} := 4 \cdot A_{\varphi}(7mm) = 1.54 \cdot cm^2$$

$$s_w := 31cm$$

Strižna armatura - poševne palice

$$A_{sw,p} := 0 \cdot A_{\varphi}(10mm)$$

$$s_{w,p} := 0cm$$

**Kontrola upogibne nosilnosti**

$$s_c := \frac{f_{yd} \cdot A_{s,dej}}{f_{cd} \cdot b} = 5.38 \cdot cm \quad x := \frac{s_c}{0.8} = 6.73 \cdot cm \quad z := d - \frac{s_c}{2} = 141.31 \cdot cm$$

$$M_{Rd} := f_{yd} \cdot A_{s,dej} \cdot z = 304.25 \cdot kN \cdot m$$

Kontrola

$$kontrola(M_{Ed} \leq M_{Rd}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$M_{Ed} \div M_{Rd} = 0.73$$

Upogibna odpornost AB nosilca izpolnjuje kriterije MSN pod naših standardih.

**Kontrola strižne nosilnosti**

Vhodni podatki

$$f_{ck} = 30 \cdot MPa \quad b_w := b = 20 \cdot cm \quad h = 145 \cdot cm \quad d = 144 \cdot cm \quad A_{sl} := A_{s,dej} = 8.97 \cdot cm^2 \quad N_{Ed} := 0$$

Strižna odpornost betona

$$V_{Rd,c} := V_{Rd,c}(f_{ck}, b_w, h, d, N_{Ed}, A_{sl}) = 99.92 \cdot kN$$

Kontrola

$$kontrola(V_{Ed} \leq V_{Rd,c}) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd,c} = 1.34$$

Strižna odpornost armiranega prereza - stremena

$$V_{Rd,w} := \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} = 154.45 \cdot kN$$

$$\nu_I := 0.6 \cdot [1 - f_{ck} \div (250 \cdot MPa)] = 0.53$$

$$V_{Rd,w,max} := 1 \cdot b_w \cdot 0.9 \cdot d \cdot \nu_I \cdot f_{cd} \cdot 0.5 = 1368.58 \cdot kN$$

Strižna odpornost - stremena in poševna armatura

$$V_{Rd,s} := V_{Rd,w} + V_{Rd,p} = 154.45 \cdot kN$$

$$kontrola(V_{Ed} \leq V_{Rd,s}) = \text{"JE izpolnjena"}$$

$$V_{Ed} \div V_{Rd,s} = 0.86$$

Strižna odpornost AB nosilca izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.

### 1.3.4 Kontrola nosilnosti špirovca

Kontinuirni nosilec preko dveh polj s previsom

$$L_1 := 7.6m \quad L_2 := 2.1m$$

Materiali

$$f_{m,k} = 2.4 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2} \quad f_{t,0,k} = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2} \quad f_{v,k} = 0.25 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Modifikacijski faktorji

$$k_{mod,P} := 0.6$$

$$k_{mod,L} := 0.7$$

$$k_{mod,M} := 0.8$$

$$k_{mod,S} := 0.9$$

$$k_{mod,I} := 1.1$$

stalna obtežba (P)

dolgotrajna obtežba (L)

srednje dolga obtežba (M)

kratkotrajna obtežba (S)

trenutna obtežba (I)

Dimenzije prereza

$$b := 12 \text{ cm}$$

širina prereza

$$h := 15 \text{ cm}$$

višina prereza

$$A := b \cdot h = 180 \text{ cm}^2$$

$$W_y := \frac{b \cdot h^2}{6} = 450 \text{ cm}^3$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = 3375 \text{ cm}^4$$

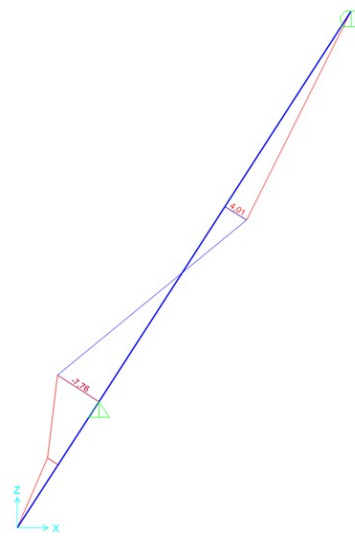
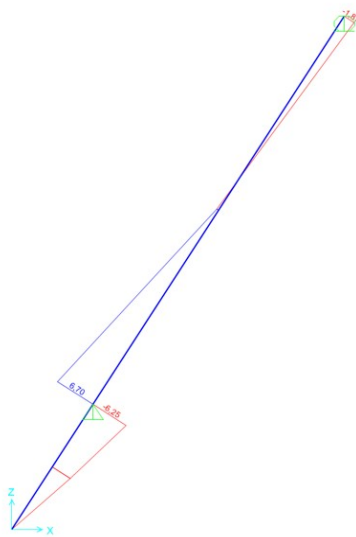
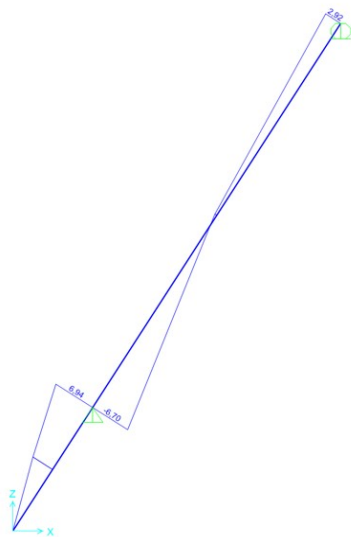
Obremenitve

COMB 6

Nx [kN]

Vz [kN]

My [kNm]



$$N_{Ed} := 6.94 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Ed} := 6.7 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 7.76 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Kontrola upogibne nosilnosti

Upogib z osno silo

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed}}{W_y} = 1.72 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{t,0,d} := \frac{N_{Ed}}{A} = 0.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{m,d} := k_{mod,S} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{m,les}} = 1.66 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$f_{t,0,d} := k_{mod,S} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_{m,les}} = 0.97 \cdot \text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Kontrola

$$\text{kontrola} \left( \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \right) = \text{"NI izpolnjena"}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = 1.08$$

Upogibna odpornost špirovce je na meji zahtev MSN po današnjih standardih.

Kontrola strižne nosilnosti

$$\tau_d := \frac{V_{Ed}}{(2 \div 3) \cdot A} = 0.06 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{m,les}} = 0.17 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

