Izvedba zamjenskog zdenca Z-15/3 na crpilištu Vinogradi, Osijek

Bašić, Mihaela

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:425304

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-15/3 NA CRPILIŠTU VINOGRADI, OSIJEK

Diplomski rad

Mihaela Bašić
GI 377

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-15/3 NA CRPILIŠTU VINOGRADI, OSIJEK

MIHAELA BAŠIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Sažetak

Zdenac Z-15/3 na crpilištu Vinogradi, Osijek izveden je kao zamjenski zdenac zdenca Z-15 nakon što revitalizacija više nije bila učinkovita. Radovi na izvedbi zdenca provedeni su početkom 2020. godine, a izvođač je Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek. Starenje zdenaca na crpilištu Vinogradi uzrokuju oštećenja izazvana karbonatnim inkrustatima, "navlačenje" glinovito-siltoznih frakcija tijekom eksploatacije te organski talozi nastali djelovanjem željezovitih bakterija. U ovom diplomskom radu su prikazane osnovne značajke vodocrpilišta Vinogradi, koraci izvedbe zdenca Z-15/3 te su izračunati parametri zdenca iz podataka dobivenim pokusnim crpljenjem s promjenom crpne količine tijekom crpljenja.

Ključne riječi: crpilište, pokusno crpljenje, parametri zdenca, revitalizacija
Diplomski rad sadrži: 35 stranica, 1 tablicu, 20 slika, 2 priloga i 20 referenci
Jezik izvornika: hrvatski
Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb
Voditelj: Dr. sc. Željko Duić, izvanredni profesor RGNF
Ocjenjivači: Dr. sc. Željko Duić, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Jelena Parlov, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Dario Peković, izvanredni profesor RGNF
Datum obrane: 23. rujan 2020.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

THE CONSTRUCTION OF THE REPLACEMENT WELL Z-15/3 IN THE VINOGRADI WELL FIELD, OSIJEK

MIHAELA BAŠIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Department of geology and geological engineering
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

The well Z-15/3 in the Vinogradi well field, Osijek was constructed as a replacement well after rehabiliation was no longer effective. Works on the construction of the well were carried out in early 2020 and the contractor was Vodovod - Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek. Deterioration of wells in the Vinogradi well field is caused by damage created by carbonate incrustates, mobilization of fine fractions during pumping and organic precipitates created through the action of iron bacteria. In this thesis the basic characteristics of the Vinogradi well field and the steps of the construction of the well Z-15/3 are shown. Also, the parameters of the well are calculated from the data obtained during a pumping test.

Key words: well field, pumping test, well parameters, rehabilitation
Thesis contains: 35 pages, 1 table, 20 figures, 2 enclosures and 20 references
Original in: Croatian
Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb
Supervisor: PhD Sc. ing. Željko Duić, Associate Professor
Reviewers: PhD Sc. ing. Željko Duić, Associate Professor
PhD Sc. ing. Jelena Parlov, Associate Professor
PhD Sc. ing. Dario Perković, Associate Professor
Date of defense: September 23, 2020.

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Željku Duiću na predloženoj temi, velikoj pomoći i utrošenom vremenu prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se i članovima povjerenstva izv. prof. dr. sc. Jeleni Parlov i izv. prof. dr. sc. Dariu Perkoviću na pregledu rada, korekcijama i sugestijama.

Hvala svim mojim prijateljima i kolegama koji su mi olakšali i uljepšali ove studentske dane.

Najveća hvala mojim roditeljima i sestri na podršci i pomoći tijekom studija.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA I

POPIS TABLICA III

POPIS PRILOGA IV

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA V

1. UVOD 1

2. OSNOVNE ZNAČAJKE VODOCRPILIŠTA VINOGRADI 2

2.1. Geografski položaj crpilišta 2

2.2. Geološke značajke šireg područja vodocrpilišta 4

2.3. Geološka građa vodonosnika 6

2.4. Hidrogeološke značajke i napajanje vodonosnika 9

2.5. Osnovno o crpilištu Vinogradi 12

2.6. Kakvoća podzemne vode 13

3. IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-15/3 15

3.1. Cilj zahvata 15

3.2. Rotacijsko bušenje s indirektnim ispiranjem (reversno) 17

3.3. Ugradnja konstrukcije zdenca 19

3.4. Šljunčani zasip i glineni tampon 20

3.5. Osvajanje zdenca 21

3.6. Pokusno crpljenje 23

4. PARAMETRI ZDENCA Z-15/3 24

5. ZAKLJUČAK 29

6. LITERATURA 30

PRILOZI 32

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Geografski položaj crpilišta Vinogradi na karti Republike Hrvatske 2
Slika 2-2. Geografski položaj crpilišta Vinogradi 3
Slika 2-3. Geološka građa površine terena šireg područja vodocrpilišta Vinogradi prema OGK list Osijek (Magaš, 1987). Oznake: b – barske tvorevine, am – mrtvaja, t_1 – terasa Drave, ljb-w – jezersko barski les i lb-w – barski les. 4
Slika 2-4. Geološki profil kvartarnih slojeva crpilišta Vinogradi (preuzeto i obrađeno iz Urumović i dr., 2011) 6
Slika 2-5. a) Položajna karta regionalnog korelacijskog profila kvartarnih naslaga osječke Podravine; b) Regionalni korelacijski profil kvartarnih naslaga osječke Podravine. Oznake: 1 – istraživačka bušotina, 2 – rasjed s oznakom spuštenog bloka, 3 – korelacijski markeri, 4 – pijesak s pokojom valuticom, 5 – sitno i srednjezrnati pijesak, 6 – glina, 7 – prah. (Urumović, 2013) 7
Slika 2-6. Prosječna hidraulička vodljivost aluvijalnih vodonosnika (Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021., 2016) 9
Slika 2-7. Prosječna debljina krovinskih naslaga aluvijalnih vodonosnika (Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021., 2016) 10
Slika 2-8. a) Izmjerene vrijednosti i linearni trend godišnjih padalina u razdoblju 1997.-2008. na meteorološkoj stanici Osijek; b) Izmjerene vrijednosti godišnjih padalina u razdoblju 1978.-2008. godine na meteorološkoj stanici Osijek (Brkić i dr., 2009) 11
Slika 2-9. Prikaz I. i II. zone sanitarne zaštite crpilišta Vinogradi 12
Slika 2-10. Piperov dijagram uzoraka podzemne vode crpilišta Vinogradi (izvor: Ž. Duić) 13
Slika 3-1. Željezovite bakterije roda a) Chrenothrix i b) Galionella (Oswald, 2017 i Microbewiki, 2020) 16
Slika 3-2. Reversna hidraulična samohodna bušača garnitura CONRAD (Vodovod Osijek, 2020) 17
Slika 3-3. Mostićavo sito tvrtke Paparelli (Paparelli screens, 2020) 19
Slika 3-4. Ubacivanje šljunčanog zasipa (fotografija Željka Duića) 20
Slika 3-5. Voda na izlazu iz blende prije osvajanja (fotografija Željka Duića) 21
Slika 3-6. Sektorski ispirač (fotografija Željka Duića) 22
Slika 3-7. Blenda (fotografija Željka Duića) 22

Slika 4-1. Dijagram pokusnog crpljenja zdenca u koracima prikazan u linearnom mjerilu 25
Slika 4-2. Dijagram sniženja pri pokusnome crpljenju razlučenog na priraste sniženja 26
Slika 4-3. Dijagram ekvivalentna izdašnost - ekvivalentno specifično sniženje 27

POPIS TABLICA

Tablica 4-1. Izračun ekvivalentnih izdašnosti i ekvivalentnih specifičnih sniženja..... 26

POPIS PRILOGA

PRILOG 1: Tehnički profil zdenca Z-15/3.....33

PRILOG 2: Dnevnik pokusnog crpljenja u koracima 34

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA

s (m) – sniženje

t (min) – vrijeme

Φ (mm) – promjer

Q (m^3/s) – crpna količina

Eh (V) – redoks potencijal

P (mm) – količina padalina

R_Z (m) – efektivni polumjer zdenca

T (m^2/s) – transmisivnost vodonosnika

S (-) – koeficijent uskladištenja vodonosnika

B (s/m^2) – parametar linearnih gubitaka u vodonosniku

C (s^2/m^5) – parametar nelinearnih gubitaka na zdenačkom zacjevljenju

1. UVOD

Crpilište Vinogradi, Osijek je u uporabi od 1984. godine i sastoji se od 18 zdenaca. Prosječna izdašnost pojedinog zdenca je oko 40 l/s, a ukupni instalirani kapacitet crpki je 720 l/s. Sirova voda se zahvaća iz zdenaca dubine od oko 150 m te se 8-kilometarskim cjevovodom isporučuje do pogona za proizvodnju. Takva voda je bakteriološki ispravna, ali sadrži povišene koncentracije željeza, mangana, amonijaka, arsena i organske tvari te se voda prerađuje kako bi se ispunili zahtjevi za postizanje ispravnosti vode. Vodonosni slojevi na području crpilišta Vinogradi su izgrađeni od pretežno sitno do srednjezrnatog jednoličnog pijeska, a polupropusni međuslojevi od praha i gline.

