

GALERIJA CUKRARNA

GALLERY »CUKRARNA«

Tomaž Strmole, univ. dipl. inž. grad.

tomaz.strmole@elea.si

Elea iC, d. o. o.

Dunajska 21, 1000 Ljubljana

Matej Jan, univ. dipl. inž. grad.

matej@projekt.si

Projekt, d. d., Nova Gorica

Kidričeva ulica 9 a

Strokovni članek

725.94:69.059.7(497.451.1)

Povzetek | Objekt Cukrarna v Ljubljani predstavlja pomemben spomenik industrijske arhitekture 19. stoletja. V preteklosti je bilo že več poskusov prenove in rekonstrukcije, vendar ni bila nikoli izvedena sanacija celotnega objekta. Projekt celovite rekonstrukcije objekta, v katerem je predvidena umetniška galerija, obsega rušitev vseh notranjih zidov in strehe, ojačitev obodnih sten z armiranobetonsko oblogo, izvedbo nove jeklene konstrukcije ostrešja in etaž, ojačitev temeljev in izvedbo nove kleti.

Ključne besede: Cukrarna, galerija, sanacija, rekonstrukcija, kulturna dediščina, spomenik

Summary | The old sugar factory building "Cukrarna" in Ljubljana is an important monument of industrial architecture of the 19th century. In the past, there have been several attempts of its renovation and reconstruction, however complete rehabilitation of the whole building has never been carried out. The reconstruction project of the new art gallery building includes the demolition of all the interior walls and roofs, stiffening of the peripheral walls with reinforced concrete cover, implementation of new steel structure of the roofs and floors, reinforcement of foundations and the implementation of new basement.

Key words: sugar factory, gallery, renovation, reconstruction, cultural heritage, monument

1 • UVOD

Objekt Cukrarna je bil zgrajen leta 1828 in je večino 19. stoletja deloval kot rafinerija sladkorja, pozneje pa je bila v njem kasarna. Predstavlja pomemben arhitekturni spomenik industrijske arhitekture 19. stoletja. V preteklosti je bilo že več poskusov prenove in rekonstrukcije objekta, vendar celovita sanacija nikoli ni bila izvedena.

Obstoječi objekt je zasnovan kot opečna zidana konstrukcija. Nosilne stene se z višino objekta tanjšajo od pritličja proti ostrešju. Objekt je temeljen na zidanih kamnitih temeljih. Obstoječe ostrešje je leseno.

Rekonstrukcija predvideva rušitev vseh notranjih nosilnih in predelnih sten, obodne stene

objekta pa se ohranijo. Izvedejo se nove jeklene konstrukcije medetaž, ki se obesijo na jekleno konstrukcijo ostrešja in horizontalno vpnejo v obstoječe opečne stene, ki se ojačijo z armiranobetonsko oblogo. V pritlični etaži, razen obodnih sten, ni vertikalnih nosilnih elementov. Temelji objekta se obbetonirajo, razširijo in ojačijo z jet-grouting koli, ki služijo za ojačitev obstoječih temeljev in sočasno delujejo kot zaščita gradbene jame v območju izvedbe nove armiranobetonske konstrukcije kleti.

2 • ZGODOVINA OBJEKTA

Cukrarna, nekdanja rafinerija sladkorja, je najstarejši ohranjeni objekt industrijske kulturne dediščine v Ljubljani in ena redkih še ohranjenih arhitektur sladkorne rafinerije na območju nekdanje monarhije. Je ena tistih ljubljanskih stavb, zaradi katere je bilo prelitega že mnogo črnila, sprva izpod literarnih peres Dragotina

Ketteja, Josipa Murna - Aleksandrova, Ivana Cankarja, Otona Župančiča, Ivana Prijatelja in mnogih drugih, v zadnjem času pa predvsem veliko tiskalniškega črnila, za tiskanje nešteto projektnih rešitev, diplomskih nalog, doktorskih ekspertiz in strokovnih mnenj o tem, kako prenoviti in ohraniti to izjemno stavbno dedišči-

no, ki pa marsikomu predstavlja tudi trn v peti razvoja in individualnih interesov.

