

# KOTLOVNICA NA LESNO BIOMASO V PODJETJU MELAMIN, d. d., KOČEVJE

## BIOMASS BOILERHOUSE IN THE COMPANY MELAMIN d. d., KOČEVJE

Miha Oražem, univ. dipl. inž. grad.

Vladimir Briški, inž. grad.

Projektivni biro AG – inženiring, d. o. o., Kočevje

Strokovni članek

UDK 630\*81:697.32(497.4Kočevje)

**Povzetek** | V prispevku sta predstavljena projekt in gradnja nove kotlovnice na lesno biomaso v Kočevju. Investitor Melamin, d. d., Kočevje je zaradi novih tehnoloških zahtev in dotrajanosti starega parnega kotla na fosilno gorivo (Đuro Đakovič, št. 5356) izvedel prenovu in dograditev obstoječe kotlovnice v skupni moči 9,8 MW. Sistem za proizvodnjo tehnološke pare na lesne sekance vsebuje skladišče za lesne sekance, transportni in dozirni sistem, parni kotel in zbiranje pepela. Projekt nove parne kotlovnice je bil tehnološko, gradbeno in izvedbeno zelo zahteven, saj je gradnja potekala v času obratovanja obstoječega kotla (Loos, št. 61428), ki se trenutno uporablja za začasno proizvodnjo pare, v prihodnosti pa se bo uporabljal le še za rezervo. Glavni objekt kotlovnice dolžine 22,58 m, širine 12,75 m in svetle višine 15,07 m je izveden kot jeklena konstrukcija, zaprta s kovinskimi fasadnimi paneli. H glavnemu objektu kotlovnice sta konstrukcijsko in organizacijsko povezana tudi dva prizidka dolžine 15,06 m in širine 4,60 m ter dolžine 22,58 m in širine 4,70 m. K sistemu celotne kotlovnice spada tudi objekt, v katerem je transportni trak lesne biomase v florisnih dimenzijah 20,51 x 2,60 m, ki je prav tako obložen s kovinskimi fasadnimi paneli in služi za povezavo jeklenega objekta kotlovnice in skladišča lesne biomase. Objekt skladišča je izveden v armiranem betonu in je florisnih dimenzij 33,26 x 10,70 m. Poleg skladišča biomase so v tem objektu tudi prostor za skladiščenje tekočega goriva za obstoječi kotel (Loos, št. 61428), komandni prostor in nad njim elektroprostor za celotno postrojenje nove kotlovnice na lesno biomaso. Za potrebe postavitve kotlovske tehnološke opreme je v notranjosti objekta kotlovnice izvedena nosilna jeklena konstrukcija.

Ključne besede: kotlovnica, parni kotel, lesni sekanci, jeklena konstrukcija, armirano-betonska konstrukcija

**Summary** | The paper presents design and construction of the new biomass boilerhouse in Kočevje. Due to the new technological demands, the investor Melamin d.d. Kočevje decided to replace the old steam boiler using fossil fuel (Đuro Đakovič, No. 5356) with the new one with the total power of 9,8 MW. The new system for the production of steam consists of a biomass storage, transport and delivery system for woodchips, a steam boiler and the ash collector. The project was demanding from the technological and design point of view. The construction was also demanding because the construction took place during the operation of the existing boiler (Loos, No. 61428), which has been currently used for temporary steam production, while in the future it will only be used as a backup. The construction of the main building of the boilerhouse is made of steel and enclosed with metal facade panels. The main building is 22,58 m long, 12,75 m wide and 15,07 m high. There are two extensions connected to the main building of the boiler. The length of the first one is 15,06 m and its width is 4,60 m. The length of the second one is 22,58 and its width is 4,70 m. The main building has another extension, dimensions are 20,51 m times 2,60 m, used for conveyor belt for biomass. This building is also covered with metal facade panels and serves as a connection between the main building of the

boiler and the woodchips storage. The biomass storage facility is made of reinforced concrete. It is 33,26 m long and 10,70 m wide. Next to the biomass storage facility there is also liquid fuel storage for the existing boilers (Loos št. 61428), the control room and an electrical plant room for the new boiler plant biomass. The interior of the boilerhouse contains load-bearing steel construction used for the installation of technological equipment for the new boiler.

Keywords: boilerhouse, steam boiler, woodchips, steel structure, reinforced concrete structure

## 1 • UVOD

Predmet investicije je rekonstrukcija parne kotlovnice na lesno biomaso, v okviru katere se je dotrajani parni kotel na fosilno gorivo zamenjal s sistemom proizvodnje pare na lesno biomaso. Na lokaciji stare kotlovnice (sliki 1 in 2) se je najprej, ob stalnem delovanju zasilnega kotla (Loos, št. 61428), podrl objekt in odstranil stari parni kotel na fosilna goriva. Jedro kurišča je ogret fluidizirani sloj peska, ki omogoča veliko prilagodljivost kurišča različnim vrstam goriva. V njem z zelo visokim izkoristkom in nizkimi emisijami dimnih plinov izgoreva tako sveže posekana lesna biomasa kot tudi suhi kosi lesa. Projekt parne kotlovnice investitorja Melamin, d. d., Kočevje obsega izvedbo povezovalne instalacijske kinete, izvedbo armiranobetonskega objekta skladišča lesne biomase, izvedbo jeklenega objekta kotlovnice in povezovalnega objekta transportnega traku ter rekonstrukcijska dela na delu obstoječe kotlovnice in nekaterih novih tehnoloških konstrukcij.