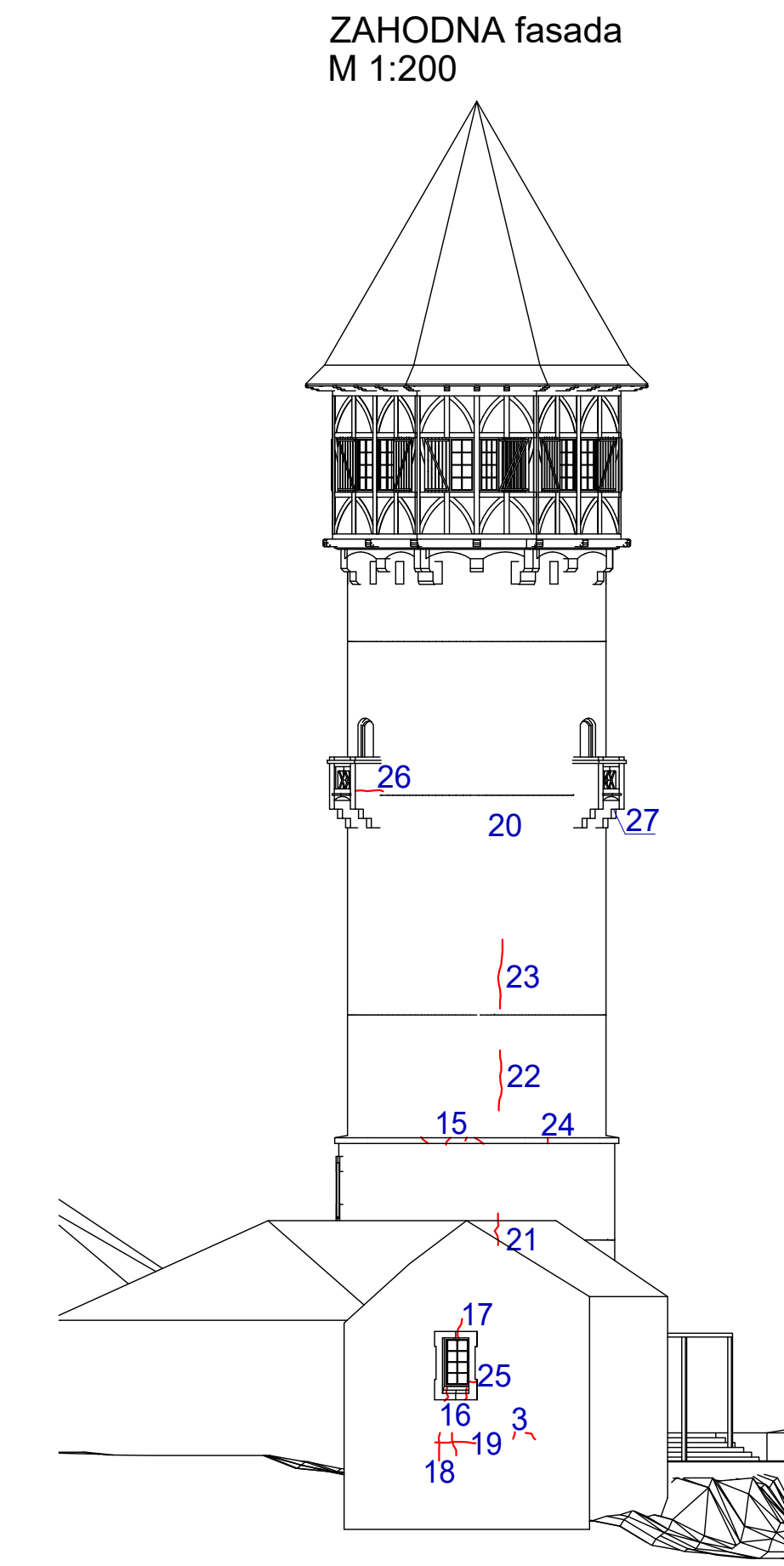
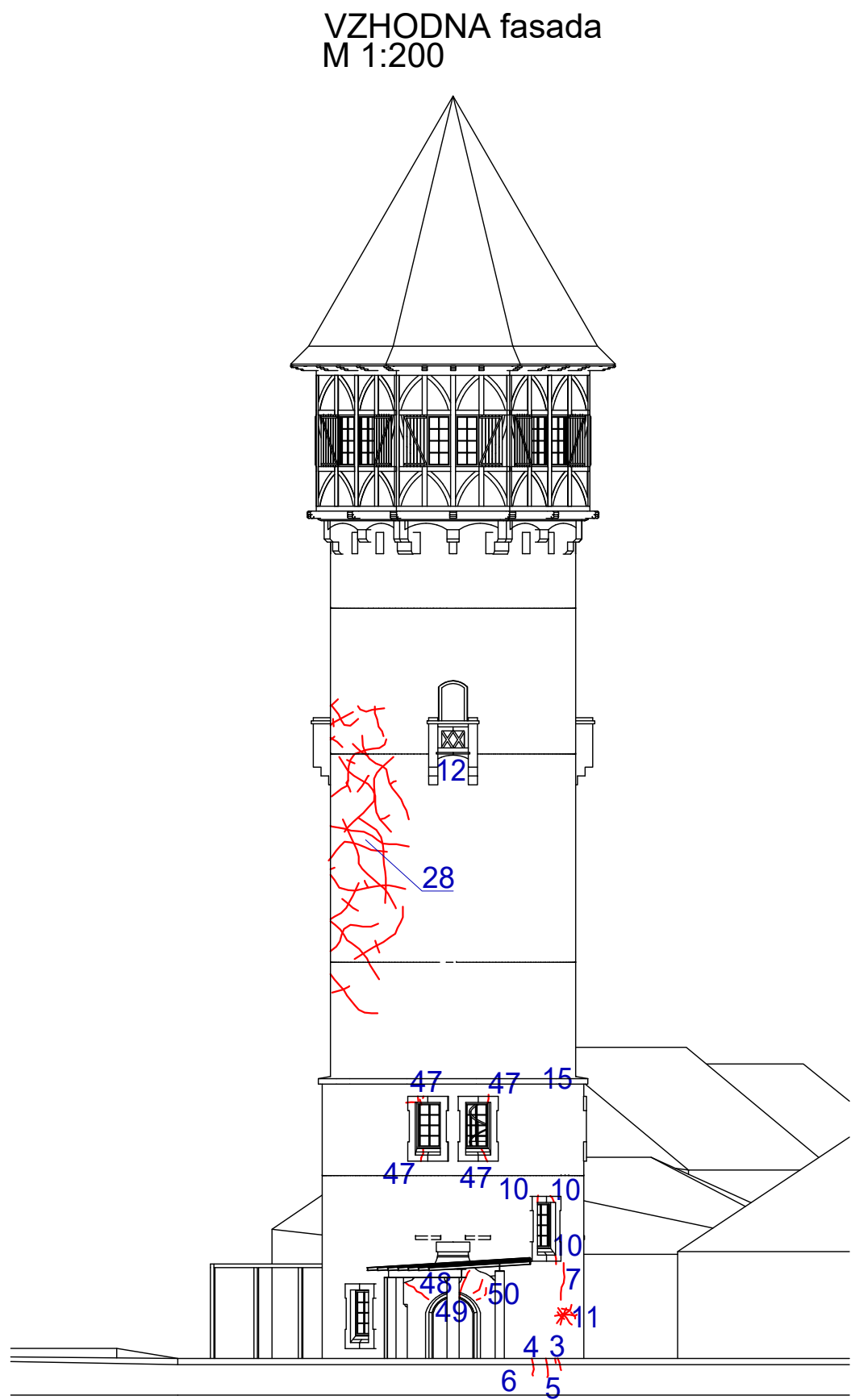
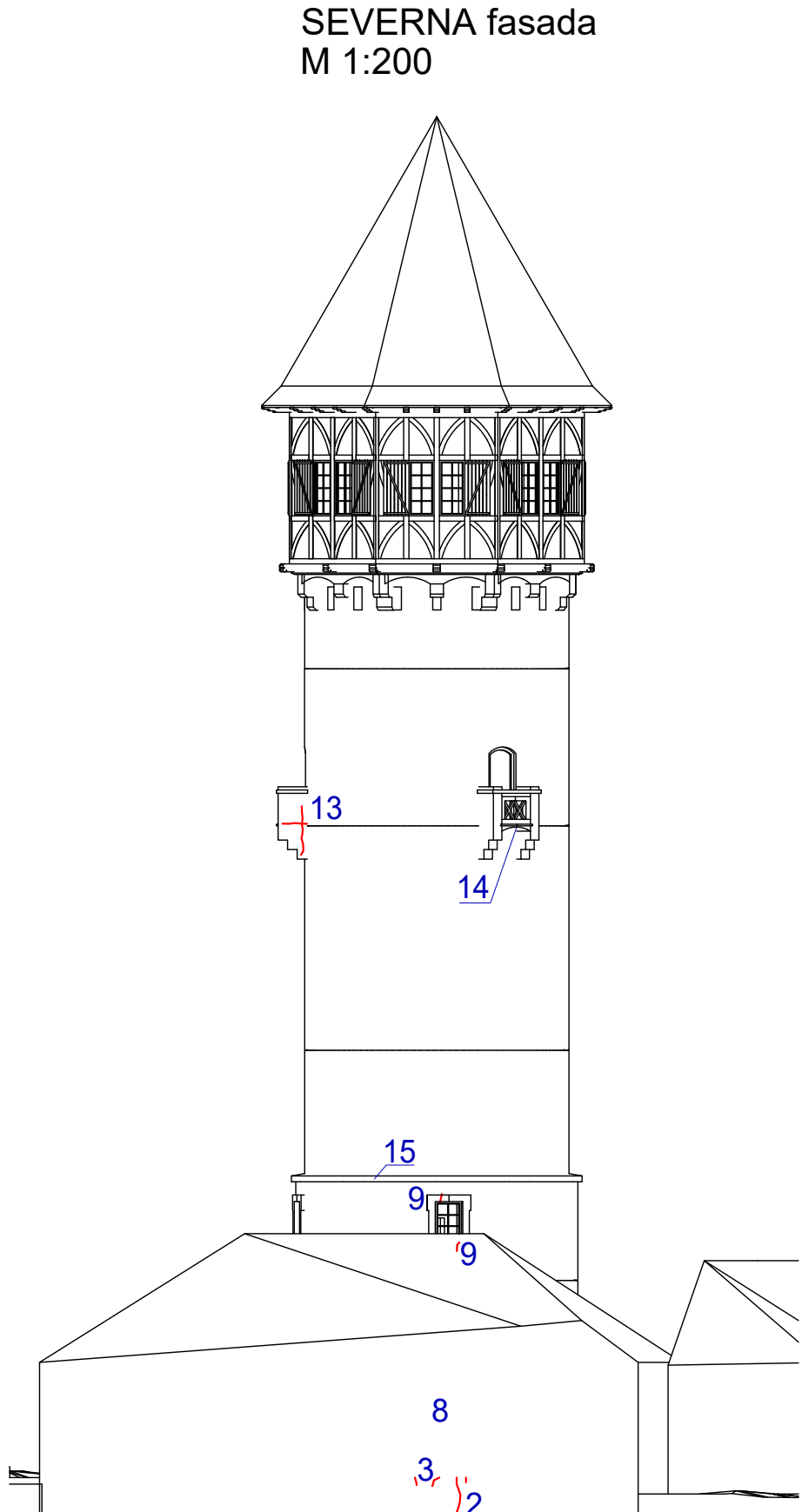