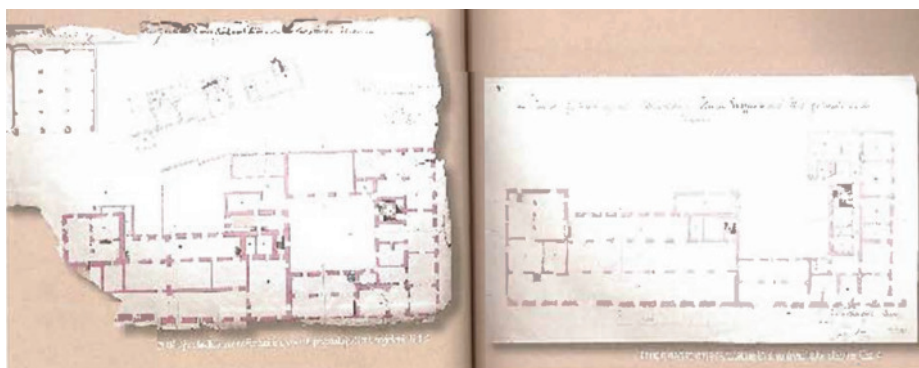
Začetki Cukrarne segajo v davno leto 1828, ko je prvo industrijsko podjetje na slovenskem in ena prvih delniških družb na tem območju pričela investicijo in gradnjo poljanske rafinerije sladkorja. Leta 1830 so bila dela na sladkorni rafineriji končana, čiščenje sladkorja pa je verjetno potekalo že prej. Sredi 19. stoletja je ljubljanska predelovalnica sladkorja prerasla v največjo rafinerijo v monarhiji, saj so v njej leta

1855 proizvedli 6300 ton sladkorja, kar je predstavljal šestino celotne proizvodnje sladkorja v monarhiji. Leta 1858 se je zgodil katastrofalni požar, ki je bil usoden za tovarno in podjetje. Kljub menjavi lastnika se proizvodnja ni nikoli več obnovila. V letih 1870–1872 so v tovarni ponovno začeli delovati stroji, tokrat tobačne industrije, ki pa je zaradi požara, ki je izbruhnil v dimniku, hitro končala proizvodnjo. Novi lastnik je glede na potrebe mesta, v tovarniškem delu uredil vojašnico, ki je ostala v stavbi vse do konca prve svetovne vojne. Stavba, ki je leta 1895 kljubovala potresu, je v mlajši zgodovini mesta ponudila zatočišče najbolj ranljivim slojem prebivalstva: žrtvam potresa, otrokom, bolnikom, odpuščenim zapornikom, prišlekom in umetnikom. Tam so nastajale Kettejeva in Murnova poezija, Župančičeva Čaša opojnosti in Cankarjeva Erotika. Med vojnama je v stavbi delovala dunajska tovarna pletenin in tkanin, po drugi svetovni vojni pa je leta 1948 preostalo strojno opremo prevzela tovarna Volnenka, ki se je leta 1971 preimenovala v Velano. V Cukrarni sta imela svoje prostore tudi tovarna otroških vozičkov Tribuna in podjetje Novost, ljubljansko lutkovno gledališče je imelo tam svoje delavnice in skladišče, zatočišče pa so v objektu našle še številne druge dejavnosti.

Leta 1987 je bila Cukrarna začasnim odlokom za eno leto zaščitena kot kulturni spomenik, leta 1990 pa je bila vpisana na seznam kulturne dediščine kot umetnostni in arhitekturni spomenik. V svoji zgodovini je bila stavba večkrat nadzidana, prizidana in rekonstruirana. Zgradbo so v začetku 90. let 20. stoletja izpraznili z namenom prenove in spremembe v nakupovalno središče. Načrti se niso uresničili in v objekt so se naselili brezdomci. Zaradi večkrat-



Slika 1 • Cukrarna (litografija, ok. 1864).



Slika 2 • Originalni načrti objekta Cukrarna (levo: pritličje, desno: drugo nadstropje).

nih požarov, ki so jih zanelili (v enem izmed njih je pogorel tudi osrednji del ostrešja), so objekt za silo zavarovali pred nadaljnjim propadanjem, okna in vrata v nižjih nadstropjih pa zazidali ter s tem preprečili dostop do objekta. Pozneje so za ves promet, tudi pešce, najprej delno, nato

pa popolnoma zaprli tudi Povšetovo ulico, saj je prehod ob objektu zaradi možnosti odpadanja delov stavbe postal prenevaren. Leta 2010 so za potrebe izgradnje podrli del povezovalnega trakta med Cukrarno in dvorcem ter stavbo na tem delu dodatno utrdili (Krmelj, 2010).