Slika 1 • Stara kotlovnica podjetja Melamin, d. d., Kočevje



Slika 1 • Stari jekleni rezervoar za fosilno gorivo

## 2 • KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA OBJEKTOV

### 2.1 AB-kineta

Pred izvedbo temeljenja armiranobetonskega objekta skladišča lesne biomase se je najprej izvedla nova AB-kineta v skupni dolžini okoli 40 m s prerezom svetlih mer 2,20 x 1,70 m, ki se je spojila z obstoječo in povezuje novozgrajene objekte s proizvodnim delom podjetja. Ker je nova kineta pod objektom kotlovnice, objektom skladišča in pod ploščadjo pretakališča, je ta izvedena v treh med seboj dilatiranih delih. Pri izvedbi prvega segmenta AB-kinete, ki je ob glavni cesti Ljubljana–Kočevje, je bilo zaradi bližine ceste in zavarovanja gradbene jame treba zgraditi tudi začasen AB-oporni zid višine 4,50 m.

### 2.2 AB-objekt skladišča

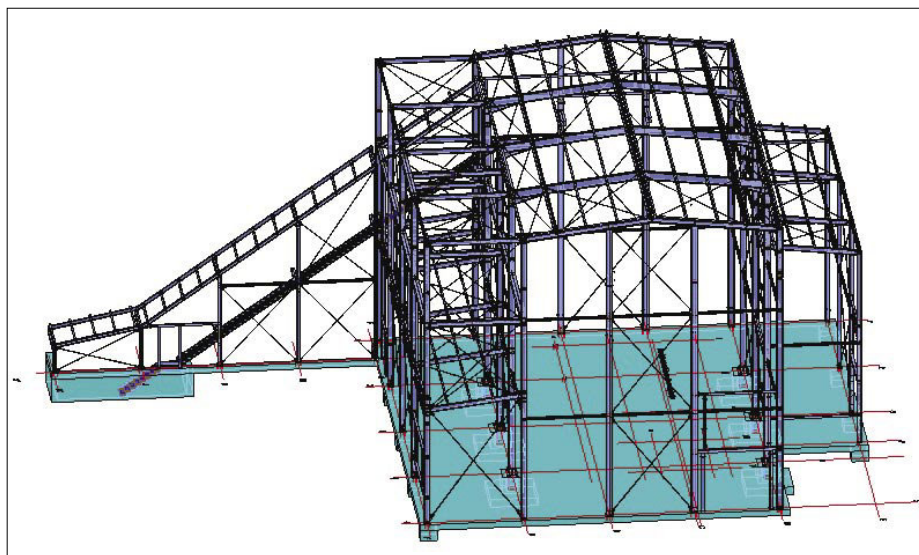
Armiranobetonski objekt skladišča je temeljen na AB-talni plošči debeline 50 cm, ta pa je zaradi tehnoloških in organizacijskih zahtev izvedena na več nivojih. V njem so poleg skladišča energenta tudi prostor za skladiščenje fosilnega goriva za rezervni kotel (Loos, št. 61428), komandni prostor za upravljanje celotnega postrojenja parne kotlovnice in elektroprostor nad njim. Na zadnjem delu objekta skladišča je bila lovilna posoda z rezervoarjem za mazut, ki je napajal kotel za začasno proizvodnjo tehnološke pare, zato je bila izdelava tega zasnovana in izvedena po fazah. Po izgradnji prve faze, ki zajema tudi zasnovano, izvedbo in postavitve novega jeklenega rezervoarja za fosilno gorivo v objektu skladišča, se je lahko izvedla odstranitev obstoječega jeklenega rezervoarja in porušitev armiranobetonske lovilne posode. Armiranobetonski objekt skladišča lesne biomase je florisnih dimenzij 33,26 x 10,70 m, njegova višina je 8,70 m. Vertikalno nosilno konstrukcijo objekta predstavljajo stene debeline 30 cm, strešna nosilna konstrukcija je izvedena iz AB-plošče debeline 20 cm in iz v njo integriranih AB-reber dimenzij 0,30 x 0,60 m, na razmiku 3,73 m. Na delu objekta, kjer je prostor za mazutno posodo, je streha narejena s prednapetimi votlimi ploščami PVP 16 cm, kar omogoča odprtje strešne konstrukcije in morebitno zamenjavo jeklenega rezervoarja. Na zadnjem delu skladišča je kot ločitev med skladiščem in transportnim delom izvedena AB-stena debeline 30 cm, ta pa je zaradi velikih obremenitev prečno na njeno ravnino, ki nastajajo ob vsakokratnem transportu lesne biomase v transportni trak, ojačena z

AB-rebri dimenzij 0,30 x 0,80 m. Zaradi boljše razporeditve obremenitev je ta preko AB-gred dimenzij 0,30 x 0,30 m povezana z zunanjo prečno steno, v kateri je zaradi boljšega prenosa točkovnih sil prav tako izvedeno ojačilno rebro dimenzij 0,30 x 0,80 m. Dostop v skladišče iz pretakališča je zagotovljen preko odprtine širine 10 m in višine 6 m. Zadostna osvetljenost v zadnjem delu skladišča je zagotovljena preko štirih strešnih kupol. Streha objekta je izvedena kot ravna streha z atiko in pokrita s črno kritino.

