

## VSEBINA PRILOGE

<b>1.</b>	<b>SEIZMIČNA ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA.....</b>	<b>2</b>
1.1.	KRATEK OPIS RAČUNSKE METODE .....	2
1.2.	MATERIALNE KARAKTERISTIKE .....	2
1.2.1.	Karakteristike zidovja .....	2
1.2.2.	Ostale materialne karakteristike .....	3
1.3.	VERTIKALNI VPLIVI NA KONSTRUKCIJO .....	3
1.3.1.	Lastna in stalna obtežba .....	3
1.3.2.	Koristna obtežba .....	3
1.4.	HORIZONTALNI VPLIVI NA KONSTRUKCIJO.....	3
1.4.1.	Obtežna kombinacija .....	3
1.4.2.	Potresna obtežba za določitev ciljnih pomikov .....	4
1.5.	RAČUNSKA ANALIZA .....	4
1.5.1.	Splošno .....	4
1.5.2.	Upoštevana odpornost zidovja .....	5
1.6.	IDEALIZIRAN RAČUNSKI MODEL .....	5
1.6.1.	Glavni objekt .....	5
1.6.2.	Razgledni stolp .....	6
1.6.3.	Vstopni objekt .....	8
1.6.4.	Pomožni objekt (garaža).....	9
1.7.	REZULTATI SEIZMIČNE ANALIZE OBSTOJEČEGA STANJA.....	10
1.7.1.	Bistveni rezultati analize glavnega objekta .....	11
1.7.2.	Bistveni rezultati analize razglednega stolpa.....	16
1.7.3.	Bistveni rezultati analize vstopnega objekta.....	19
1.7.4.	Bistveni rezultati analize pomožnega objekta (garaža) .....	22
<b>2.</b>	<b>SEIZMIČNA ANALIZA UTRJENEGA OBJEKTA .....</b>	<b>27</b>
2.1.	OPIS OJAČITVENIH POSEGOV .....	27
2.1.1.	Glavni objekt .....	27
2.1.2.	Razgledni stolp .....	27
2.1.3.	Vstopni objekta .....	28
2.2.	RAČUNSKO UPOŠTEVANI OJAČITVENI POSEGI.....	29
2.3.	REZULTATI SEIZMIČNE ANALIZE UTRJENEGA STANJA.....	30
2.3.1.	Bistveni rezultati analize utrjenega stanja glavnega objekta .....	30
2.3.2.	Bistveni rezultati analize utrjenega stanja razglednega stolpa – 1. varianta .....	35
2.3.3.	Bistveni rezultati analize utrjenega stanja razglednega stolpa – 2. varianta .....	38
2.3.4.	Bistveni rezultati analize utrjenega stanja vstopnega objekta .....	41
2.4.	POVZETEK REZULTATOV .....	44

# 1. SEIZMIČNA ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

---

## 1.1. Kratek opis računske metode

Seizmično analizo objekta smo izvedli z nelinearno statično oz. potisno analizo. Tekom analize konstrukciji postopno povečujemo horizontalne obremenitve, s pomočjo vsiljevanja horizontalnih pomikov. S tem poenostavljeno simuliramo delovanje potresa. Rezultat analize so krivulje skupne prečne sile objekta v odvisnosti od horizontalnega pomika masnih središč vrhnje etaže. Dobljene krivulje imenujemo tudi potisne krivulje, ang. »*pushover curves*«. Le-te nato idealiziramo v bi-linearne diagrame, ki podajo bistvene informacije o mejnih nosilnostih in pomikih oziroma duktilnosti konstrukcije. Glede na dosežen padec maksimalne skupne prečne sile za 20 % ali presežene vrednosti dovoljenih povprečnih zasukov posameznih etaž določimo mejni pomik  $d_m$ . Pri 70 % maksimalne prečne sile se določi efektivna togost idealizirane krivulje. S kriterijem enakosti vnesene energije potisne krivulje in bi-linearne idealizacije pa se nato določita še elastični pomik  $d_e$  in idealizirana nosilnost  $F_y$ . Bi-linearna krivulja odziva konstrukcije se primerja s potresnimi zahtevami v AD formatu za sistem z eno prostostno stopnjo. Primerja se bodisi mejne dosežene pomike s ciljnimi, bodisi maksimalne pospeške, ki jih konstrukcija lahko prenese, s projektnimi. Za različne točke na potisni krivulji se kontrolira stanje poškodb na konstrukciji.

## 1.2. Materialne karakteristike

### 1.2.1. Karakteristike zidovja

Spodaj podajamo, ocenjene materialne karakteristike zidovja, ki smo jih upoštevali v seizmični analizi. Trdnostne karakteristike se v analizi naknadno reducirajo s faktorjem zaupanja  $CF_{KL2} = 1,2$ , zaradi omejenega oz. srednjega nivoja poznavanja nosilne konstrukcije.

Opečno zidovje:

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| • prostorninska teža zidov       | $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ |
| • povprečna tlačna trdnost zidov | $f_m = 2,5 \text{ MPa}$      |
| • strižna trdnost zidov          | $\tau_0 = 0,080 \text{ MPa}$ |
| • elastični modul                | $E = 1000 \text{ MPa}$       |
| • strižni modul                  | $G = 120 \text{ MPa}$        |

Betonsko zidovje:

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| • prostorninska teža zidov       | $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ |
| • povprečna tlačna trdnost zidov | $f_m = 4,0 \text{ MPa}$      |
| • strižna trdnost zidov          | $\tau_0 = 0,180 \text{ MPa}$ |
| • elastični modul                | $E = 6000 \text{ MPa}$       |
| • strižni modul                  | $G = 600 \text{ MPa}$        |
-

### 1.2.2. Ostale materialne karakteristike

S pomočjo preiskav nosilne konstrukcije in različnih merenj, smo ocenili karakteristike vgrajenih materialov. V analizi smo za armiranobetonske elemente nosilne konstrukcije upoštevali trdnostni razred betona C16/20. Kvaliteto jeklenih elementov smo ocenili s trdnostnim razredom S235, lesenih pa s trdnostnim razredom C24.

## 1.3. Vertikalni vplivi na konstrukcijo

### 1.3.1. Lastna in stalna obtežba

Pri določevanju lastnih in stalnih ploskovnih obtežb medetažnih konstrukcij, smo upoštevali povprečne vrednosti dimenzij posameznih sestavnih delov in njihovih razmikov, ugotovljenih s pomočjo preiskav nosilne konstrukcije. V analizi upoštevane vsote lastnih in stalnih obtežb so naslednje:

- |                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| • terasa (streha) | $g = 6,50 \text{ kN/m}^2$ |
| • streha          | $g = 2,50 \text{ kN/m}^2$ |
| • sovprežen strop | $g = 3,50 \text{ kN/m}^2$ |
| • lesen strop     | $g = 1,10 \text{ kN/m}^2$ |
| • podest (stolp)  | $g = 2,50 \text{ kN/m}^2$ |

### 1.3.2. Koristna obtežba

Na podlagi veljavnega standarda SIST EN 1991-1-1, upoštevamo koristno obtežbo v vrednosti  $2 \text{ kN/m}^2$  na vseh medetažah. Na zadnji etaži (streha) in na vseh etažnih ploščah razglednega stolpa pa upoštevamo vrednost  $0,4 \text{ kN/m}^2$  – servisna obtežba. Za primer ojačanega stanja nosilne konstrukcije pa tudi na strešni terasi glavnega objekta in na etažnih ploščah razglednega stolpa upoštevamo koristno obtežbo v vrednosti  $2 \text{ kN/m}^2$ .

## 1.4. Horizontalni vplivi na konstrukcijo

### 1.4.1. Obtežna kombinacija

Za določitev potresnega vpliva je upoštevana naslednja kombinacija vplivov:

$$\sum G_{kj} \quad "+" \quad \sum \psi_{Ei} \cdot Q_{ki},$$

kjer je:

$G_{kj}$  - karakteristična vrednost stalnega vpliva  $j$ ,

$Q_{ki}$  - karakteristična vrednost spremenljivega vpliva  $i$ ,

$\psi_{Ei}$  - kombinacijski koeficient za spremenljiv vpliv  $i$  (določimo ga s spodnjim izrazom):

$$\psi_{Ei} = \varphi \cdot \psi_{2i}$$

V seizmični analizi za obravnavan primer upoštevamo  $\varphi = 0,5$  in  $\psi_2 = 0,30$  oz.  $\psi_2 = 0$  (servisna obtežba).

### 1.4.2. Potresna obtežba za določitev ciljnih pomikov

Za določitev ciljnih pomikov konstrukcije upoštevamo spodnje vrednosti:

- referenčna vrednost projektnega pospeška tal  $a_{gR} = 0,175 \cdot g$
- koeficient vpliva zemljine (tip tal A)  $S = 1,0$
- faktor pomembnosti (razred III)  $\gamma_I = 1,2$

Pri tem se elastični spekter odziva za pospeške določi po spodnjih izrazih:

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right],$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2,5}{q},$$

$$T_C \leq T \leq T_D: \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right],$$

$$T_D \leq T: \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right].$$

Kjer je:

$a_g$  - projektni pospešek za tip tal A ( $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$ ),

$T$  - nihajni čas linearne sistema z eno prostostno stopnjo,

$T_B$  - spodnja meja nihajnega časa na območju konstantne vrednosti pospeška,

$T_C$  - zgornja meja nihajnega časa na območju konstantne vrednosti pospeška,

$T_D$  - meja pri kateri se začne območje konstantne vrednosti spektralnega pomika,

$\eta$  - faktor za korekcijo vpliva dušenja z referenčno vrednostjo  $\eta = 1$  pri 5 % viskozemu dušenju.

Elastični spekter odziva za pomike  $S_{de}(T)$  pa je določen z direktno transformacijo elastičnega spektra odziva za pospeške:

$$S_{de}(T) = S_e(T) \cdot \frac{T^2}{4\pi^2}.$$

## 1.5. Računska analiza

### 1.5.1. Splošno

Seizmično analizo smo izvedli s pomočjo programa 3Muri (verzija 10.0.1.3), ki je specializiran za oceno potresne odpornosti zidanih stavb. S programom smo modelirali idealiziran

tridimenzionalni računski model objekta, ki sestoji iz ekvivalentnih okvirjev iz t. i. makro končnih elementov.

### 1.5.2. Upoštevana odpornost zidovja

Strižno odpornost zidovja določimo s Turnšek-Čačovičovo enačbo (1), medtem ko upogibno odpornost določimo po izrazu (2).

$$V_u = A_w \frac{f_{Mt}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{Mt}}} \quad (1)$$

$$M_u = \frac{(\sigma_0 A_w) l_w}{2} \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0.85 f_{Mc}} \right) \quad (2)$$

$V_u$  - strižna nosilnost pri diagonalnem strižnem mehanizmu,

$A_w$  - prečni prerez zidu,

$f_t$  - natezna trdnost zidu,

$\sigma_0$  - vertikalna obremenitev zidu,

$b$  - koeficient, ki zajema vpliv razporeditve strižnih napetosti,

$M_u$  - mejni moment pri upogibnem mehanizmu zidu,

$l$  - dolžina zidu,

$f_c$  - tlačna trdnost zidu.

Za določitev elasto-plastične krivulje obnašanja zidov so predpostavljeni mejni zasuki zidov in sicer 0,004 za strižni mehanizem in 0,006  $h_0/l$  za upogibni mehanizem, pri čemer je  $h_0$  višina zidov od prereza z maksimalnim momentom do ničelne momentne točke in  $l$  dolžina zidov.

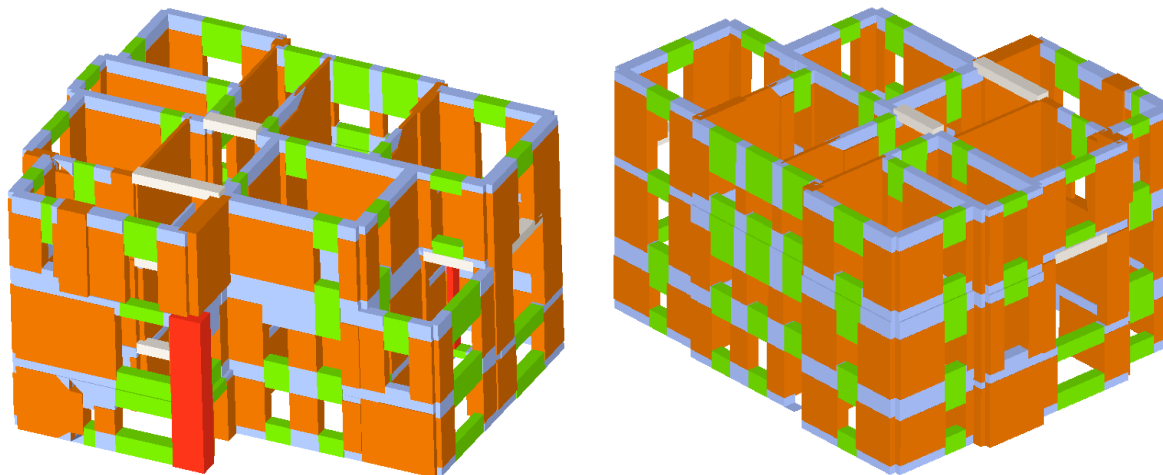
## 1.6. Idealiziran računski model

Računski model smo ustvarili na podlagi pridobljenega arhitekturnega posnetka ter ugotovitev iz preiskav nosilne konstrukcije. V analizi smo obravnavali nosilno konstrukcijo, ki je nad kletno etažo. Za potrebe analize konstrukcije razglednega stolpa smo ustvarili ločen računski model, sicer pa smo v okviru analize glavnega objekta stolp upoštevali kot nadomestno linijsko obtežbo.

### 1.6.1. Glavni objekt

Medetažne plošče smo modelirali, kot sovprežne, nosilne v eni smeri. V območju stopnišča smo stopniščne rame in podeste poenostavljeno upoštevali, kot polno ploščo v nivoju etaže. Stalno obtežbo ostrešja in kritine smo poenostavljeno prišteli k vrednosti površinske obtežbe zadnje etažne plošče. Stene, katere ne potekajo kontinuirano po višini smo v analizi zajeli z nanosom linijske obtežbe na istem mestu. Prav tako smo preko nadomestne linijske obtežbe upoštevali prispevek balkonov, predelnih sten in manjših stolpičev. V primeru stene, ki je debeline manj kot 15 cm, le-to ne smatramo kot del nosilne konstrukcije, temveč kot predelno steno. Ker je kletna etaža v veliki meri obdana z zemljino je v analizi nismo upoštevali –

modelirali smo konstrukcijo od kleti navzgor. Zidovje analiziramo kot zidovje brez horizontalne vezi, saj se je s pomočjo preiskav izkazalo, da ni povsod vgrajena.



Slika 1: Grafični prikaz idealiziranega računskega modela glavnega objekta v tridimenzionalni obliki

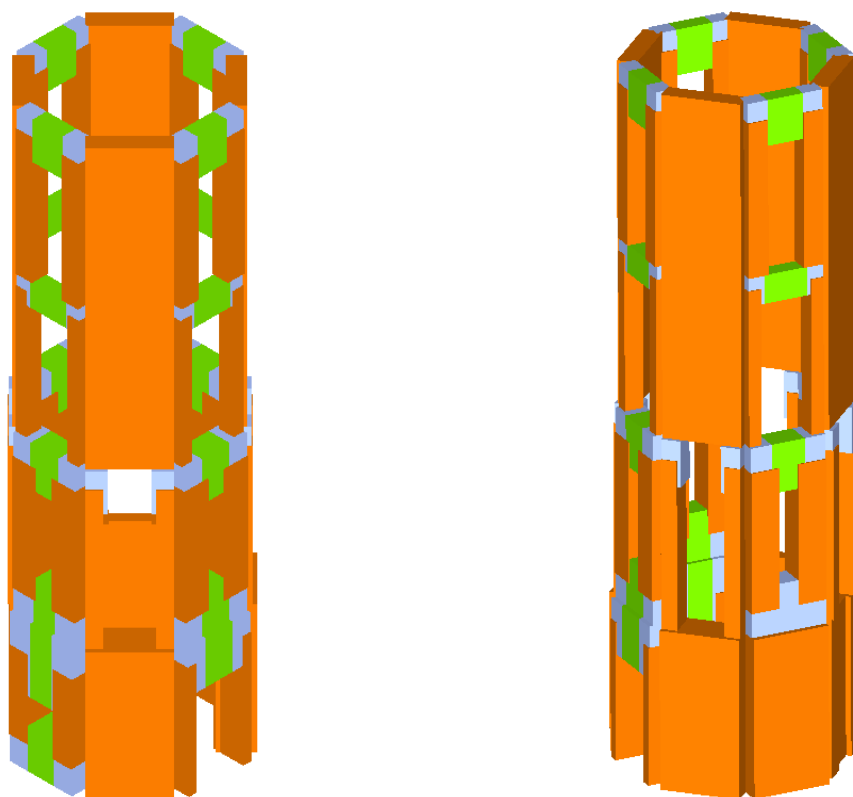
Preglednica 1: Seznam vseh 24 potisnih analiz, upoštevana ekscentričnost, pozicija kontrolne točke

No.	Earthquake direction	Uniform pattern of lateral load	Eccentricity [mm]	Level	Node
1	+X	Masses	0	3	91
2	+X	First mode	0	3	91
3	-X	Masses	0	3	91
4	-X	First mode	0	3	91
5	+Y	Masses	0	3	91
6	+Y	First mode	0	3	91
7	-Y	Masses	0	3	91
8	-Y	First mode	0	3	91
9	+X	Masses	827	3	91
10	+X	Masses	-827	3	91
11	+X	First mode	827	3	91
12	+X	First mode	-827	3	91
13	-X	Masses	827	3	91
14	-X	Masses	-827	3	91
15	-X	First mode	827	3	91
16	-X	First mode	-827	3	91
17	+Y	Masses	996	3	91
18	+Y	Masses	-996	3	91
19	+Y	First mode	996	3	91
20	+Y	First mode	-996	3	91
21	-Y	Masses	996	3	91
22	-Y	Masses	-996	3	91
23	-Y	First mode	996	3	91
24	-Y	First mode	-996	3	91

### 1.6.2. Razgledni stolp

Razgledni stolp smo zaradi omejitev programskega orodja 3Muri analizirali ločeno. Etažne plošče smo upoštevali kot toge v svoji ravnini. Odprtine v etažnih ploščah stolpiča, ki so

namenjene vertikalni komunikaciji upoštevamo poenostavljeno, preko sorazmernega zmanjšanja ploskovne obtežbe. Obtežbo betonske kupole in balkonov smo upoštevali z nanosom nadomestne linijske obtežbe.