3 • SPLOŠNI PODATKI O OBJEKTU

1.1 Splošno

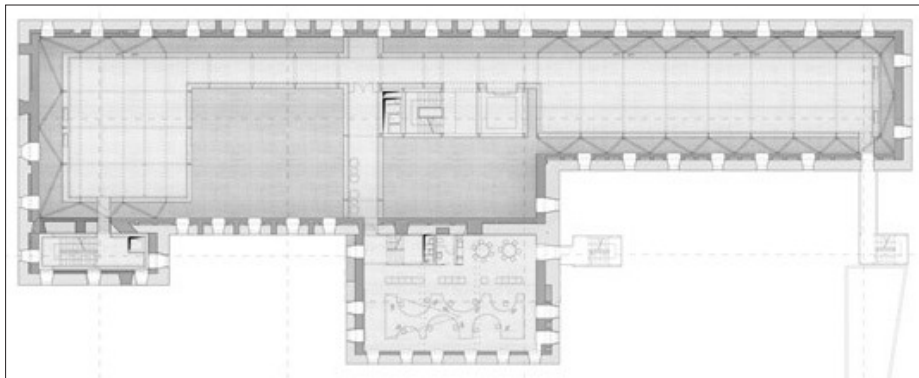
Investitor rekonstrukcije objekta je Mestna občina Ljubljana. Tlorisne mere so 85,0 x 32,7 m. Objekt ima klet, pritličje, tri nadstropja in mansardo. Kota pritličja je na 289,12 m. n. v., kota slemena 316,10 m. n. v. in kota kapi 307,50 m. n. v. Bruto etažna površina je ca. 6600 m², ocena investicije je ca. 20 milijonov EUR.

1.2 Konstruktivna zasnova

Nosilna konstrukcija objekta je zasnovana kot kombinacija armiranobetonskih sten ter jeklene medetažne konstrukcije in ostrešja.



Slika 3 • Cukrarna – vizualizacija.



Slika 4 • Karakteristični tloris in prerez objekta.

Obstoječe opečne obodne stene, ki se ohranijo, se obbetonirajo v debelini 30 do 80 cm. Na vrhu opečnih sten po celotnem obodu objekta poteka armiranobetonski venec, na katerega se sidra jeklena konstrukcija ostrejšja. Medetažne jeklene konstrukcije, ki so zasnovane kot palični sovprežni nosilci z medetažno ploščo hi-bond debeline 15 cm, so preko jeklenih vešal obešene na nosilne strešne okvirje in z diagonalnimi cevnimi razporami horizontalno sidrane v armiranobetonske stene. Medetažne konstrukcije južnega prizidka so zasnovane kot klasične armiranobetonske plošče. Obodni temeljni zidovi se ojačijo z jet-grouting koli globine ca. 10,0 m. Nova kletna etaža višine ca. 5,5 m je zasnovana z obodnimi armiranobetonskimi stenami debeline 30 cm in montažno medetažno konstrukcijo s prednapetimi TT-ploščami višine ca. 1,0 m in razpona 11,0 do 16,0 m. Obodne stene osrednjega dela objekta, kjer se po celotni višini objekta dviguje odprt prostor brez medetažnih konstrukcij, se ojačijo z armiranobetonskimi rebri, ki se vklešejo v obstoječe opečne zidove.

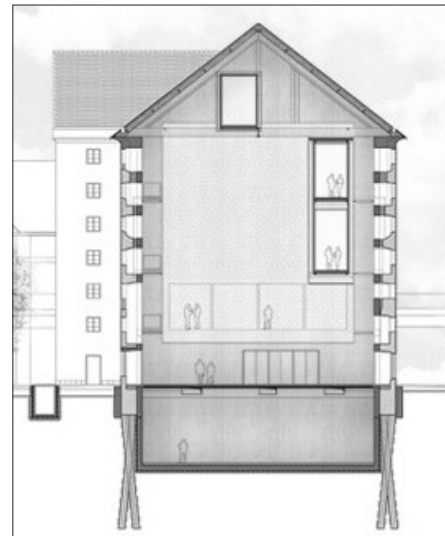
1.3 Materialno-tehnično stanje objekta

Temelji objekta so pretežno kamniti in segajo ca. 70 cm pod koto tlaka v objektu. Na vkopnem delu objekta je zgornji del temeljnega zidu do globine ca. 80 cm opečnat, pod njim pa so temelji kamniti ali mešano opečnokamniti višine ca. 140 cm. Širina temeljev sledi

debelini zidov ali pa se razširi od linije zidu za ca. 10 cm. Temelji so v relativno dobrem stanju, brez večjih poškodb. Objekt ne kaže bistvenih znakov diferenčnega posedanja ali lokalnega popuščanja temeljev.