Zdenac Z-15/3 planiran je kao zamjenski zdenac zdenca Z-15 nakon što revitalizacija više nije bila učinkovita. Radovi na izvedbi zdenca provedeni su početkom 2020. godine, a izvođač je Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek.

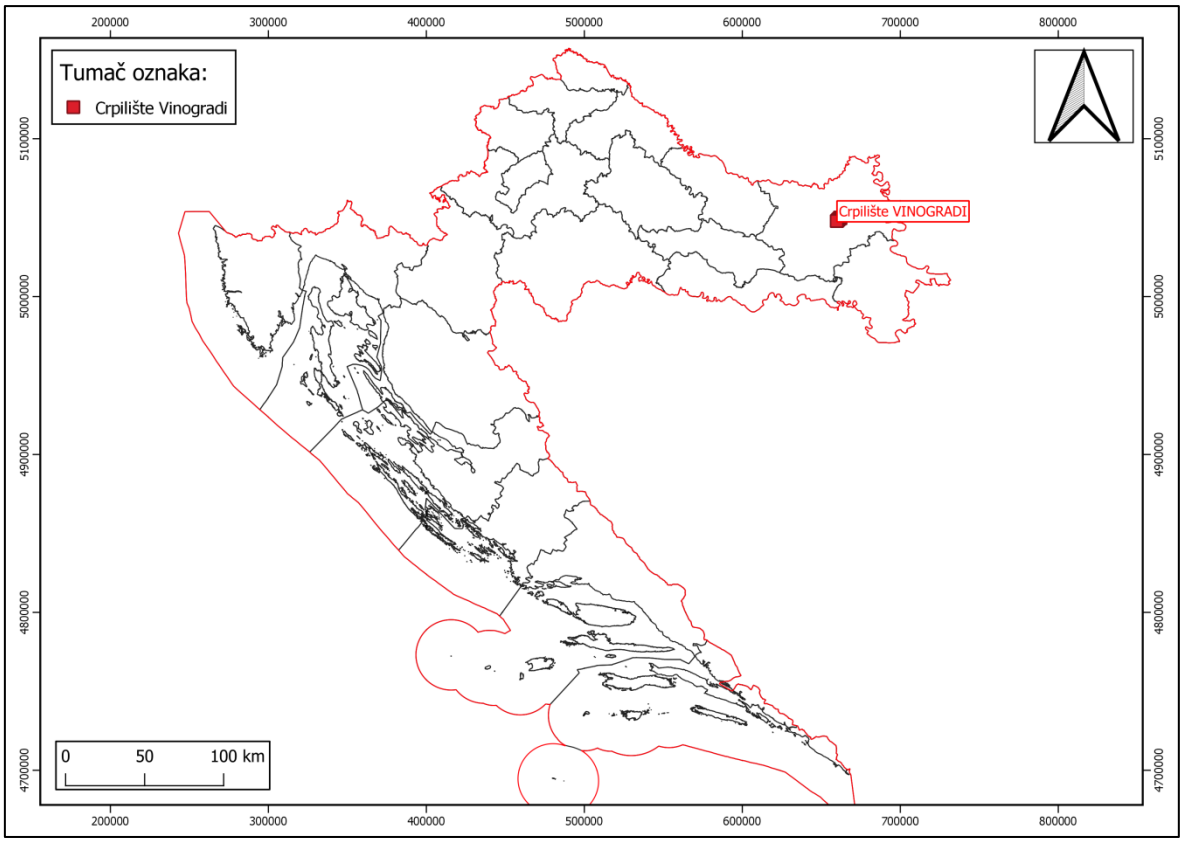
Cilj ovog diplomskog rada je prikazati osnovne značajke crpilišta Vinogradi i korake izvedbe zdenca Z-15/3 te izračunati parametre zdenca iz podataka dobivenim pokusnim crpljenjem.

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada korišteni su sljedeći programi: *Microsoft Excel, Microsoft Paint* i *QGIS* 3.8.3.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE VODOCRPILIŠTA VINOGRADI

2.1. Geografski položaj crpilišta

Šire područje crpilišta Vinogradi nalazi se na istočnom, nizinskom području Republike Hrvatske (slika 2-1). Crpilište Vinogradi je smješteno u Osječko-baranjskoj županiji, na udaljenosti manjoj od 10 km od grada Osijeka te na desnoj obali rijeke Drave koja je oblikovala recentni reljef. Od značajnijih pritoka rijeke Drave, sjeverno od crpilišta se nalazi rijeka Karakašica, s istočne strane crpilišta se proteže kanal Crni Fok, a sa zapadne Poganovačko-Brodnički kanal u koji se drenira širok splet kanala. Poganovačko-Brodnički kanal duljine 5,71 km se ulijeva u Staru Dravu kod sela Josipovac te služi odvodnjavanju poplavnog područja oko rijeke Vuke, tj. isušivanju okolnih sela. Crpilište Vinogradi se sastoji od 18 zdenaca koji se protežu pretežno paralelno Poganovačko-Brodničkom kanalu na udaljenostima do 500 m (slika 2-2) (Duić i dr., 2018).



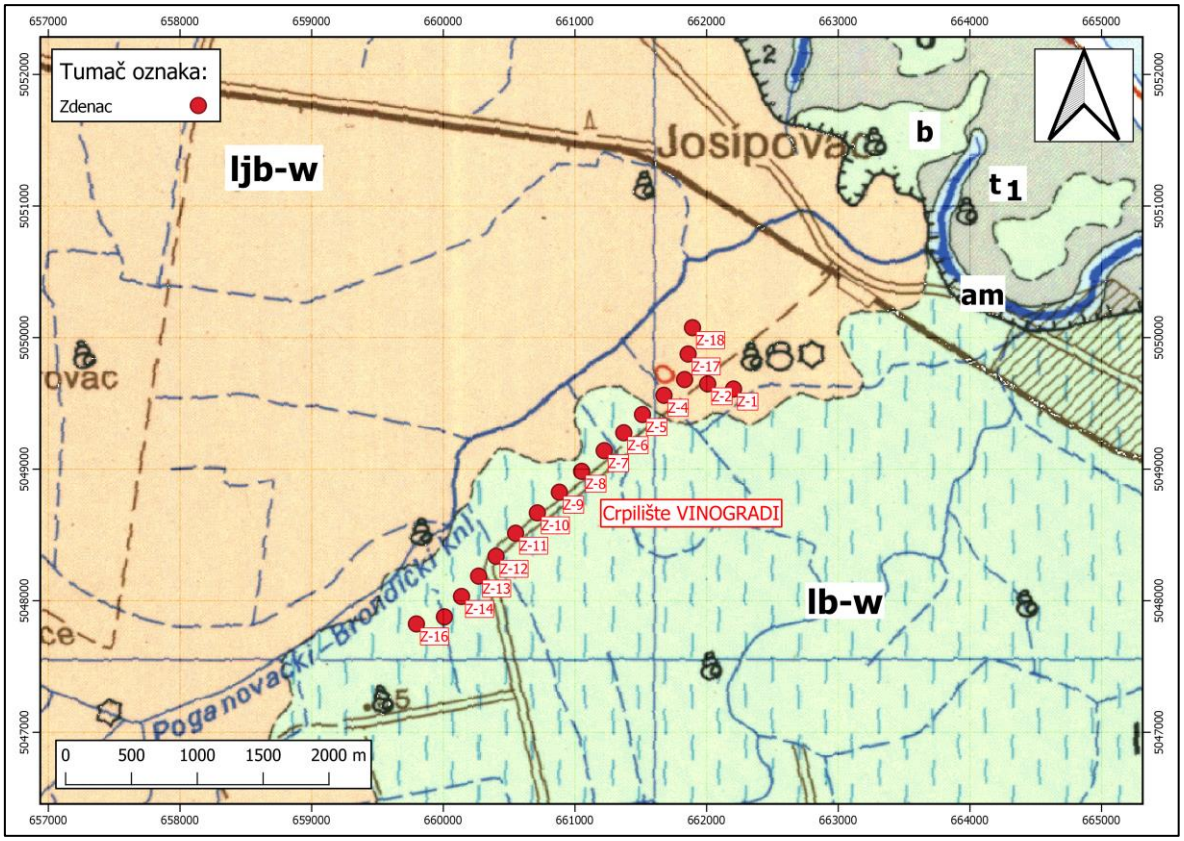
Slika 2-1. Geografski položaj crpilišta Vinogradi na karti Republike Hrvatske