Slika 2: Grafični prikaz idealiziranega računskega modela razglednega stolpa v tridimenzionalni obliki

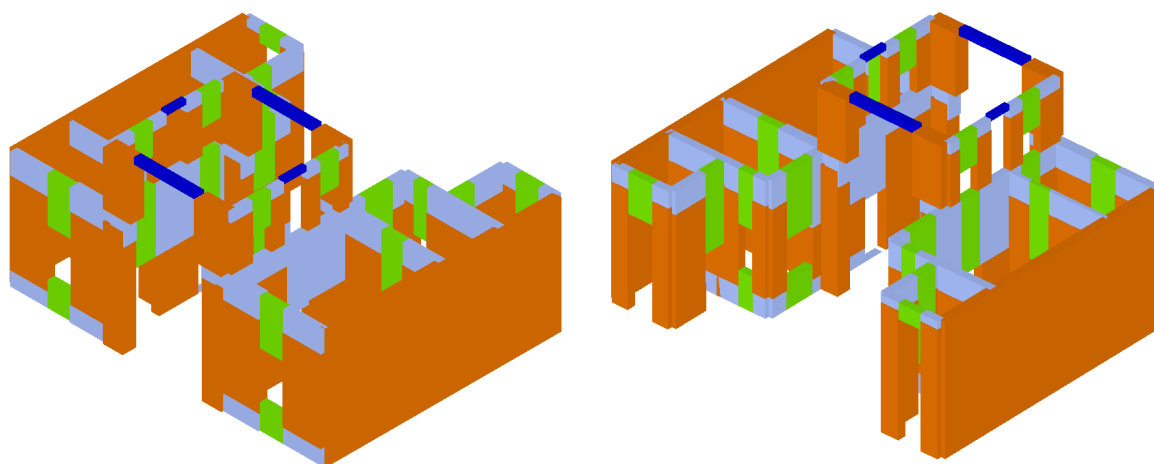
Preglednica 2: Seznam vseh 24 potisnih analiz, upoštevana ekscentričnost, pozicija kontrolne točke

No.	Earthquake direction	Uniform pattern of lateral load	Eccentricity [mm]	Level	Node
1	+X	Masses	0	4	10
2	+X	First mode	0	4	10
3	-X	Masses	0	4	10
4	-X	First mode	0	4	10
5	+Y	Masses	0	4	10
6	+Y	First mode	0	4	10
7	-Y	Masses	0	4	10
8	-Y	First mode	0	4	10
9	+X	Masses	163	4	10
10	+X	Masses	-163	4	10
11	+X	First mode	163	4	10
12	+X	First mode	-163	4	10
13	-X	Masses	163	4	10
14	-X	Masses	-163	4	10
15	-X	First mode	163	4	10
16	-X	First mode	-163	4	10
17	+Y	Masses	163	4	10
18	+Y	Masses	-163	4	10
19	+Y	First mode	163	4	10

20	+Y	First mode	-163	4	10
21	-Y	Masses	163	4	10
22	-Y	Masses	-163	4	10
23	-Y	First mode	163	4	10
24	-Y	First mode	-163	4	10

### 1.6.3. Vstopni objekt

Pri modeliranju nosilne konstrukcije vstopnega objekta smo uporabili predpostavko, da višinski koti ravne strehe in stropa nad pritličjem osrednjega dela objekta sovpadata. Medetažno konstrukcijo pri stopniščih smo zanemarili. Na mestih, kjer sta odprtini ena nad drugo, smo ju v računskem modelu poenostavljeno zajeli kot skupno odprtino v zidovju. Kontrolno točko za spremljanje pomikov konstrukcije smo postavili v višino stropa nad pritličjem in ne na stropno konstrukcijo nadstropja, saj se vrh lahkega nadzidka praviloma ne uporablja za spremljanje kontrolnega pomika.



Slika 3: Grafični prikaz idealiziranega računskega modela vstopnega objekta v tridimenzionalni obliki

Preglednica 3: Seznam vseh 24 potisnih analiz, upoštevana ekscentričnost, pozicija kontrolne točke

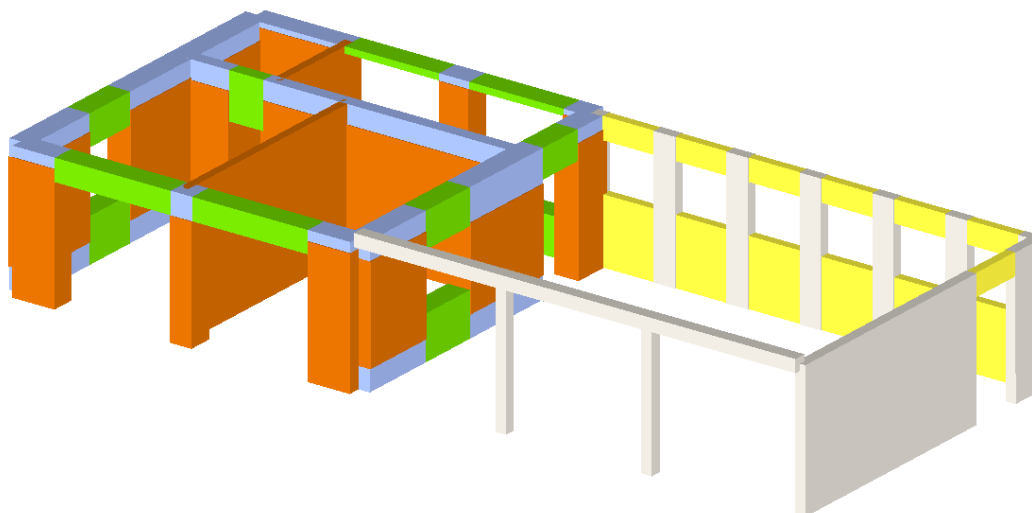
No.	Earthquake direction	Uniform pattern of lateral load	Eccentricity [mm]	Level	Node
1	+X	Masses	0	1	41
2	+X	First mode	0	1	41
3	-X	Masses	0	1	41
4	-X	First mode	0	1	41
5	+Y	Masses	0	1	41
6	+Y	First mode	0	1	41
7	-Y	Masses	0	1	41
8	-Y	First mode	0	1	41
9	+X	Masses	498	1	41
10	+X	Masses	-498	1	41
11	+X	First mode	498	1	41
12	+X	First mode	-498	1	41
13	-X	Masses	498	1	41
14	-X	Masses	-498	1	41



15	-X	First mode	498	1	41
16	-X	First mode	-498	1	41
17	+Y	Masses	665	1	41
18	+Y	Masses	-665	1	41
19	+Y	First mode	665	1	41
20	+Y	First mode	-665	1	41
21	-Y	Masses	665	1	41
22	-Y	Masses	-665	1	41
23	-Y	First mode	665	1	41
24	-Y	First mode	-665	1	41

#### 1.6.4. Pomožni objekt (garaža)

Večjih posebnosti v računskem modelu ni bilo. Pri armiranobetonskih elementih smo predpostavili količino vgrajene armature. Ocenjujemo, da omenjena predpostavka bistveno ne vpliva na rezultate seizmične analize.



Slika 4: Grafični prikaz idealiziranega računskega modela pomožnega objekta v tridimenzionalni obliki

Preglednica 4: Seznam vseh 24 potisnih analiz, upoštevana ekscentričnost, pozicija kontrolne točke

No.	Earthquake direction	Uniform pattern of lateral load	Eccentricity [mm]	Level	Node
1	+X	Masses	0	1	16
2	+X	First mode	0	1	16
3	-X	Masses	0	1	16
4	-X	First mode	0	1	16
5	+Y	Masses	0	1	16
6	+Y	First mode	0	1	16
7	-Y	Masses	0	1	16
8	-Y	First mode	0	1	16
9	+X	Masses	378	1	16
10	+X	Masses	-378	1	16
11	+X	First mode	378	1	16
12	+X	First mode	-378	1	16

13	-X	Masses	378	1	16
14	-X	Masses	-378	1	16
15	-X	First mode	378	1	16
16	-X	First mode	-378	1	16
17	+Y	Masses	909	1	16
18	+Y	Masses	-909	1	16
19	+Y	First mode	909	1	16
20	+Y	First mode	-909	1	16
21	-Y	Masses	909	1	16
22	-Y	Masses	-909	1	16
23	-Y	First mode	909	1	16
24	-Y	First mode	-909	1	16

## 1.7. Rezultati seizmične analize obstoječega stanja

V nadaljevanju prikazujemo rezultate seizmične analize. Potresna odpornost je za posamezno stanje objekta analizirana za 24 primerov potresne obtežbe (pozitivna in negativna prečna (X) ter vzdolžna (Y) smer obremenjevanja, brez ekscentričnosti mase in z upoštevanjem 5 % ekscentričnosti mase v obeh smereh, masna in modalna porazdelitev sil). Za polovico primerov potresna obtežba sledi enakomerni razporeditvi, kjer je vodoravna obtežba sorazmerna masam (masna porazdelitev). Pri drugi polovici primerov pa je vodoravna obtežba sorazmerna vodoravnim silam, določenim z elastično analizo (modalna porazdelitev).

### Pushover analysis

In order to perform the required checks for the building in question, non-linear static analysis was performed [Eurocode 8 - p. 4.3.3.4.2.]. The requested checks involve a comparison between the capacity curves found for the various prescribed conditions with the displacement request required by the code. The capacity curve is identified through a diagram showing maximum displacement-shear at the base. According to the indications in the code [Eurocode 8 - p. 4.3.3.4.2.2], there are two types of load conditions that must be examined:

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i}$$

Distribution of forces proportional to the masses:

Distribution of forces proportional to the product of the masses for the deformation corresponding to the first vibration mode. In this way, the value for the maximum displacement at the base of the building generated by the distribution of forces is calculated. This displacement value constitutes the ultimate value for the building. The displacement examined for tracing the capacity curve is the the point of the building called the control node. Code requires that tracing of a bi-linear capacity curve for an equivalent system (SDOF). The determination of the curve relative to the equivalent system allows determination of the period in which the maximum displacement requested by the earthquake to be found, according to the spectrums found in the code [EC8 3.2.2.2]. Code [Eurocode 8 - p.4.3.2] defines the accidental eccentricity for the centre of the masses as equal to 5% of the maximum dimensions of the building in the direction perpendicular to the earthquake. Based on building typology and the design choices made, it is possible to choose to the seismic load conditions to be examined: Seismic load: Identifies which of the two distribution typologies will be examined. (proportional to the mass or first mode). Direction: Identifies the direction in which the structure is loaded (X or Y of the overall system) by the seismic load. In order to identify the gravest seismic load condition, individual analyses were performed for load typology, seismic direction, and for possible accidental eccentricity.

## Results

According to code, two different checks must be performed:

Ultimate Limit State (ULS):

$$D_{\max} \leq D_u$$

D<sub>max</sub>: Maximum displacement requested by the code identified in the elastic spectrum.

D<sub>u</sub>: Maximum displacement offered by the structure.

$$q^* < q^*_{\lim}$$

q\*: the ratio between the elastic response force and the yield force of the equivalent system.

Damage limit state (DLS):

$$D_{\max}^{SLD} \leq D_d$$

$$D_{\max}^{SLD}$$

: Maximum displacement requested by the code, calculated as for D<sub>max</sub> assuming ag[DLS].

D<sub>d</sub>: Maximum displacement at DLS, corresponding with the minimum value between the maximum shear and that which causes the maximum level drift value to be exceeded.

The parameter (alpha)<sub>u</sub> is considered to be an indicator of the risk of collapse, while the parameter (alpha)<sub>e</sub> is an indicator of the unfitness risk for the structure. These parameters are computed as follows:

ULSPGA: estimated acceleration for severe damage

(alpha)<sub>u</sub>= ULSPGA / PGA

DLSPGA: estimated acceleration for light damage

(alpha)<sub>e</sub>= DLSPGA / PGA

### 1.7.1. Bistveni rezultati analize glavnega objekta

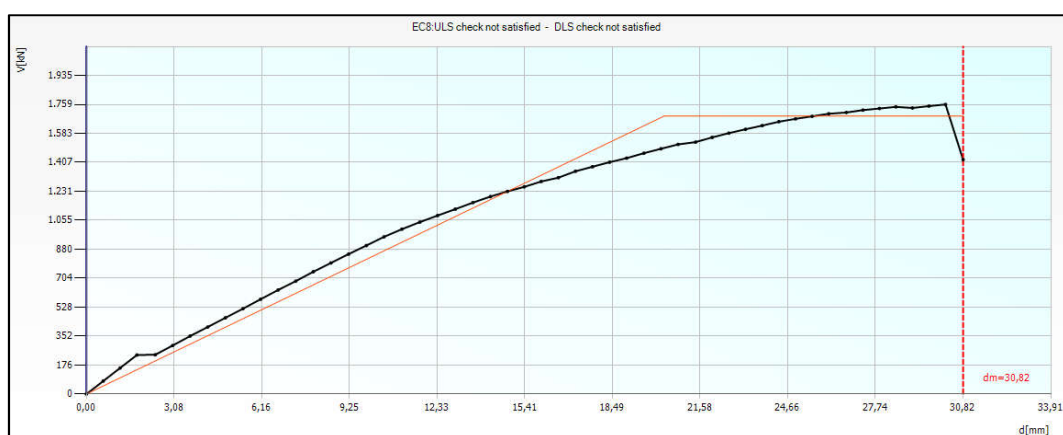
Merodajni primer za globalno smer X je analiza pod zaporedno številko 4, merodajni primer za globalno smer Y pa je analiza pod zaporedno številko 24.

*Preglednica 5: Rezultati potresne analize obstoječega stanja*

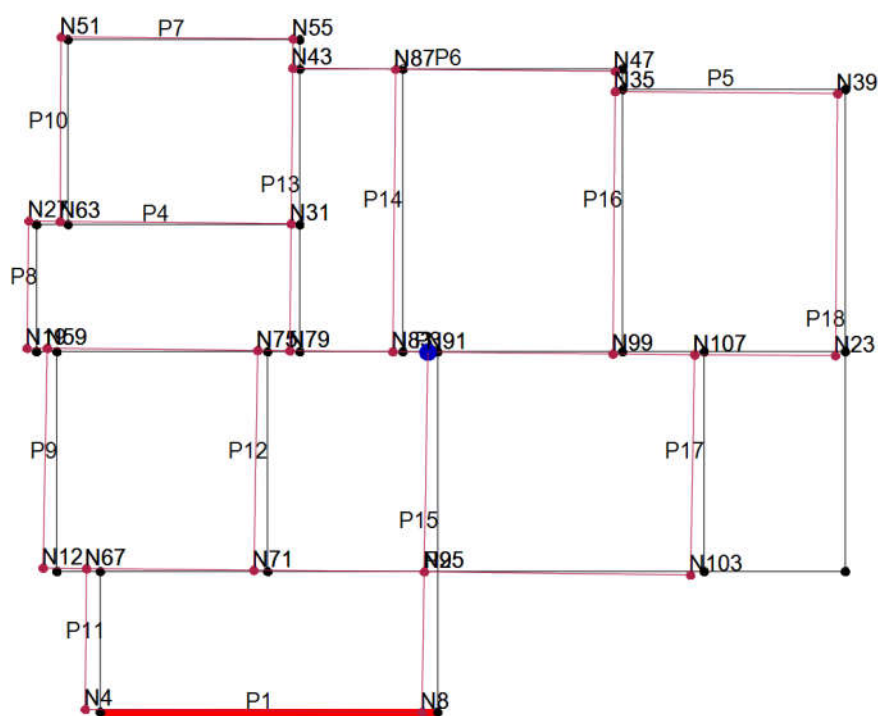
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	α ULS	α DLS
1	+X	Masses	0	37,09	49,20	1,36	YES	21,56	20,38	NO	1,33	0,95
2	+X	First mode	0	42,78	55,50	1,45	YES	24,87	17,97	NO	1,30	0,72
3	-X	Masses	0	36,09	44,77	1,54	YES	20,98	20,87	NO	1,24	0,99
4	-X	First mode	0	40,57	30,82	2,00	NO	23,59	18,39	NO	0,76	0,78
5	+Y	Masses	0	41,50	48,81	2,14	YES	24,13	39,58	YES	1,18	1,64
6	+Y	First mode	0	47,56	50,01	2,38	YES	27,65	35,16	YES	1,05	1,27
7	-Y	Masses	0	42,58	49,77	1,64	YES	24,76	37,36	YES	1,17	1,51
8	-Y	First mode	0	47,55	47,59	1,97	YES	27,65	37,07	YES	1,00	1,34
9	+X	Masses	827	37,88	41,78	1,42	YES	22,02	18,63	NO	1,10	0,85
10	+X	Masses	-827	34,88	34,37	1,58	NO	20,28	22,11	YES	0,99	1,09
11	+X	First mode	827	43,39	48,86	1,54	YES	25,23	16,81	NO	1,13	0,67
12	+X	First mode	-827	41,53	45,46	1,51	YES	24,14	20,31	NO	1,09	0,84
13	-X	Masses	827	36,32	43,53	1,58	YES	21,11	18,02	NO	1,20	0,85
14	-X	Masses	-827	35,62	37,13	1,66	YES	20,71	24,35	YES	1,04	1,18
15	-X	First mode	827	41,29	36,88	1,89	NO	24,01	16,11	NO	0,89	0,67
16	-X	First mode	-827	39,97	32,83	2,31	NO	23,24	21,85	NO	0,82	0,94
17	+Y	Masses	996	40,19	43,96	2,29	YES	23,36	31,69	YES	1,09	1,36
18	+Y	Masses	-996	42,75	49,64	2,08	YES	24,86	42,59	YES	1,16	1,71
19	+Y	First mode	996	46,11	51,58	2,40	YES	26,81	28,08	YES	1,12	1,05
20	+Y	First mode	-996	48,68	50,16	2,39	YES	28,30	43,36	YES	1,03	1,53
21	-Y	Masses	996	42,04	50,41	1,55	YES	24,44	31,36	YES	1,20	1,28
22	-Y	Masses	-996	43,40	47,28	1,73	YES	25,23	46,69	YES	1,09	1,85
23	-Y	First mode	996	46,66	48,08	1,88	YES	27,13	25,72	NO	1,03	0,95
24	-Y	First mode	-996	48,96	44,45	2,07	NO	28,47	41,10	YES	0,91	1,44

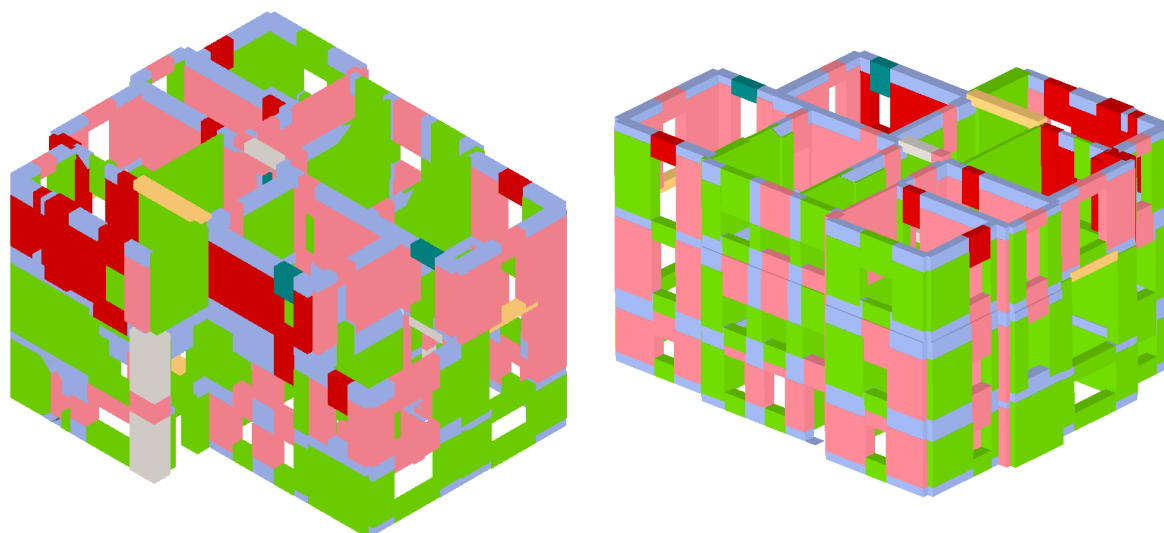
ULS check				Analysis parameters	
dt	40,57	[mm]	>	dm	30,82 [mm]
qu	2,00	<=	3	dm/dt =	0,76
Not satisfied check					
DLS check				T* [s]	0,624
dt	23,59	[mm]	>	dm	18,39 [mm]
Not satisfied check					
Drift limit value between nodes 3 e 4 at level 3					
SLU	1,307	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub>	0,760	
SLD	0,780	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub>	0,780	
				m* [kg]	819174,352
				w [kg]	1498370,05
				m*/w [%]	55
				Γ [m/s <sup>2</sup> ]	1,24
				F*y [kN]	1357
				d*y [mm]	16,32
				d*m [mm]	24,77