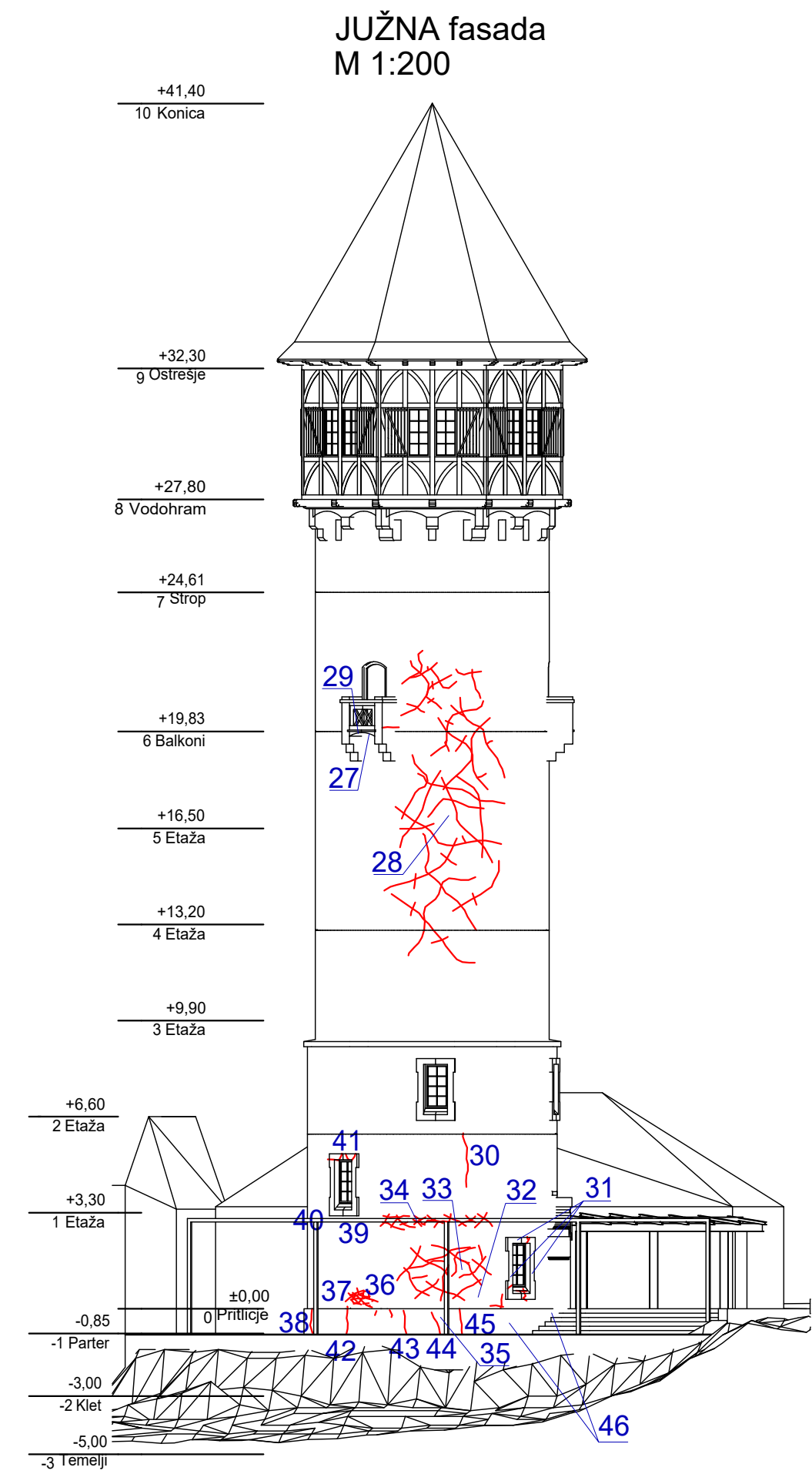
$kontrola(\tau_d \leq f_{v,d}) = \text{"JE izpolnjena"}$	$\tau_d \div f_{v,d} = 0.32$
--	------------------------------