Nosilno konstrukcijo objekta predstavlja sistem obodnih in prečnih zidov, katerih debelina se spreminja od 1,5 m v pritličju do 0,70 m v šestem nadstropju. Poleg zidov nosilno konstrukcijo tvorijo še slopi v vzdolžni smeri objekta. Zidovi in slopi so v glavnem opečni ali mešani zidovi, v katerih kot gradivo prevladujeta opeka in kamen. Del zidov na dvoriščni strani je grajen kot kamniti drobir debeline 0,4–0,6 m, obdan z opečnim zidom. Povprečna tlačna trdnost opeke je ocenjena na 10 MPa. Za vezivo je uporabljena apnena malta, ki je krušljiva in drobljiva in ima ocenjeno tlačno trdnost 0,5 MPa. Zaradi zelo poškodovanega ometa se na zidovih kažejo poškodbe zaradi zamakanja in zmrzovanja. Nosilni zidovi so med seboj povezani z jeklenimi vezmi in sidrnimi ključi, ki pa so na fasadi že precej korodirani. Nekateri slopi znotraj objekta so bili že ojačeni z oblogo iz brizganega betona.

Pred rekonstrukcijo leta 1991 so stropne konstrukcije v nižjih nadstropjih predstavljali masivni opečni oboki, v višjih nadstropjih pa leseni stropi. Med rekonstrukcijo so odstranili pretežni del lesenih stropov, opečni oboki pa so bili ohranjeni. V delu objekta so bile izve-



dene nove armiranobetonske medetažne plošče. V dvoriščnih prizidkih so leseni stropi ostali nedotaknjeni in so v zelo slabem stanju. Prvotna strešna konstrukcija je zasnovana kot razmeroma komplicirano leseno povezje, ki je v zelo slabem stanju in je bilo na osrednjem delu zaradi zamakanja in požara porušeno ter nadomeščeno z novo jekleno položno enokapnico (Šušteršič, 2013).

1.4 Temeljenje

Temeljna tla v območju objekta predstavljajo mlajše in starejše rečne naplavine. Hribinsko podlago sestavljajo permokarbonski peščenjaki in skrilavci na globini ca. 19,0 m. Talna voda je na dveh nivojih, in sicer kot lebdeča podtalnica na globini 10,0 m ter glavna subartheška podtalnica na globini ca. 15,0 m.

Na površju obravnavanega območja je plast umetnega nasipa debeline ca. 2,6 m, ki je sestavljen iz zaglinjenih prodov s kosi opeke in organskimi ostanki lesa. Pod nasipom je sloj savskega proda v srednje gostem in gostem stanju. Do globine 15 m sledi menjavanje konglomerata in zaglinjenega proda. Na globini od 18 do 24 m se pojavi hribinska osnova (Valič, 2013).



Slika 5 • Čukrarna – obstoječe stanje.



