

PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA POKRITEGA VKOPA CENKOVA DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE COVERED PIT CENKOVA

Borut Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.
bor.sustersic@gmail.com

Strokovni članek
UDK 625.711.3(497.4)

Povzetek | V članku sta opisana projektiranje in izvedba pokritega vkopa Cenkov, ki je bil zgrajen na odseku AC Lenart–Cogetinci, na pododseku Spodnja Senarska–Cogetinci, in je bil predan v uporabo leta 2008. Pokriti vkop, ki ga tvori v prečnem prerezu armiranobetonski ploščati dvoladijski okvir, leži na območju kraja Cenkov in služi prehodu avtoceste skozi pobočni greben. Skupaj s predorom Cenkov tvori enovit objekt. Celotna osna dolžina pokritega vkopa znaša 261,40 m. Značilnosti objekta so večinoma globoko temeljenje na uvrtnih pilotih v odkopanem pobočju, princip gradnje krovne plošče na dnu gradbene jame v odkopanem pobočju s kasnejšim izkopom pod krovno ploščo, predhodno izdelani piloti krajnih sten ter »znižani« piloti vmesne stene s kasnejšo izvedbo vmesne stene.

Ključne besede: pokriti vkop Cenkov, metoda gradnje, krovna plošča, odkop

Summary | In the paper, design and construction of the covered pit is described. The covered pit is located on the motorway section Lenart–Cogetinci, at the subsection Sp. Senarska–Cogetinci. The covered pit was handed over for use in 2008. The cross section reveals that the covered pit is formed as a reinforced concrete plane frame with two tubes. It is located in the area of the settlement Cenkov and serves as a crossing of the motorway through the slope crest. Together with the tunnel Cenkov it forms a unified structure. The total axial length of the covered pit is 261,40 m. The following typical features are emphasized: mostly deep foundation on bored piles in the excavation slope and the construction principle of the top slab on the ground (in the excavation slope) with the subsequent excavation of the covered pit below the top slab and with previously constructed piles of the end walls as well as the 'reduced' piles of the intermediate wall with the subsequent construction of the intermediate wall.

Keywords: covered pit Cenkov, construction method, top slab, excavation

1 • UVOD

Pokriti vkop Cenkov je bil zgrajen v sklopu avtoceste A5 na odseku Lenart–Cogetinci, na pododseku Spodnja Senarska–Cogetinci, v stacionaži od km 21 + 255 do km 21 + 516,40. Pokriti vkop služi prehodu avtoceste skozi pobočni greben. Skupaj s predorom Cenkov tvori enovit objekt. V združenem

objektu se poenostavi vzdrževanje vseh drenažnih sistemov in sistemov za odvajanje onesnažene vode, elektrosistemov in strojnih sistemov ter požarnega reda.

Pokriti vkop poteka florisno v radiju in je v prečnem prerezu izveden kot ploščati dvoladijski okvir. Celotna dolžina pokritega vkopa

v osi objekta znaša 261,40 m. Pri objektu lahko kot značilnosti poudarimo pretežno globoko temeljenje na uvrtnih pilotih v odkopanem pobočju (manjši vzhodni del vmesne stene objekta je plitko temeljen), princip gradnje krovne plošče na utrjenem dnu gradbene jame (na odkopanem pobočju) s kasnejšim izkopom pod krovno ploščo v celotni širini obeh ladij, predhodno izdelane pilote krajnih sten ter »znižane« pilote vmesne stene. Objekt je bil zgrajen leta 2008.

2 • PODATKI O UDELEŽENCIH IN OBJEKTU

2.1 Podatki o udeležencih pri graditvi pokritega vkopa Cenkova

Naročnik: DARS, Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, d. d.

Projektant: KO-BIRO, d. o. o., Maribor

Odgovorni projektant: Peter Koren, univ. dipl. inž. grad.

Odgovorni projektant arhitekture zahodnega portala pokritega vkopa s pogonsko centralo:

Igor Recer, univ. dipl. inž. arh.

Izvajalec: SCT, d. d., Ljubljana

Odgovorni vodja gradbišča: Maja Žiberna, univ. dipl. inž. grad.

Inženir: DDC, Družba za državne ceste Ljubljana, d. o. o.

Nadzorni inženir: dr. Maja Mikluš Moran, univ. dipl. inž. grad., Branko Đurić, dipl. inž. grad.

2.2 Splošni podatki o objektu

Celoten razpon pokritega vkopa znaša 261,40 m v osi AC. Svetla širina posamezne ladje znaša 10,00 m. Svetla višina na levi strani leve ladje znaša 6,00 m, na desni strani desne ladje pa se zaradi prečnega nagiba vozišča in nagiba krovne plošče poveča na 6,92 m.

V florisu poteka trasa pokritega vkopa v osi avtoceste od km 21 + 255 do km 21 + 516,40 v horizontalnem radiju $R = 2500$ m. Niveleta avtoceste v pokritem vkopu je v konveksni vertikalni zaokrožitvi z radijem $R = 10.000$ m, tako da je vzdolžni nagib v območju zahodnega portala 3,00 %, na stiku s predorom (na vzhodni strani – smer Cogetinci) pa 0,31 %. Temeljenje je globoko na uvrtenih pilotih premera $D = 1,50$ m, vzhodni del vmesne stene je temeljen plitko s pasov-

nim temeljem. Oprema pokritega vkopa so dilataciji, izvedeni v krovni plošči z gubo nad fugo v tesnilnem sloju iz bitumenskih trakov, kanalizacija drenažne vode, odtočni kineti meteorne vode, zbirni bazen onesnažene vode, dve niši za klic v sili, več čistilnih niš za čiščenje in kontrolo drenaže ter kableske kinete. Požarna niša z dvema hidrantoma (vsak hidrant je namenjen za eno ladjo) pa je vgrajena v srednji steni predora. Pogonska centrala, kot sicer samostojni objekt znotraj zahodnega dela pokritega vkopa, je del opreme pokritega vkopa, saj služi namestitvi vseh naprav za napajanje energetskih sistemov in signalno-varnostnih ter kontrolnih sistemov v združenem objektu pokritega vkopa in predora Cenkova.