Strižna odpornost špirovce izpolnjuje kriterije MSN po današnjih standardih.
--



**PRILOGA 4**  
**Kataster poškodb**

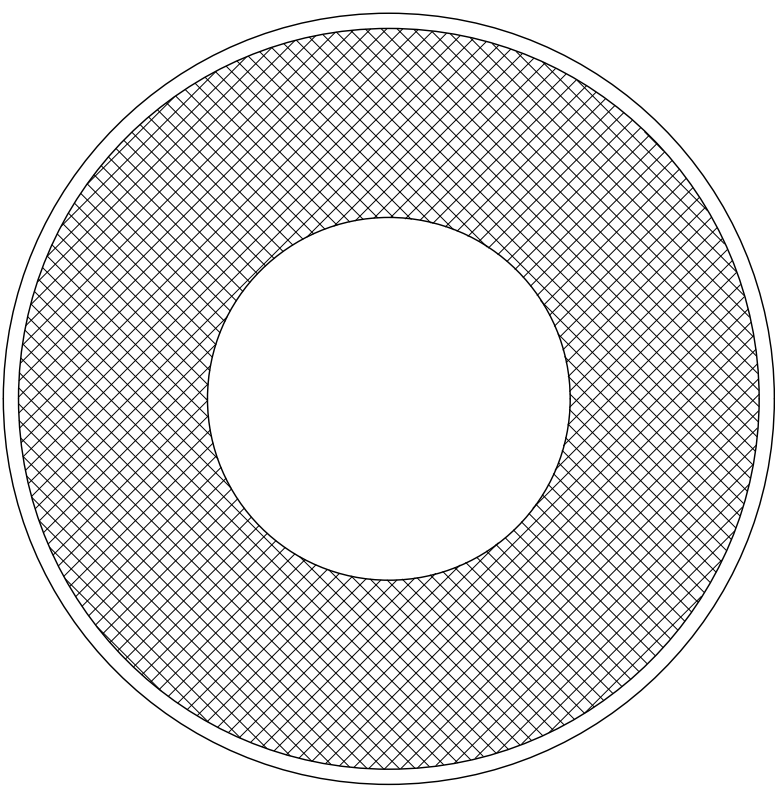




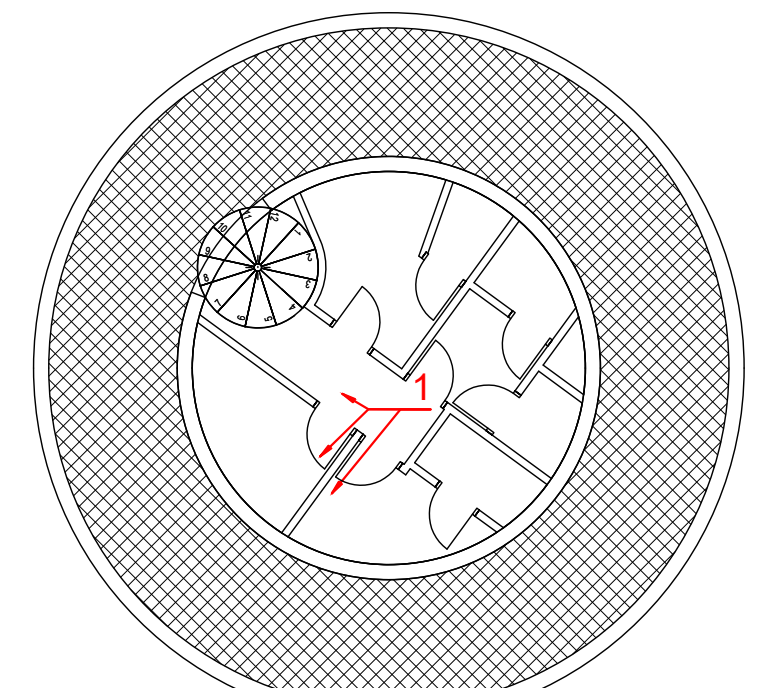
Poškodbe na fasadah:

- 1,2,4,5 - vertikalna razpoka na coklu, t=do 0.2mm
- 3 - več kratkih tankih razpoka na zgornjem delu cokla
- 6 - odpadla ploščica ob zunanjih stopnicah
- 7 - vertikalna razpoka v ometu
- 8 - odlom od udarca na ometu
- 9 - več krajših razpok na špaletah okna
- 10 - več krajših razpok na špaletah okna
- 11 - območje tanjših mrežastih razpok
- 12 - odpadanje beleža
- 13 - vertikalna razpoka na parapetu balkona
- 14 - horizontalna razpoka na parapetu balkona
- 15 - prečna razpoka na plošči balkona
- 16 - prečne razpoke na več mestih simsa
- 17 - vertikalni razpoki na polici okna
- 18 - vertikalna razpoka nad oknom
- 19 - horizontalna razpoka na coklu, t= 0.3mm
- 20 - luknja v fasadnem ometu
- 21 - vertikalna razpoka v fasadnem ometu
- 22 - vertikalna razpoka v fasadnem ometu
- 23 - vertikalna razpoka v fasadnem ometu
- 24 - močnejša kratka prečna razpoka na simsu
- 25 - prečna razpoka na špaleti ob oknu
- 26 - horizontalna razpoka na parapetu balkona
- 27 - prečna razpoka na plošči balkona in luščenje opleska
- 28 - območje mrežastih razpok, nekatere razpoke med njimi so izrazitejše (vert., hor., poš.), lokalno odpada zaključni sloj
- 29 - prečna razpoka na plošči balkona
- 30 - vertikalna razpoka na fasadnem ometu
- 31 - različne kratke razpoke na špaleti ob oknu
- 32 - vertikalna razpoka na fasadnem ometu, t=0.1mm
- 32 - horizontalna razpoka na fasadnem ometu, t=0.1mm
- 33 - območje mrežastih razpok nad coklom
- 34 - območje mrežastih razpok v višini nadstreška
- 35 - razpoke nad coklom zaradi razpadanja ometa
- 36 - območje mrežastih razpok nad coklom
- 37 - horizontalna razpoka nad coklom
- 38 - vertikalna razpoka na coklu, t=0.2mm
- 39 - poškodba fasadnega ometa
- 40 - razpoke zaradi luščenja fasadnega ometa
- 41 - več kratkih razpok na špaleti nad oknom
- 42 - vertikalna razpoka na coklu, t=0.2mm
- 43 - vertikalna razpoka na coklu, t=0.2mm
- 44 - vertikalna razpoka na coklu, t=0.2mm
- 45 - vertikalna razpoka na coklu, t=0.2mm
- 46 - razpadanje ometa na coklu in fasadi zaradi vlage
- 47 - različne krajše razpoke na špaleti obeh oken
- 48 - poševna razpoka
- 49 - vertikalna razpoka
- 50 - manjše razpoke v oplesku