Slika 2-2. Geografski položaj crpilišta Vinogradi

2.2. Geološke značajke šireg područja vodocrpilišta

Na slici 2-3 prikazan je položaj vodocrpilišta Vinogradi na OGK list Osijek (Magaš, 1987) te se na širem području istraživanja mogu uočiti naslage holocenske i pleistocenske starosti. Od holocenskih naslaga nalazimo: b – barske tvorevine, am – mrtvaja i t_1 – terasa Drave, a od pleistocenskih: ljb-w – jezersko barski les i lb-w – barski les.



Slika 2-3. Geološka građa površine terena šireg područja vodocrpilišta Vinogradi prema OGK list Osijek (Magaš, 1987). Oznake: b – barske tvorevine, am – mrtvaja, t_1 – terasa Drave, ljb-w – jezersko barski les i lb-w – barski les.

Najveći dio površinske građe pripada naslagama pleistocena. Naslage barskog lesa (lb-w: pjeskoviti silt, gline i organogene gline) zauzimaju najveći dio prostora virmske paleoterase. Nalaze se na tektonski uzdignutom prostoru koji je tijekom virma zadržavao znatno pliće i prostorno manje stacionarne vode zbog čega je došlo do formiranja genetske jedinice barskog lesa. Najmlađi dio počinje s pjeskovitim siltovima sive boje te slijedi postepeni prijelaz prema glinovitim siltovima u kojima se nalaze željezovite nakupine i vapnene konkrecije. Također, talozi ovog sloja su mjestimično zacrnjeni organogenim glinama i manganskim nakupinama. Opisane naslage barskog lesa pripadale su prostorima

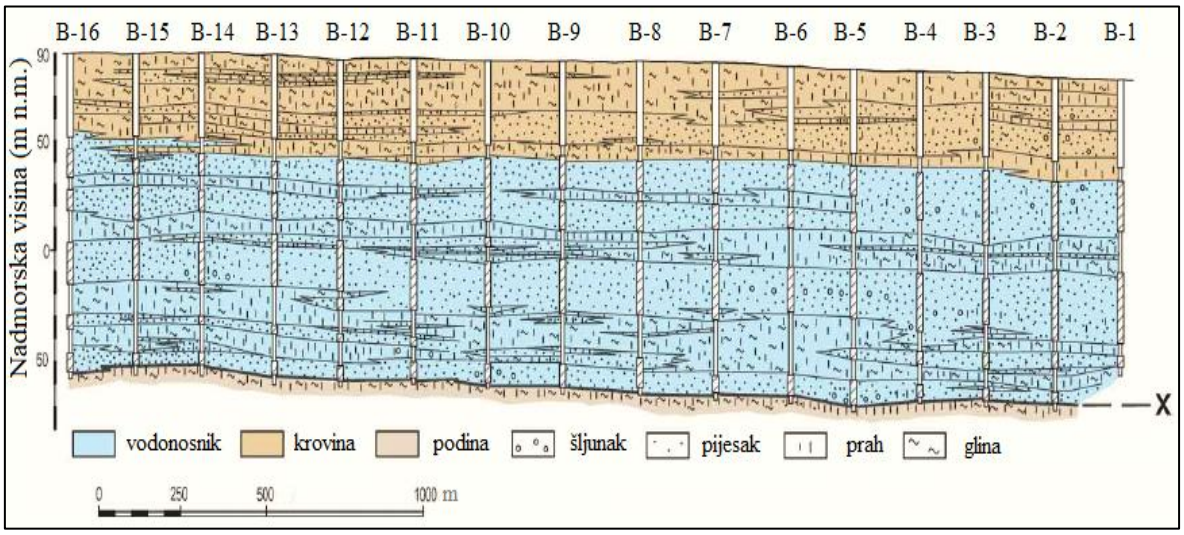
pleistocenskih paleoterasa pa imaju virmsku starost (Magaš, 1986). Jezersko-barski les (ljb-w: silt, pjeskoviti silt, glinoviti i siltozni pijesci) pripada akvatičnim talozima dubljih jezersko-barskih voda gdje je proces akumulacije bio znatno brži. Značajnu ulogu u formiranju ove jedinice imali su i linijski tokovi zbog čega je naglašena izmjena pjeskovitog silta s glinovito-željezovitim siltom. Ova jedinica također pripada jedinstvenom virmskom razvoju lesa u ovim prostorima.

Terasa Drave holocenske starosti (t_1: pijesci, silt, gline i organogeno-barski talozi) je nastala na mjestu dodira dravskih poplavnih voda s tektonski predisponiranim paleomorfološkim prostorom pleistocena. Visina strmog terasnog odsjeka se kreće od 2 do 6 m. Paleomorfološki prostor pleistocena je predstavljao barijeru koja je spriječila migraciju dravskih voda prema jugu. Mrtvaja (am: silt, gline, pijesci, organogeni mulj i treset) je morfološki oblik koji predstavlja zaostali dio napuštenog korita rijeke Drave. Prema litološkom sastavu to su pretežno siltovi i pijesci različitog stupnja zaglinjenja čiju površinu prekrivaju organogene gline i treset. Barske tvorevine (b: mulj, gline, pjeskoviti silt i silt) nastaju unutar zatvorenih vodenih prostora različitih veličina. Procesom sedimentacije akumulira se pjeskoviti silt, siltozni pijesak te organogeni mulj. Bare su, slično kao i mrtvaje, zaostali morfološki oblici fluvijatilnog prostora (Magaš, 1987).