Pri gradnji objekta so bili uporabljeni betoni kvalitete C 25/30 z ustrezno predpisano re-

cepturo za posamezne konstrukcijske elemente glede odpornosti proti mrazu in soli ter armaturno jeklo (rebraste palice in mreže) kvalitete S 500-B.

Pri zgornjem ustroju AC nad talno ploščo so bili uporabljeni betoni kvalitete C 35/45 in C 30/37.

2.3 Elementi karakterističnega prečnega profila pokritega vkopa

Odprtine med stenami v PV ustrezajo naslednjemu karakterističnemu prečnemu profilu AC v eni ladji:

zunanj robni pas	0,35	0,35 m
dva vozna pasova	2 x 3,50	7,00 m
notranji robni pas	0,35	0,35 m
širina vozišča		7,70 m

zunanj in notranji hodnik	2 x 0,75	1,50 m
prostor ob zunanji steni		0,35 m
prostor ob vmesni steni		0,45 m
širina cestišča ene ladje		10,00 m

Prečni nagib vozišča je enostranski – 2,5 %. Odmiki na nivoju vozišča so nekoliko večji od zahtevanih, saj je odprtina obeh ladij PV očrtana profilu predora.

profil obeh predorskih cevi. Zaradi prehoda ladij pokritega vkopa v predorske cevi, ki imata prav tako skupno vmesno steno majhnega prereza, so določene faze izvedbe predora potekale po posebni tehnologiji.

Posebna značilnost predora, ki se navezuje na pokriti vkop, je v tem, da se je gradil z vmesnim stebrom, ki je omogočil gradnjo predorskih cevi z minimalno medsebojno razdaljo. Vmesni steber se je izvajal v začasnem vmesnem rovu manjšega premera.