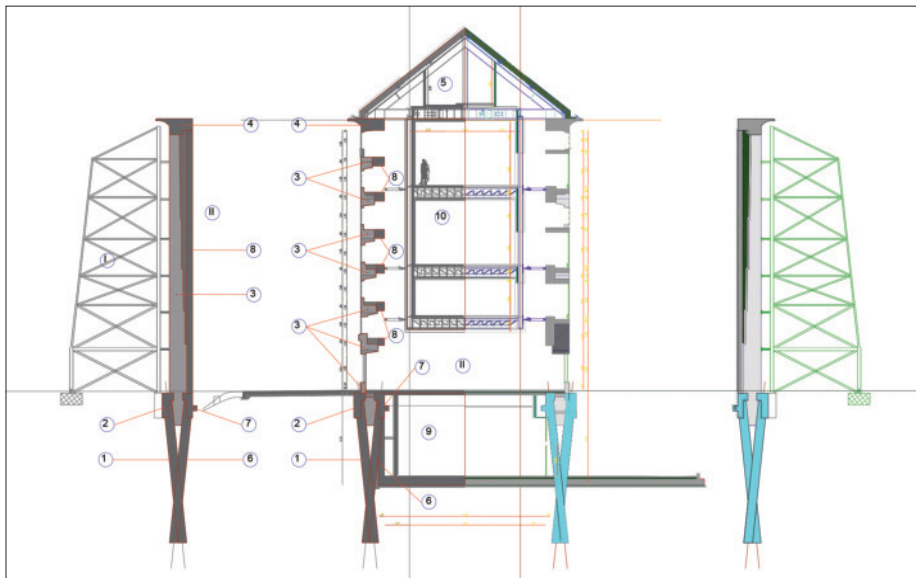
4 • REKONSTRUKCIJA IN FAZNOST GRADNJE

1.5 Splošno

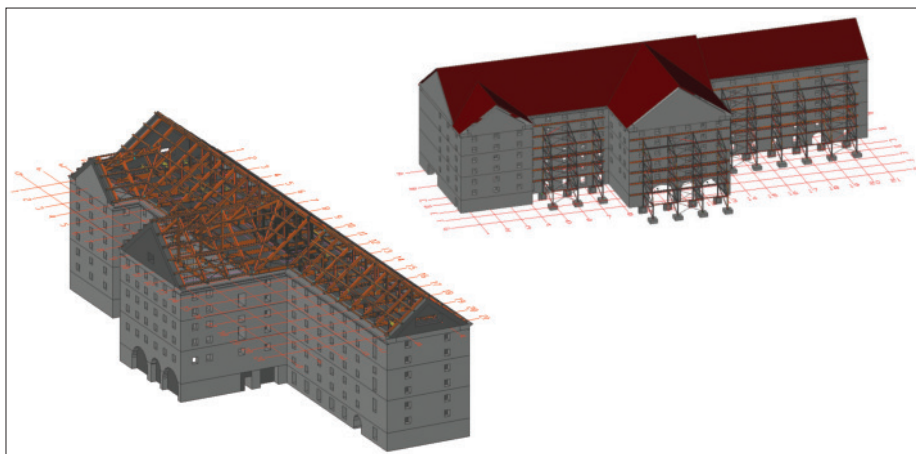
Rekonstrukcija objekta obsega odstranitev vseh notranjih nosilnih in predelnih sten, medetažnih konstrukcij in ostrešja. Obstoječe opečne stene se utrdijo in ojačijo z injektiranjem ter obbetoniranjem. Temeljni zidovi se utrdijo z injektiranjem in jet-grouting koli. Po celotnem tlorisu objekta se izvedeta nova AB-klet in novo jekleno ostrešje. Jeklene med-etažne konstrukcije se obesijo na nosilne strešne okvirje in horizontalno povežejo z obbetoniranimi obstoječimi opečnimi stenami.

1.6 Rekonstrukcijski posegi

Na sliki 6 so shematsko prikazani in opisani rekonstrukcijski posegi, ki se bodo izvajali na objektu. Celotna rekonstrukcija objekta bo zaradi velikega finančnega zalogaja, na željo investitorja, predvidoma razdeljena na štiri faze, ki se bodo izvajale v ločenih časovnih intervalih, odvisno od dinamike pridobivanja finančnih sredstev. Predvidena faznost omogoča prilagajanje vsebine in število posameznih faz, če se v času pridobivanja finančnih sredstev izkaže, da bo finančna shema ugodnejša od predvidene. Konstrukcijski posegi so razdeljeni na tri ločene faze, ki so poimenovane



Slika 6 • Karakteristični prerez z rekonstrukcijskimi posegi.



Slika 7 • Novo jekleno ostrešje in varovalna konstrukcija.

faza F, faza G in faza H. Faza F obsega nujne ukrepe za zaščito konstrukcije in preprečevanje nadaljnje erozije objekta. Faza G obsega rušitvena dela in izvedbo betonskih del znotraj objekta z izjemo kleti. V fazi H se izvedeta še nova klet in jeklena konstrukcija medetaž. Zadnja faza I pa obsega še inštalacijska in obrtniška dela na objektu.

1.7 Faze gradnje

Ukrepi v posameznih fazah so označeni na sliki 6 in opisani v nadaljevanju.

Faza F:

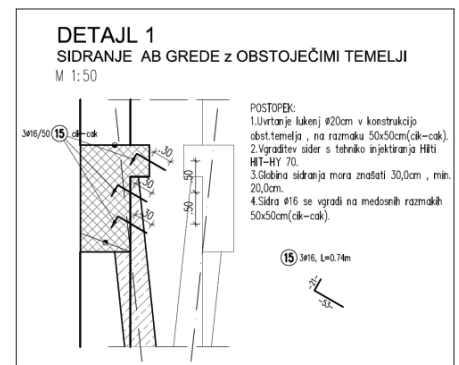
- I Začasna varovalna jeklena konstrukcija na zunanji strani obodnih zidov
- 1 Jet-grouting koli na zunanji strani obodnih zidov
- 2 AB-greda (obbetoniranje) na zunanji strani obstoječih temeljnih zidov
- 3 Sistematično injektiranje obstoječih zidov
- 4 Izvedba AB-venca po celotni dolžini obodnih zidov
- 5 Izvedba novega jeklenega ostrešja

Faza G:

- II Rušitev obstoječih medetažnih konstrukcij in sten znotraj objekta
- 6 Jet-grouting koli na notranji strani obodnih zidov
- 7 AB-greda na notranji strani obstoječih temeljnih zidov
- 8 Obbetoniranje obodnih zidov z notranje strani po celotni višini objekta