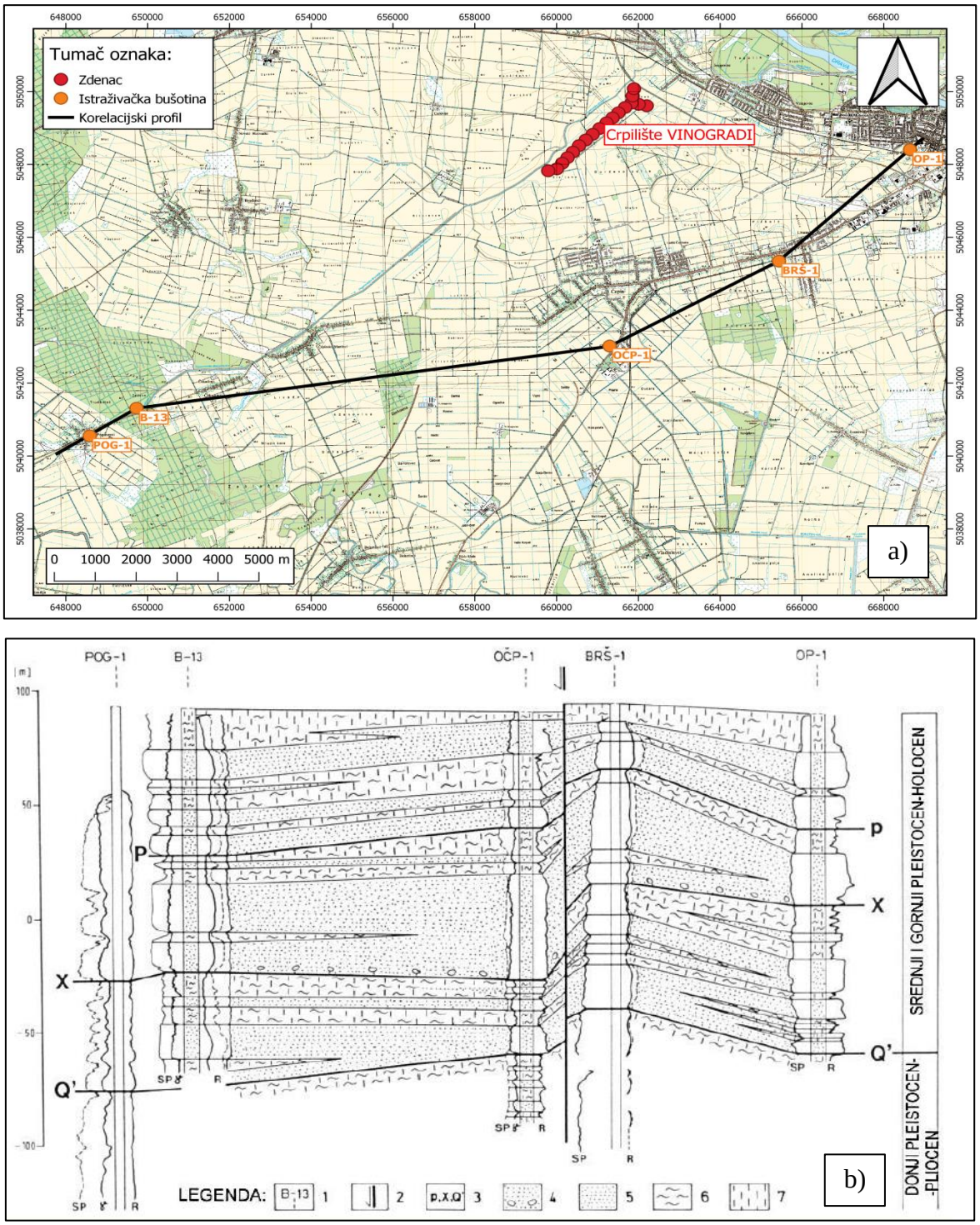
2.3. Geološka građa vodonosnika

Litološki i kronostratigrafski građa terena je vrlo jednostavna budući da je kvartarne starosti i da se sastoji od izmjena ili mješavina pijeska, silta i gline. S druge strane, povećanjem dubine dolazi do većih promjena u morfologiji i litostratigrafiji. Litološki profil kvartarnih naslaga prikazan na slici 2-4 dobiven je pomoću podataka iz istraživačkih bušotina koje su bušene za potrebe hidrogeoloških i naftnogeoloških istraživanja. Uočene su dvije suprotne razine unutar generalne izmjene sitnijih i krupnijih klastita kvartarne starosti te je granica označena kao marker Q'. Marker Q' prikazan je na regionalnom korelacijskom profilu kvartarnih naslaga osječke Podravine (slika 2-5b), a položaj profila je prikazan na slici 2-5a. Slojevi iznad ovog markera su karakterizirani nekonsolidiranim materijalom visoke propusnosti i velikom količinom pitke vode. Iznad markera Q' stupanj konsolidiranosti je veći, udio propusnih slojeva manji, a mineralni sastav vode je heterogen. Mineralizacija vode je općenito veća nego u slojeva iznad. Slojevi iznad markera Q' pripadaju srednjem do mlađem pleistocenu i holocenu, a slojevi ispod starijem pleistocenu i pliocenu. Razlika u sastavu iznad i ispod markera Q' se objašnjava promjenama u paleoklimatskim uvjetima.

Iznad markera Q' nalazi se litološki horizont X te se najkrupniji sedimenti depresije rijeke Drave nalaze iznad tog markera (slika 2-4). Smatra se da su te naslage rezultat snažne transgresije kada je došlo do taloženja naslaga šljunka debljine 50 m u Baranji, poplavnom području Podunavlja (Urumović i dr., 2011).



Slika 2-4. Geološki profil kvartarnih slojeva crpilišta Vinogradi (preuzeto i obrađeno iz Urumović i dr., 2011)



Slika 2-5. a) Položajna karta regionalnog korelacijskog profila kvartarnih naslaga osječke Podravine; b) Regionalni korelacijski profil kvartarnih naslaga osječke Podravine. Oznake: 1 – istraživačka bušotina, 2 – rasjed s oznakom spuštenog bloka, 3 – korelacijski markeri, 4 – pijesak s pokojom valuticom, 5 – sitno i srednjezrnati pijesak, 6 – glina, 7 – prah. (Urumović, 2013)

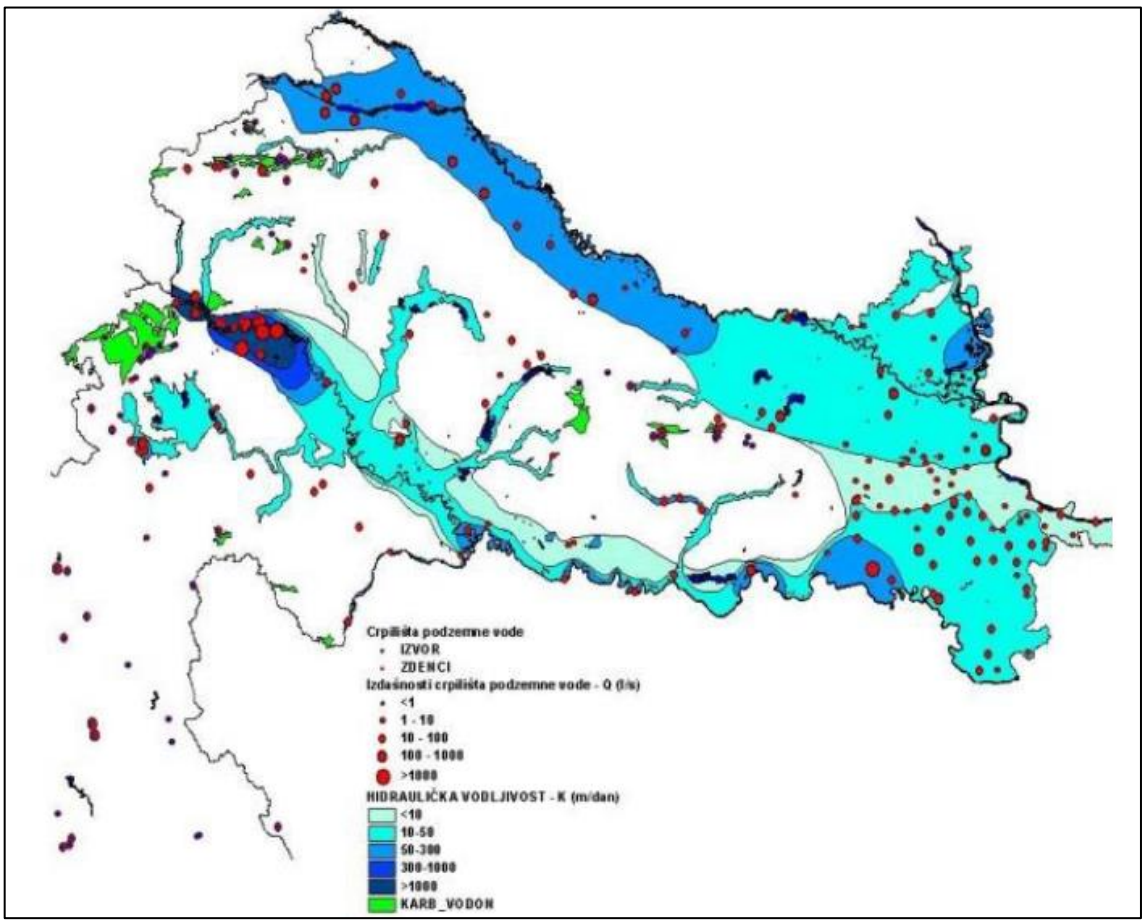
Na području crpilišta Vinogradi nalazimo sitan do srednji pijesak veličine od 0,05 do 0,3 mm pretežno kvarcnog sastava. Sitniji pijesci sadrže i velik udio tinjaca, fragmenata karbonata, feldspata, amfibola, epidota i granita zbog čega se pretpostavlja da je materijal donešen s Alpi i sa Slavonskih planina. Sitniji materijali su silt, pjeskoviti silt te prahovita glina čija boja varira od sive, srebrno-plave do zelene. Također, nalazimo i fragmente konkrecija. Mineralni sastav pretežito čini kvarc uz tinjce i feldspate, a kod najsitnijih frakcija montmorilonit čini više od 10 % sastava.