Slika 2 • Zahodni portal pokritega vkopa

3 • PROJEKTIRANJE IN TEHNOLOGIJA GRADNJE

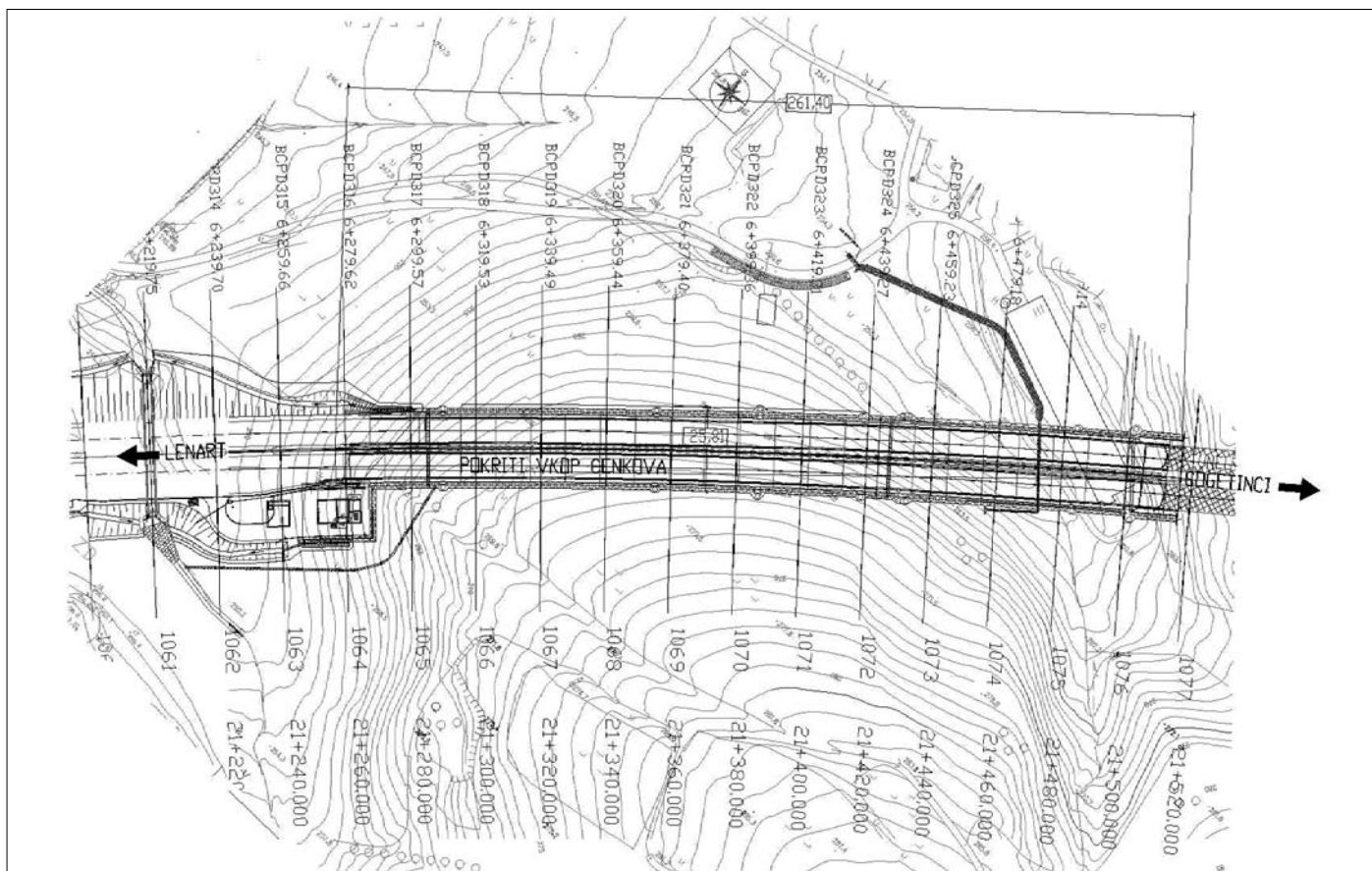
3.1 Konstrukcijska zasnova

Pokriti vkop je zasnovan kot armiranobetonski dvoladijski ploščat okvir, kjer zunanji steni predstavljata pilotni steni iz pilotov premera 150 cm, ki sta na notranji strani obloženi z obloženima stenama minimalne debeline 25 cm (slike od 1 do 5). Zaradi prilagoditve svetlega profila v pokritem vkopu glede na elemente profila v predoru se je ob zunanjih stenah in ob vmesni steni formiral dodaten prostor. Vmesna stena je na celotni dolžini objekta debeline 60 cm. Postavljena je na pilotno blazino dimenzij 100/190 cm, ta pa na vrsto pilotov premera 150 cm. Krovna monolitna plošča PV je debela 70 do 100 cm, talna plošča je debela 50 cm. Svetlo odprtino obeh ladij v prvi polovici dolžine

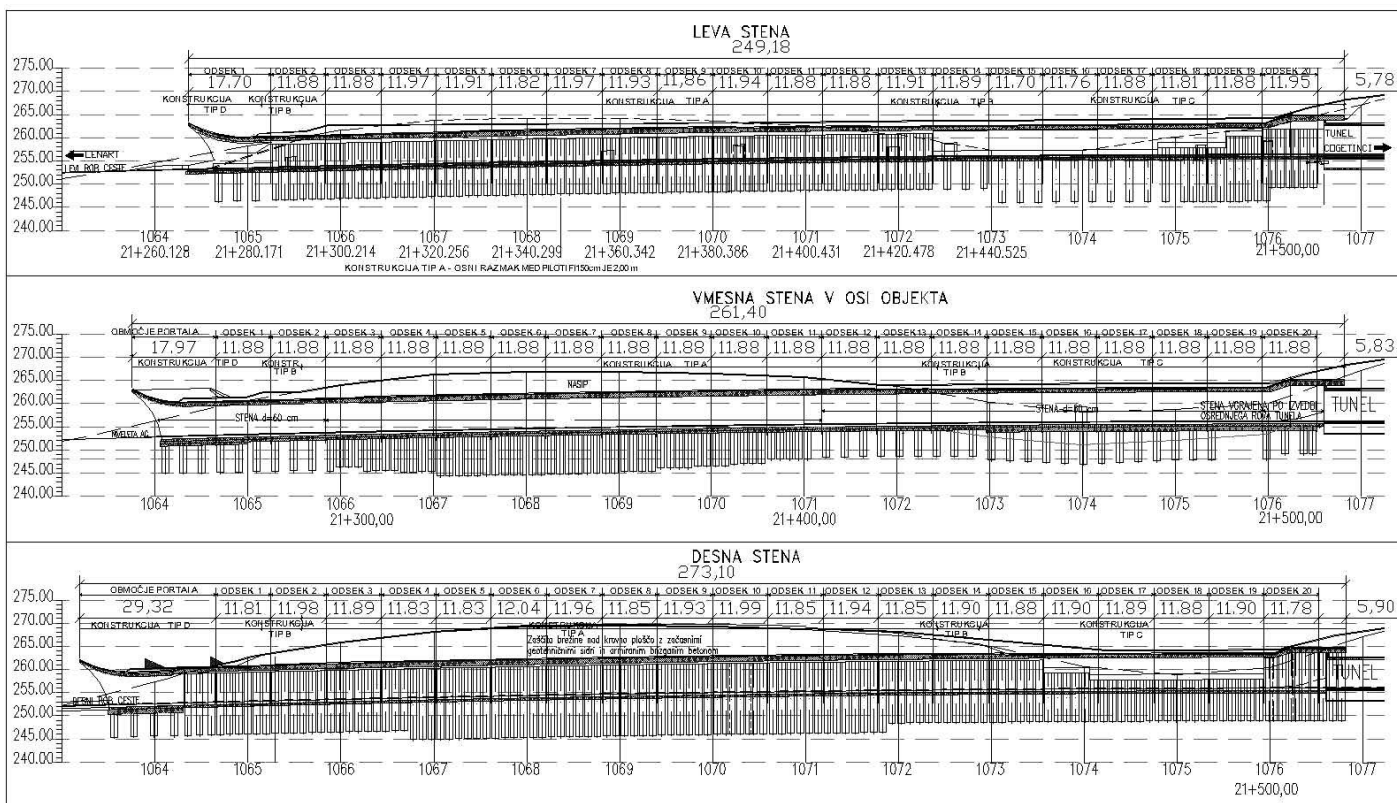
pokritega vkopa narekuje karakteristični profil AC, v drugi polovici pa prilagoditev na skupni