Slika 5: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 4, smer X



Slika 6: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 4, smer X





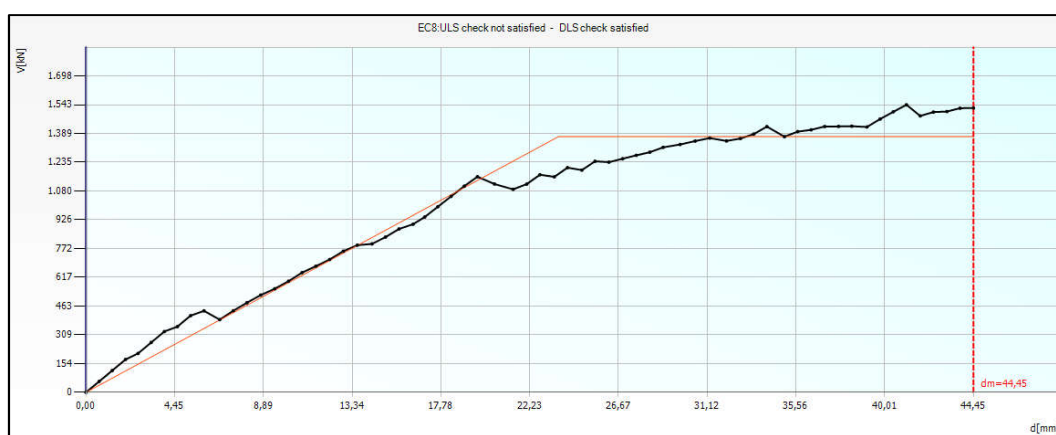
Slika 8: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

#### Legenda poškodb:

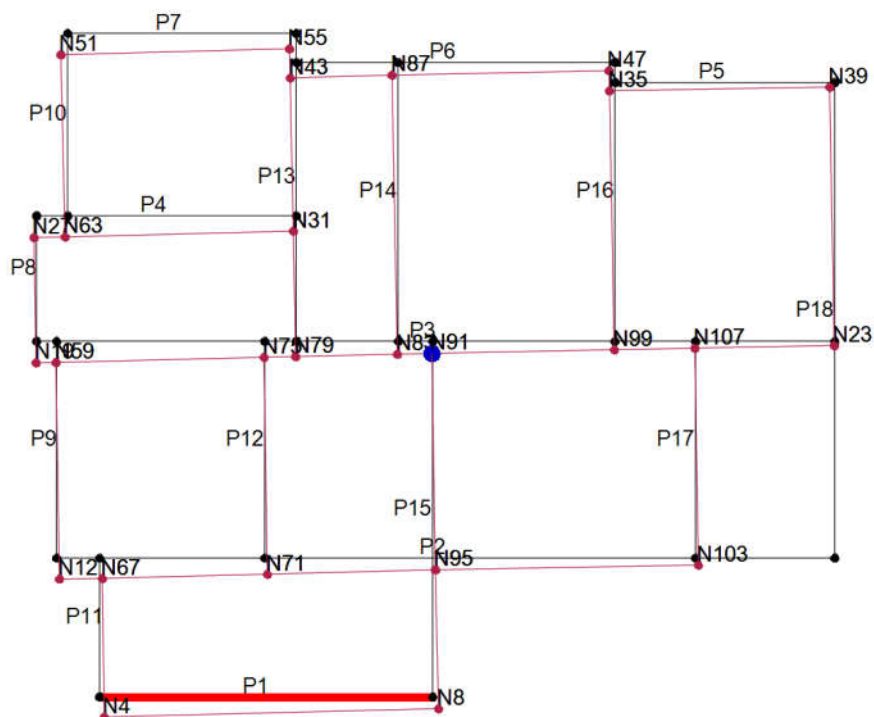
<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

ULS check				Analysis parameters	
dt	48,96	[mm]	>	dm	44,45 [mm]
qu	2,07	<=	3	dm/dt =	0,91
Not satisfied check					
DLS check				T* [s]	0,751
dt	28,47	[mm]	<=	dm	41,10 [mm]
Satisfied check				m* [kg]	828376,53
Shear limit value				w [kg]	1498370,05
				m*/w [%]	55
				$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	1,25
				F*y [kN]	1100
				d*y [mm]	18,97
				d*m [mm]	35,65
SLU	1,562	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub>	0,908	
SLD	1,444	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub>	1,444	

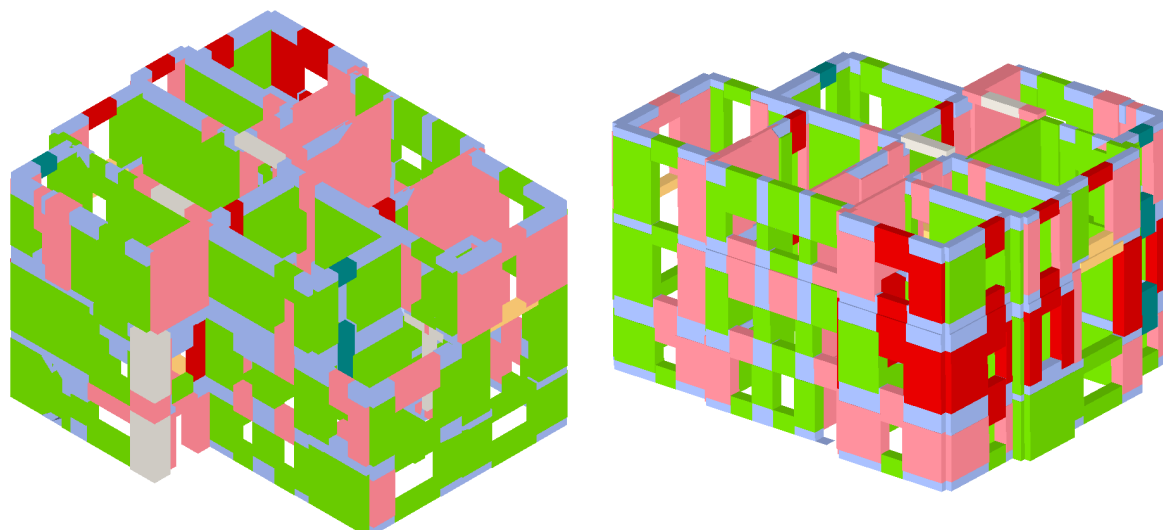
Slika 9: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 24, smer Y



Slika 10: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 24, smer Y



Slika 11: Ravninski pomiki elementov zgornje etaže (rdeča barva) ob zaključku potisne analize



Slika 12: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri Y

#### Legenda poškodb:

<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

#### 1.7.1.1. POVZETEK REZULTATOV

Na podlagi seizmične analize obstoječe nosilne konstrukcije ugotovimo, da konstrukcija ne zadošča zahtevam standarda glede protipotresne varnosti. Izkaže se, da je potresna odpornost v globalni X smeri nižja kot v Y smeri. Objekt namreč v smeri X dosega 76 % zahtev standarda za mejno stanje nosilnosti, v smeri Y pa 91 %. Zahteve za mejno stanje uporabnosti so manj kritične in so za smer globalno smer Y celo izpolnjene. Za zadostitev vseh zahtev protipotresne varnosti so potrebni ojačitveni posegi. V nadaljevanju je prikazan predlog ojačitve, skupaj z rezultati seizmične analize.

### 1.7.2. Bistveni rezultati analize razglednega stolpa

Merodajni primer za globalno smer X je analiza pod zaporedno številko 12, merodajni primer za globalno smer Y pa je analiza pod zaporedno številko 20. Merodajna primera sta v spodnji preglednici označena z oranžno barvo.

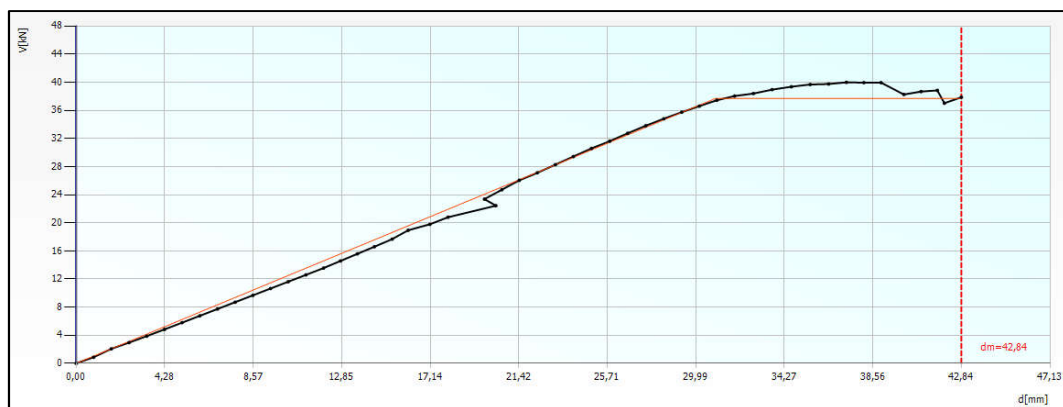
Preglednica 6: Rezultati potresne analize obstoječega stanja

No.	Earthquake direction	Unif.pattern of lat.load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	64,66	39,27	2,33	NO	37,59	14,76	NO	0,61	0,39
2	+X	First mode	0	76,84	43,73	2,80	NO	44,67	13,81	NO	0,57	0,31
3	-X	Masses	0	67,02	40,73	2,28	NO	38,97	18,29	NO	0,61	0,47
4	-X	First mode	0	78,87	44,77	2,57	NO	45,86	16,50	NO	0,57	0,36
5	+Y	Masses	0	71,46	47,74	2,49	NO	41,55	19,42	NO	0,67	0,47
6	+Y	First mode	0	82,77	49,46	2,84	NO	48,12	16,08	NO	0,60	0,33
7	-Y	Masses	0	71,95	44,66	2,38	NO	41,83	18,59	NO	0,62	0,44
8	-Y	First mode	0	82,62	49,39	2,85	NO	48,04	16,07	NO	0,60	0,33
9	+X	Masses	163	65,10	39,32	2,46	NO	37,85	14,12	NO	0,60	0,37
10	+X	Masses	-163	68,46	42,10	2,02	NO	39,81	16,26	NO	0,61	0,41
11	+X	First mode	163	76,34	42,66	2,87	NO	44,38	13,27	NO	0,56	0,30
12	+X	First mode	-163	77,72	42,84	2,51	NO	45,19	14,43	NO	0,55	0,32
13	-X	Masses	163	66,62	42,12	2,29	NO	38,74	17,46	NO	0,63	0,45
14	-X	Masses	-163	68,62	40,09	1,97	NO	39,89	19,20	NO	0,58	0,48
15	-X	First mode	163	82,95	47,40	2,20	NO	48,23	15,75	NO	0,57	0,33
16	-X	First mode	-163	79,27	46,34	2,54	NO	46,09	17,65	NO	0,58	0,38
17	+Y	Masses	163	71,18	44,02	2,47	NO	41,38	19,06	NO	0,62	0,46
18	+Y	Masses	-163	72,65	43,18	2,31	NO	42,24	18,95	NO	0,59	0,45
19	+Y	First mode	163	82,57	47,70	2,88	NO	48,01	16,58	NO	0,58	0,35
20	+Y	First mode	-163	82,88	47,01	2,82	NO	48,19	16,38	NO	0,57	0,34
21	-Y	Masses	163	71,07	43,95	2,49	NO	41,32	19,05	NO	0,62	0,46
22	-Y	Masses	-163	72,84	43,06	2,29	NO	42,35	18,94	NO	0,59	0,45
23	-Y	First mode	163	82,93	48,46	2,84	NO	48,22	16,57	NO	0,58	0,34
24	-Y	First mode	-163	83,10	49,42	2,72	NO	48,31	16,37	NO	0,59	0,34

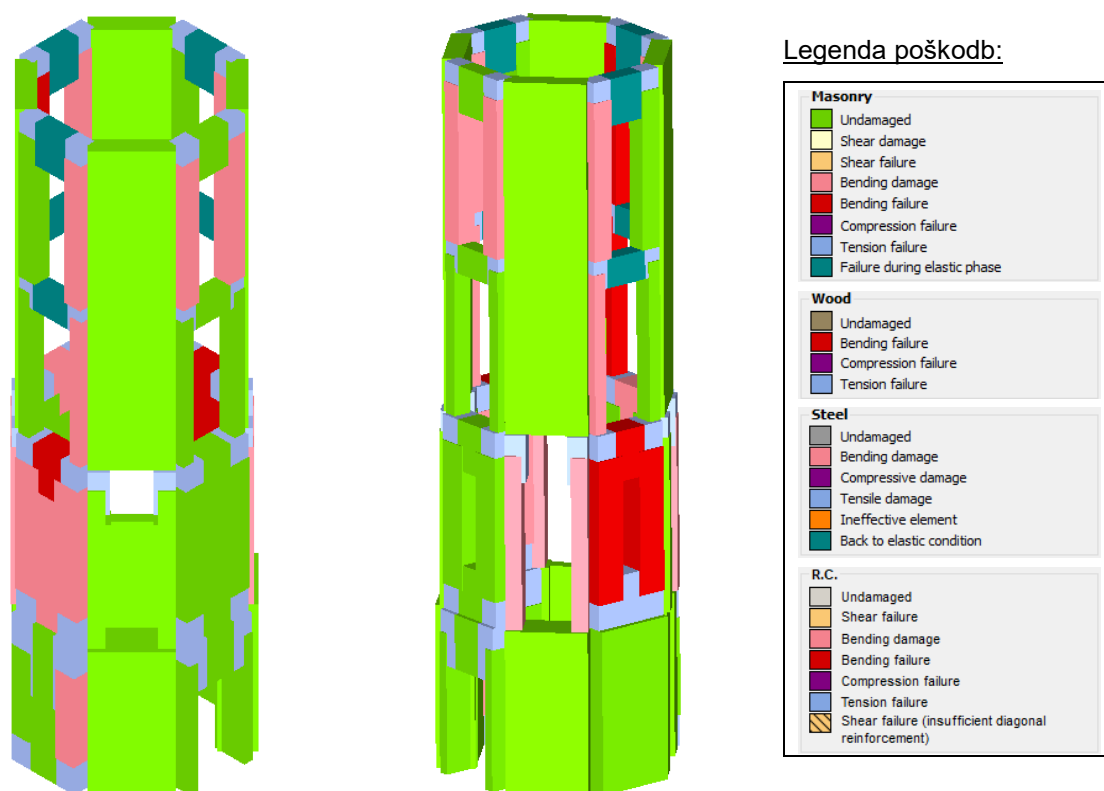
ULS check				Analysis parameters			
dt	77,72	[mm]	>	dm	42,84	[mm]	
qu	2,51		<=	3	dm/dt =	0,55	
Not satisfied check							
DLS check				T*	[s]	1,17	
dt	45,19	[mm]	>	dm	14,43	[mm]	
Not satisfied check				m*	[kg]	42178,889	
Drift limit value between nodes 24 e 25 at level 4				w	[kg]	86866,8	
				m*/w	[%]	49	
				$\Gamma$	[m/s <sup>2</sup> ]	1,27	
				F*y	[kN]	30	
				d*y	[mm]	24,35	
				d*m	[mm]	33,73	
SLU	0,948	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>u</sub>	0,551		
SLD	0,319	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>e</sub>	0,319		

Slika 13: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 12, smer X





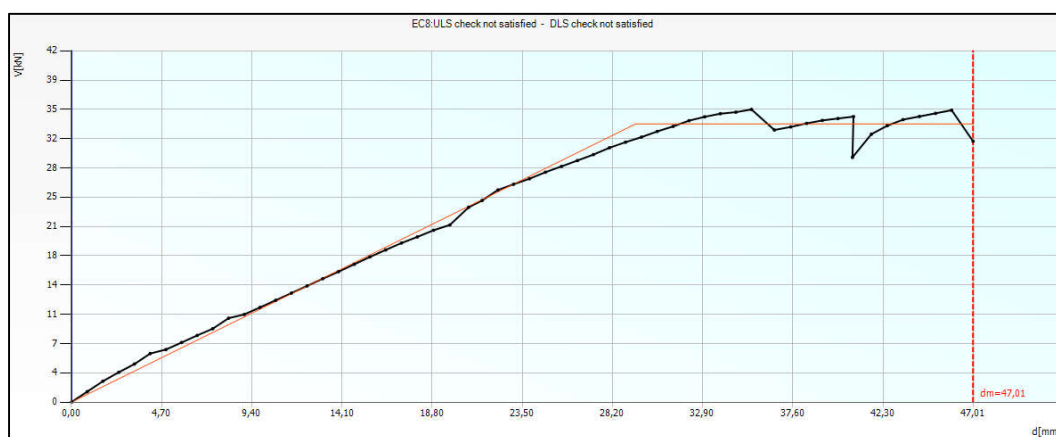
Slika 14: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 12, smer X



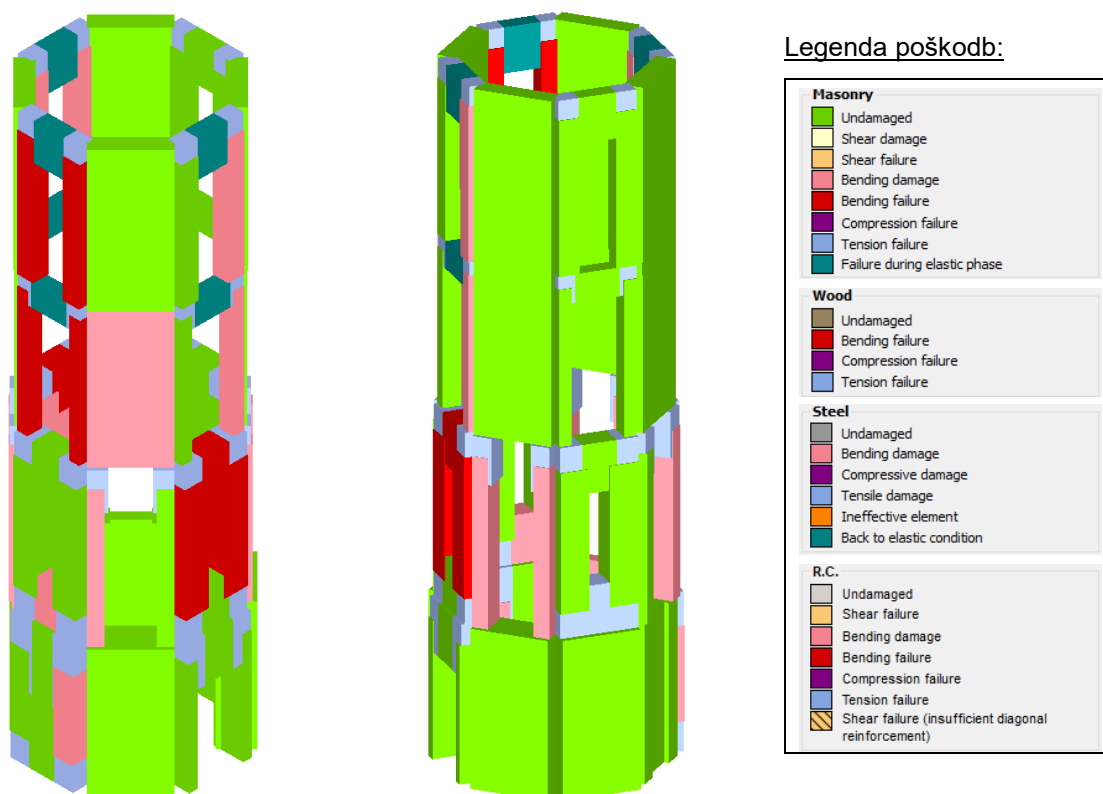
Slika 15: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

<b>ULS check</b>				<b>Analysis parameters</b>	
dt	82,88	[mm]	>	dm	47,01 [mm]
qu	2,82	<=	3	dm/dt =	0,57
<b>Not satisfied check</b>					
<b>DLS check</b>					
dt	48,19	[mm]	>	dm	16,38 [mm]
<b>Not satisfied check</b>					
Drift limit value between nodes 39 e 40 at level 4					
SLU	0,975	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>u</sub>	0,567
SLD	0,340	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>e</sub>	0,340
				T* [s]	1,236
				m* [kg]	43882,183
				w [kg]	86866,8
				m*/w [%]	51
				Γ [m/s <sup>2</sup> ]	1,28
				F*y [kN]	26
				d*y [mm]	22,92
				d*m [mm]	36,65

Slika 16: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 20, smer Y



Slika 17: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 20, smer Y



Slika 18: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potresne analize v smeri Y

### 1.7.2.1. POVZETEK REZULTATOV

Na podlagi seizmične analize obstoječe nosilne konstrukcije ugotovimo, da konstrukcija razglednega stolpa prav tako ne zadošča zahtevam standarda glede protipotresne varnosti. Izkaže se, da je potresna odpornost v smeri obeh globalnih oseh približno enaka. Objekt namreč v smeri X dosega 55 % zahtev standarda za mejno stanje nosilnosti, v smeri Y pa 57 %. Glede mejnega stanja uporabnosti pa objekt dosega 32 % oz. 34 % zahtev standarda. Za zadostitev vseh zahtev protipotresne varnosti so potrebni ojačitveni posegi. V nadaljevanju je prikazan predlog ojačitve, skupaj z rezultati seizmične analize.