Najvažnija značajka kvartarnih naslaga je izmjena sitnijih i krupnijih slojeva koja se može uočiti na razini laminacije pijesaka i silta sve do gradacije unutar pjeskovitih slojeva. Prethodno navedene litološke značajke stvorile su hidrauličku anizotropiju te općenito heterogenu sredinu, no sva sita crpnih zdenaca crpilišta Vinogradi su ugrađena u slojeve čistih jednoličnih pijesaka čime je uklonjen utjecaj anizotropije na tok podzemne vode te je postignut horizontalan radijalan tok prema zdencima tijekom crpljenja (Duić i dr., 2011).

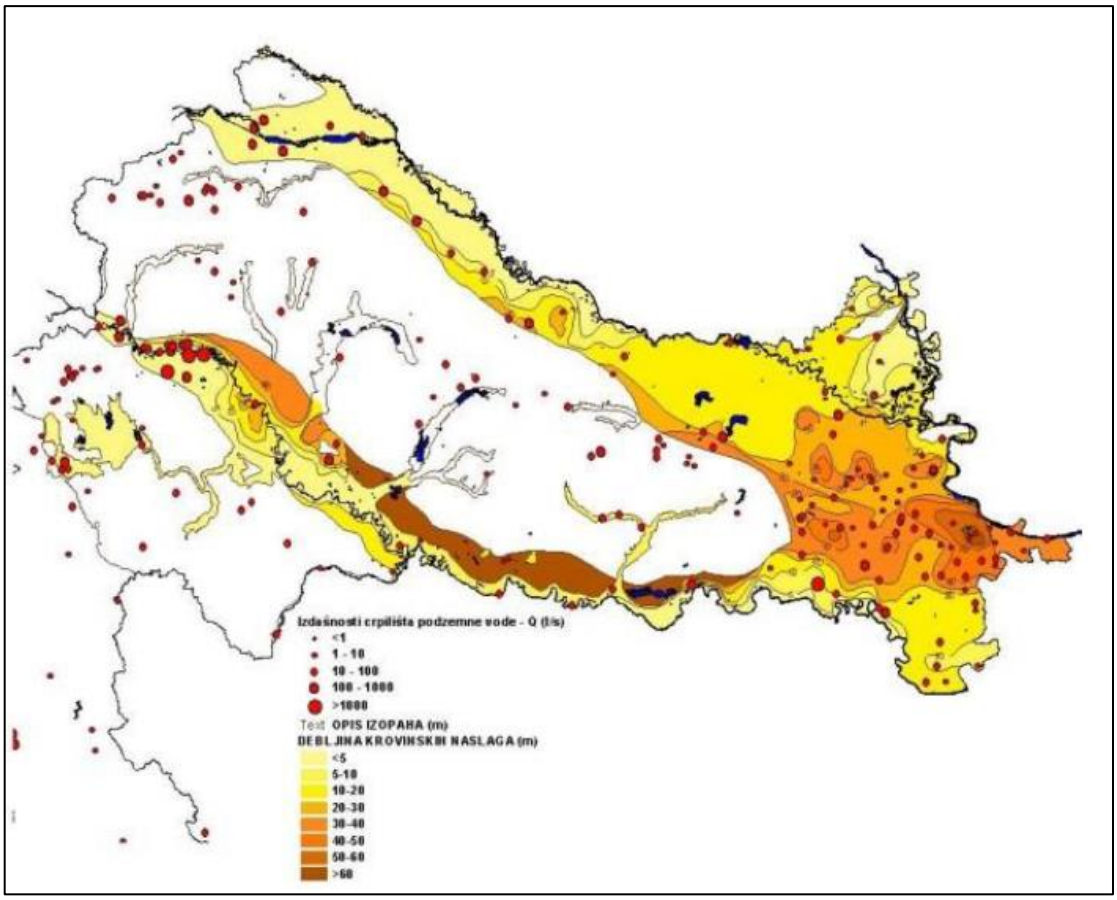
2.4. Hidrogeološke značajke i napajanje vodonosnika

Generalni smjer tečenja podzemne vode u dravskom vodonosniku je od jugozapada/zapada prema sjeveroistoku/istoku. Prosječne vrijednosti hidrauličke vodljivosti se kreću u rasponu od desetak pa do nekoliko stotina m/dan (slika 2-6). Vodonosni slojevi na području crpilišta Vinogradi su izgrađeni od pretežno sitno do srednjezrnatog jednoličnog pijeska, a polupropusni međuslojevi od praha i gline (Vešligaj Turkalj, 2018). Prosječna debljina krovinskih naslaga iznosi 30 m (slika 2-7). Budući da su na crpilištu Vinogradi provedena brojna pokusna crpljenja može se odrediti raspon prosječnih vrijednost hidrogeoloških parametara za to područje (Urumović i dr., 2011):

- hidraulička vodljivost vodonosnika: $K = 1{,}4 \times 10^{-4} – 2{,}0 \times 10^{-4}$ m/s
- vertikalna hidr. vodljivost krovinskih naslaga: $K_v = 10^{-8} – 10^{-7}$ m/s
- koeficijent uskladištenja vodonosnika: $S = 5 \times 10^{-4} – 2 \times 10^{-3}$.

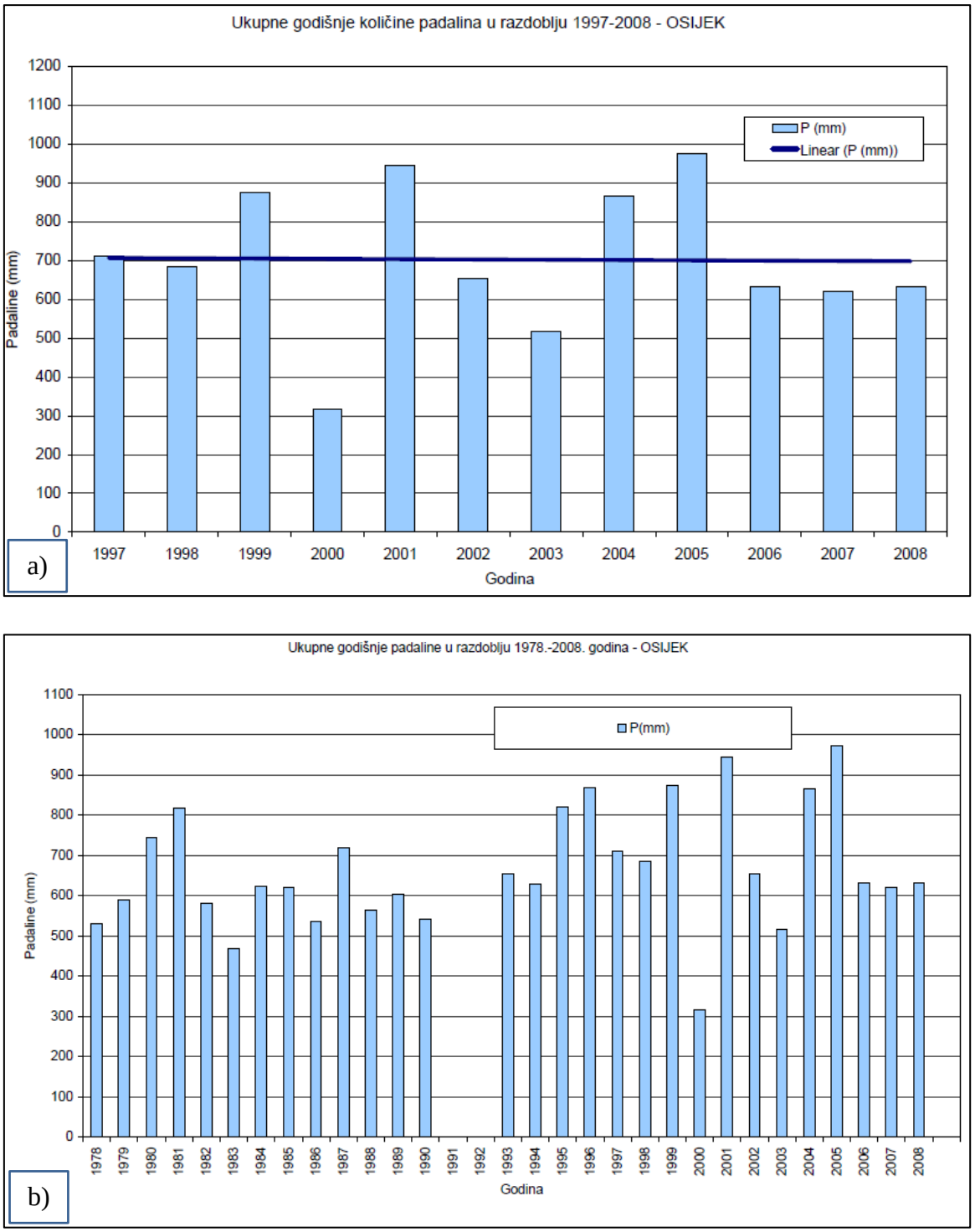


Slika 2-6. Prosječna hidraulička vodljivost aluvijalnih vodonosnika (Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021., 2016)