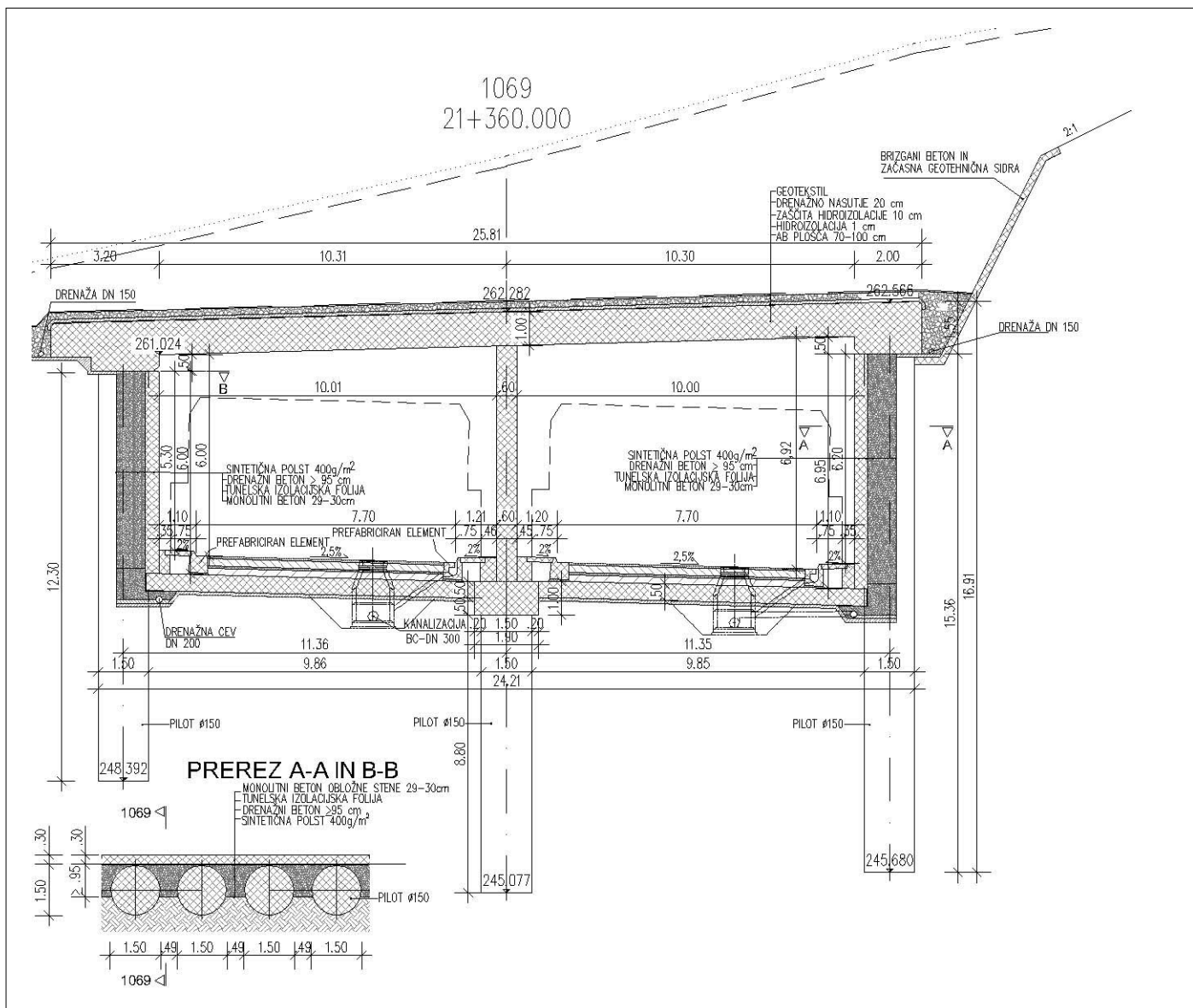
Slika 1 • Navezava pokritega vkopa Cenkova na predor – betoniranje krovne plošče pokritega vkopa



Slika 3 • Tloris pokritega vkopa Cenkova



Slika 4 • Vzdolžni prerezi pokritega vkopa



Slika 5 • Karakteristični prečni prerez pokritega vkopa Cenкова

3.2 Nosilna konstrukcija

Nosilna konstrukcija pokritega vkopa je zasnovana v odvisnosti od zahtevane geometrije funkcionalnega prostora znotraj objekta, in sicer v odvisnosti od geometrije pobočja in v odvisnosti od geološko-geotehničnih razmer vzdolž objekta. Hkrati je upoštevanje navedenih primarnih parametrov narekovalo tudi način gradnje, ki je posredno vplival na končne tehnične rešitve in s tem na izvedeno stanje. Konstrukcijo pokritega vkopa sestavljajo štirje značilni tipi konstrukcije, ki imajo različne debeline konstrukcijskih elementov in so pri izvedbi zahtevali različne tehnološke postopke. V tem članku je podan le opis konstrukcije tipa A, iz katerega izhajajo tudi preostali trije podobni tipi konstrukcije z oznakami B, C in D.

Za vse tipe je bila podobna pripravljalna faza gradnje, ko je izvajalec na očiščenem terenu izkopal v dveh odsekih gradbeno jamo z



Slika 6 • Piloti desne stene pokritega vkopa z zaščito desne brežine

utrimim planumom na nivoju spodnje strani krovne plošče pokritega vkopa, s katerega so



Slika 7 • Globoko temeljenje s piloti desne stene in plitko temeljenje s pasovnim temeljem vmesne stene na vzhodnem delu pokritega vkopa

bili uvrtni najprej piloti desne, za tem pa še srednje in leve pilotne stene kakor tudi piloti povezovalnega objekta med pokritim vkopom in predorom (slika 6 in 7).

Pilotne stene se je gradilo postopoma v 12,0 m dolgih kampadah. Pri tem se je odkopalo še manjši preostali del najprej desne in nato leve brežine ter podaljšalo oblogo desne brežine do dna odkopa, tako da je bila omogočena izvedba kvalitetne drenaže na obeh prečnih koncih PV. Po končanem pilotiranju je bila zemljina odkopana do nivoja planuma, na katerem je bila zabetonirana krovna plošča pokritega vkopa.