Temelji ( -3 ) , M 1:100

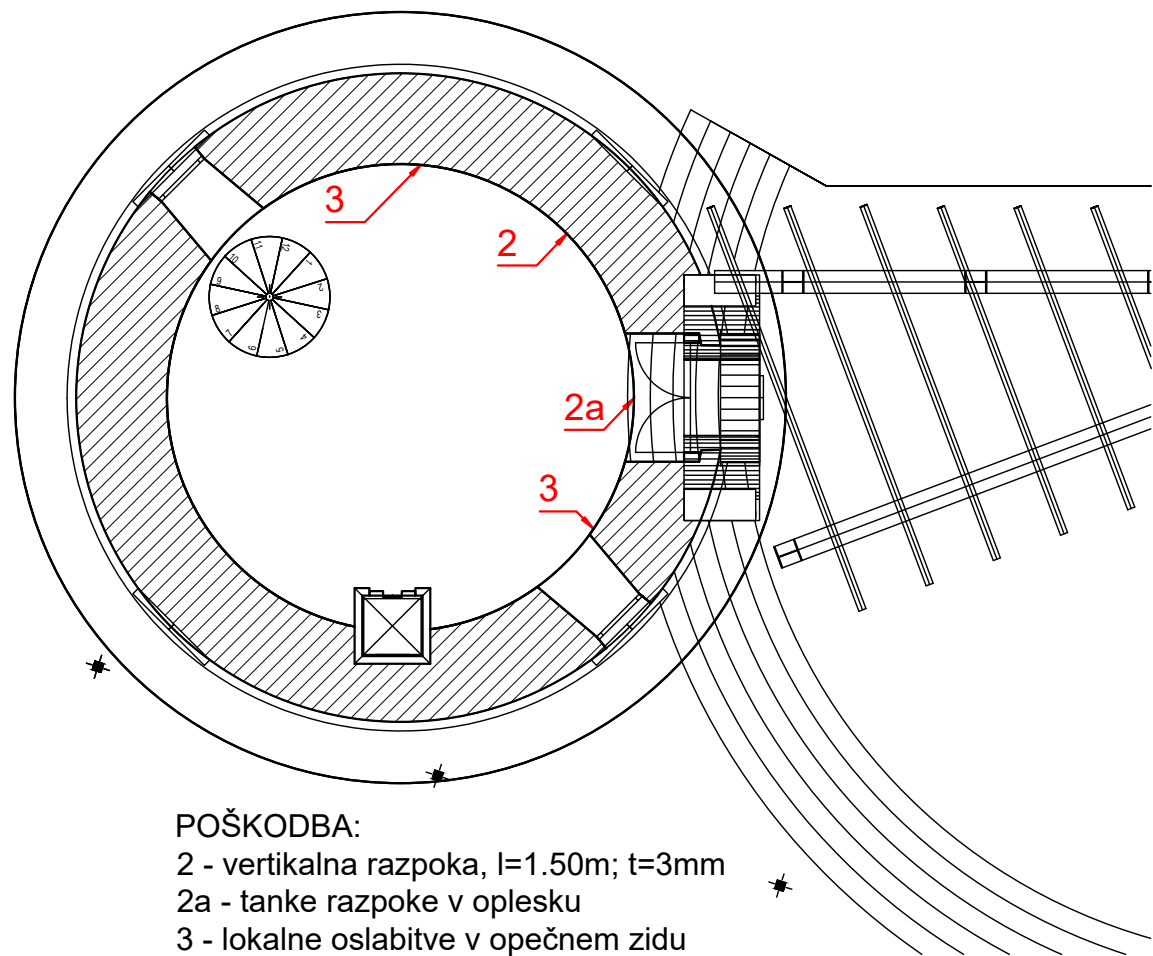


Klet ( -2 ) , M 1:100



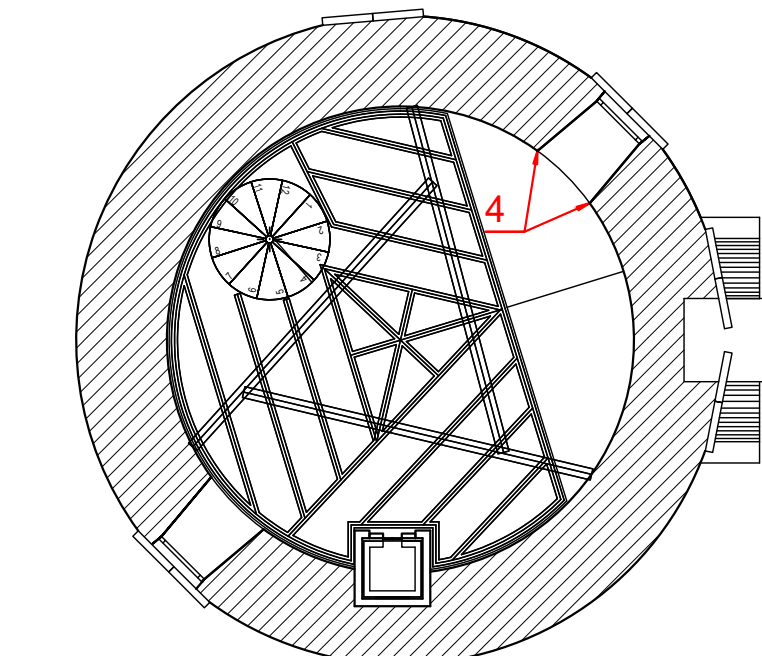
- POŠKODBA:
- 1 - sledi zamakanja na stropu, mestoma odpada omet

Pritličje ( 0 ) , M 1:100



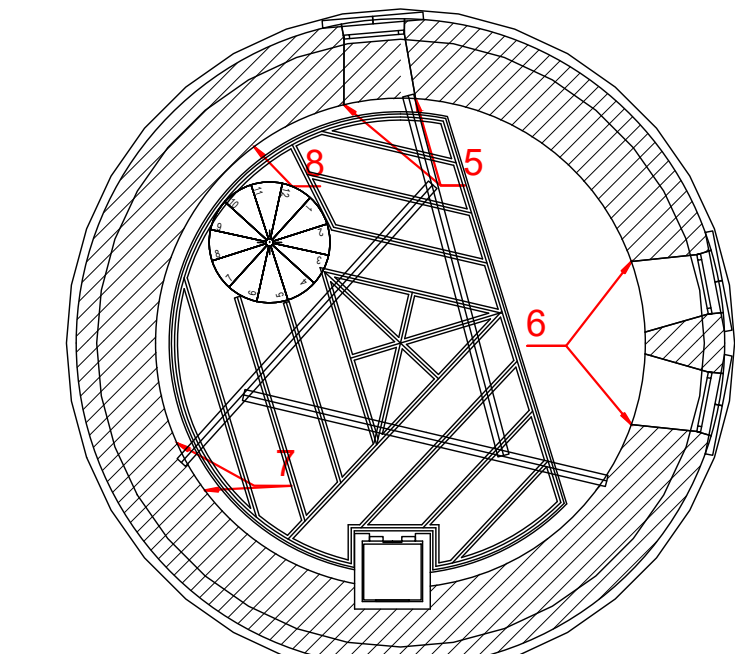
- POŠKODBA:
- 2 - vertikalna razpoka, l=1.50m; t=3mm
  - 2a - tanke razpoke v oplesku
  - 3 - lokalne oslavitve v opečnem zidu

Etaža ( +1 ) , M 1:100



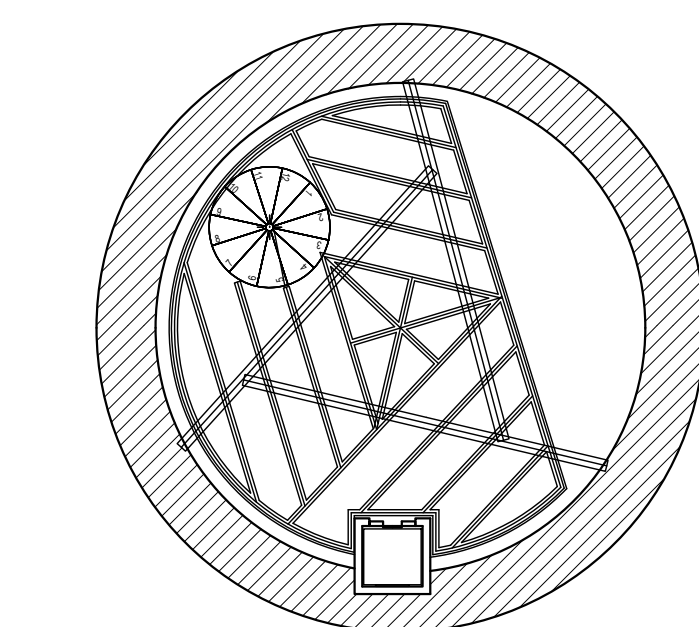
- POŠKODBA:
- 4 - vertikalni razpoki nad oknom

Etaža ( +2 ) , M 1:100

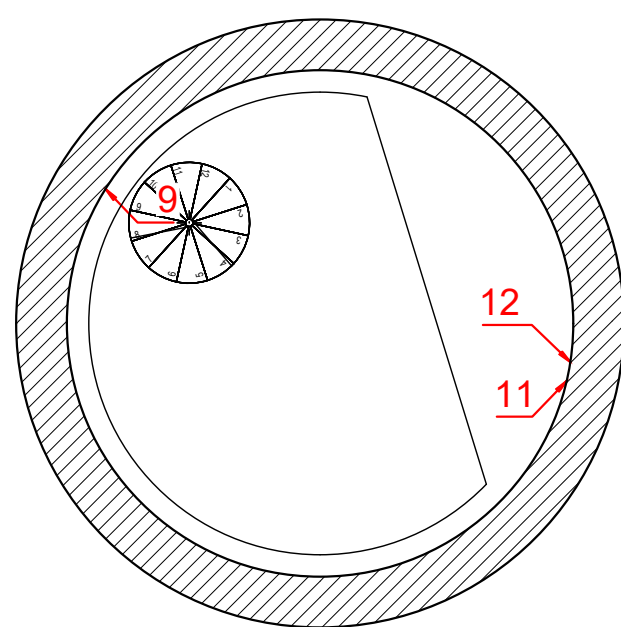


- POŠKODBA:
- 5 - poševni (stopničasti) razpoki nad oknom
  - 6 - poševni (stopničasti) razpoki nad oknom
  - 7 - poševni razpoki nad oknom
  - 8 - poševna razpoka v zidu