### 1.7.3. Bistveni rezultati analize vstopnega objekta

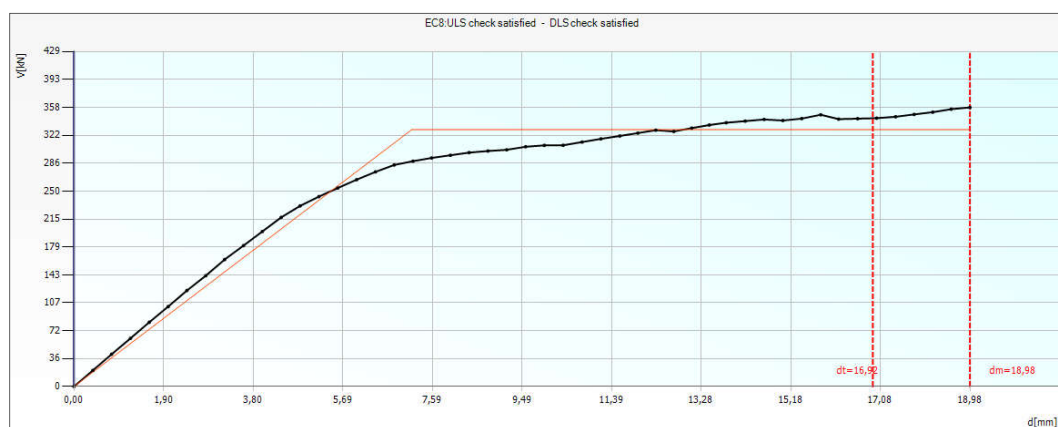
Na podlagi rezultatov seizmične analize ugotovimo, da je merodajen primer za globalno smer X pod zaporedno številko 12, za globalno smer Y primer pod zaporedno številko 17. Merodajna primera sta v spodnji preglednici označena z oranžno barvo.

*Preglednica 7: Rezultati potresne analize obstoječega stanja*

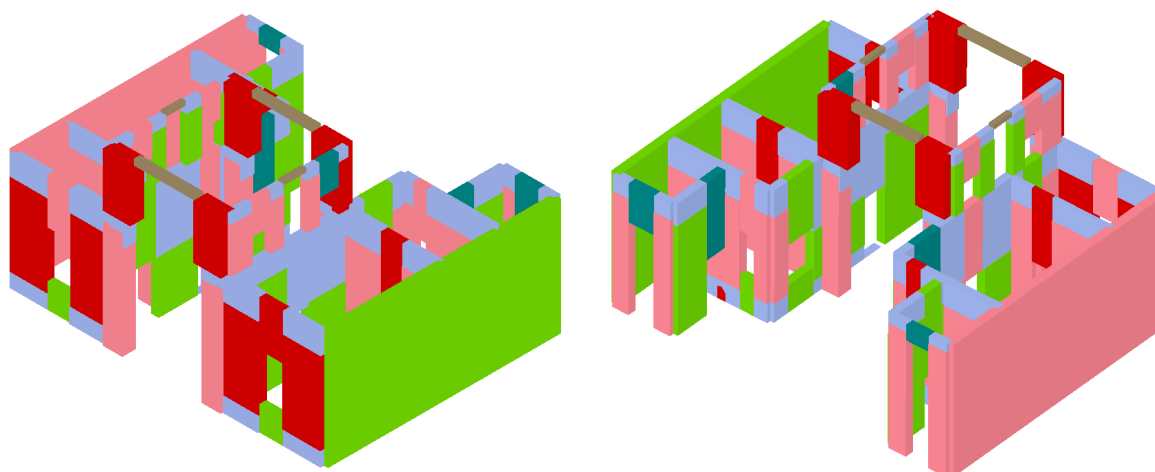
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	17,02	21,63	2,29	YES	9,90	10,39	YES	1,27	1,05
2	+X	First mode	0	16,99	21,31	2,34	YES	9,88	9,99	YES	1,25	1,01
3	-X	Masses	0	16,78	21,22	2,36	YES	9,74	10,00	YES	1,26	1,03
4	-X	First mode	0	16,88	21,22	2,38	YES	9,81	10,00	YES	1,26	1,02
5	+Y	Masses	0	9,92	23,83	1,27	YES	5,41	9,11	YES	2,14	1,61
6	+Y	First mode	0	10,19	23,62	1,27	YES	5,58	9,14	YES	2,08	1,57
7	-Y	Masses	0	9,86	28,81	1,15	YES	5,51	9,65	YES	2,54	1,69
8	-Y	First mode	0	9,93	28,49	1,15	YES	5,55	9,66	YES	2,50	1,68
9	+X	Masses	498	16,91	20,96	2,45	YES	9,83	10,41	YES	1,23	1,06
10	+X	Masses	-498	16,96	19,73	2,30	YES	9,86	9,97	YES	1,16	1,01
11	+X	First mode	498	17,00	20,66	2,38	YES	9,88	10,42	YES	1,22	1,05
12	+X	First mode	-498	16,92	18,98	2,36	YES	9,84	9,96	YES	1,12	1,01
13	-X	Masses	498	16,66	21,29	2,46	YES	9,65	10,43	YES	1,22	1,08
14	-X	Masses	-498	16,72	20,63	2,38	YES	9,70	9,97	YES	1,23	1,03
15	-X	First mode	498	16,93	21,29	2,39	YES	9,84	10,43	YES	1,26	1,06
16	-X	First mode	-498	16,86	21,03	2,40	YES	9,79	9,97	YES	1,25	1,02
17	+Y	Masses	665	9,55	8,67	1,13	NO	5,35	8,67	YES	0,93	1,60
18	+Y	Masses	-665	10,04	23,41	1,28	YES	5,47	9,39	YES	2,09	1,63
19	+Y	First mode	665	9,33	8,67	1,08	NO	5,42	8,67	YES	0,93	1,60
20	+Y	First mode	-665	10,27	23,45	1,28	YES	5,61	9,40	YES	2,06	1,60
21	-Y	Masses	665	9,79	26,80	1,15	YES	5,47	10,51	YES	2,38	1,82
22	-Y	Masses	-665	9,99	25,67	1,17	YES	5,57	9,35	YES	2,26	1,63
23	-Y	First mode	665	9,86	26,80	1,16	YES	5,51	10,17	YES	2,37	1,76
24	-Y	First mode	-665	10,06	25,24	1,17	YES	5,61	9,33	YES	2,22	1,62

ULS check				Analysis parameters	
dt	16,92	[mm]	$\leq$ dm 18,98 [mm]	T* [s]	0,4
qu	2,36	$\leq$ 3	dm/dt = 1,12	m* [kg]	186602,023
Satisfied check				w [kg]	250629,63
DLS check				m*/w [%]	74
dt	9,84	[mm]	$\leq$ dm 9,96 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,97
Satisfied check				F*y [kN]	339
Drift limit value between nodes 16 e 17 at level 2				d*y [mm]	7,38
				d*m [mm]	19,56
SLU	1,929	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub> 1,122		
SLD	1,013	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub> 1,013		

Slika 19: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 12, smer X



Slika 20: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 12, smer X



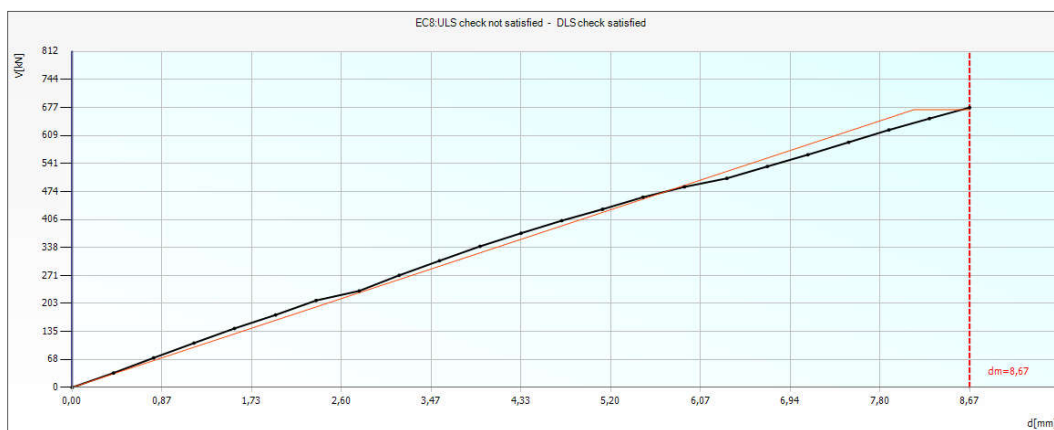
Slika 21: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

## Legenda poškodb:

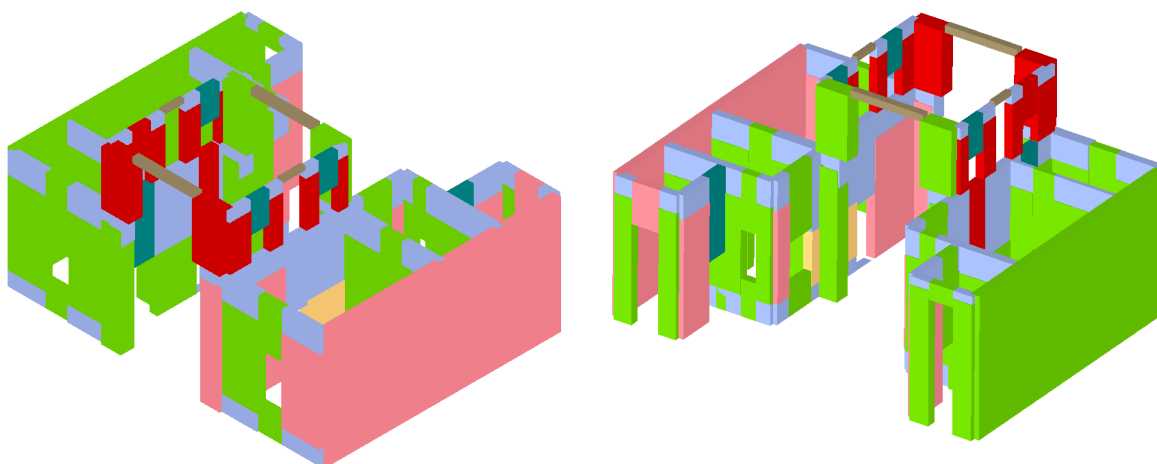
Masonry	R.C.	Steel	Wood
Undamaged	Undamaged	Undamaged	Undamaged
Shear damage	Shear failure	Bending damage	Bending failure
Shear failure	Bending damage	Compressive damage	Compression failure
Bending damage	Bending failure	Tensile damage	Tension failure
Bending failure	Compression failure	Ineffective element	
Compression failure	Tension failure	Back to elastic condition	
Tension failure	Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)		
Failure during elastic phase			

ULS check				Analysis parameters	
dt	9,55	[mm]	>	dm	8,67 [mm]
qu	1,13	<=	3	dm/dt =	0,91
Not satisfied check					
DLS check				T* [s]	0,303
dt	5,35	[mm]	<=	dm	8,67 [mm]
Satisfied check				m* [kg]	191660,93
Shear limit value				w [kg]	250629,63
				m*/w [%]	76
				$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,92
				F*y [kN]	728
				d*y [mm]	8,81
				d*m [mm]	9,4
SLU	1,596	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub>	0,928	
SLD	1,596	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub>	1,596	

Slika 22: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 17, smer Y



Slika 23: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 17, smer Y



Slika 24: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri Y

## Legenda poškodb:

Masonry	R.C.	Steel	Wood
Undamaged	Undamaged	Undamaged	Undamaged
Shear damage	Shear failure	Bending damage	Bending failure
Shear failure	Bending damage	Compressive damage	Compression failure
Bending damage	Bending failure	Tensile damage	Tension failure
Bending failure	Compression failure	Ineffective element	
Compression failure	Tension failure	Back to elastic condition	
Tension failure	Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)		
Failure during elastic phase			

### 1.7.3.1. POVZETEK REZULTATOV

Na podlagi seizmične analize obstoječe nosilne konstrukcije vstopnega objekta ugotovimo, da je potresna odpornost v globalni X smeri višja kot v Y smeri. Objekt namreč v smeri X izpolnjuje vse zahteve standarda, medtem ko v Y smeri izpolnjuje 93 % zahtev glede potresne odpornosti za mejno stanje nosilnosti. Zahteve za mejno stanje uporabnosti so izpolnjene v obeh globalnih smereh konstrukcije. Za zadostitev vseh zahtev protipotresne varnosti so potrebni ojačitveni posegi. V nadaljevanju je prikazan predlog ojačitve, skupaj z rezultati seizmične analize.

### 1.7.4. Bistveni rezultati analize pomožnega objekta (garaža)

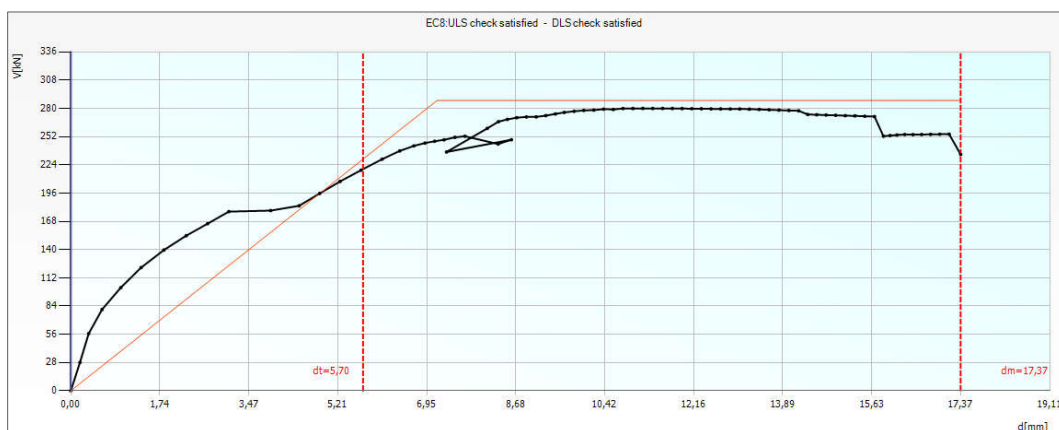
Merodajni primer za globalno smer X je analiza pod zaporedno številko 3, merodajni primer za globalno smer Y pa je analiza pod zaporedno številko 18. Merodajna primera sta v spodnji preglednici označena z oranžno barvo.

*Preglednica 8: Rezultati potresne analize obstoječega stanja*

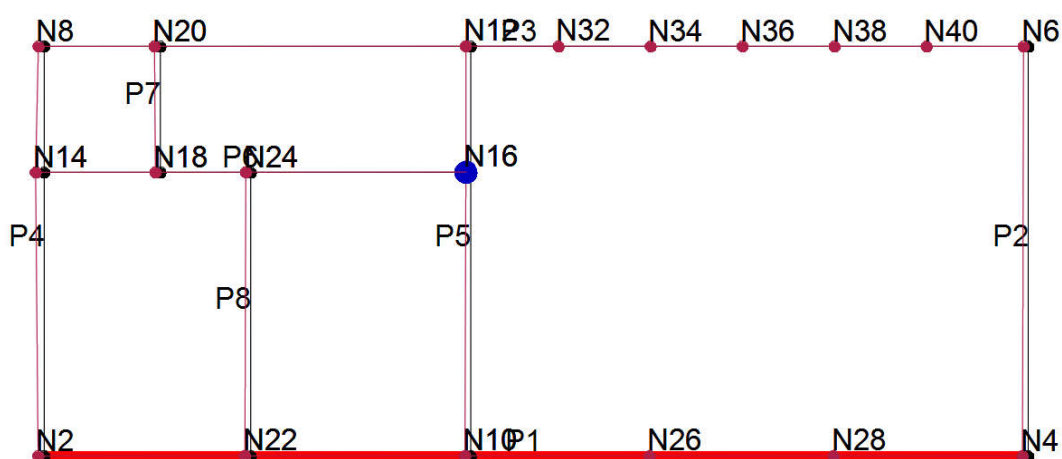
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	1,58	15,95	0,65	YES	0,92	6,63	YES	4,60	4,36
2	+X	First mode	0	1,58	15,88	0,65	YES	0,92	6,63	YES	4,61	4,37
3	-X	Masses	0	5,70	17,37	0,80	YES	3,32	9,08	YES	2,53	2,57
4	-X	First mode	0	5,70	17,95	0,81	YES	3,32	9,07	YES	2,60	2,56
5	+Y	Masses	0	2,42	9,21	0,93	YES	1,41	5,23	YES	2,16	2,59
6	+Y	First mode	0	2,42	9,21	0,93	YES	1,41	5,23	YES	2,16	2,59
7	-Y	Masses	0	4,14	25,17	0,67	YES	2,41	5,58	YES	3,87	2,32
8	-Y	First mode	0	3,20	10,86	0,64	YES	1,86	5,58	YES	2,40	2,84
9	+X	Masses	378	1,45	15,43	0,65	YES	0,84	6,39	YES	4,62	4,44
10	+X	Masses	-378	1,73	15,41	0,65	YES	1,00	6,46	YES	4,43	4,13
11	+X	First mode	378	1,45	15,43	0,65	YES	0,84	6,39	YES	4,62	4,44
12	+X	First mode	-378	1,73	14,95	0,65	YES	1,00	6,07	YES	4,33	3,98
13	-X	Masses	378	5,55	17,73	0,82	YES	3,23	8,18	YES	2,61	2,41
14	-X	Masses	-378	5,86	18,42	0,80	YES	3,40	9,29	YES	2,62	2,57
15	-X	First mode	378	5,52	18,04	0,82	YES	3,21	8,86	YES	2,66	2,56
16	-X	First mode	-378	5,85	17,77	0,81	YES	3,40	9,31	YES	2,54	2,57
17	+Y	Masses	909	2,61	10,63	0,86	YES	1,52	5,02	YES	2,36	2,54
18	+Y	Masses	-909	2,35	9,17	1,02	YES	1,31	4,70	YES	2,15	2,41
19	+Y	First mode	909	2,61	10,63	0,86	YES	1,52	5,02	YES	2,36	2,54
20	+Y	First mode	-909	2,35	9,17	1,02	YES	1,31	4,70	YES	2,15	2,41
21	-Y	Masses	909	3,26	11,24	0,65	YES	1,90	6,00	YES	2,42	2,89
22	-Y	Masses	-909	2,94	9,85	0,66	YES	1,71	5,23	YES	2,32	2,81
23	-Y	First mode	909	3,26	11,24	0,65	YES	1,90	6,00	YES	2,42	2,89
24	-Y	First mode	-909	2,94	9,85	0,66	YES	1,71	5,23	YES	2,32	2,81