Gradnja obložnih sten pilotov v minimalni debelini 25 cm je zahtevala dokaj natančno izvedbo pilotov, za katere je bilo predpisano dovoljeno odstopanje v prečni smeri od vzdolžne osi obeh krajnih sten le za ± 5 cm. V vzdolžni smeri pilotnih sten so bila dovoljena odstopanja ± 10 cm. Piloti so bili izvedeni znotraj zahtevanih toleranc.

Konstrukcija tipa A je bila predvidena za najtežje pogoje izvedbe med profili P 1065 in P 1073. Pri njeni gradnji je bilo najprej znižano pobočje nad desno, višjo brežino gradbene jame. Za tem je bila odkopana v dveh nivojih celotna gradbena jama – do nivoja sidrišč geotehničnih sider desne brežine. V preostalem delu je bila nato jama poglobljena v minimalnem obsegu, tako da je bila možna še izvedba pilotov leve in

srednje pilotne stene. Odkop je bil opravljen v kampadah dolžine 12 m, s čelom v nagibu do 60° , kar je dovoljevala kompaktna sestava tal. Desna brežina gradbene jame je bila zavarovana z brizganim betonom v debelini 15 cm, armiranim z armaturno mrežo in sidranim z začasnimi geotehničnimi sidri (slika 8).

Krovna plošča je debela 1,00 m in obojestransko vpeta v pilote. To je omogočilo odkop zemljine pod krovno ploščo v polnem profilu in v obeh ladjah hkrati. Pred gradnjo talne plošče je bil zavarovan izkop med piloti obeh zunanjih sten z vgradnjo drenažnega betona, debelega ca. 100 cm (slika 5 in 9). Z vgradnjo drenažnega betona je bilo zagotovljeno odvajanje morebitne zaledne vode. Sprednja stran drenažnega betona je bila pred betoniranjem obložne stene prekrita z vodotesno predorsko folijo. S tem je bilo poleg popolne zaščite notranjosti pokritega vkopa pred morebitno zaledno vodo tudi preprečeno pronicanje cementnega mleka v drenažni beton.

Po vgradnji drenažnega betona med piloti obeh zunanjih sten je bila zgrajena pilotna greda nad »znižanimi« piloti vmesne stene, iz katere je segala priključna armatura v levi in desni del talne plošče ter zgoraj v vmesno steno. Nato se je skozi puščene odprtine v krovni plošči zabetonirala vmesna stena, debela 60 cm. Sledila je gradnja talne plošče (slika 5), na koncu pa sta se izvedli še krajni obložni pilotni steni (leva in desna), debeli



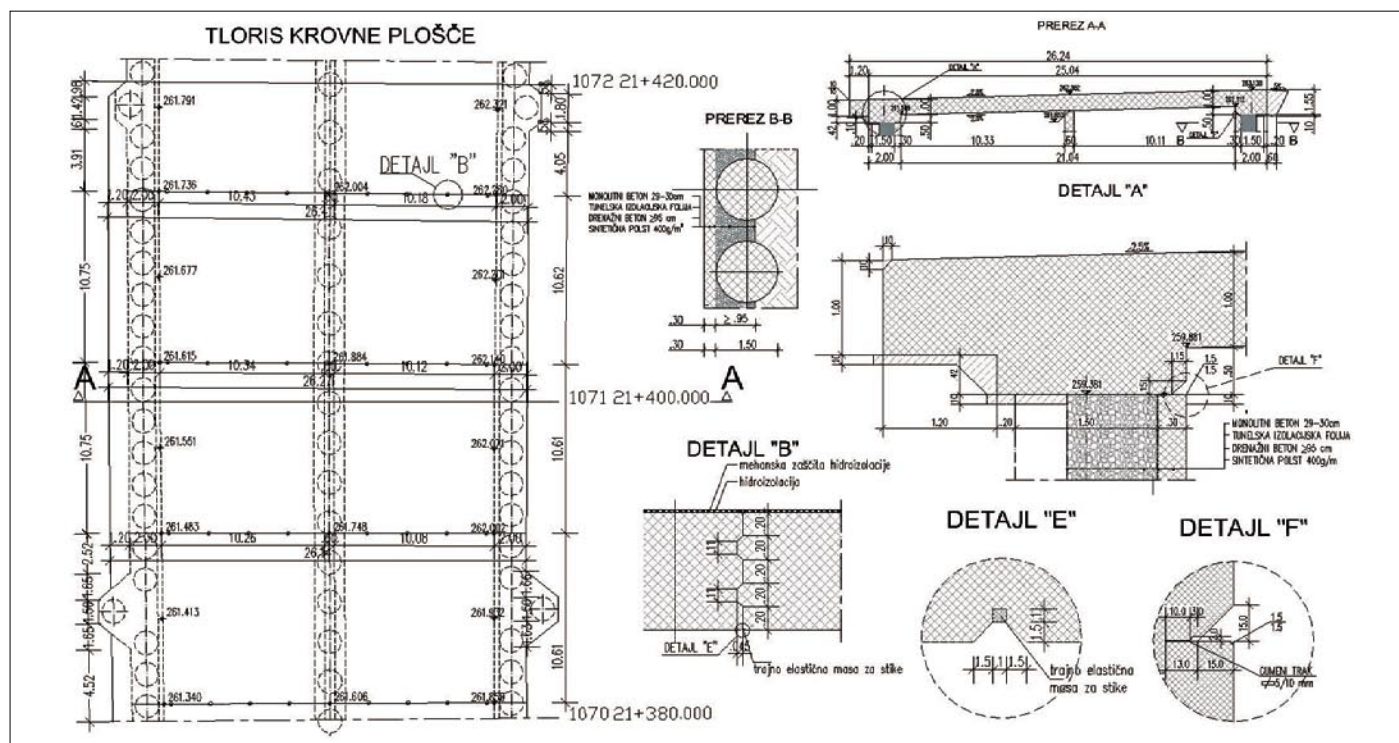
Slika 8 • Zaščita desne brežine pokritega vkopa z začasnimi geotehničnimi sidri in z armiranim brizganim betonom

30 cm, ki sta lokalno odebeljeni v območju niš (slika 10).