Etaža ( +3 ) , M 1:100

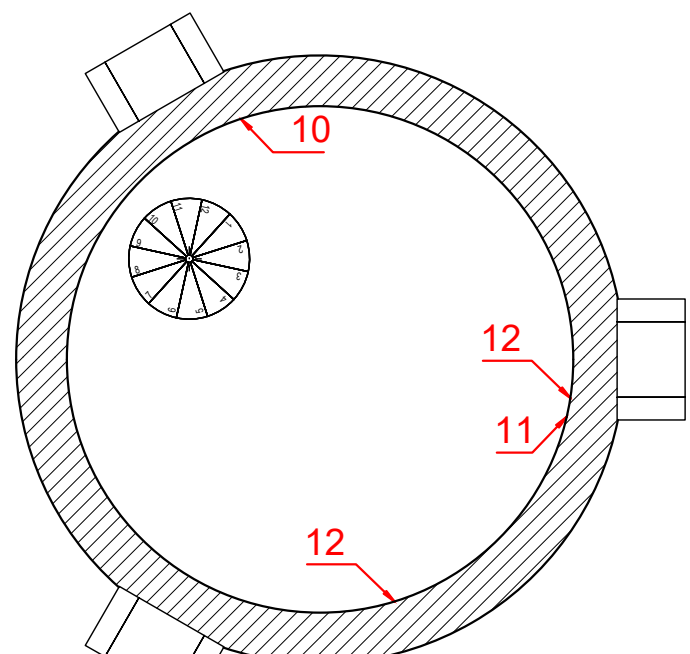


Etaža ( +4 ) , M 1:100



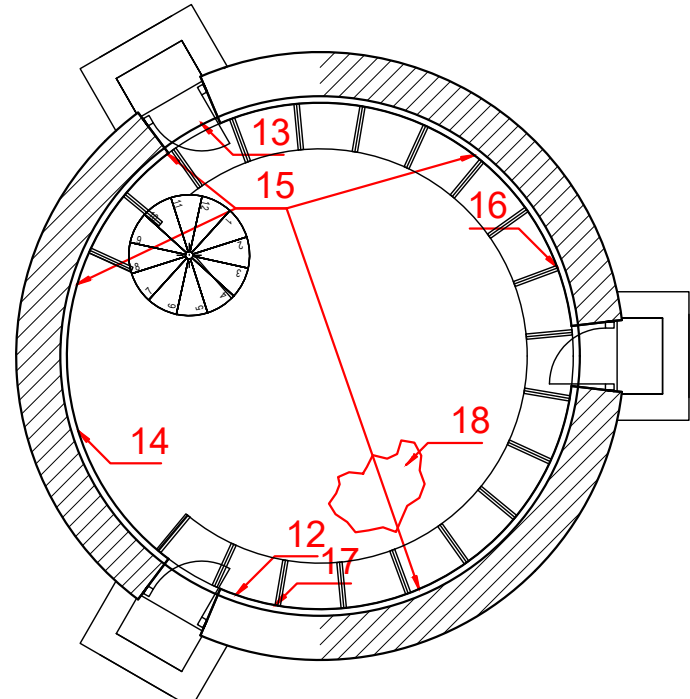
- POŠKODBA:
- 9 - vertikalna razpoka v steni
  - 11 - vertikalna razpoka po stičnih regah, t=3-4cm
  - 12 - poševna razpoka po stičnih regah, t=2-3cm (višine cca. 3 etaže in 1/2 oboda)

Etaža ( +5 ) , M 1:100



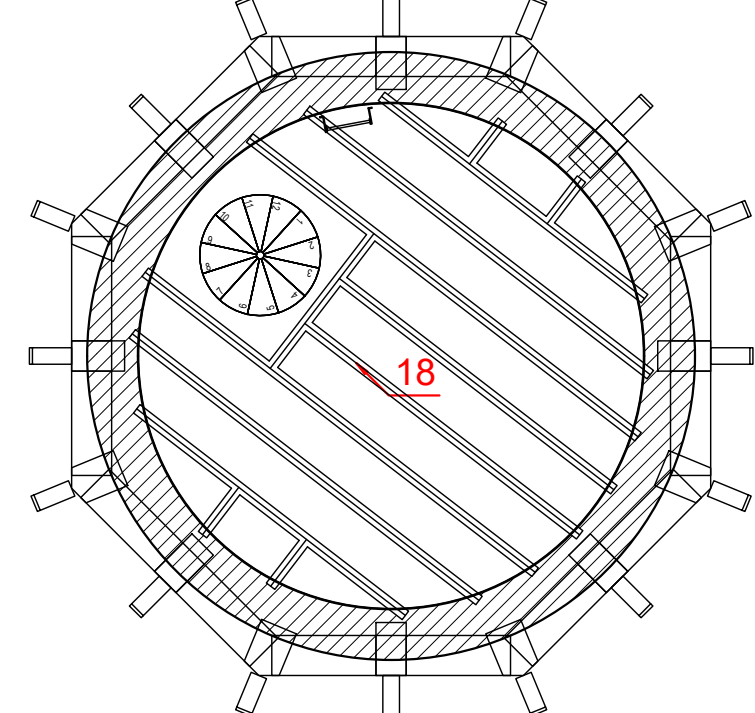
- POŠKODBA:
- 10 - odpadanje ometa praktično po vsem obodu
  - 11 - vertikalna razpoka po stičnih regah, t=3-4cm
  - 12 - poševna razpoka po stičnih regah, t=2-3cm (višine cca. 3 etaže in 1/2 oboda)

Balkoni ( +6 ) , M 1:100



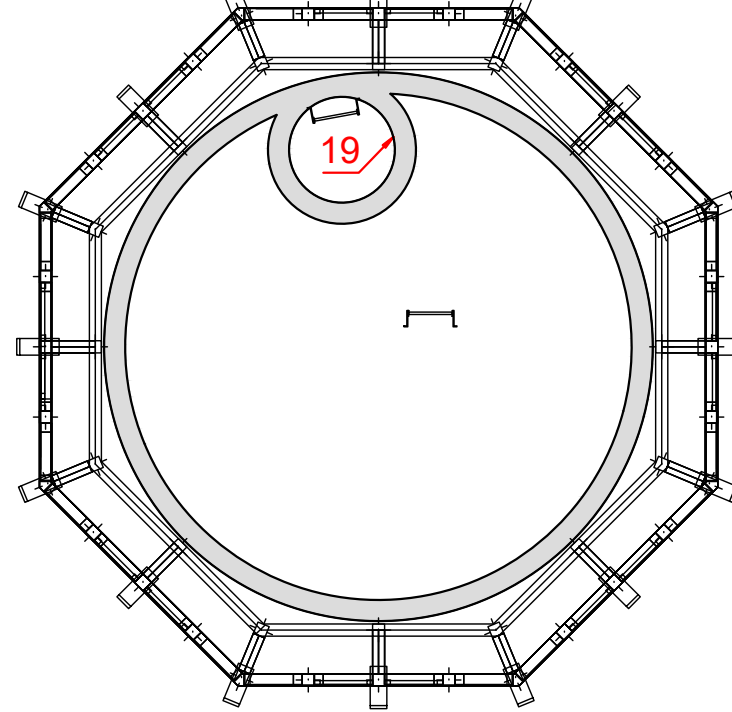
- POŠKODBA:
- 12 - poševna razpoka po stičnih regah, t=2-3cm (višine cca. 3 etaže in 1/2 oboda)
  - 13 - prečna razpoka na balkonu in pragu
  - 14 - poševna razpoka v ometu 2x 1
  - 5 - odpadanje ometa na stenah
  - 16 - poševna razpoka v steni
  - 17 - poševna razpoka v steni
  - 18 - območje vidnega zamakanja na lesenem stropu