ULS check				Analysis parameters	
dt	5,70	[mm]	$\leq$ dm 17,37 [mm]	T* [s]	0,285
qu	0,80	$\leq$ 3	dm/dt = 3,05	m* [kg]	83086,635
Satisfied check				w [kg]	119825,18
DLS check				m*/w [%]	69
dt	3,32	[mm]	$\leq$ dm 9,08 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,64
Satisfied check				F*y [kN]	448
Drift limit value between nodes 1 e 2 at level 1				d*y [mm]	11,11
				d*m [mm]	26,99
SLU	4,354	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub> 2,531		
SLD	2,572	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub> 2,572		

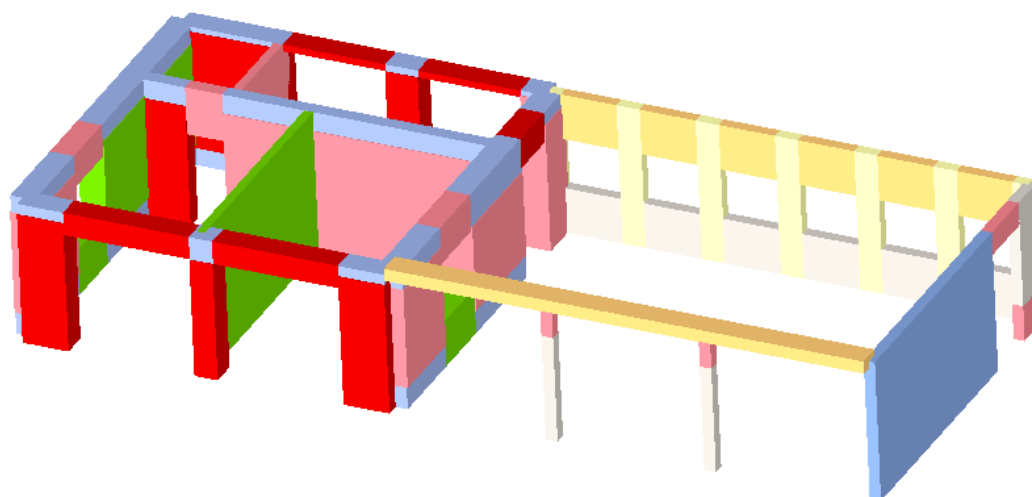
Slika 25: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 3, smer X



Slika 26: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 3, smer X



Slika 27: Ravninski pomiki elementov zgornje etaže (rdeča barva) ob zaključku potisne analize



Slika 28: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

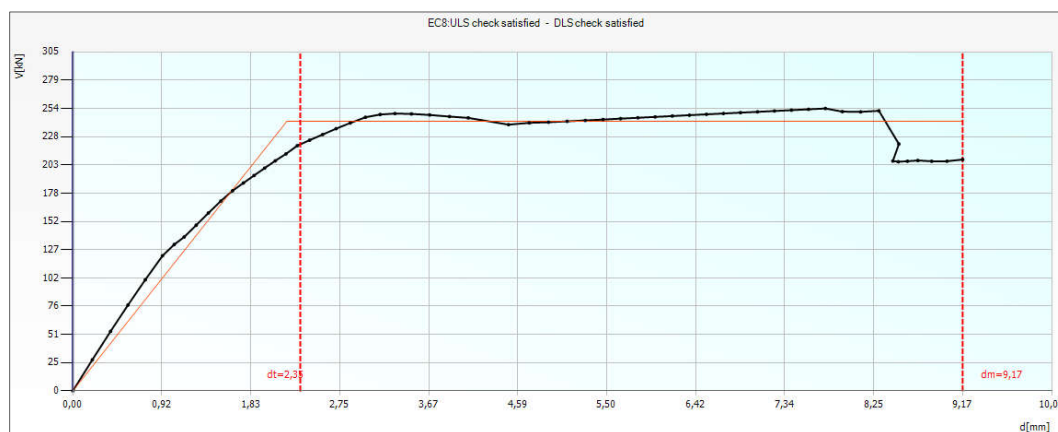
Legenda poškodb:

<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

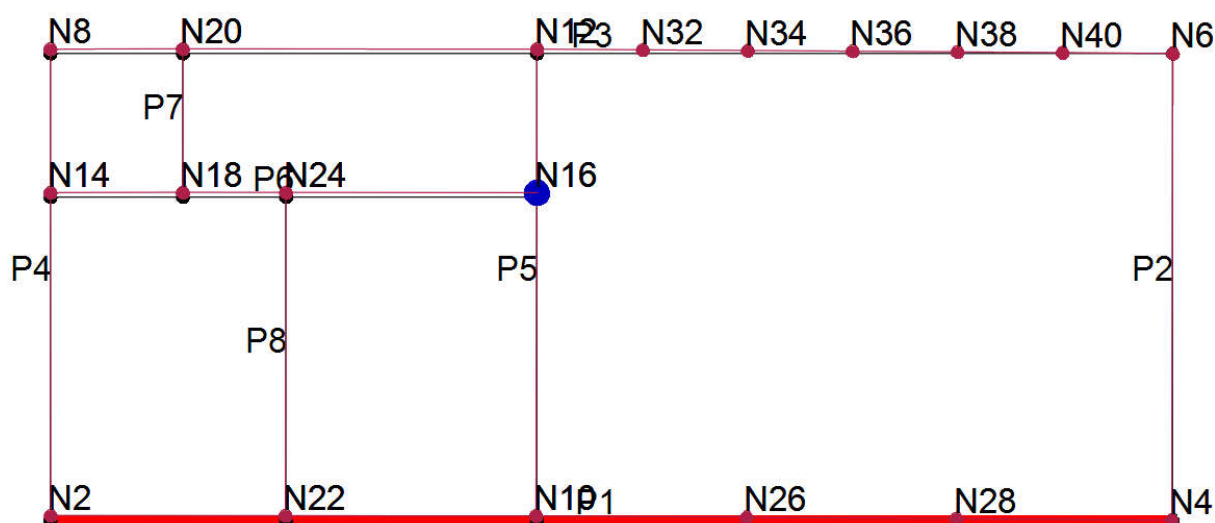


ULS check				Analysis parameters	
dt	2,35	[mm]	<= dm 9,17 [mm]	T* [s]	0,153
qu	1,02	<= 3	dm/dt = 3,90	m* [kg]	64967,753
Satisfied check				w [kg]	119825,18
DLS check				m*/w [%]	54
dt	1,31	[mm]	<= dm 4,70 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,89
Satisfied check				F*y [kN]	273
Drift limit value between nodes 1 e 2 at level 1				d*y [mm]	2,48
				d*m [mm]	10,32
SLU	3,705	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub>	2,154	
SLD	2,406	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub>	2,406	

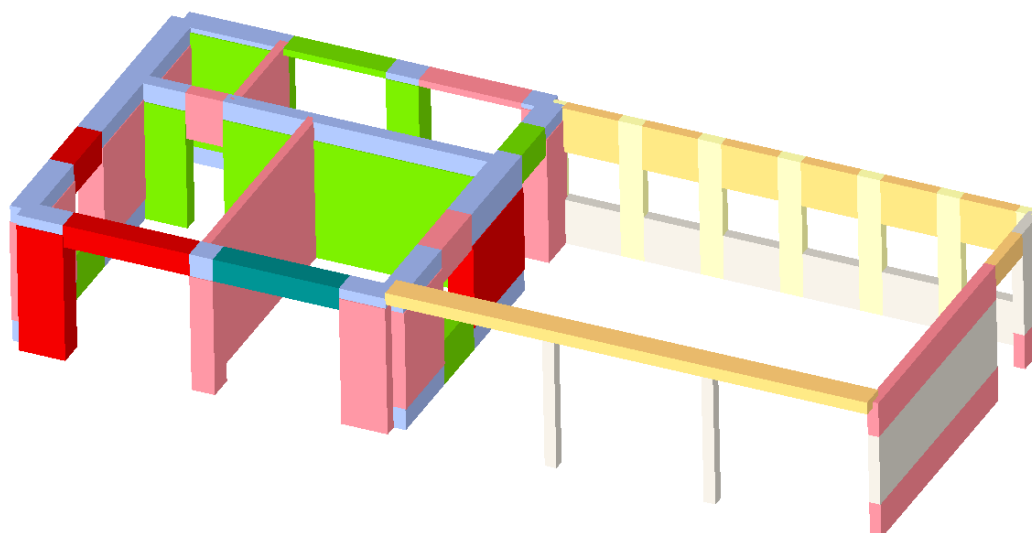
Slika 29: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 18, smer Y



Slika 30: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 18, smer Y



Slika 31: Ravninski pomiki elementov zgornje etaže (rdeča barva) ob zaključku potisne analize



Slika 32: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri Y

#### Legenda poškodb:

<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

#### 1.7.4.1. POVZETEK REZULTATOV

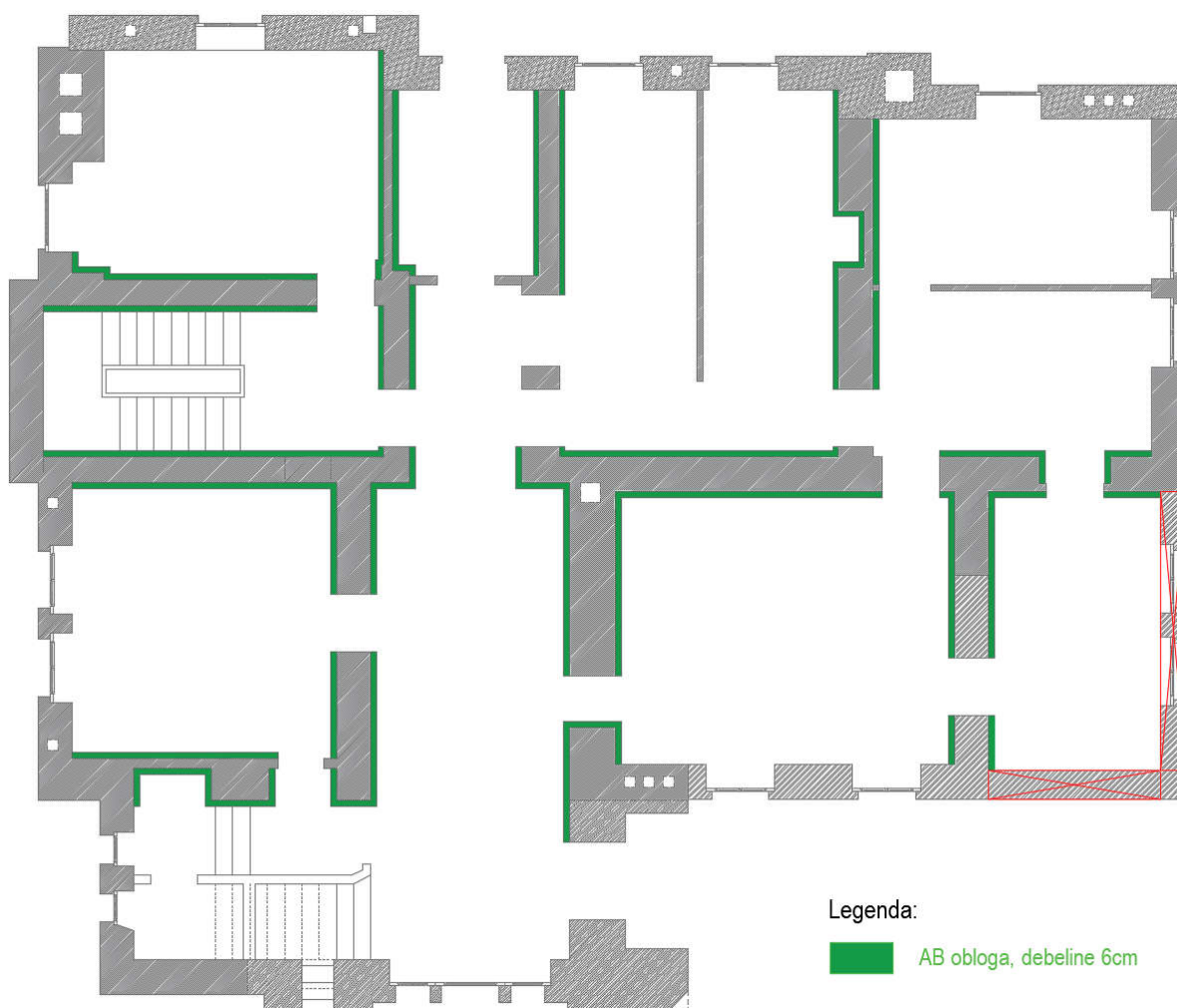
Na podlagi rezultatov seizmične analize pomožnega objekta je moč ugotoviti, da objekt izpolnjuje vse zahteve standarda glede protipotresne varnosti. Ojačitve nosilne konstrukcije, z namenom izboljšanja potresne odpornosti, niso potrebne.

## 2. SEIZMIČNA ANALIZA UTRJENEGA OBJEKTA

### 2.1. Opis ojačitvenih posegov

#### 2.1.1. Glavni objekt

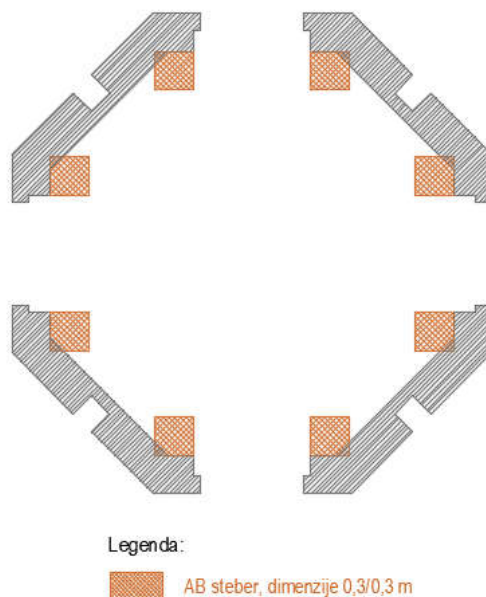
Predlagamo ojačitev nosilne konstrukcije s pomočjo armiranobetonskih oblog na notranjih nosilnih stenah objekta. Upoštevali smo armirane obloge na obeh straneh obstoječega zidovja, ki so med seboj povezane s horizontalnimi vezmi. V analizi upoštevana kvaliteta betonske obloge C20/25, armaturna mreža tipa Q308, kvalitete B-500B. Hkrati v računskem modelu upoštevamo predvidene rušitve z namenom vzpostavitve prvotnega stanja – območje z rdečo barvo na spodnji sliki.



Slika 33: Shematski prikaz predlaganih ojačitvenih posegov

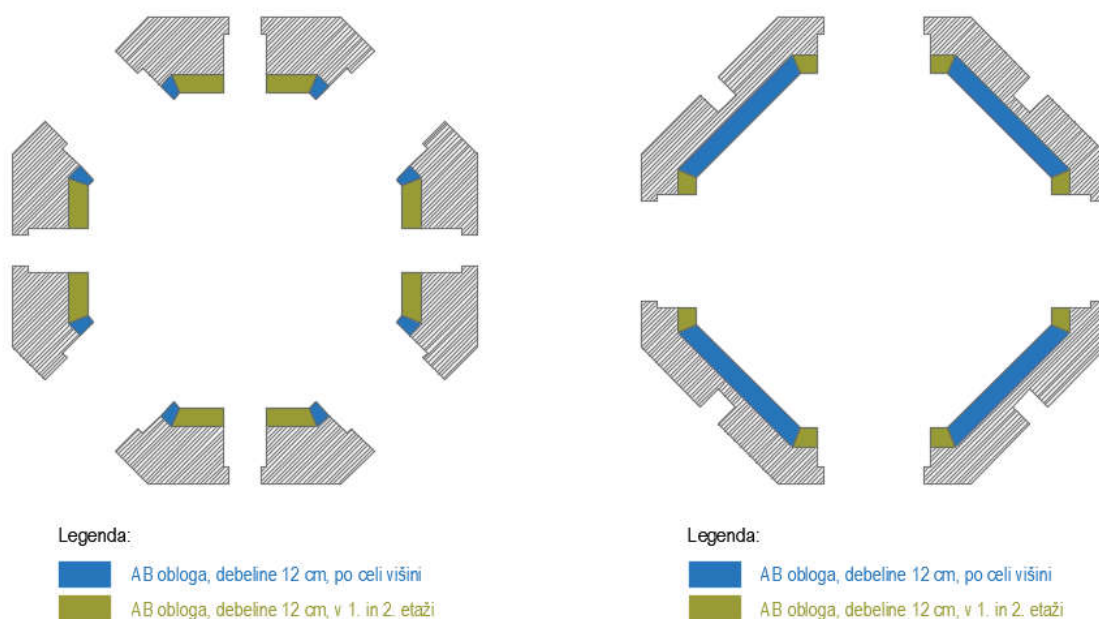
#### 2.1.2. Razgledni stolp

Za primer nosilne konstrukcije razglednega stolpa podajamo dva ojačitvena predloga. Prvi ojačitveni predlog vsebuje 8 ojačitvenih stebrov dimenzij 0,3/0,3 m, ki potekajo kontinuirano po višini. Za vertikalno armaturo smo upoštevali rebraste armaturne palice premera  $\varnothing 20$  mm, upoštevana horizontalna armatura pa so bila stremena  $\varnothing 8$  mm na medsebojni razdalji 0,2 m. Ojačitveni stebri morajo biti ustrezno povezani z obstoječim zidovjem.



Slika 34: Shematski prikaz predlaganih ojačitvenih posegov – varianta 1

Drugi predlog vsebuje ojačitvene posege s pomočjo enostranske armirane obloge, vgrajene z notranje strani, debeline 0,12 m. Upoštevan trdnostni razred betona znaša C20/25, kvaliteta armature pa B-500B. V idealiziranem računskem modelu se smatra, da so armirane obloge ustrezno povezane z obstoječim zidovjem. Predlagamo, da del armiranih oblog poteka kontinuirno do vrha, preostali del pa le v prvih dveh etažah.



Slika 35: Shematski prikaz predlaganih ojačitvenih posegov – varianta 2

### 2.1.3. Vstopni objekta

Ojačitveni ukrepi predvidevajo povezovanje zidov s horizontalno jekleno vezjo premera  $\varnothing 20$  mm in kvalitete S235. Dodatno smo v računskem modelu upoštevali armiranobetonsko horizontalno zidno vez oz. venec na zgornjem robu zidov stolpiča. Upoštevana vzdolžna armatura znaša 4  $\varnothing 16$  mm, stremenska  $\varnothing 8$  mm na razmiku 20 cm, kvaliteta betona pa C20/25.