Faza H:

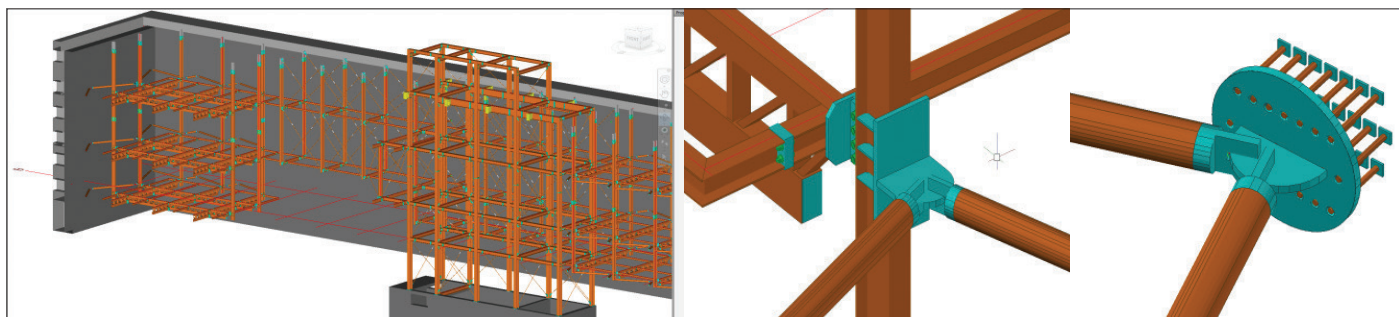
- 9 Nova kletna etaža in temeljna AB-plošča
- 10 Jeklena konstrukcija medetaž, obešena na strešne jeklene okvirje in razprta v AB-stene



Slika 8 • Detajl AB-grede na zunanji strani temeljnega zidu.

Po končani fazi H, ko so izvedeni vsi konstrukcijski posegi, ki zagotavljajo statično in potresno stabilnost objekta, se odstrani zunanja jeklena varoval-

na konstrukcija, ki bo v času med posameznimi fazami zagotavljala potrebno stabilnost in varnost objekta.



Slika 9 • Jeklena konstrukcija medetaž in detajl priklopa diagonalnih razpor.

5 • RAČUNSKE ANALIZE IN PREDPOSTAVKE

Zahtevnost objekta in predvideni rekonstrukcijski ukrepi so vzrok številnim poglobljenim lokalnim in globalnim analizam nosilnih elementov objekta.

Opravljene so bile potresna analiza obstoječe konstrukcije (pushover analiza), potresna analiza nove konstrukcije z dimenzioniranjem jeklenih in armiranobetonskih elementov, analiza in dimenzioniranje začasne varovalne konstrukcije fasadnih sten skupaj z določitvijo

Tower 3D, SOFiSTiK FEM 27, IdeaStatica, Rocscience Slide 5.0, AM Quake ...).

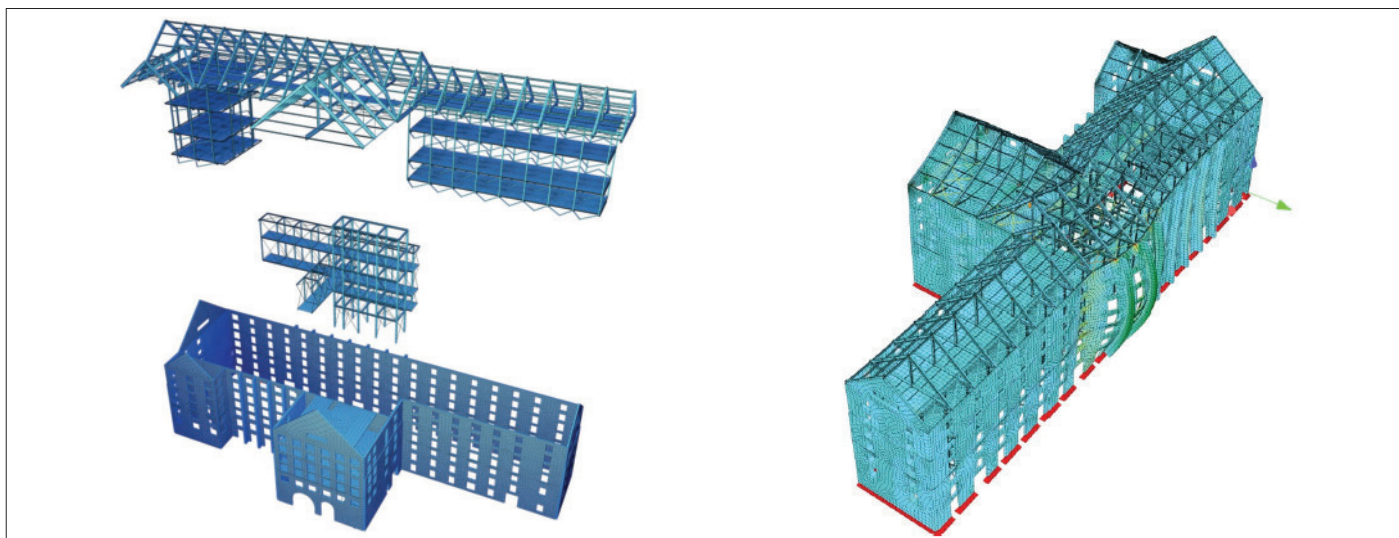
Pri zagotavljanju mehanske odpornosti in stabilnosti objekta so upoštevana določila skupine standardov EUROCODE.