### 2.3 Jekleni objekt kotlovnice

Za objektom skladišča je zgrajen objekt nove parne kotlovnice (slika 3). Glavni jekleni objekt kotlovnice je florisnih dimenzij 22,58 m x 12,75 m in svetle višine 15,07 m. Čelna okvirja sta izvedena iz stebrov HEA 280, ki so med seboj dvakrat povezani s povezavami HEA 100 in v srednjem polju centrično zavetrovani s palicami RD 30 mm v najnižjem polju, RD 25 mm v srednjem polju in RD 20 mm v najvišjem polju. Strešna prečka dvokapne strehe je narejena iz standardnih vročevaljanih profilov HEA 280. Vmesni okvirji so izvedeni iz stebrov HEA 300 in strešnih prečk IPE 400 z vutami. Stebri so v šibki osi bočno podprti s povezavami HEA 100 in med seboj tudi dvakrat centrično zavetrovani z diagonalami RD 30 mm v najnižjem polju, RD 25 mm v srednjem polju in RD 20 mm v najvišjem polju. Strešne letve na glavnem delu objekta so narejene iz zaprtih

vročevaljanih profilov RQO 160 x 80 x 4. Strešne prečke glavnega objekta so med seboj povezane s povezavami HEA 100 in centrično zavetrovane s palicami RD 20 mm tako, da je omogočena demontaža srednje strešne prečke ob morebitni menjavi večjih delov tehnološke opreme v prihodnosti, ob tem pa je še vedno zagotovljena stabilnost objekta pri polni vrednosti obtežbe vetra. Vmesni stebri objekta so vpeti v čašastih točkovnih temeljih dimenzij 2,30 x 2,30 m, stebri čelnih okvirjev pa so temeljeni členkasto na pasovnih temeljih širine 0,80 m. Globina vpenjanja stebrov v čaše znaša 0,85 m. Temelji so med seboj povezani z AB-ploščo debeline 30 cm, ki služi tudi za podlago za postavitve vse tehnološke opreme v glavnem delu objekta kotlovnice. H glavnemu objektu sta dodana tudi dva manjša prizidka in sta z njim tudi konstrukcijsko povezana. Prizidek prostora filtra je florisnih dimenzij 15,06 x 4,60 m, njegova svetla višina znaša 10,37 m. Stebri prizidka so izvedeni iz standardnih vročevaljanih profilov HEA 200, strešne prečke, ki so povezane v stebre glavnega objekta, pa iz IPE 240. Strešne letve na tem delu objekta so izvedene iz zaprtih vročevaljanih pravokotnih profilov RQO 160 x 80 x 4. Vzdržna horizontalna stabilnost prizidka je zagotovljena s centričnimi diagonalami iz palic RD 30 in RD 25 mm, prečno stabilnost pa zagotavljajo povezave na glavni del objekta parne kotlovnice. Prizidek na drugi strani je zgrajen po celotni dolžini in višini glavnega objekta in širini 4,70 m. Streha prizidka je spuščena nižje od strehe glavnega objekta tako, da znaša svetla višina prizidka v notranjosti 6,29 m. Nad streho je odprt prostor, ki pa je po fasadi zaprt s fasadnimi paneli



Slika 3 • Prosteel model jeklene konstrukcije kotlovnice in objekta transporterja