## 2.2. Računsko upoštevani ojačitveni posegi

Programsko orodje 3Muri ne omogoča neposrednega modeliranja armiranobetonske stene, ki je konstrukcijsko povezana z obstoječo zidano steno. Zato v takšnem primeru stene običajno modeliramo kot armiranobetonske stene. Zaradi večje togosti utrjenega zidu, le-to korigiramo z upoštevanjem nadomestne debeline armiranobetonske stene, ki jo določimo s pomočjo naslednjega izraza:

$$b_{c,nad} = b_c + b_w \frac{E_w}{E_c},$$

pri tem je:

$b_{c,nad}$  – nadomestna debelina utrjenega zidu, ki ga modeliramo kot armiranobetonsko steno,

$b_c$  – skupna debelina armiranobetonske obloge,

$b_w$  – debelina obstoječega zidu,

$E_w$  – elastični modul zidovja,

$E_c$  – elastični modul betonske obloge.

Ker lastne teže zidovja ne smemo zanemariti, v analizi upoštevamo tudi nadomestno specifično težo utrjenega zidu, ki jo določimo na sledeč način:

$$\gamma_{c,nad} = \frac{b_w}{b_{c,nad}} \gamma_w + \frac{b_c}{b_{c,nad}} \gamma_c,$$

pri tem so:

$\gamma_{c,nad}$  – nadomestna specifična teža utrjenega zidu, ki ga modeliramo kot armiranobetonsko steno,

$b_w$  – debelina obstoječega zidu,

$b_{c,nad}$  – nadomestna debelina utrjenega zidu,

$\gamma_w$  – specifična teža zidu,

$b_c$  – skupna debelina armiranobetonske obloge,

$\gamma_c$  – specifična teža betonske obloge.

Z dodajanjem novih sten ob opečne stene se poveča njihova debelina in teža. V idealiziranem računskem modelu obstoječo opečno steno in novo armiranobetonsko steno upoštevamo kot en element, zato moramo določiti njihovo nadomestno debelino ter nadomestno specifično težo in sicer s pomočjo zgornjih dveh izrazov. Nadomestne debeline armiranobetonske stene in nadomestne specifične teže so prikazane v spodnji preglednici.

V preglednici 2 prikazujemo nadomestne debeline in specifične teže utrjenega zidu za različne debeline obstoječega opečnega zidu. Na mestu, kjer se na obstoječ opečni zid iz obeh strani priključuje nova armiranobetonska stena upoštevamo seštevek nadomestnih debelin armiranobetonske stene.

*Preglednica 9: Nadomestne debeline in specifične teže utrjenega zidu za različne debeline obstoječega opečnega zidu – razgledni stolp*

Debelina obstoječega opečnega zidu $b_w$	Nadomestna debelina utrjenega zidu $b_{c,nad}$	Nadomestna specifična teža utrjenega zidu $\gamma_{c,nad}$	kg/m <sup>3</sup>
30 cm	13,0	60,0	6116
45 cm	13,5	75,6	7706
60 cm	14,0	90,0	9174

*Preglednica 10: Nadomestne debeline in specifične teže utrjenega zidu za različne debeline obstoječega opečnega zidu – glavni objekt*

Debelina obstoječega opečnega zidu $b_w$	Nadomestna debelina utrjenega zidu $b_{c,nad}$	Nadomestna specifična teža utrjenega zidu $\gamma_{c,nad}$	kg/m <sup>3</sup>
15 cm	12,5	43,2	4404
18 cm	12,6	46,7	4760
35 cm	13,2	65,3	6656
38 cm	13,3	68,4	6972
40 cm	13,3	70,5	7187
45 cm	13,5	75,6	7706
60 cm	14,0	90,0	9174
65 cm	14,2	94,6	9643
73 cm	14,4	101,7	10367
80 cm	14,7	107,7	10979

## 2.3. Rezultati seizmične analize utrjenega stanja

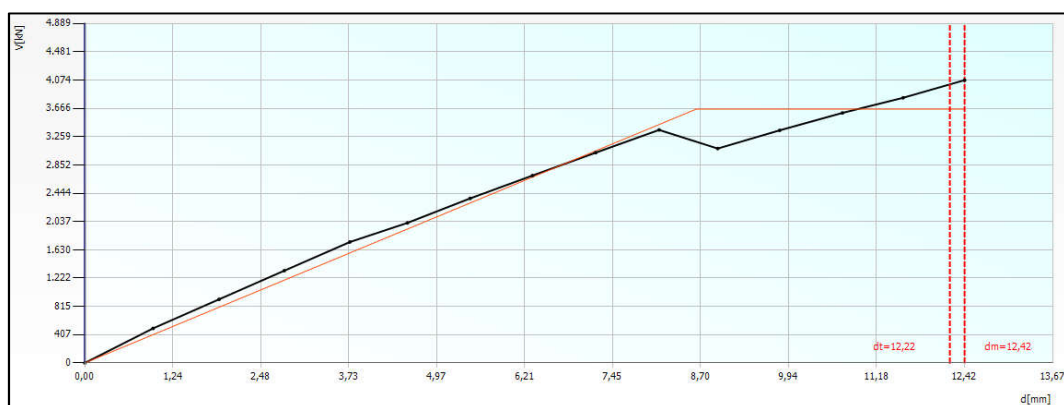
### 2.3.1. Bistveni rezultati analize utrjenega stanja glavnega objekta

*Preglednica 11: Rezultati potresne analize utrjenega stanja*

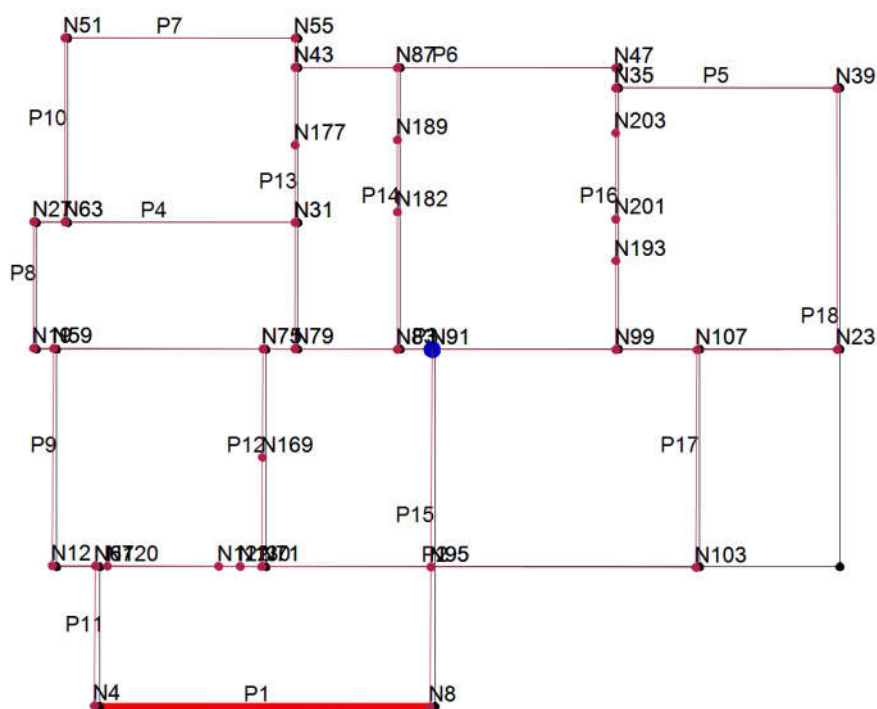
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	12,60	24,17	1,13	YES	7,04	13,90	YES	1,70	1,86
2	+X	First mode	0	18,28	50,95	1,72	YES	10,06	18,52	YES	1,74	1,74
3	-X	Masses	0	12,22	12,42	1,29	YES	6,49	12,42	YES	1,01	1,74
4	-X	First mode	0	18,68	30,20	1,61	YES	10,40	30,20	YES	1,58	2,71
5	+Y	Masses	0	10,54	17,45	1,25	YES	5,79	10,26	YES	1,53	1,68
6	+Y	First mode	0	15,90	28,41	1,53	YES	9,14	12,92	YES	1,77	1,40
7	-Y	Masses	0	10,42	17,39	0,90	YES	6,06	14,65	YES	1,55	2,31
8	-Y	First mode	0	16,55	32,71	1,30	YES	9,60	21,65	YES	1,97	2,25
9	+X	Masses	827	13,23	30,37	1,15	YES	7,37	14,35	YES	2,02	1,83
10	+X	Masses	-827	12,21	17,48	1,18	YES	6,70	12,92	YES	1,33	1,80
11	+X	First mode	827	18,57	32,77	1,50	YES	10,39	16,13	YES	1,71	1,51
12	+X	First mode	-827	18,37	48,34	1,66	YES	10,15	18,80	YES	1,81	1,76
13	-X	Masses	827	12,29	12,56	1,17	YES	6,77	10,83	YES	1,02	1,56
14	-X	Masses	-827	12,07	12,34	1,45	YES	6,15	11,41	YES	1,02	1,65
15	-X	First mode	827	18,36	27,47	1,51	YES	10,24	24,03	YES	1,46	2,21
16	-X	First mode	-827	18,98	44,64	1,77	YES	10,57	33,25	YES	1,69	2,92
17	+Y	Masses	996	9,38	11,95	1,02	YES	5,43	11,86	YES	1,21	2,06
18	+Y	Masses	-996	11,38	17,17	1,36	YES	6,19	10,04	YES	1,43	1,55
19	+Y	First mode	996	15,04	24,25	1,45	YES	8,56	14,02	YES	1,59	1,61
20	+Y	First mode	-996	16,78	30,05	1,71	YES	9,75	28,22	YES	1,75	2,89
21	-Y	Masses	996	9,80	17,11	0,82	YES	5,70	12,05	YES	1,62	2,11
22	-Y	Masses	-996	11,16	16,89	0,97	YES	6,49	14,31	YES	1,42	2,12
23	-Y	First mode	996	15,53	23,57	1,07	YES	9,01	19,13	YES	1,50	2,10
24	-Y	First mode	-996	17,33	25,21	1,45	YES	10,08	16,25	YES	1,45	1,61

ULS check				Analysis parameters	
dt	12,22	[mm]	$\leq$ dm 12,42 [mm]	T* [s]	0,283
qu	1,29	$\leq$ 3	dm/dt = 1,02	m* [kg]	859995,025
Satisfied check				w [kg]	1652908,82
DLS check				m*/w [%]	52
dt	6,49	[mm]	$\leq$ dm 12,42 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	1,07
Satisfied check				F*y [kN]	3431
Shear limit value				d*y [mm]	8,1
				d*m [mm]	11,65
SLU	1,743	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub> 1,013		
SLD	1,743	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub> 1,743		

Slika 36: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 3, smer X

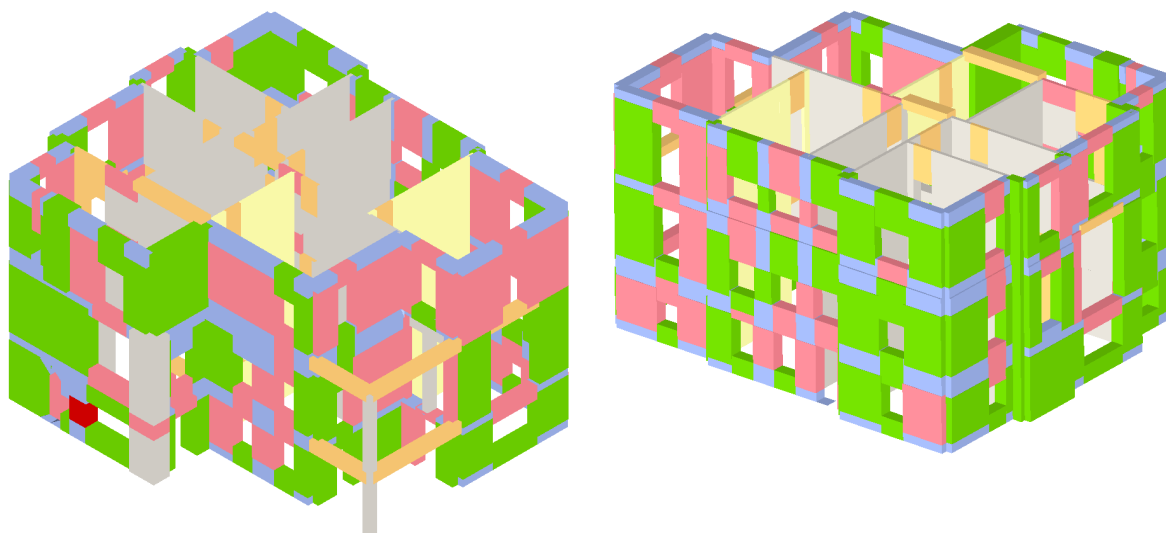


Slika 37: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 3, smer X



Slika 38: Ravninski pomiki elementov zgornje etaže (rdeča barva) ob zaključku potisne analize





Slika 39: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

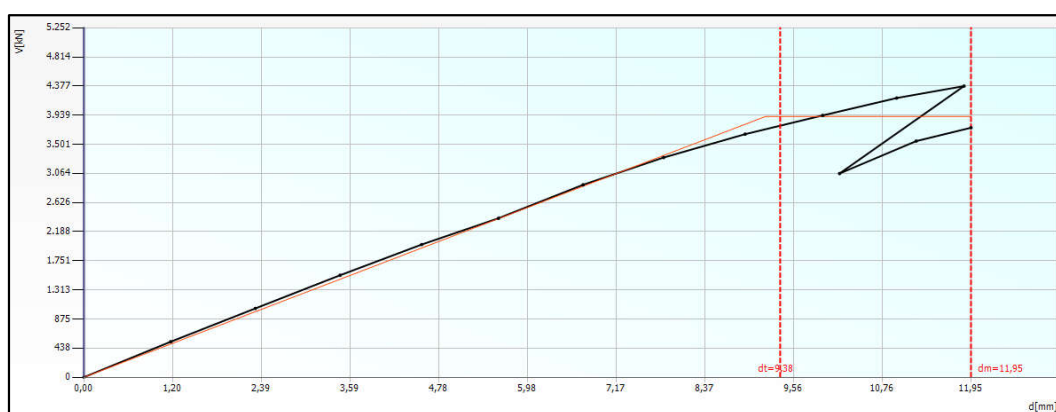
#### Legenda poškodb:

<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

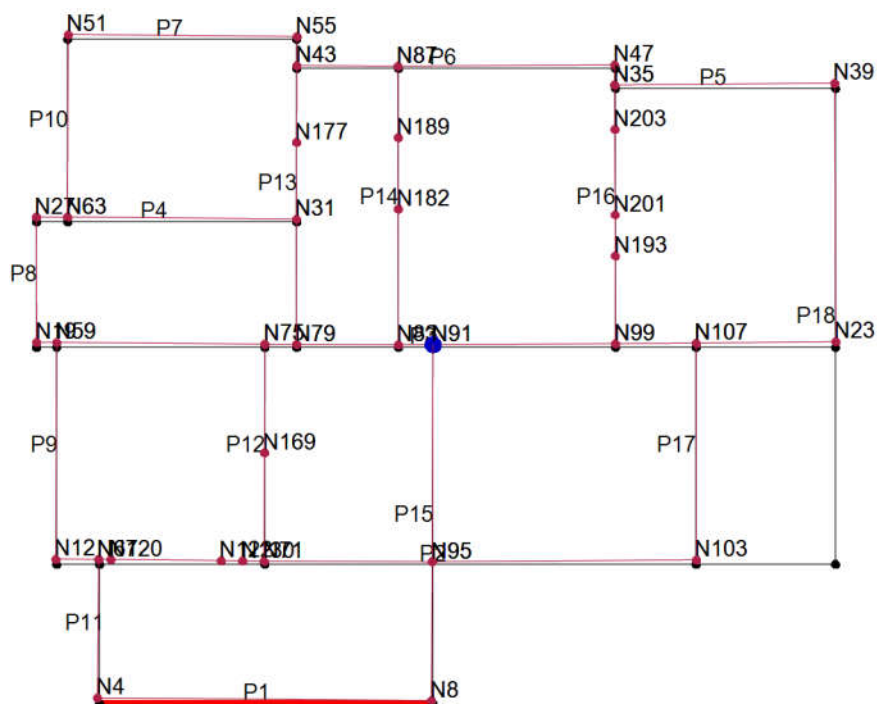


ULS check				Analysis parameters	
dt	9,38	[mm]	$\leq$ dm 11,95 [mm]	T* [s]	0,298
qu	1,02	$\leq$ 3	dm/dt = 1,27	m* [kg]	960700,359
Satisfied check				w [kg]	1652908,82
DLS check				m*/w [%]	58
dt	5,43	[mm]	$\leq$ dm 11,86 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,8
Satisfied check				F*y [kN]	4879
Shear limit value				d*y [mm]	11,43
				d*m [mm]	14,88
SLU	2,073	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub> 1,205		
SLD	2,060	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub> 2,060		

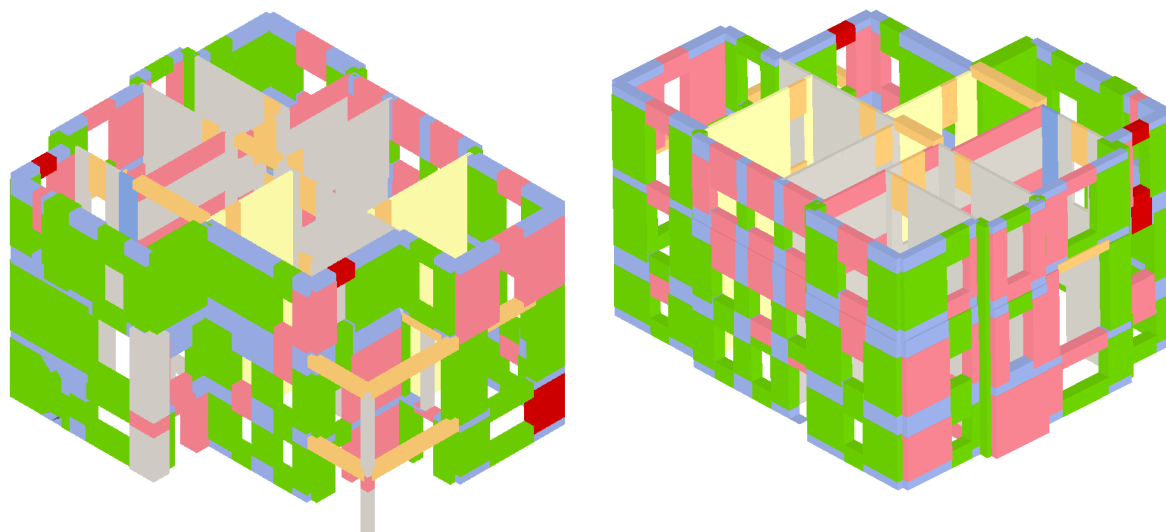
Slika 40: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 17, smer Y



Slika 41: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 17, smer Y



Slika 42: Ravninski pomiki elementov zgornje etaže (rdeča barva) ob zaključku potisne analize