Upoštevani so bili vsi bistveni zunanji vplivi na konstrukcijo: lastna teža, stalna teža zaključnih slojev ter klasične in težke opreme (klimati, strojnice), koristna obtežba z dodatno omejeno obtežbo obešanja razstavnih eksponatov,

in dinamično analizo končnega stanja izdelan s programskim paketom SOFiSTiK FEM 27, ki temelji na metodi končnih elementov. Nosilci in stebri so modelirani z linijskimi elementi, plošče in stene pa s ploskovnimi. Opravljena je bila analiza po teoriji prvega reda.

Za določitev potresnih vplivov je bila uporabljena modalna analiza z upoštevanjem projektnega spektra pospeškov. Razpokani prerezi so upoštevani s polovično vrednostjo upogibne in strižne togosti, ki je bila modelirana s polovičnim elastičnim in strižnim modulom.

Mase v računskem modelu so bile upoštevane po pravilu SIST EN 1991-1, točka 3.2.4 (2)P.



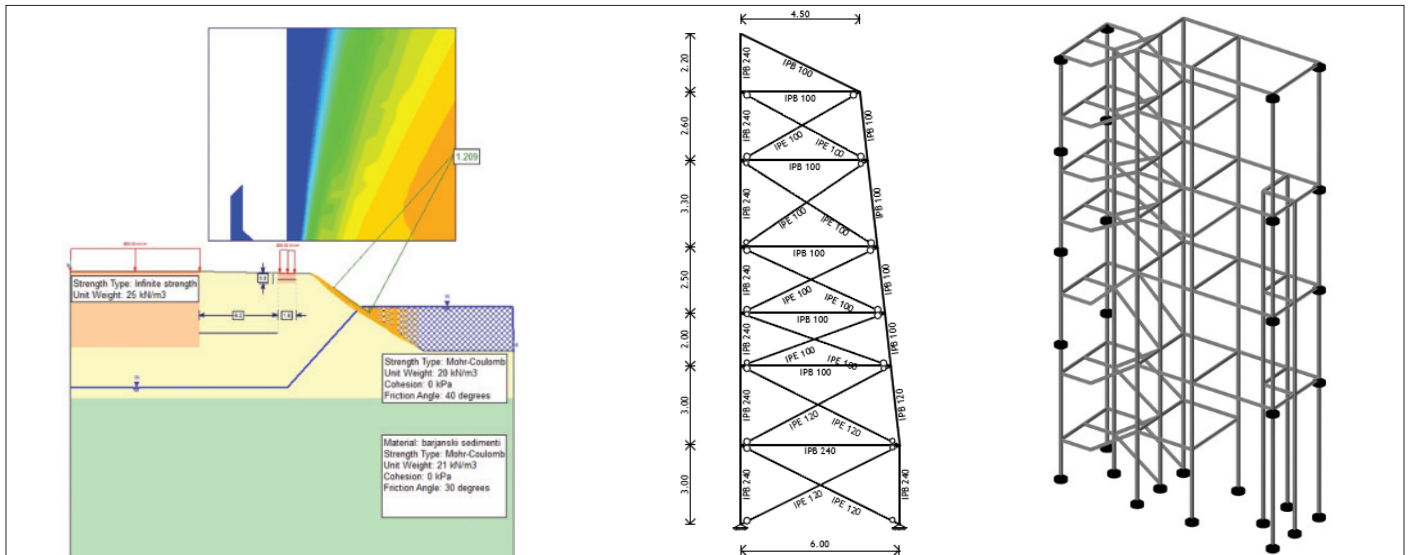
Slika 10 • Prostorski globalni model.

faznosti izvedbe ter številne lokalne analize nosilnih elementov (sovprežne plošče, spoji jeklenih elementov, zunanja jeklena stopnišča ...). V ta namen je bila uporabljena obsežna računalniška programska oprema (Radimpex

zemeljski pritiski na obodne stene kletnih prostorov, vplivi snega in vetra ter potresni vpliv.