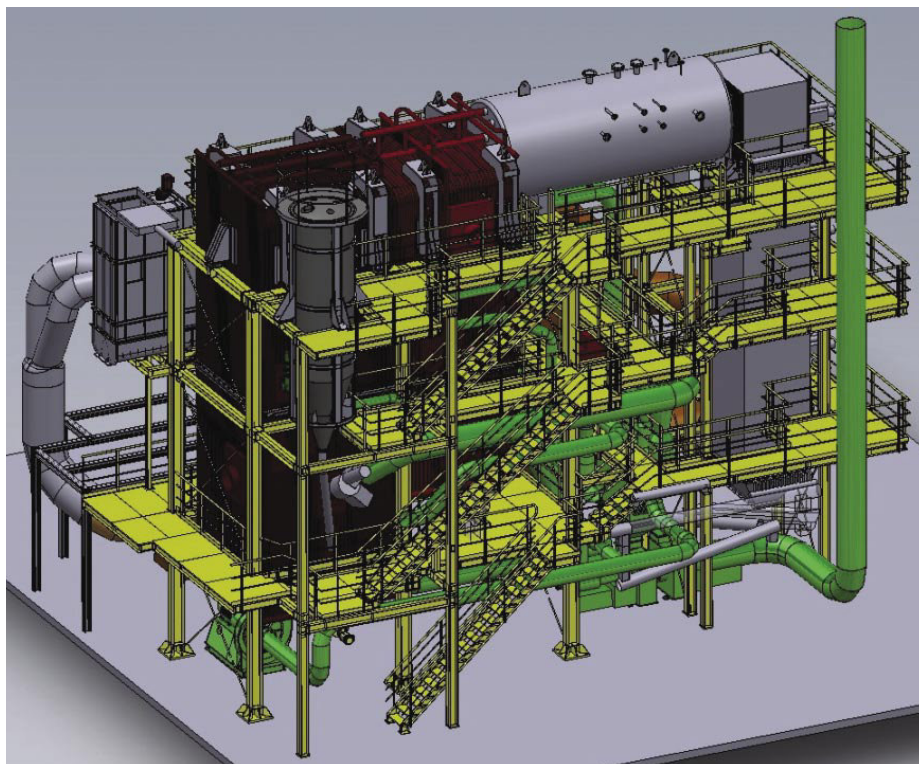
in je namenjen morebitni postavitvi parnega kondenzatorja skupne mase ca 80 t v bližnji prihodnosti. Prav iz tega razloga je konstrukcija prizidka izvedena in močnejših nosilnih elementov, iz stebrov HEA 280, prečnih povezovalnih prečk HEA 280 na mestih, kjer je konstrukcija predvidenega parnega kondenzatorja in HEA 100 plovod drugod. Nižja streha je narejena iz strešnih prečk IPE 240 in strešnih letev iz zaprtih vročevaljanih pravokotnih profilov RQO 140 x 70 x 4. Temeljenje obeh prizidkov je zasnovano in izvedeno na točkovnih temeljih 0,80 x 0,80 m, ki so med seboj povezani z AB-ploščo debeline 30 cm, ki služi tudi za tehnološko temeljno podlago.

#### 2.4 Jekleni objekt transportnega traku

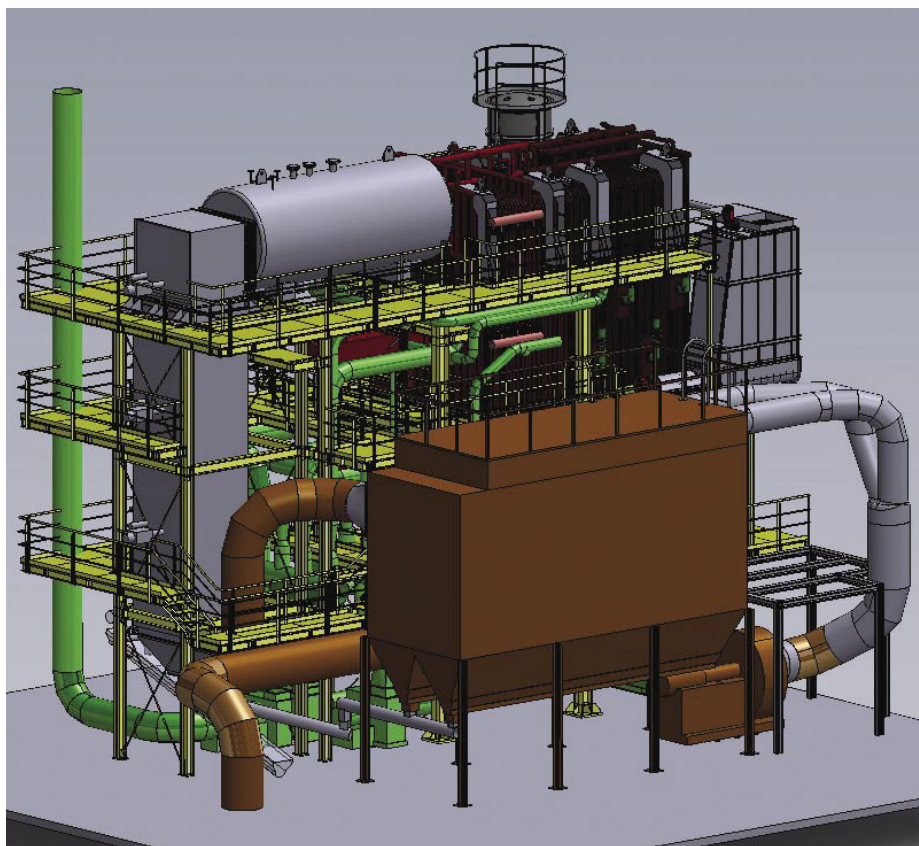
Oba glavna objekta povezuje objekt transportnega traku, po katerem se transportira lesni energent iz objekta skladišča v objekt kotlovnice. Objekt je zgrajen ob armirano-betonskem objektu skladišča v širini 2,60 m in dolžini 20,51 m. Nosilna konstrukcija je izvedena v jeklu, stebri in glavne prečke so iz standardnih vročevaljanih profilov HEA 160, povezave iz HEA 100, strešne letve pa iz zaprtih vročevaljanih kvadratnih cevi QRO 80 x 4. Vzdolžno stabilnost objekta zagotavljamo s centričnimi povezji RD 20 mm, prečno pa z navezavo na AB-objekt skladišča. Temeljenje je izvedeno na AB-talni plošči debeline 30 cm. V notranjosti objekta je izvedena nosilna konstrukcija transportnega traku in jeklenega servisnega stopnišča ob njem, ki je povezano z dostopnimi in servisnimi površinami na jekleni konstrukciji parnega kotla v objektu kotlovnice.