Slika 43: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri Y

#### Legenda poškodb:

<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

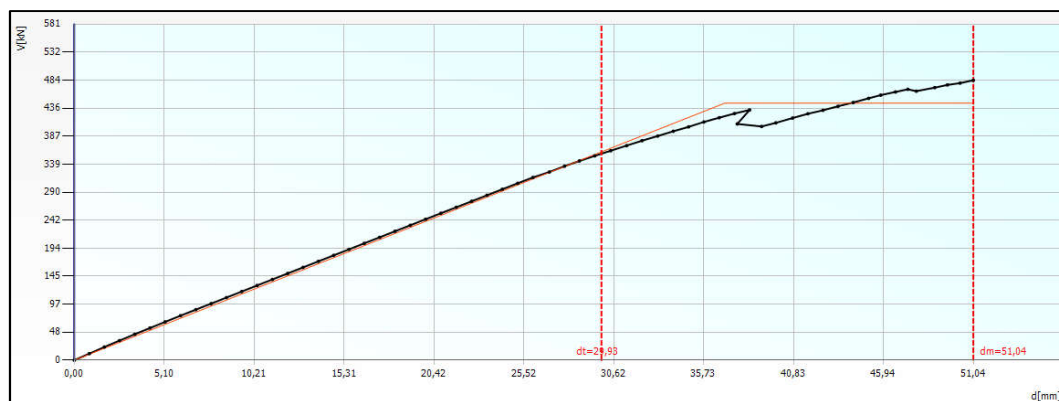
## 2.3.2. Bistveni rezultati analize utrjenega stanja razglednega stolpa – 1. varianta

Preglednica 12: Rezultati potresne analize utrjenega stanja

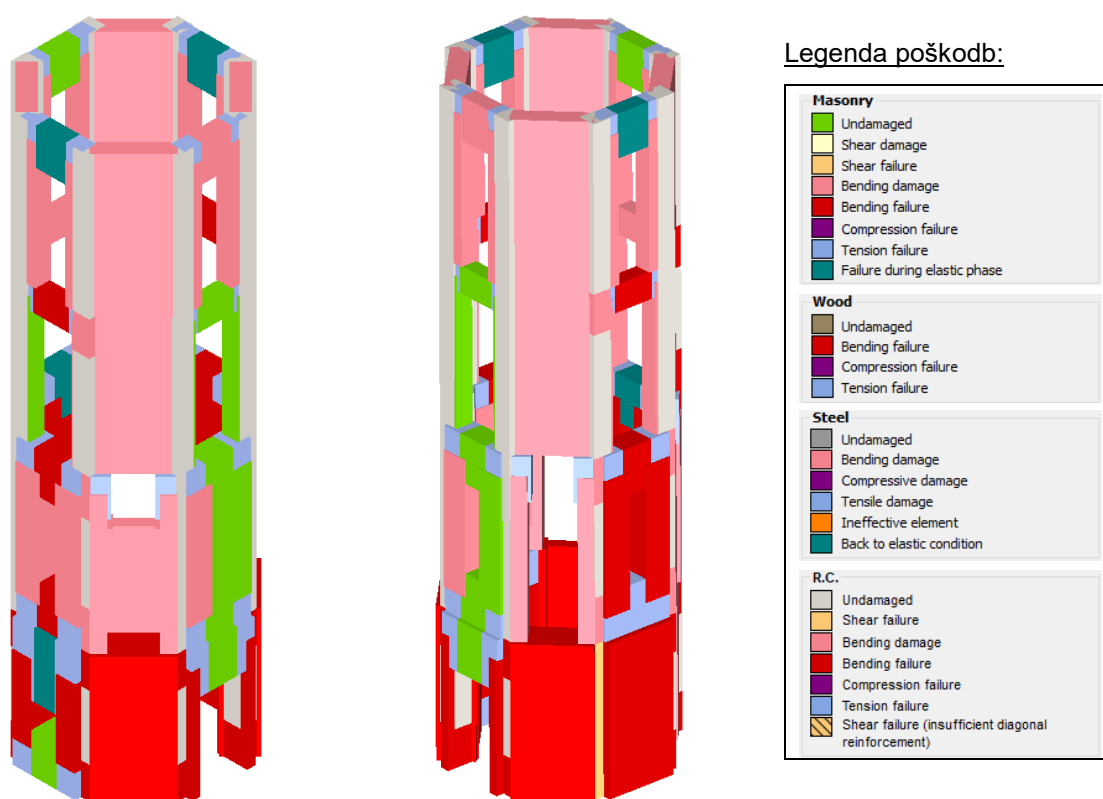
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	23,48	46,37	0,67	YES	13,65	25,51	YES	1,94	1,87
2	+X	First mode	0	29,93	51,04	0,81	YES	17,40	22,56	YES	1,71	1,30
3	-X	Masses	0	23,38	73,92	0,65	YES	13,59	25,43	YES	3,04	1,87
4	-X	First mode	0	30,41	52,37	0,60	YES	17,68	22,47	YES	1,72	1,27
5	+Y	Masses	0	28,49	84,75	0,56	YES	16,57	23,96	YES	2,97	1,45
6	+Y	First mode	0	32,38	45,43	0,83	YES	18,82	21,57	YES	1,40	1,15
7	-Y	Masses	0	28,53	99,85	0,52	YES	16,59	23,96	YES	3,50	1,44
8	-Y	First mode	0	32,68	56,84	0,71	YES	19,00	21,57	YES	1,74	1,14
9	+X	Masses	163	23,07	50,06	0,69	YES	13,41	23,93	YES	2,11	1,78
10	+X	Masses	-163	24,28	60,37	0,61	YES	14,12	27,44	YES	2,44	1,94
11	+X	First mode	163	29,99	67,76	0,76	YES	17,44	21,26	YES	2,26	1,22
12	+X	First mode	-163	30,40	75,11	0,72	YES	17,67	23,05	YES	2,47	1,30
13	-X	Masses	163	25,90	87,23	0,52	YES	15,06	23,85	YES	3,33	1,58
14	-X	Masses	-163	24,06	51,46	0,62	YES	13,99	27,16	YES	2,11	1,94
15	-X	First mode	163	29,86	69,87	0,76	YES	17,36	21,19	YES	2,34	1,22
16	-X	First mode	-163	30,24	95,24	0,74	YES	17,58	23,90	YES	3,15	1,36
17	+Y	Masses	163	28,11	73,19	0,64	YES	16,34	24,26	YES	2,60	1,48
18	+Y	Masses	-163	28,64	72,50	0,55	YES	16,65	23,63	YES	2,53	1,42
19	+Y	First mode	163	32,91	61,61	0,70	YES	19,14	21,92	YES	1,87	1,15
20	+Y	First mode	-163	33,21	71,55	0,63	YES	19,31	21,21	YES	2,15	1,10
21	-Y	Masses	163	28,33	89,49	0,59	YES	16,47	24,28	YES	3,16	1,47
22	-Y	Masses	-163	28,43	100,58	0,54	YES	16,53	23,62	YES	3,54	1,43
23	-Y	First mode	163	32,43	54,63	0,77	YES	18,86	21,94	YES	1,68	1,16
24	-Y	First mode	-163	32,33	54,09	0,80	YES	18,79	21,19	YES	1,67	1,13

ULS check				Analysis parameters	
dt	29,93	[mm]	<=	dm	51,04 [mm]
qu	0,81	<=	3	dm/dt =	1,71
Satisfied check					
DLS check				T* [s]	0,437
dt	17,40	[mm]	<=	dm	22,56 [mm]
Satisfied check					
Drift limit value between nodes 27 e 28 at level 2					
SLU	2,933	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub>	1,705	
SLD	1,296	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub>	1,296	
				m* [kg]	58205,37
				w [kg]	117711,13
				m*/w [%]	49
				Γ [m/s <sup>2</sup> ]	1,31
				F*y [kN]	339
				d*y [mm]	28,17
				d*m [mm]	38,96

Slika 44: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 2, smer X



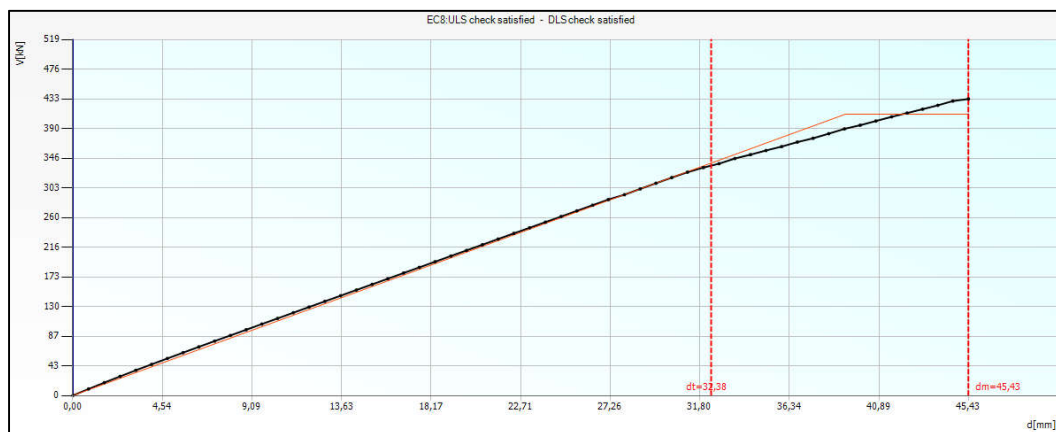
Slika 45: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 2, smer X



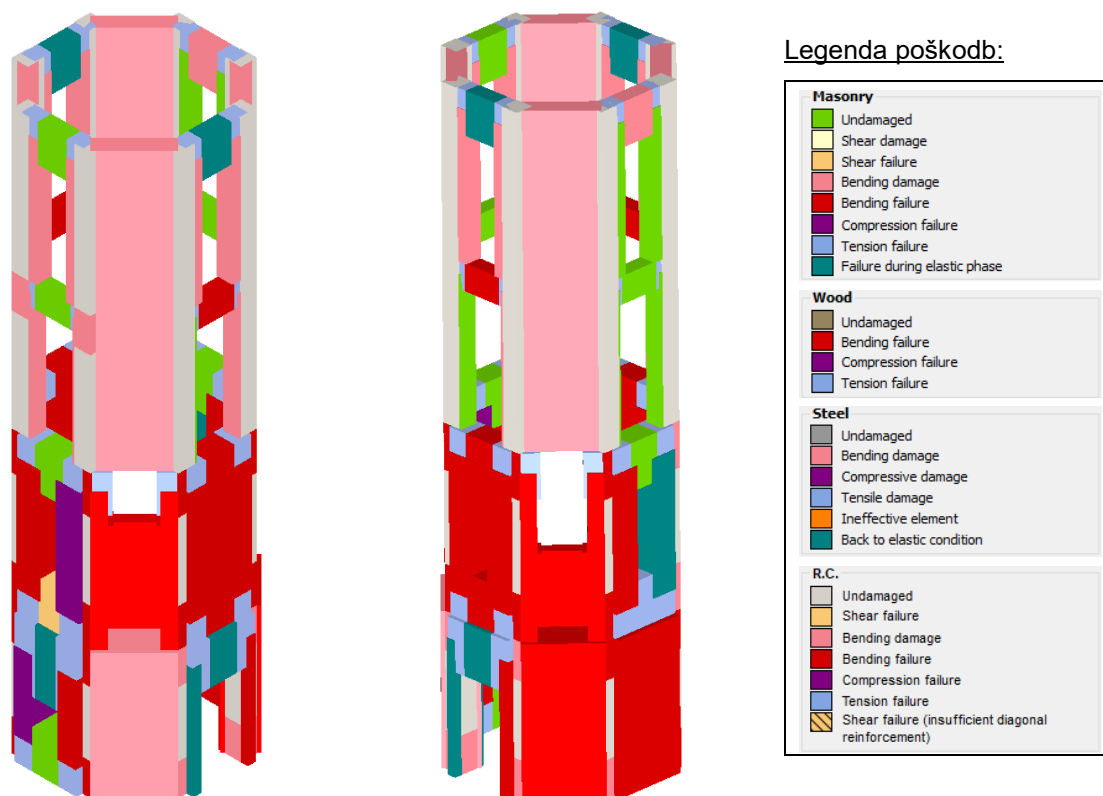
Slika 46: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

<b>ULS check</b>				<b>Analysis parameters</b>			
dt	32,38	[mm]	$\leq$	dm	45,43	[mm]	
qu	0,83		$\leq$	3	dm/dt =	1,40	
Satisfied check				T* [s]	0,472		
<b>DLS check</b>				m* [kg]	59125,148		
dt	18,82	[mm]	$\leq$	w [kg]	117711,13		
Satisfied check				m*/w [%]	50		
Drift limit value between nodes 17 e 18 at level 2				$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	1,31		
				F*y [kN]	313		
				d*y [mm]	29,86		
				d*m [mm]	34,62		
SLU	2,413	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>u</sub>	1,403		
SLD	1,146	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>e</sub>	1,146		

Slika 47: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 6, smer Y



Slika 48: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 6, smer Y



Slika 49: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potresne analize v smeri Y

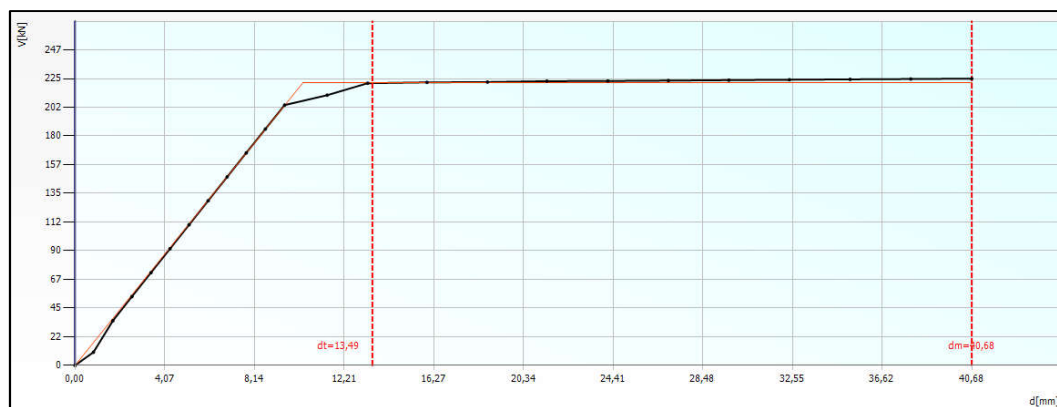
### 2.3.3. Bistveni rezultati analize utrjenega stanja razglednega stolpa – 2. varianta

Preglednica 13: Rezultati potresne analize utrjenega stanja

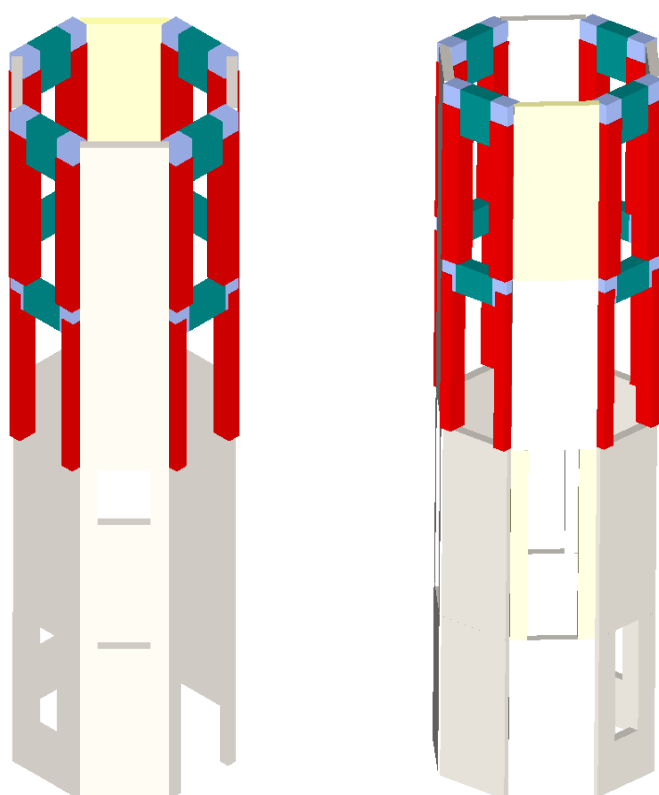
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	7,54	58,01	0,69	YES	4,38	12,71	YES	4,32	2,70
2	+X	First mode	0	13,27	58,21	1,16	YES	7,23	11,31	YES	2,58	1,54
3	-X	Masses	0	7,36	58,23	0,69	YES	4,28	12,85	YES	4,34	2,76
4	-X	First mode	0	12,79	71,26	1,12	YES	7,06	11,61	YES	2,69	1,61
5	+Y	Masses	0	7,77	66,90	0,71	YES	4,52	12,11	YES	4,20	2,55
6	+Y	First mode	0	13,53	71,93	1,15	YES	7,41	11,20	YES	2,61	1,51
7	-Y	Masses	0	7,63	72,09	0,68	YES	4,43	11,97	YES	4,39	2,61
8	-Y	First mode	0	13,19	63,18	1,19	YES	7,10	11,29	YES	2,52	1,54
9	+X	Masses	163	7,51	42,64	0,72	YES	4,37	11,29	YES	3,64	2,49
10	+X	Masses	-163	7,56	40,54	0,72	YES	4,40	18,54	YES	3,48	3,35
11	+X	First mode	163	13,40	43,46	1,20	YES	7,21	10,69	YES	2,50	1,47
12	+X	First mode	-163	13,49	40,68	1,21	YES	7,25	15,97	YES	2,47	1,95
13	-X	Masses	163	7,33	42,72	0,72	YES	4,26	11,38	YES	3,69	2,53
14	-X	Masses	-163	7,38	40,62	0,72	YES	4,29	21,47	YES	3,53	3,75
15	-X	First mode	163	13,09	43,03	1,19	YES	7,04	10,67	YES	2,52	1,49
16	-X	First mode	-163	13,16	40,79	1,20	YES	7,08	16,25	YES	2,51	2,01
17	+Y	Masses	163	7,77	41,81	0,73	YES	4,52	12,75	YES	3,50	2,60
18	+Y	Masses	-163	7,73	42,23	0,73	YES	4,50	11,68	YES	3,53	2,48
19	+Y	First mode	163	13,77	42,40	1,22	YES	7,37	11,46	YES	2,45	1,51
20	+Y	First mode	-163	13,84	42,38	1,22	YES	7,42	10,86	YES	2,46	1,45
21	-Y	Masses	163	7,54	41,81	0,73	YES	4,38	12,74	YES	3,55	2,65
22	-Y	Masses	-163	7,47	42,23	0,73	YES	4,34	11,73	YES	3,60	2,53
23	-Y	First mode	163	13,31	42,36	1,22	YES	7,09	11,44	YES	2,45	1,55
24	-Y	First mode	-163	13,32	42,35	1,22	YES	7,10	10,96	YES	2,46	1,50

ULS check				Analysis parameters	
dt	13,49	[mm]	<=	dm	40,68 [mm]
qu	1,21	<=	3	dm/dt =	3,02
Satisfied check					
DLS check					
dt	7,25	[mm]	<=	dm	15,97 [mm]
Satisfied check					
Drift limit value between nodes 29 e 30 at level 4					
SLU	4,254	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>u</sub>	2,473
SLD	1,951	[m/s <sup>2</sup> ]		a <sub>e</sub>	1,951
				T* [s]	0,27
				m* [kg]	39633,914
				w [kg]	111906,27
				m*/w [%]	35
				Γ [m/s <sup>2</sup> ]	1,31
				F*y [kN]	170
				d*y [mm]	7,93
				d*m [mm]	31,16