Strop / vmesni podest ( +7 ) , M 1:100



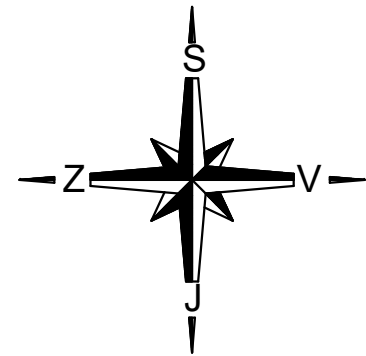
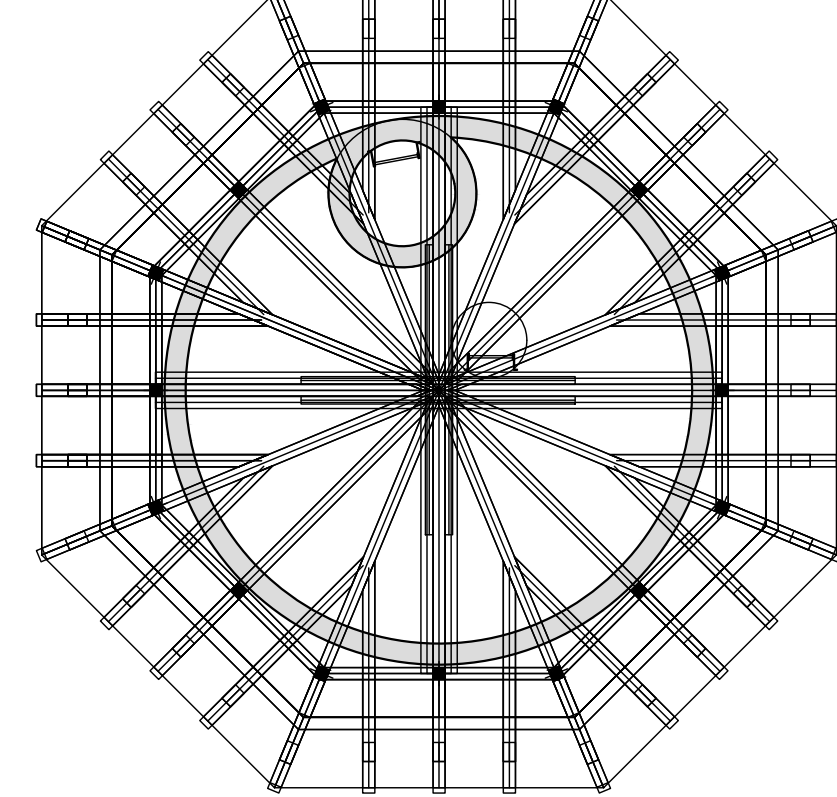
- POŠKODBA:
- 18 - v nosilcih in plošči so mestoma vidna korodirana stremena in vzdolžna armatura

Vodohram ( +8 ) , M 1:100




- POŠKODBA:
- 19 - v jašku so posamezna mesta kjer so razpoke

Ostrešje ( +9 ) , M 1:100



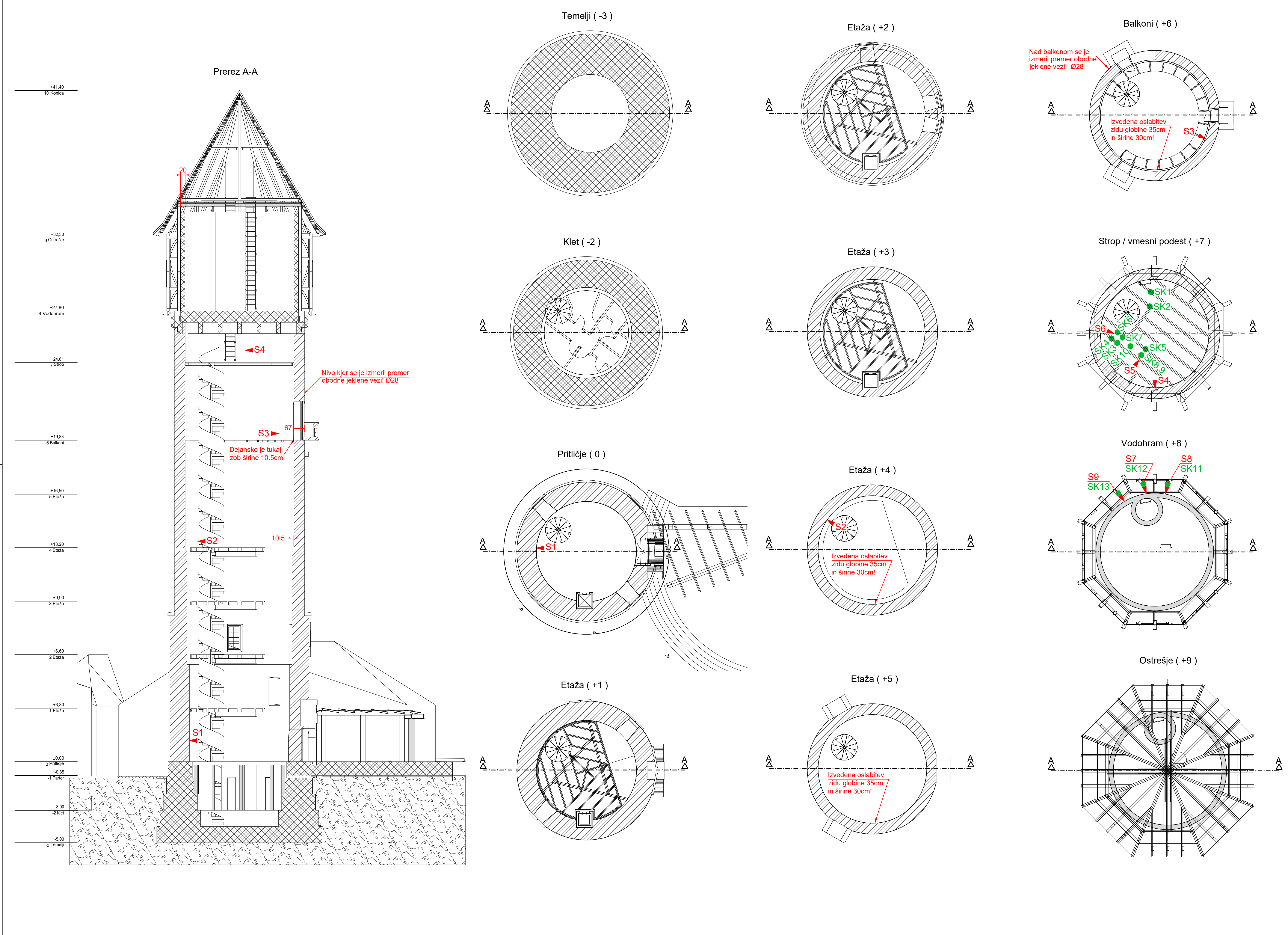
Kataster poškodb  
Fasade in tlorisi

		Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Building and Civil Engineering Institute	
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., Dimičeva 12, p.p.2554, 1000 Ljubljana, Slovenija, tel. +386 01/280 81 91			
Naročnik / investitor	Občina Brežice, Cesta prvih borcev 18, 8250 Brežice		
Objekt in lokacija objekta	Vodovodni stolp, Brežice		
Nosilec naloge	Gašper Rus, mag. inž. grad.	Št. DN 2006891	List številka
Izdajal	Branko Podgornik, dipl. inž. grad.	Datum sept. 2020	4.1



**PRILOGA 5**  
**Mesta meritev in ugotovitve preiskovalnih sond**





S-1 -Sonda na steni

- višina sonde 27cm, širina 22cm, globina 29cm
- zidovje iz polnih opečnih zidakov
- dobra zapolnjenost stičnih reg z malto
- odvzem vzorca zidaka in malte
- zidak normalnega formata
- zidak dim. 28.3/13.3/6.5cm
- malta dobre kvalitete

S-2 -Sonda na steni

- višina sonde 14cm, širina 31cm, globina 13cm
- zidovje iz polnih opečnih zidakov
- dobra zapolnjenost stičnih reg z malto
- odvzem vzorca zidaka in malte
- zidak normalnega formata
- zidak dim. 28.5/13.5/6.0cm
- malta dobre kvalitete

S-3 -Sonda na steni

- višina sonde 15.5cm, širina 35cm, globina 14cm
- zidovje iz polnih opečnih zidakov
- dobra zapolnjenost stičnih reg z malto
- odvzem vzorca zidaka in malte
- zidak normalnega formata
- zidak dim. 28.4/13.0/7.0cm
- malta dobre kvalitete

S-4 -Sonda na steni

- višina sonde 16.0cm, širina 29cm, globina 14cm
- zidovje iz polnih opečnih zidakov
- dobra zapolnjenost stičnih reg z malto
- odvzem vzorca zidaka in malte
- zidak normalnega formata
- zidak dim. 29.0/13.5/6.5cm
- malta dobre kvalitete