#### 2.5 Jeklena nosilna konstrukcija parnega kotla

V glavnem objektu parne kotlovnice je bila načrtovana in je tudi izvedena tehnološka nosilna konstrukcija parnega kotla (slika 4) in vseh njegovih sestavnih delov (slika 5). Glavni deli, ki so postavljeni nanjo, so membransko kurišče skupne mase 85 t, komora pregrevalnika skupne mase 30 t, blok kotla skupne mase 65 t, ekonomajzer skupne mase 20 t, silos goriva z dozirnimi polži skupne mase 10 t, silos peska skupne mase 18 t, preostala manjša oprema in vsi drugi cevovodi oziroma povezave ter preostala inštalacija. Končna skupna masa vse opreme na konstrukciji kotla znaša ca 280 t. Konstrukcija je izvedena kot jeklena okvirna konstrukcija s centričnimi diagonalnimi povezji. Raster stebrov v vzdolžni smeri znaša 3,95 m, 4,435 m, 3,58 m in 3,55 m, raster stebrov v prečni



Slika 4 • Model jeklene konstrukcije parnega kotla



Slika 5 • Model jeklene konstrukcije parnega kotla in tehnološke opreme

smeri pa 4,20 m in 2,60 m. Ti so izvedeni iz standardnih vročevaljanih profilov HEA 300 in HEA 220 na zadnjem delu, kjer je ekonomaizer, in stranskem delu, kjer je postavljen silos kremenčevega peska. Prečke, ki povezujejo stebre, so izvedene v treh višinskih nivojih, v dveh vmesnih so izvedene iz profilov HEA 220, zgornje, na koti +10,88 m, ki nosijo večino vseh vertikalnih obremenitev, pa iz profilov HEA 300. Del konstrukcije, ki je dodan zaradi postavitve silosa peska, je izveden s prečkami HEA 220. Centrična diagonalna povezja so izvedena iz jeklenih palic RD 25 mm. Okrog in okrog so na več nivojih in treh glavnih, +3,70 m, +7,50 m in

+10,88 m, izvedeni povezovalni podesti in vertikalna komunikacija, kot so stopnice in lestve med njimi. Ti so izvedeni na konzolnih nosilcih iz HEA 220 in U 180 oziroma IPE 180. Pohodno površino podestov predstavljajo pohodne rešetke. Podesti omogočajo dostope do vse tehnološke opreme, ki so del kotlovskega postrojenja, kot tudi do transportnega traku, merilnih mest na novemu dimniku in dostopa na streho nižjega prizidka objekta kotlovnice.

### 2.6 Druge konstrukcije in sanacije konstrukcij

Zaradi povezave novega parnega kotla in nemotene izvedbe priklopa na obstoječi

zidani dimnik, višine 48 m, se je obstoječi zasilni kotel (Loos, št. 61428) priključil na novi jekleni dimnik iz nerjavečega jekla, višine 18 m in premera 1,00 m, ki je situiran v notranjosti objekta kotlovnice. Obstoječi zidani dimnik v kompleksu tovarne, ki predstavlja že simbol mesta Kočevje, se je ohranil, vanj pa je priključen odvod dimnih plinov novega visokotlačnega parnega kotla. Rekonstruiral se je samo priklop nanj iz armiranega betona brez posega v nosilno konstrukcijo dimnika.

## 3 • STATIČNA IN DINAMIČNA ANALIZA KONSTRUKCIJ OBJEKTOV

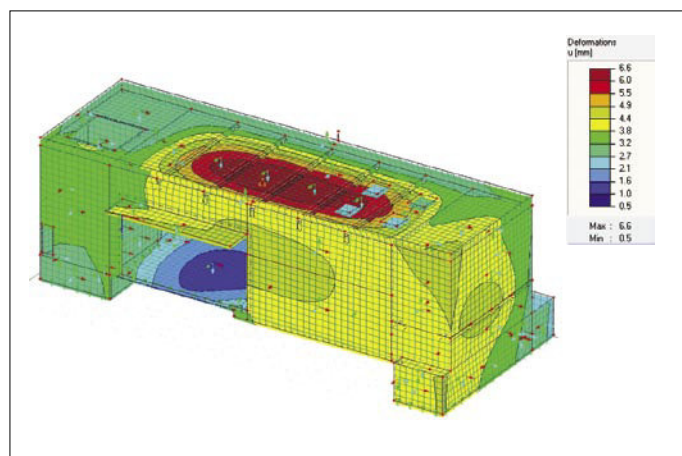
### 3.1 AB-kineta

Pri dimenzioniranju prvega segmenta AB-kinete je bila poleg lastne in stalne obtežbe upoštevana še koristna prometna obtežba kategorije G po SIST EN 1991-1. Drugi in tretji segment AB-kinete sta modelirana v sklopu objekta AB skladišča oziroma v sklopu objekta AB-talne plošče oziroma temeljev jeklene objekta kotlovnice. Poleg lastne in stalne obtežbe so bile na konstrukciji 2 in 3 segmenta kinete upoštewane še vse obtežbe objekta skladišča in kotlovnice.