Za potrebe analize je bilo izdelanih več različnih modelov konstrukcije, pri čemer je bil najobsežnejši prostorski model za globalno statično

Upoštevana sta bila le del mase, ki izhaja iz koristne obtežbe, in celotna masa, ki izhaja iz lastne in stalne obtežbe na objektu. Vpliv nakužne torzije je bil upoštevan skladno s SIST EN 1998-1, točka 4.3.2 (1)P. Vpliv nihajnih



Slika 11 • Lokalni računski modeli.

oblik je bil upoštevan s popolno kvadratno kombinacijo (CQC). Za kombinacijo vodoravnih komponent potresnega vpliva (kombiniranje smeri X in Y) je bil učinek obeh vodoravnih komponent upoštevan s predpostavko, da potres deluje 100-% v eni in 30-% v drugi smeri ter obratno.

Glavni parametri za izračun potresne analize so:

- projektni pospešek temeljnih tal $a_g = 0,25 g$,
- tip tal kategorije B ($S=1,2$),
- kategorije pomembnosti konstrukcije: III ($\gamma_1=1,2$),

- faktor obnašanja $q=2,0$,
- konstrukcija ni občutljiva za vpliv teorije drugega reda,
- etažni horizontalni pomiki so v mejah dovoljenega 0,005 hi (stavbe, ki imajo vgrajene krhke elemente).

Vsi vertikalni nosilni elementi so dimenzionirani za srednjo stopnjo duktilnosti (DCM) v skladu s SIST EN 1992-1-1 in SIST EN 1998-1. Jekleni stebri, nosilci, vešalke, zatege, zavetrovanja so poleg nivoja napetosti in deformacij za MSN in MSU preverjeni tudi glede stabilnosti po metodi izolacije posameznih elementov.

Začasna konstrukcija, namenjena podpiranju fasadnih sten med gradnjo, je bila preverjena na lokalnem modelu z uporabo metode vodoravnih sil. Upoštevana je bila reducirana potresna obtežba za čas trajanja gradnje. S pomočjo 2D-modela brežine je bila narejena deterministična analiza stabilnosti brežine v primeru potresa pri začasnem varovanju sten.

Uporabljeni so betoni kvalitete C25/30 in C30/37 ter jeklo kvalitete S235 in S355 JR do J2.

6 • SKLEP

Ljubljanska Cukrarna predstavlja najpomembnejši in najstarejši še ohranjeni spomenik industrijske kulturne dediščine v Ljubljani. Po večkratnih neuspehih in delnih rekonstrukcijah, ki nikoli niso bile izvedene v celoti, je morda končno nastopil pravi čas, da se temu spomeniku povrne njegov prvotni ugled.

Zaradi slabega vzdrževanja je konstrukcija načel zob časa, kar bo še dodatno otežilo prenavo in rekonstrukcijo že tako zahtevnega objekta. Arhitekturna ideja in konceptualna zasnova galerije narekujejo obsežne ukrepe za doseganje ustrežne mehanske odpornosti in stabilnosti objekta.

V članku so predstavljeni izhodišča, predpostavke in ukrepi, ki so bili osnova za izdelavo načrta gradbenih konstrukcij, ki je bil izdelan v podjetju Elea iC, d. o. o., iz Ljubljane in služi kot osnova za skorajšnjo izvedbo rekonstrukcije (Elea, 2016). V času nastajanja članka poteka razpis za izbiro izvajalca.

7 • LITERATURA

Valič, D., Kraljič Kenk, M., Plantev, L., Geološko geotehnični elaborat – Galerija Cukrarna, Geoinženiring, d. o. o., št. pr. 2013-04, 2013.

Krmelj, V., Cukrarna, Založba ZRC, Umetnine v žepu, 3, 2010.

Štrmole, T., Jan, M., Žigon, A., Načrt gradbenih konstrukcij - Celovita ureditev območja Cukrarne in Ambroževega trga z nabrežjem Ljubljane ter objekti upravnega središča Galerija Cukrarna, Elea iC, d. o. o., št. n. 311130061, 2016.

Šušteršič, J., Leskover, I., Brodnik, A., Poročilo o preiskavah materialno tehničnega stanja objekta - Cukrarna glavna tovarniška stavba, Irma, d. o. o., DN 02-032-13/IL, 2013.