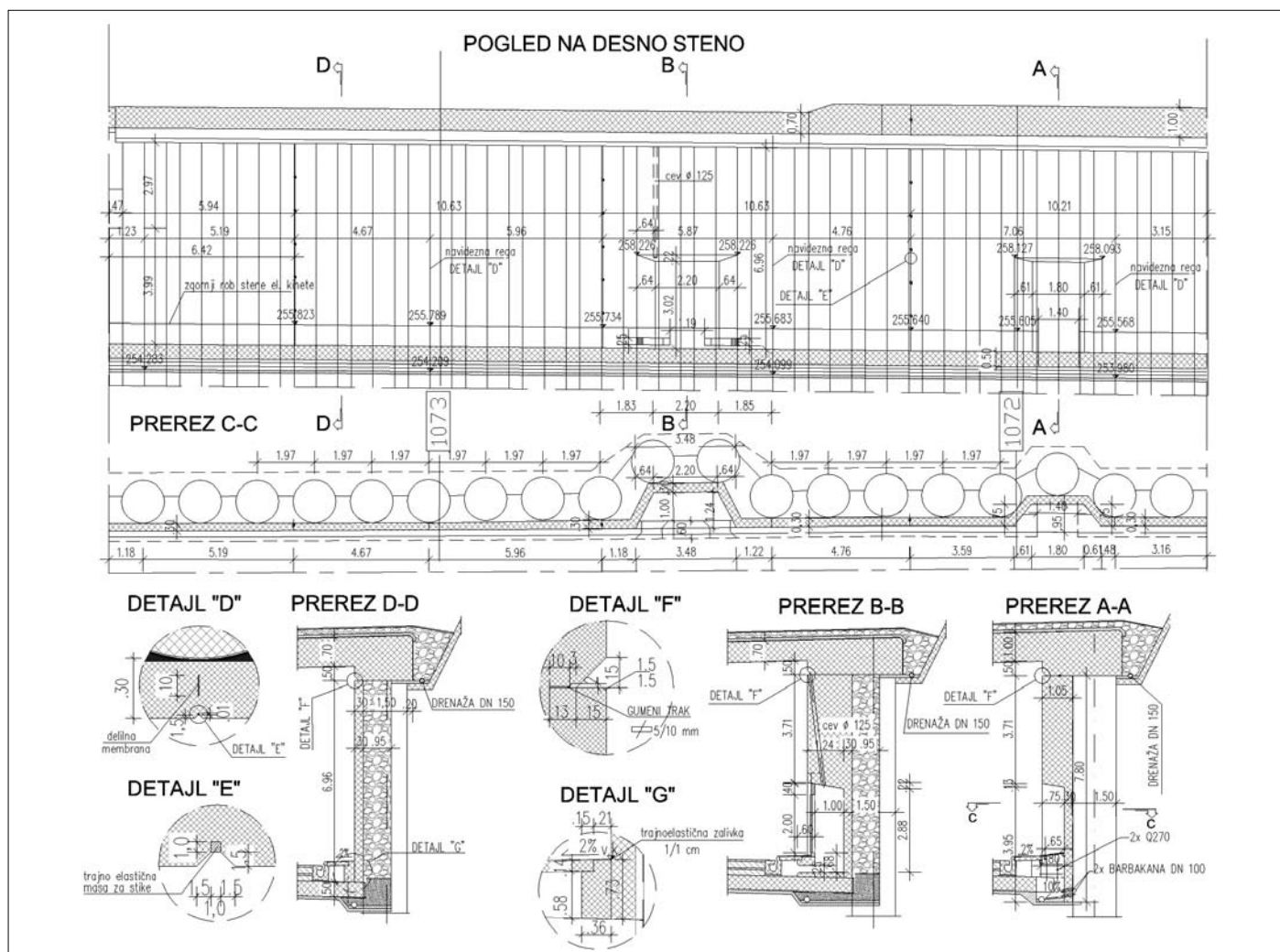
Vsi ostri robovi konstrukcijskih elementov PV so posneti s trikotno letvijo 3/3 cm. Za opaževanje sten so bili uporabljeni veliki opažni paneli z enakomerno razporejenimi in oblikovanimi stiki. Površina betona ima zahtevano enotno barvo.

Objekt pokritega vkopa izpolnjuje bistvene zahteve za standardno požarno odpornost vseh konstrukcijskih elementov, za katere obstaja možnost, da bodo neposredno ali posredno izpostavljeni vplivom požara.

Pri statični analizi objekta so bila upoštevana določila Pravilnika o mehanski odpornosti in stabilnosti (Ur. l. RS, št. 101/2005). Opravljena



Slika 9 • Opažni načrt krovne plošče pokritega vkopa



Slika 10 • Opažni načrt desne obložne AB-stene PV z nišami

je bila v skladu s standardi SIST EN 1990, SIST EN 1991, SIST EN 1992 in SIST EN 1998. Ker ni na voljo slovenskih nacionalnih dodatkov, so bila uporabljena tudi priporočila iz nemške smernice DIN – Fachbericht 101 in 102.

3.3 Hidroizolacija na krovni plošči in vozišče v objektu PV

Hidroizolacijske sloje na krovni plošči sestavljajo naslednje plasti (slika 5 in 9):

- beton krovne plošče debeline od 70 do 100 cm, kvaliteta betona C 25/30,
- hidroizolacijski trakovi debeline 5 mm iz modificiranega bitumna s poliestrsko tkanino; trakovi so zalepljeni preko vogalov, pri tipih konstrukcije z delovnim stikom stena-krovna plošča pa s preklpom 10 cm pod delovni stik,
- zaščitni sloj hidroizolacije iz betona debeline 10 cm, armiranega z armaturno mrežo z okenci 5/5 cm.