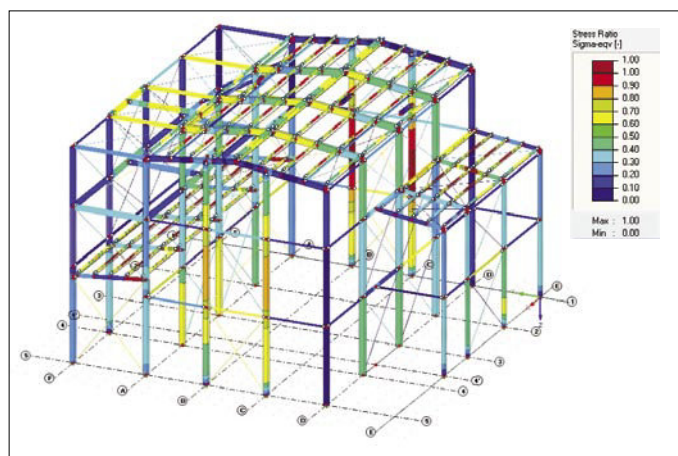
### 3.2 AB-objekt skladišča lesne biomase

Pri analizi konstrukcije objekta (slika 6) so bile poleg lastnih in stalnih obtežb upoštewane še naslednje koristne vertikalne obtežbe:

- obtežba snega po SIST EN 1991-3, kjer se obtežba snega na ravni strehi zaradi možnega začasnega preprečenega odtekanja vode s strehe poveča s faktorjem 1,5,
  - tehnološka obtežba kategorije E1 in E2,
  - prometna obtežba kategorije G,
  - servisna obtežba na strehi.
- Poleg vertikalnih obtežb so bile pri analizi upoštewane še nekatere horizontalne koristne obtežbe:
- aktivni pritiski lesne biomase s specifično maso  $4,00 \text{ kN/m}^3$  in strižnim kotom  $45^\circ$ ,
  - horizontalni zemeljski pritiski na poglobljeni del objekta s karakteristikami zasutja;  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $\varphi = 36^\circ$ ,
  - požarna obtežba, določena po SIST EN 1998-1, z naslednjimi kriteriji;  $ag = 0,150 \text{ g}$ ,  $S = 1,0$ ,  $\gamma^l = 1,20$ ,  $q = 2,10$ ,



Slika 6 • Statični model AB konstrukcije skladišča pri pomikih za MSU



Slika 7 • Statični model jeklene konstrukcije kotlovnice pri izkoriščenosti prezov po EC3

– tehnološka obtežba transportnih grabelj na prečno AB-steno in AB-talno ploščo.

### 3.3 Jekleni objekt kotlovnice in transportnega traku

Analiza objektov jeklenih konstrukcij je bila opravljena ob upoštevanju lastne in stalne obtežbe, obtežbe snega po SIST EN 1991-3, obtežbe vetra po SIST EN 1991-4, koristne obtežbe na stopnicah in podestih kategorije C ter koristne tehnološke obtežbe transportnega traku. Zaradi narave, oblike in višine konstrukcij je bila pri izračunu upoštevana tudi imperfekcija (sliki 7 in 8). Analiza konstrukcije AB-temeljev in talne plošče obeh objektov je bila opravljena ob upoštevanju lastnih in stalnih vplivov, koristne tehnološke obtežbe kategorije E1, koristne prometne obtežbe kategorije G in vseh drugih vplivov na jeklenih objektih. Prav tako je bila AB-talna plošča objekta kotlovnice dimenzionirana na vplive jeklene konstrukcije parnega kotla, ki je v objektu. Zaradi raznosa vplivov konstrukcije

kočla na AB-talno ploščo v kotlovnici, ki služi tudi za tehnološko podlago za opremo, se je jeklena konstrukcija postavila na talno ploščo preko jeklenega čevlja, ki je bil posebej modeliran in dimenzioniran (slika 9).

### 3.4 Jeklena konstrukcija novega parnega kočla

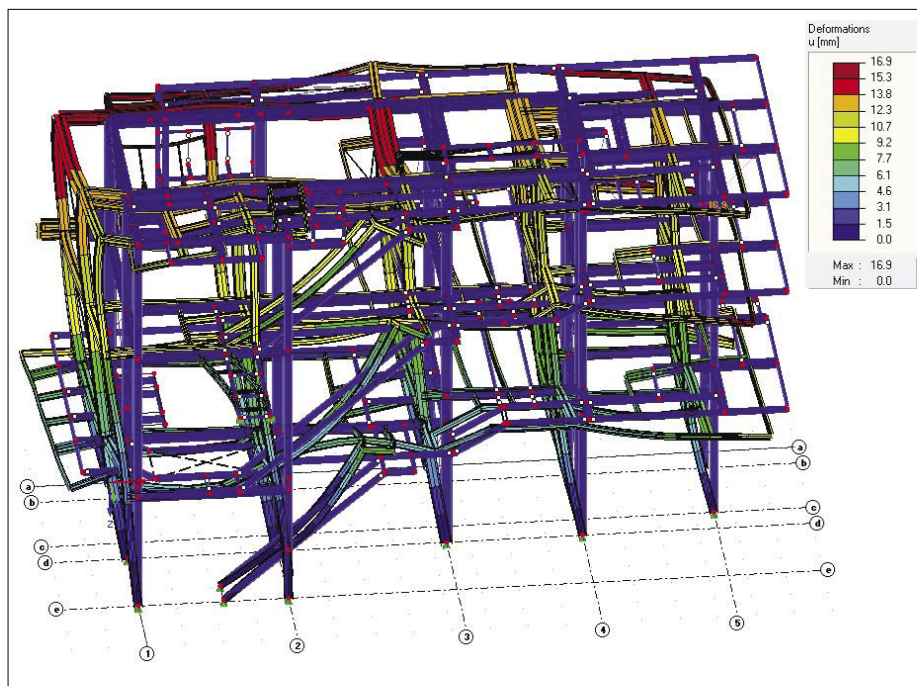
Poleg lastne in stalne obtežbe so bile upoštevane še naslednje koristne vertikalne obtežbe:

- obtežba na podestih in stopnicah kategorije C,
- tehnološka obtežba vse opreme na konstrukciji kategorije E v skupni vrednosti 280 t.

Izvedena je bila tudi analiza zaradi potresa po SIST EN 1998-1 z naslednjimi kriteriji;  $ag = 0,150 g$ ,  $S = 1,0$ ,  $\gamma^1 = 1,20$ ,  $q = 4,00$ . Faktor obnašanja je bil določen pri srednji stopnji duktilnosti (DCM) za konstrukcije s sistemom pomičnih okvirjev, centričnih povezij in pomičnih okvirjev v kombinaciji s centričnimi povezji. Konstrukcija je zasnovana tako, da je v plastičnih členkih, ki so že vnaprej predvideni, sposobna sipati energijo. V prečni smeri konstrukcije so mesta sipanja energije predvidena v natezih diagonalah, v vzdolžni pa v šibkejših prečkah.

### 3.5 Druge konstrukcije

Za potrebe skladiščenja fosilnega goriva za rezervni kotel (Loos št. 61428) v armirano-betonskem objektu skladišča je bilo treba opraviti statično in dinamično analizo mazutnega rezervoarja kapacitete  $60 m^3$ , premera 3,40 m in skupne višine 8,50 m (slika 10). Rezervoar je izveden iz navadnega jekla kvallite S235.



Slika 8 • Elastični pomiki jeklene konstrukcije parnega kočla za potresno kombinacijo v smeri X

### 3.6 Analiza konstrukcij

AB-konstrukcije so dimenzionirane po SIST EN 1992-1 in SIST EN 1998-1.

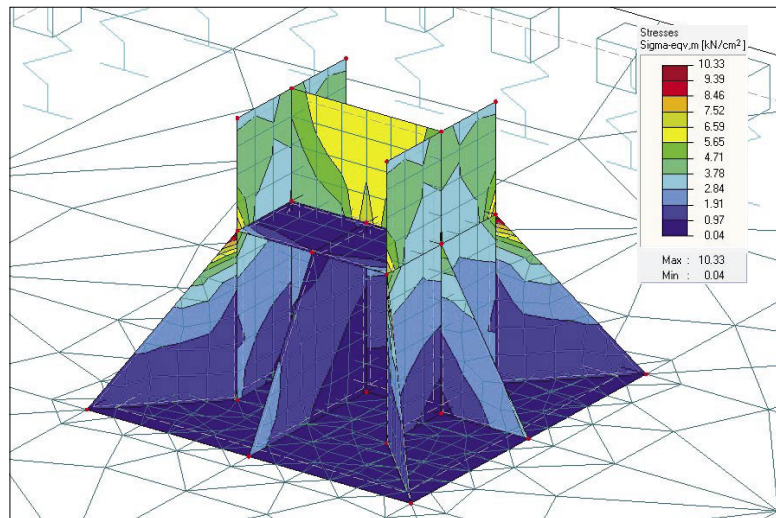
Jeklene konstrukcije so dimenzionirane po SIST EN 1993-1 in SIST EN 1998-1.

Pri modalni analizi so bile upoštevane standardne linearne potresne kombinacije v posameznih smereh in kvadratna kombinacija potresnih vplivov SRSS.

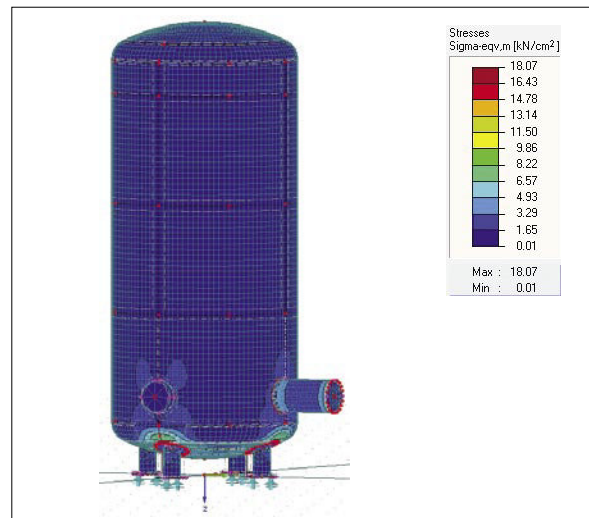
Analiza normalnega projektnega stanja jeklenega rezervoarja je bila narejena z upoštevanjem predpisov SIST EN 1993-1-6 ter DIN 6618. Kontrola po standardu SIST EN

1993-1-6, ki obravnava trdnost in stabilnost lupinastih jeklenih konstrukcij, zajema štiri kontrole normalnega projektnega stanja, kot sta meja plastičnosti, ciklične plastičnosti, uklona in utrujanja ter kontrola pomikov. Za obravnavani rezervoar so bile opravljene tudi kontrola potresnega projektnega stanja ob upoštevanju SIST EN 1998-4 in kontroli elastičnega in elastoplastičnega uklona.