Slika 2-7. Prosječna debljina krovinskih naslaga aluvijalnih vodonosnika (Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021., 2016)

Obnavljanje podzemne vode na području sliva Drave i Dunava prvenstveno se odvija infiltracijom padalina kroz krovinske naslage. Prosječna godišnja količina padalina izmjerena na hidrološkoj stanici Osijek, 10-ak km udaljena od crpilišta Vinogradi, za razdoblje 1980.-2000. godine je iznosila 620 mm. Ta je količina bila oko 5 % ispod prosjeka. Prema Urumović i dr. (2011) prosječno napajanje vodonosnika iznosi 96 mm/god, a budući da se prosječna količina oborina postupno povećava idući od istoka prema zapadu (prosječni gradijent iznosi oko 2 mm/km), procijenjeno je da napajanje vodonosnika infiltracijom oborina iznosi oko 14-15 % prosječne godišnje količine oborine. Prema Brkić i dr. (2011) analizom vremenskih serija podataka o padalinama na meteorološkoj stanici Osijek utvrđena je ustaljena količina ukupnih godišnjih padalina u razdoblju od 1997. do 2008. godine (slika 2-8a). Za 30-godišnje razdoblje, unatoč nedostatku podataka za razdoblje 1991.-1992., izražen je trend porasta ukupnih godišnjih padalina (slika 2-8b). Napajanje iz površinskih tokova odvija se u inundacijskom području Drave za vrijeme visokih vodostaja.

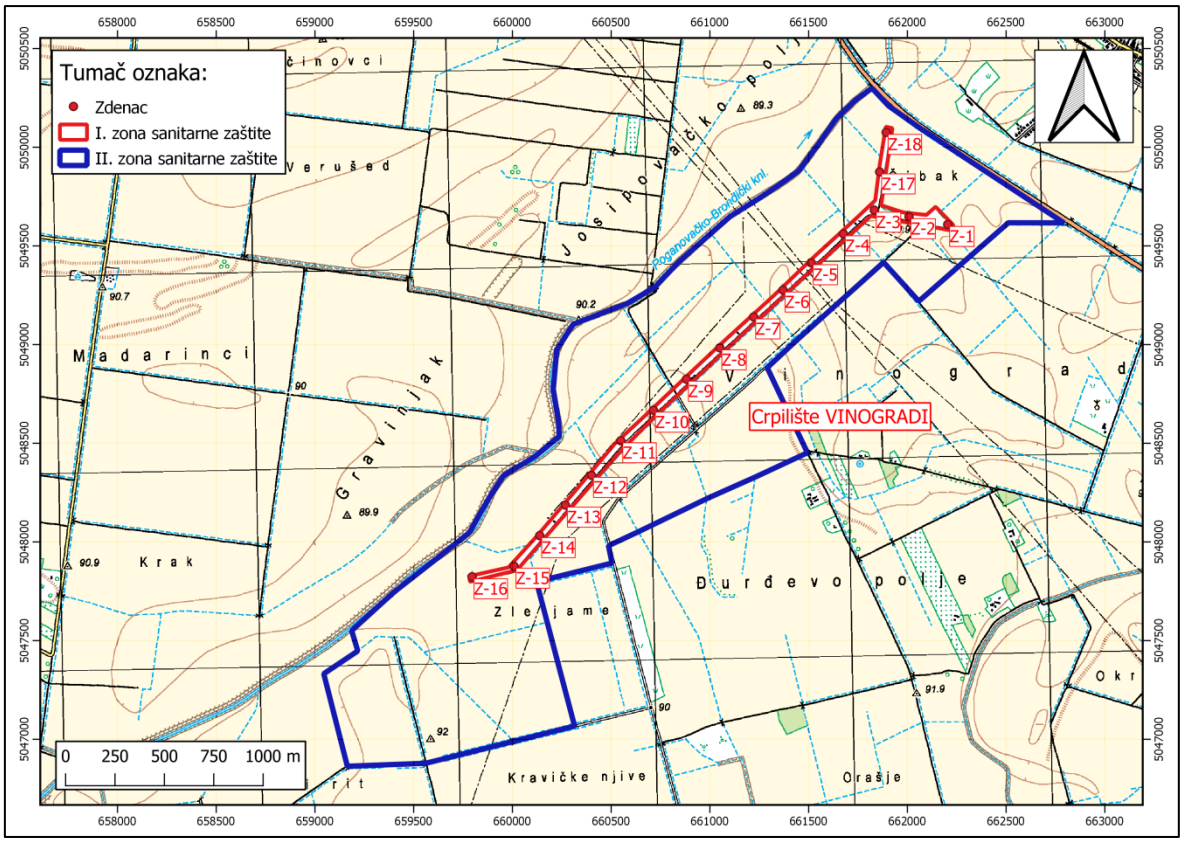


Slika 2-8. a) Izmjerene vrijednosti i linearni trend godišnjih padalina u razdoblju 1997.-2008. na meteorološkoj stanici Osijek; b) Izmjerene vrijednosti godišnjih padalina u razdoblju 1978.-2008. godine na meteorološkoj stanici Osijek (Brkić i dr., 2009)

2.5. Osnovno o crpilištu Vinogradi

Crpilište Vinogradi je u uporabi od 1984. godine i sastoji se od 18 zdenaca. Prosječna izdašnost pojedinog zdenca je oko 40 l/s, a ukupni instalirani kapacitet crpki je 720 l/s u čemu je sadržana i rezerva namijenjena sigurnosti pogona. Sirova voda se zahvaća iz zdenaca dubine od oko 150 m te se 8-kilometarskim cjevovodom isporučuje do pogona za proizvodnju. Takva voda je bakteriološki ispravna, ali sadrži povišene koncentracije željeza, mangana, amonijaka, arsena i organske tvari te se voda prerađuje kako bi se ispunili zahtjevi za postizanje ispravnosti vode. Crpilište Vinogradi opskrbljuje grad Osijek i prigradska naselja Brijest, Briješće, Višnjevac, Josipovac, Tenja, Nemetin, Sarvaš, Tvrđavica, Podravlje i Klisa, Općinu Antunovac, Općinu Ernestinovo, Općinu Vladislavci, Općinu Vuka (naselja Vuka, Hrastovac i Lipovac Hrastinski), Općinu Šodolovci te dio Općine Čepin (Vodovod Osijek, 2020).

Samo crpilište se nalazi u vodozaštitnom pojasu gdje se vrlo strogo poštuju mjere za sprječavanje onečišćenja te su na slici 2-9 prikazane zona strogog ograničenja i nadzora (II. zona) i zona strogog režima zaštite i nadzora (I. zona).