Nasutje in drenažni sloj:

- površina na nasutju je pokrita z 20 cm nasutja iz poravnane, nepovaljanega humusa,
- nasutje je minimalne debeline 80 cm, iz mešanice zemeljskega materiala, ki omogoča rast grmovnih in manjših drevesnih vrst (sicer je pokriti vkop zasut z materialom iz izkopa),
- pod nasutjem je vgrajena 20 cm debela drenažna plast iz granuliranega gramoznega materiala z dobrimi precejnimi lastnostmi, ki je zgoraj prekrita s plastjo geosintetika.

Zgornji ustroj AC na talni plošči je naslednji (slika 5):

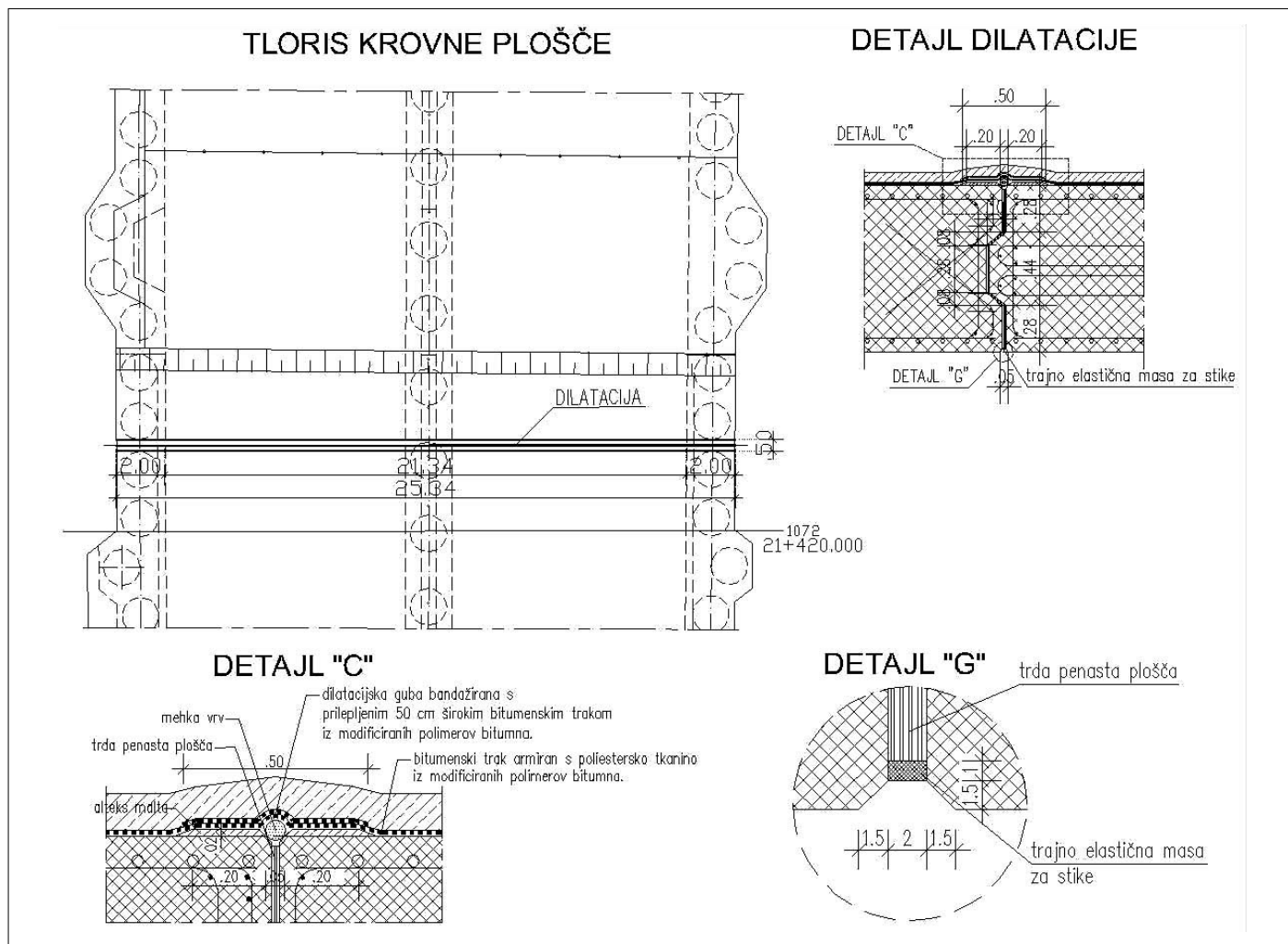
- obrabni sloj iz cementnega betona C 35/45 z lastnostmi, predpisanimi za cementna vozišča, debel 7 cm,
- zgornja nosilna plast iz cementnega betona C 30/37 iz zmesi zrn iz karbonatnih kamnin, debela 22 cm,

- plast iz bitumeniziranega drobljenca BD 22, debela 6 cm,
- plast s cementom stabilizirane zmesi kamnitih zrn, debela 15 cm,
- talna plošča, debela 50 cm,
- podložni beton, debel 10 cm.