Slika 50: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 12, smer X



Slika 51: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 12, smer X



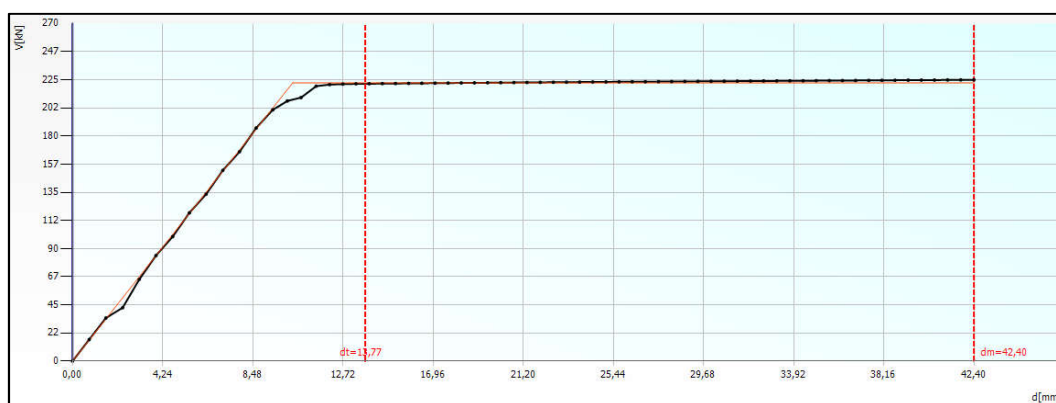
Legenda poškodb:

Masonry	
<span style="color: green;">■</span>	Undamaged
<span style="color: yellow;">■</span>	Shear damage
<span style="color: orange;">■</span>	Shear failure
<span style="color: pink;">■</span>	Bending damage
<span style="color: red;">■</span>	Bending failure
<span style="color: purple;">■</span>	Compression failure
<span style="color: blue;">■</span>	Tension failure
<span style="color: teal;">■</span>	Failure during elastic phase
Wood	
<span style="color: brown;">■</span>	Undamaged
<span style="color: red;">■</span>	Bending failure
<span style="color: purple;">■</span>	Compression failure
<span style="color: blue;">■</span>	Tension failure
Steel	
<span style="color: grey;">■</span>	Undamaged
<span style="color: pink;">■</span>	Bending damage
<span style="color: purple;">■</span>	Compressive damage
<span style="color: blue;">■</span>	Tensile damage
<span style="color: orange;">■</span>	Ineffective element
<span style="color: teal;">■</span>	Back to elastic condition
R.C.	
<span style="color: grey;">■</span>	Undamaged
<span style="color: yellow;">■</span>	Shear failure
<span style="color: pink;">■</span>	Bending damage
<span style="color: red;">■</span>	Bending failure
<span style="color: purple;">■</span>	Compression failure
<span style="color: blue;">■</span>	Tension failure
<span style="color: orange;">■</span>	Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)

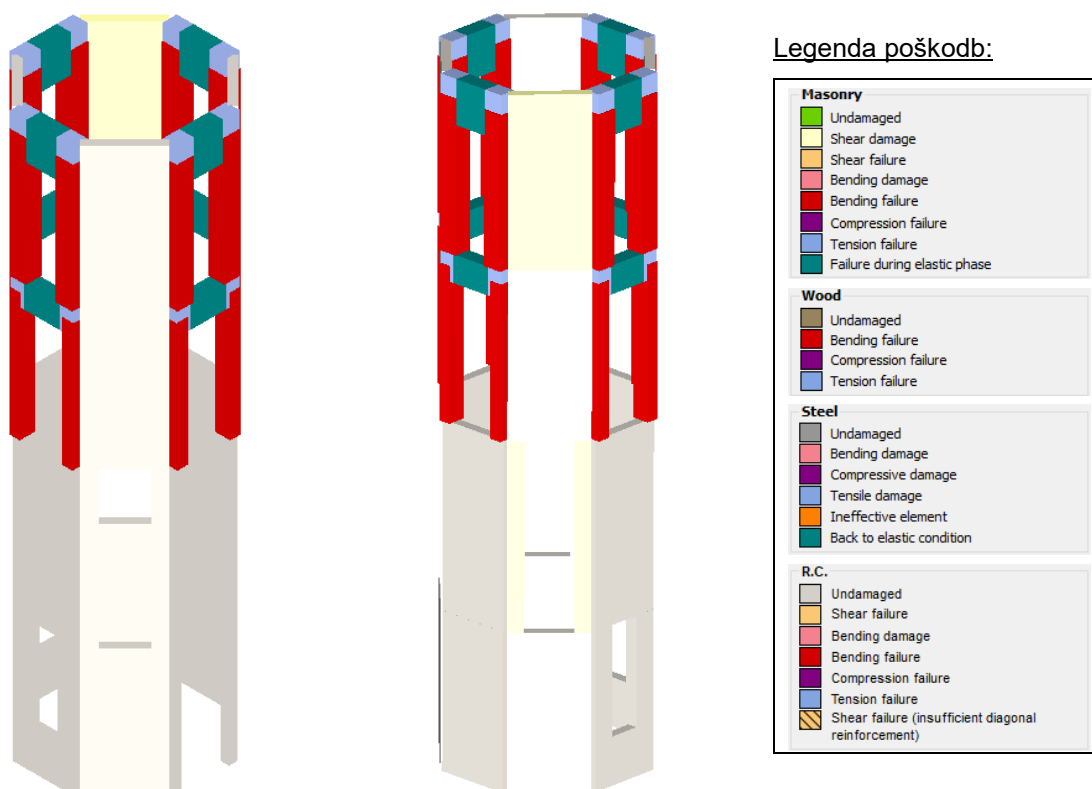
Slika 52: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

<b>ULS check</b>				<b>Analysis parameters</b>	
dt	13,77	[mm]	<= dm 42,40 [mm]	T* [s]	0,271
qu	1,22	<= 3	dm/dt = 3,08	m* [kg]	40002,551
Satisfied check				w [kg]	111906,27
<b>DLS check</b>				m*/w [%]	36
dt	7,37	[mm]	<= dm 11,46 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	1,32
Satisfied check				F*y [kN]	169
Drift limit value between nodes 19 e 20 at level 4				d*y [mm]	7,85
				d*m [mm]	32,15
SLU	4,217	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub> 2,452		
SLD	1,508	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub> 1,508		

Slika 53: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 19, smer Y



Slika 54: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 19, smer Y



Slika 55: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potresne analize v smeri Y



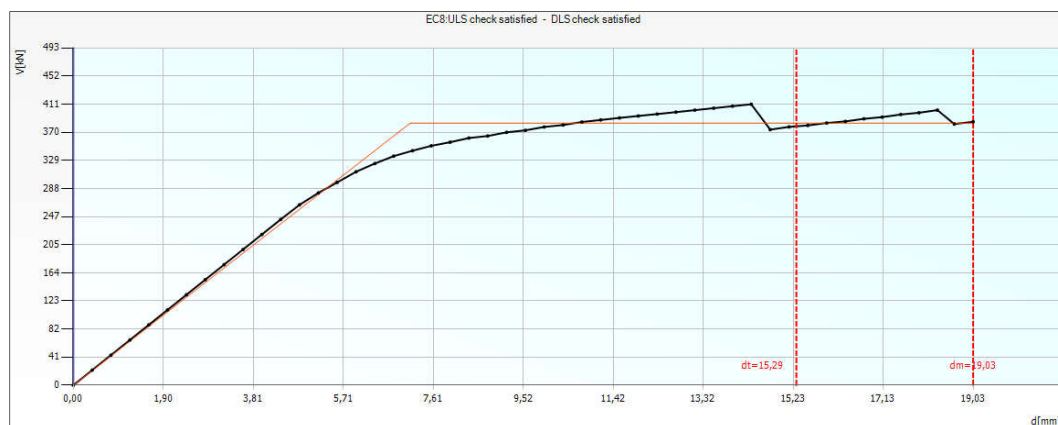
### 2.3.4. Bistveni rezultati analize utrjenega stanja vstopnega objekta

Preglednica 14: Rezultati potresne analize obstoječega stanja

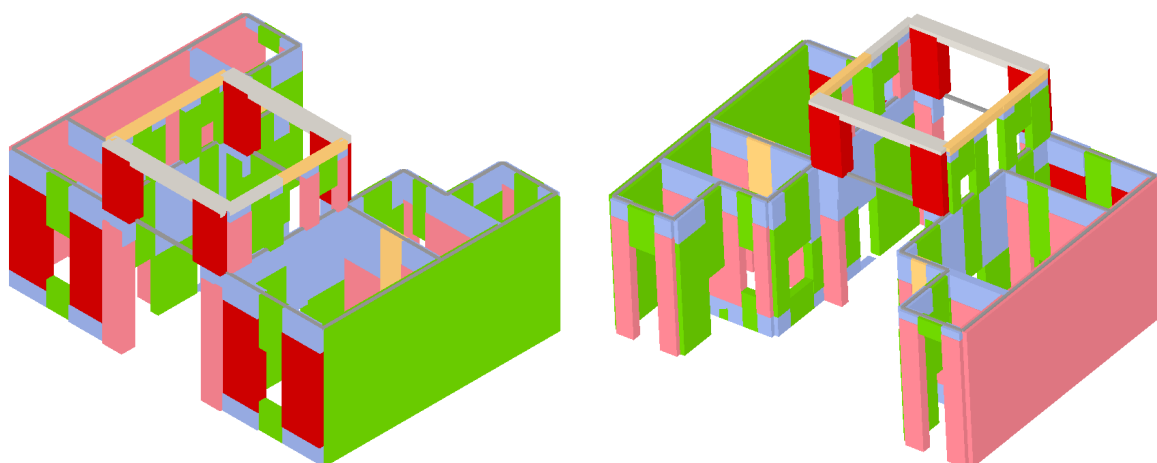
No.	Earthquake direction	Unif. pattern of lat. load	Ecc. [mm]	dt ULS [mm]	dm ULS [mm]	qu ULS	Ver. ULS	dt DLS [mm]	dm DLS [mm]	Ver. DLS	$\alpha$ ULS	$\alpha$ DLS
1	+X	Masses	0	15,46	20,33	2,04	YES	8,80	10,40	YES	1,31	1,17
2	+X	First mode	0	15,42	20,33	2,06	YES	8,78	10,39	YES	1,31	1,18
3	-X	Masses	0	15,41	20,37	2,07	YES	8,77	10,00	YES	1,31	1,13
4	-X	First mode	0	15,43	20,37	2,07	YES	8,79	10,00	YES	1,31	1,13
5	+Y	Masses	0	8,26	24,29	1,15	YES	4,57	8,45	YES	2,47	1,75
6	+Y	First mode	0	8,29	24,30	1,15	YES	4,58	8,45	YES	2,46	1,74
7	-Y	Masses	0	8,03	12,63	1,03	YES	4,62	9,72	YES	1,42	1,99
8	-Y	First mode	0	8,16	25,56	1,07	YES	4,63	9,73	YES	2,58	1,97
9	+X	Masses	498	15,57	20,88	2,05	YES	8,88	10,43	YES	1,33	1,17
10	+X	Masses	-498	15,34	19,43	2,04	YES	8,72	9,96	YES	1,26	1,14
11	+X	First mode	498	15,56	20,03	2,07	YES	8,88	10,43	YES	1,28	1,17
12	+X	First mode	-498	15,29	19,03	2,07	YES	8,69	9,96	YES	1,24	1,14
13	-X	Masses	498	15,52	20,50	2,06	YES	8,85	10,43	YES	1,31	1,17
14	-X	Masses	-498	15,30	19,88	2,08	YES	8,70	9,96	YES	1,29	1,14
15	-X	First mode	498	15,54	20,50	2,06	YES	8,87	10,43	YES	1,31	1,17
16	-X	First mode	-498	15,31	19,48	2,08	YES	8,70	9,96	YES	1,26	1,14
17	+Y	Masses	665	8,29	22,61	1,18	YES	4,54	8,05	YES	2,32	1,68
18	+Y	Masses	-665	8,06	10,38	1,06	YES	4,59	8,98	YES	1,21	1,86
19	+Y	First mode	665	8,33	22,64	1,19	YES	4,56	8,05	YES	2,31	1,68
20	+Y	First mode	-665	8,07	10,34	1,05	YES	4,61	8,98	YES	1,21	1,86
21	-Y	Masses	665	8,06	23,66	1,06	YES	4,58	9,46	YES	2,43	1,94
22	-Y	Masses	-665	8,29	22,45	1,11	YES	4,65	9,51	YES	2,29	1,91
23	-Y	First mode	665	8,07	23,67	1,04	YES	4,62	10,85	YES	2,42	2,16
24	-Y	First mode	-665	8,11	12,66	1,03	YES	4,67	9,51	YES	1,41	1,94

ULS check				Analysis parameters	
dt	15,29	[mm]	<=	dm	19,03 [mm]
qu	2,07	<=	3	dm/dt =	1,24
Satisfied check					
DLS check					
dt	8,69	[mm]	<=	dm	9,96 [mm]
Satisfied check					
Drift limit value between nodes 19 e 20 at level 2					
SLU	2,128	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub>	1,237	
SLD	1,139	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub>	1,139	
				T* [s]	0,375
				m* [kg]	191213,395
				w [kg]	252122,78
				m*/w [%]	76
				Γ [m/s <sup>2</sup> ]	0,97
				F*y [kN]	397
				d*y [mm]	7,37
				d*m [mm]	19,69

Slika 56: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 12, smer X



Slika 57: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 12, smer X



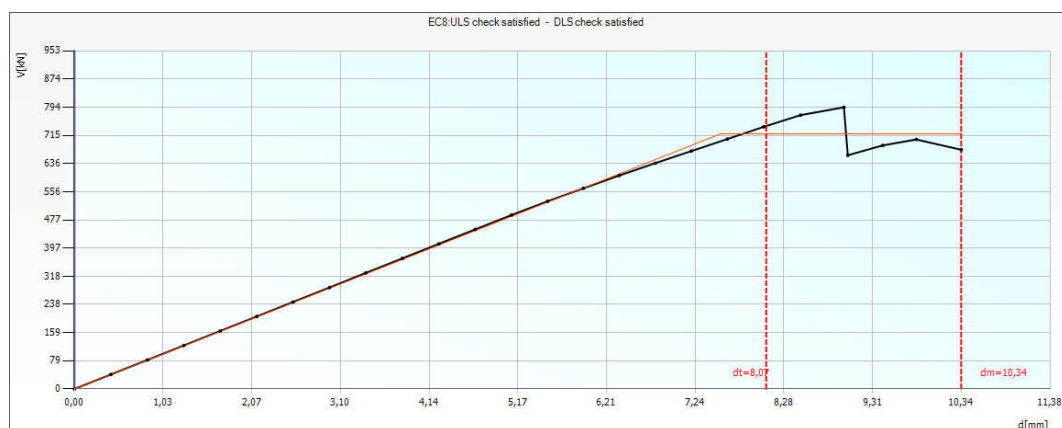
Slika 58: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri X

#### Legenda poškodb:

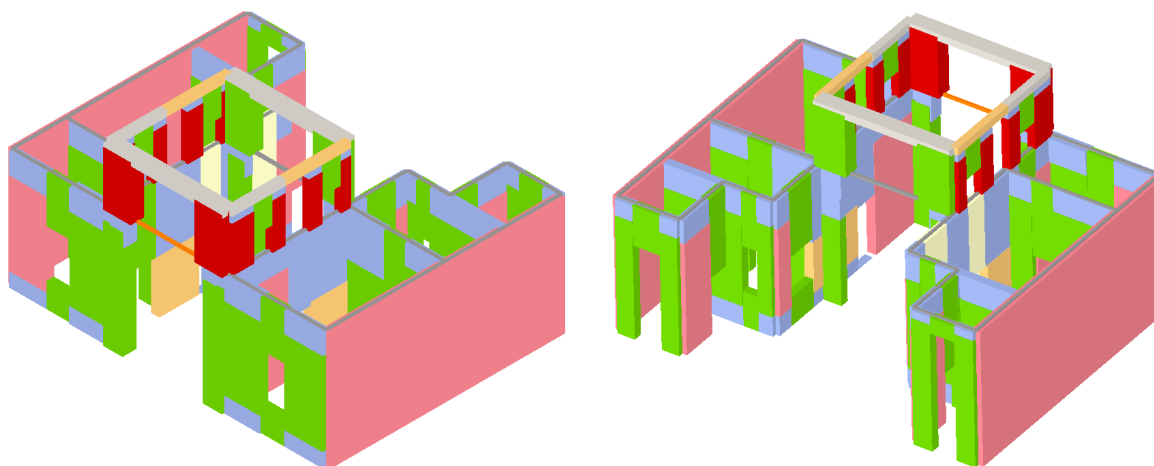
<b>Masonry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear damage</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Failure during elastic phase</li> </ul>	<b>Steel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending damage</li> <li>Compressive damage</li> <li>Tensile damage</li> <li>Ineffective element</li> <li>Back to elastic condition</li> </ul>
<b>Wood</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> </ul>	<b>R.C.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Undamaged</li> <li>Shear failure</li> <li>Bending damage</li> <li>Bending failure</li> <li>Compression failure</li> <li>Tension failure</li> <li>Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)</li> </ul>

ULS check				Analysis parameters	
dt	8,07	[mm]	$\leq$ dm 10,34 [mm]	T* [s]	0,289
qu	1,05	$\leq$ 3	dm/dt = 1,28	m* [kg]	201841,578
Satisfied check				w [kg]	252122,78
DLS check				m*/w [%]	80
dt	4,61	[mm]	$\leq$ dm 8,98 [mm]	$\Gamma$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,87
Satisfied check				F*y [kN]	826
Shear limit value				d*y [mm]	8,65
				d*m [mm]	11,87
SLU	2,077	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>u</sub> 1,207		
SLD	1,862	[m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>e</sub> 1,862		

Slika 59: Bistveni rezultati potresne analize za merodajen primer - št. 20, smer Y



Slika 60: Potisna krivulja za merodajen primer - št. 20, smer Y



Slika 61: Mehanizmi porušitve delov nosilne konstrukcije ob zaključku potisne analize v smeri Y

## Legenda poškodb:

Masonry	R.C.	Steel	Wood
Undamaged	Undamaged	Undamaged	Undamaged
Shear damage	Shear failure	Bending damage	Bending failure
Shear failure	Bending damage	Compressive damage	Compression failure
Bending damage	Bending failure	Tensile damage	Tension failure
Bending failure	Compression failure	Ineffective element	
Compression failure	Tension failure	Back to elastic condition	
Tension failure	Shear failure (insufficient diagonal reinforcement)		
Failure during elastic phase			

## 2.4. Povzetek rezultatov

Na osnovi izvedenih seizmičnih analiz obravnavanih objektov smo ugotovili, da v obstoječem stanju izpolnjuje vse kriterije protipotresne varnosti le pomožni objekt – garaža. Za ojačitev glavnega objekta smo predvideli obojestranske armiranobetonske omete na notranjih nosilnih stenah objekta. Dodatno smo analizirali tudi primerne utrditvene posege za konstrukcijo stolpiča, za katerega smo predlagali dve varianti. Pri računski analizi vstopnega objekta pa smo kot utrditven ukrep upoštevali horizontalne jeklene zidne vezi v nivoju stropa nad pritličjem ter armiranobetonski povezovalni venec po obodnih zidovih osrednjega nadzidka.

Na podlagi zgoraj prikazanih rezultatov seizmične analize lahko ugotovimo, da se predlagani utrditveni ukrepi nosilnih konstrukcij posameznih objektov izkažejo za učinkovite. Uspeli smo računsko dokazati, da z njihovo aplikacijo izpolnimo zahteve za protipotresno varnost, skladno z današnjimi standardi. Poleg v tej prilogi omenjenih in v računu upoštevanih ojačitvenih ukrepov so potrebni tudi drugi ukrepi, ki so navedeni v tekstualnem delu poročila.