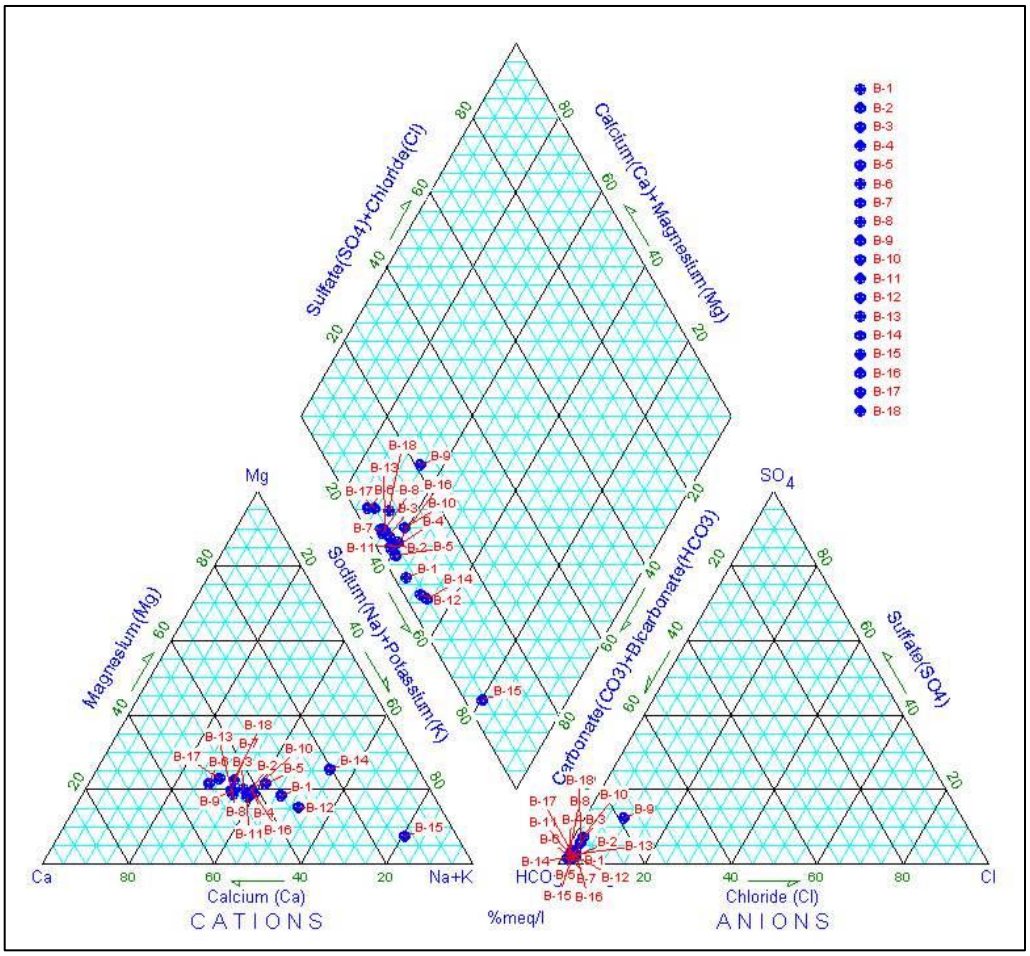


Slika 2-9. Prikaz I. i II. zone sanitarne zaštite crpilišta Vinogradi

2.6. Kakvoća podzemne vode

Opće stanje kakvoće podzemne vode u dravskom vodonosniku je uvjetovano načinom sedimentacije naslaga te debljinom slabopropusnih krovinskih naslaga iznad vodonosnika. Na istočnom dijelu dravskog bazena gdje se nalazi crpilište Vinogradi znatna je debljina krovinskih naslaga čime je ranjivost od onečišćenja vodonosnika manja, no prevladavaju reduktivni uvjeti zbog čega podzemna voda prirodno sadrži visoke koncentracije željeza, mangana i amonijaka (Strategija upravljanja vodama, 2009).

U periodu 2009.-2013. godine na crpilištu Vinogradi uzeto je 19 uzoraka vode te je utvrđeno da voda pripada CaNa-HCO_3 hidrokemijskom facijesu (Nakić, 2015). Rezultati hidrogeokemijske analize uzoraka podzemne vode su prikazani na Piperovom dijagramu na slici 2-10. Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosnicima te na ionsku zamjenu Ca^{2+} (iz vode) i Na^{+} (iz minerala glina) u vodonosniku (Brkić i dr., 2009).



Slika 2-10. Piperov dijagram uzoraka podzemne vode crpilišta Vinogradi (izvor: Ž. Duić)

Pri tome su svi uzorci bili neispravni, tj. nisu zadovoljavali MDK vrijednosti propisane *Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN 125/2017) po pitanju pokazatelja: mutnoća, boja, ukupna suspenzija, amonij, fosfati, željezo, mangan, arsen, neprihvatljiv miris. Svi uzorci su bili mikrobiološki čisti. Povećane koncentracije željeza, arsena i mangana su posljedica petrografskog sastava tla (Nakić, 2015). Općenito se može reći da je podzemna voda dobre kakvoće unatoč prirodnoj opterećenosti vodonosnika As, Fe, Mn i NH_4^+ (Brkić i dr., 2009).

Kompleks pogona za proizvodnju vode smješten je na lokalitetu Nebo pustara na centralnoj lokaciji Vodovoda Osijek d.o.o. Voda s crpilišta najprije dolazi u bazen aeracije gdje se obogaćuje kisikom iz zraka. Iz bunarske vode se uklanjaju željezo i mangan te plinovi otopljeni u vodi. Uz pomoć dozirne stanice aerirana voda se priprema za taloženje. Na dva kompleksa za taloženje se dovršava proces oksidacije. U tom dijelu proizvodnje voda postaje bistrija, smanjuje se zamućenost, a sav talog u obliku mulja ostaje u taložnicima. Po izlasku iz taložnika voda se obrađuje filtriranjem te time završava proizvodnja vode (Vodovod Osijek, 2020). Završni proizvod je zdravstveno ispravna voda.

3. IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-15/3

Izvedba zdenca se sastoji od bušenja, ugradnje konstrukcije zdenca, šljunčanog zasipa i glinenog tampona, osvajanja zdenca te pokusnog crpljenja.

3.1. Cilj zahvata

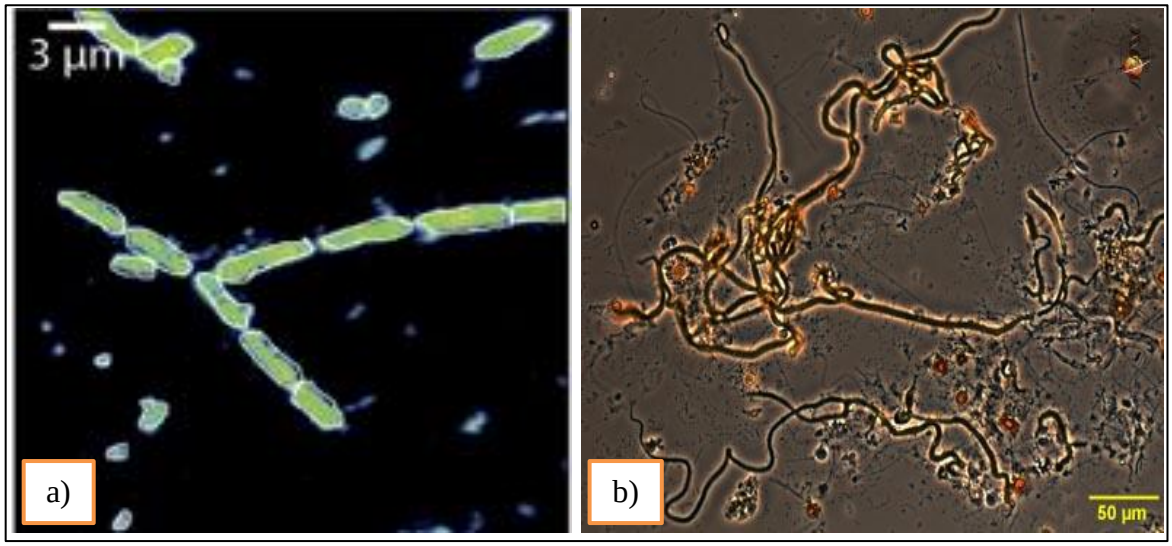
Zdenac Z-15/3 planiran je kao zamjenski zdenac zdenca Z-15 nakon što revitalizacija više nije bila učinkovita. Budući da se radi o zamjenskom zdencu, zdenac Z-15/3 je smješten u neposrednoj blizini zdenca Z-15 uz prilagodbu postojećoj infrastrukturi. Radovi na izvedbi zdenca provedeni su od 26.02.2020. do 03.03.2020. godine, a izvođač je bio Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek.

U razdoblju od 2010.-2016. godine na crpilištu Vinogradi izvedena su četiri nova - zamjenska zdenca te je provedena revitalizacija 17 zdenaca. Na zdencu Z-15 provedena je revitalizacija 2014. godine. Nakon što revitalizacija više nije bila učinkovita, zdenac Z-15/3 izveden je 2020. godine kao treći zamjenski zdenac zdenca Z-15.

Revitalizacija je proces uspostavljanja (vraćanja) početnog stanja i rada zdenca nakon njegove značajne deterioracije. Faktori koji utječu na rad zdenca se grupiraju prema prirodi procesa – fizički, kemijski i mikrobiološki. Drugi važni faktori su dizajn, konstrukcija i rad sustava zdenaca te su svi oni međusobno povezani.