S-5 -Sonda na nosilcu

M 1:10

GA Ø7/24cm

GA Ø7/31cm

GA Ø18.5

GA Ø20

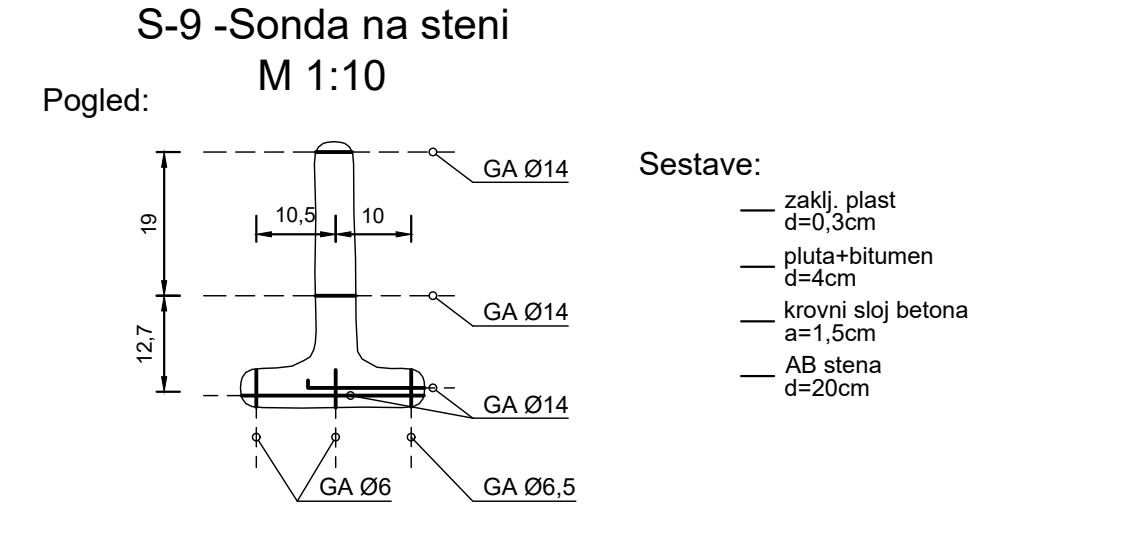
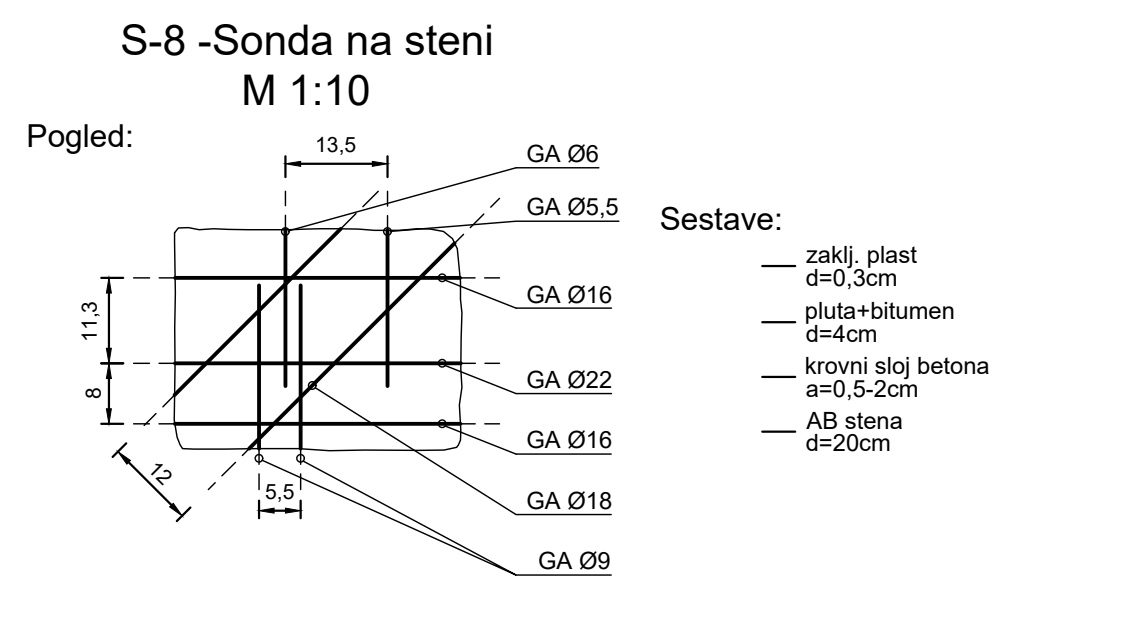
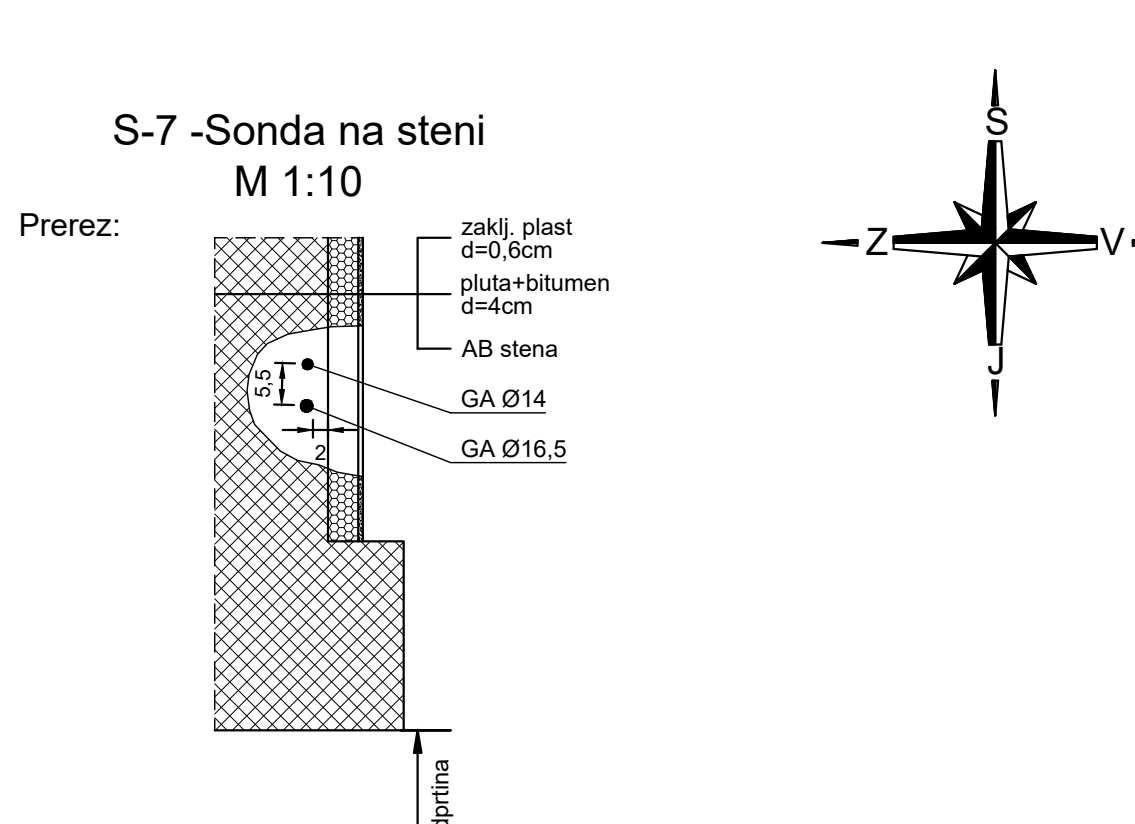
S-6 -Sonda na plošči

M 1:10

GA Ø7/16.5cm

GA Ø7

GA 207/25cm




Legenda:

- Si -Mesto stenske sonde
- SKI -Mesto sklerometriranja

Mesta meritev in ugotovitve preiskovalnih sond

Prereza in toris , M 1:100

		Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Building and Civil Engineering Institute	
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., Dimičeva 12, p.p.2554, 1000 Ljubljana, Slovenija, tel. +386 01/280 81 91			
Naročnik / investitor	Občina Brežice, Cesta prvih borcev 18, 8250 Brežice		
Objekt in lokacija objekta	Vodovodni stolp, Brežice		
Nosilec naloge	Gašper Rus, mag. inž. grad.	Št. DN 2006891	List številka
Izdajal	Branko Podgornik, dipl. inž. grad.	Datum sept. 2020	5.1