Izračun in dimenzioniranje konstrukcij sta izvedena z računalniškim programom za statično in dinamično analizo prostorskih konstrukcij RFEM 4 ([www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)).

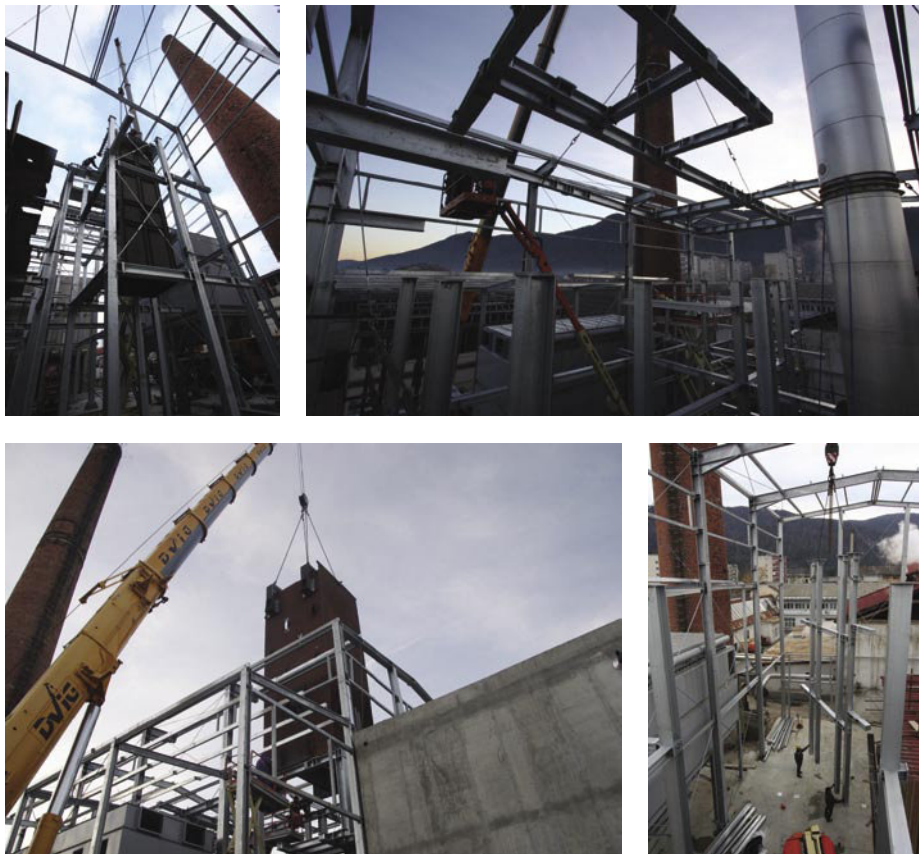


Slika 9 • Primerjalne napetosti v jeklenem čevlju za MSN



Slika 10 • Primerjalne napetosti v jeklenem rezervoarju za normalno projektno stanje v MSN

## 4 • GRADNJA



Slika 11 • Montaža jeklene konstrukcije kotla in večjih delov kotlovske tehnološke opreme

Rekonstrukcija parne kotlovnice v podjetju Melamin, d. d., Kočevje je trajala od maja 2013 do maja 2014, ko je bil opravljen tudi tehnični pregled za konstrukcije. Gradnja vseh objektov in njihovih delov je bila zelo zahtevna, saj je potekala v času obratovanja obstoječega kotla (slika 11). Vse konstrukcije so bile izvedene v več fazah, kar sta narekovali tehnološka zasnova in nemoteno obratovanje kotla za proizvodnjo tehnološke pare in s tem nemotena proizvodnja surovin v podjetju Melamin, d. d., Kočevje. Skupno je bilo za jeklene konstrukcije porabljenega 117 t jekla, za armiranobetonske konstrukcije vlitega 1100 m<sup>3</sup> betona, za armiranje teh pa porabljenega 95 t armaturnega jekla. Gradbena dela sta opravili podjetji Obnova Kočevje, d. o. o., in podjetje METALINDT, Janez Smola, s. p., tehnološko opremo pa je dobavilo podjetje GORENJE PROJEKT, d. o. o.

## 5 • LITERATURA

Projektna dokumentacija – projekt gradbenih konstrukcij za objekt PARNA KOTLOVNICA vseh projektiranih faz PGD/PZI/PID, AG-inženiring, d. o. o., Kočevje, od 2012 do 2014.

Projektna dokumentacija – projekt strojnih inštalacij za objekt PARNA KOTLOVNICA projektirane faze PZI, Gorenje Projekt, d. o. o., Velenje 2014.