3.4 Drenažni sistemi in odvod meteorne vode

Čeprav je v geološko-geomehanskem poročilu navedeno, da v plasteh zemljine, ki gradi hrib in skozi katerega je zgrajen pokriti vkop, ni pričakovati večjih količin vode, je objekt zavarovan s sistemom horizontalnih drenaž. Vgradnjo drenaž zahteva tudi možnost kasnejšega vdora površinske meteorne vode skozi sloje zasutja PV. Vsa pronicajoča voda iznad nivoja krovne plošče se zbira v dveh vzdolžnih drenažah, ki ju sestavljata drenažni cevi DN 150 mm in sta položeni ob obeh spodnjih robovih krovne plošče (slika 5).

Med piloti zunanjih pilotnih sten, izza obložnih sten, je vgrajena drenažna plast iz drenažnega



Slika 11 • Detajl dilatacije krovne plošče pokritega vkopa

betona. Hidroizolacijo sten PV predstavlja beton sten s pravilno tesnjenimi navideznimi fugami, z delovnimi stiki, in predvsem predorska tesnilna folija, vgrajena med drenažnim betonom oziroma piloti in med obložnimi stenami.

Vertikalne drenaže iz drenažnega betona med piloti povezuje obojestranska horizontalna drenažna cev DN 200 mm, izvedena po enakem detajlu kot za predorski del, ki omogoča zbiranje vse zaledne vode. Drenaža je vgrajena pod talno ploščo. Dostopna je v čistilnih nišah, kjer je priključena na kanalizacijo drenažne vode, položene pod talno ploščo. Voda iz drenaže je odvedena kot čista voda zunaj AC.

Meteorna voda, ki jo bodo na kolesih in vsrkano v pokriti vkop prinašala vozila, in občasna pralna voda se stekata ob nižje ležečem robniku v odtočno kineto pod robnikom. Ta voda je na čelu zahodnega dela pokritega vkopa kanalizirana in odvedena v

zbirni bazen onesnažene vode z volumnom 200 m³, kar omogoča zajetje umazane vode v primeru gašenja požara.

3.5 Stiki

Med posameznimi kampadami so v krovni plošči narejeni zatesnjeni delovni stiki, bandažirani s tesnilnim trakom hidroizolacije. V krovni plošči sta izvedeni tudi dve dilataciji z izvedeno gubo nad fugo v tesnilnem sloju iz bitumenskih trakov (slika 11). V stenah so delovni stiki zatesnjeni z zunanjim tesnilnim trakom, znotraj dolžine kampad pa so v stenah narejene še navidezne fuge. Horizontalni stik med krovno ploščo in obložno steno ni posebej tesnjen, saj zaradi vseh opisanih drenažnih sistemov ni pričakovati dotoka zaledne vode v ta stik.

3.6 Oprema objekta

V pokritem vkopu so vgrajeni elementi opreme, ki so poenoteni z opremo v predoru.

Tako je v predoru v srednji steni vgrajena požarna niša z dvema hidrantoma, od katerih je mogoče uporabiti vsakega v svoji ladji pokritega vkopa. Nadalje so vgrajene dve niši za klic v sili in več čistilnih niš za čiščenje in kontrolo drenaže. V pokritem vkopu potekajo tudi vse kabelske kinete in kineta za vod požarne vode.



Slika 12 • Zahodni portal pokritega vkopa s pogonsko centralo ter površinsko odvodnjavanje v območju pogonske centrale in portalov pokritega vkopa

4 • POGONSKA CENTRALA POKRITEGA VKOPA

Pogonska centrala služi namestitvi vseh naprav za napajanje energetskih sistemov in signalnovarnostnih ter kontrolnih sistemov v

združenem objektu pokritega vkopa in predora Cenкова. Pogonska centrala je v zahodnem portalu desnega dela pokritega vkopa (slika

12). Vsi signalnovarnostni kontrolni sistemi iz pogonske centrale so priključeni na nadzorni sistem AC-baze Slovenske Konjice.

5 • SKLEP

Pri pokritem vkopu Cenкова so bile pri projektiranju in gradnji objekta uporabljene številne zanimive rešitve. Objekt lahko uvrstimo med tiste vrste pokritih vkopov, pri katerih se je krovna plošča zgradila na utrjenem dnu gradbene jame na delno odkopanem pobočju,

šele nato pa je sledil izkop pokritega vkopa pod krovno ploščo. Ta način odkopa se je izkazal kot ekonomičen in tehnološko ustrezen. Pri gradnji je bila dosežena predpisana vodotesnost z ustrezno izolacijo proti vlagi ter s kvalitetnim drenažnim sistemom.

Pri odkopu pobočja je bila uporabljena metoda, ki je predvidevala odkop celotnega pobočja do nivoja spodnjega roba krovne plošče, pri čemer je desna, višja brežina varovana z oblogo iz brizganega armiranega betona z geotehničnimi začasnimi sidri in ne kot podaljšana pilotna stena iznad nivoja krovne plošče, ki je bila obdelana kot ena od variant v fazi idejnega projekta in projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja.

6 • LITERATURA

KO-BIRO, d. o. o., Maribor, Pokriti vkop 0807-2, 8-1, Cenкова, faza PID, št. projekta 258 in št. načrta 758/2007 – PID, 2008.



24. MIŠIČEV VODARSKI DAN

Narodni dom Maribor, sredo, 4. december 2013

Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o. in Drava, vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.d., vabita k sodelovanju na letošnjem strokovnem posvetu, kjer bodo obravnavane naslednje teme:

1. LETO DNI PO KATASTROFALNI POPLAVI V NOVEMBRU 2012,
2. SUŠA PONOVO V LETU 2013,
3. IZVAJANJE VODARSKIH PROJEKTOV IZ KOHEZIJSKIH SKLADOV EU,
4. AKTUALNI PROJEKTI S PODROČJA UPRAVLJANJA Z VODAMI IN UREJANJA VODA.

Vsi prijavljeni referati bodo objavljeni v zborniku in na zgoščenki, izbrani pa predstavljani na posvetu.