Hidrogeokemijskom analizom utvrđeno je da voda na crpilištu Vinogradi pripada CaNa-HCO_3 hidrokemijskom facijesu koji upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosniku. U aluvijalnom vodonosniku Drave prevladavaju reduktivni uvjeti pri kojima dolazi do povećanih koncentracija željeza i mangana otopljenog u podzemnoj vodi. Takvi uvjeti pogoduju razvoju željezovitih bakterija u zdencima. Provedena su istraživanja vezana za prisustvo i djelovanje bakterija bazirana na analizama podzemne vode, taloga i pločica obrastanja. Analiza broja željezovitih bakterija je pokazala da je veća količina bakterija u zdencima s većim sadržajem željeza te da su najzastupljenije bakterije rodova *Crenothrix* i *Galionella* (slika 3-1) (Romić, 2000). Romić je u svojem istraživanju utvrdila da su upravo te bakterije uzrok naslaga koje začepljuju porni prostor u zasipu i otvore na sitima. Kruti željezni hidroksid, nastao kao rezultat oksidacije željeznih iona, se "lijepi" u obliku granula na biofilm. Slično se događa s manganom i drugim metalima. Na mjestima gdje se biofilm akumulira u količinama dovoljnima da izazove inkrustaciju ili koroziju, proces je poznat pod nazivom bioobrastanje. Također do začepljenja pornog prostora dolazi zbog navlačenja sitnozrnatih

čestica prema zdencu tijekom eksploatacije. Uz to, starenje zdenca uzrokuju anorganski talozi – karbonatni inkrustati koji dovode do oštećenja zdenca.



Slika 3-1. Željezovite bakterije roda a) Chrenothrix i b) Galionella (Oswald, 2017 i Microbewiki, 2020)

3.2. Rotacijsko bušenje s indirektnim ispiranjem (reversno)

Bušenje zdenca Z-15/3 izvedeno je do dubine od 115 m. Bušenje je izvedeno reversnom metodom uz ispiranje vodom, dlijetom promjera 840 mm. Pri tome je korištena reversna hidraulična samohodna bušaća garnitura CONRAD COMAX 800, MK2 (slika 3-2). Tijekom bušenja nisu uzimani uzorci nabušenog materijala budući da je geološka građa poznata.



Slika 3-2. Reversna hidraulična samohodna bušača garnitura CONRAD (Vodovod Osijek, 2020)

Odabir metode bušenja ovisi o geološkoj građi, željenoj dubini i promjeru bušotine, o tome koja je svrha bušotine – istraživanje, monitoring ili crpljenje; dostupnoj bušaćoj opremi te koje metode su se pokazale uspješnima u sličnim uvjetima. Metode bušenja se najjednostavnije mogu podijeliti na udarne ili rotacione, a rotacione metode se dalje dijele ovisno o načinu cirkulacije isplačnog fluida: direktna ili reversna. Rotacione metode bušenja koriste hidrostatski tlak cirkulirajućeg isplačnog fluida za održavanje stijenki bušotine. Korištenje isplačnih fluida omogućuje bušenje do većih dubina (Banks, 2007).

Rotacijsko bušenje s indirektnim ispiranjem (reversno) se koristi za bušotine promjera 400-1200 mm i dubine do 300 m, a provodi se rotiranjem pribora s dlijetom na dnu i omogućuje brzo bušenje u nekonsolidiranim vodonosnicima. Ova metoda je korištena budući da su naslage vodonosnika krupnozrnatiji sedimenti (pijesci) i jer je razina vode bila više od 3 metra ispod površine terena kada je ova metoda i najuspješnija.

Isplačni fluid, tj. voda cirkulira prema dolje između pribora i stijenke bušotine te se crpi kroz pribor. Stijenke bušotine se održavaju hidrostatskim pritiskom stupca vode i tokom vode unutar bušotine. Crpljenje vode se odvija uz pomoć centrifugalne crpke i air-lifta. Air-liftom se kroz zračne cijevi utiskuje zrak koji se miješa s vodom, stvara emulziju lakšu od vode koja se onda kroz pribor izbacuje van. Pri tome se voda utiskuje kroz cijevi u sredini pribora ili navarenim izvana na pribor.

Kako bi se spriječilo urušavanje bušotine, razina vode mora biti u razini terena tijekom cijelog bušenja, kako bi se spriječio gubitak hidrostatskog tlaka u bušotini. Isplačni bazen mora imati zapremninu barem tri puta veću od volumena materijala koji će se ukloniti tijekom bušenja (Driscoll, 1986).

Općenite prednosti ove metode su sljedeće: poroznost i propusnost naslaga oko bušotine nije narušena u odnosu na druge metode bušenja, bušotine velikih promjera se mogu izbušiti brzo i ekonomično i nije potrebno pomoćno zacjevljenje tijekom bušenja. Negativne strane su: potrebna velika količina vode, postrojenje i dijelovi su veći i skuplji, potrebni veliki isplačni bazeni i lokacija.

3.3. Ugradnja konstrukcije zdenca

Nakon završetka bušenja slijedi ugradnja konstrukcije zdenca. Ugrađene su pune čelične cijevi i sita tvrtke Paparelli promjera 400 mm. Čelične cijevi su ugrađene do dubine od 45,50 m te u intervalima 55,50 – 63,50 m i 78,50 – 87,50 m. Mostićava sita otvora 1 mm su ugrađena u intervalima 45,50 – 55,50 m, 63,50 – 78,50 m i 87,50 – 107,50 m (slika 3-3). Taložnik s ravnim dnom je postavljen u intervalu 107,50 – 110,00 m (prilog 1).



Slika 3-3. Mostićavo sito tvrtke Paparelli (Paparelli screens, 2020)

Čelik je materijal koji se tradicionalno koristi za zacjevljenje zdenca prvenstveno zbog njegove čvrstoće. Može izdržati velike pritiske kao i grubo rukovanje na lokaciji i tijekom transporta. Glavni nedostatak čelika je podložnost koroziji zbog čega postoji kriterij minimalne debljine cijevi u slučaju gubitka metala (Banks, 2007).

Sito omogućava tok vode u zdenac te u isto vrijeme, u kombinaciji sa šljunčanim zasipom, sprječava da pijesak i drugi sitniji materijal začepi zdenac ili ošteti pumpu. Mostićava sita se danas najčešće koriste jer pokazuju dobar omjer cijene i tehničkih karakteristika. Postotak otvorenog prostora sita bi trebao biti približno jednak poroznosti vodonosnih naslaga ili šljunčanog zasipa jer velika razlika uzrokuje turbulentni tok i smanjenje efikasnosti zdenca (Banks, 2007).

3.4. Šljunčani zasip i glineni tampon

Nakon ugradnje konstrukcije zdenca, slijedi ubacivanje šljunčanog zasipa u prostor između cijevi, tj. sita i stijenki bušotine (slika 3-4). Šljunčani zasip sprječava zapunjavanje sita te zajedno sa sitom tvori filter zdenca. Materijal koji se koristi kao šljunčani zasip je prirodan silikatni pijesak ili šljunak (Banks, 2007). Zrna su zaobljena, glatka i jednolična. Šljunčanje je potrebno obaviti postupno kako bi se zasip uredno posložio te se nasipava iznad sita jer će se zasip s vremenom još više posložiti i slegnuti. U zdence velikog promjera se nasipava reversnom cirkulacijom vode kroz zdenac dok se prstenasti prostor neprekidno puni materijalom. Iznad šljunčanog zasipa stavlja se glineni čep, a iznad čepa glineni tampon do površine. Glineni tampon ima funkciju nepropusnog sloja koji sprječava zagađenje zdenca utjecajima s površine.

Šljunčani zasip se odabire prema granulometrijskim podacima iz bušotina i treba biti 5 – 10 puta krupniji od materijala vodonosnika. U ovom slučaju nije bilo potrebno raditi granulometrijsku analizu budući da je iz prethodnih bušenja na crpilištu Vinogradi poznata potrebna veličina materijala. Odabran je granulat veličine od 1 do 3 mm.

Šljunčani zasip je kod zdenca Z-15/3 ugrađen od dna bušotine (115 m) do 31 m, a iznad njega u zoni pune cijevi je glineni tampon.



Slika 3-4. Ubacivanje šljunčanog zasipa (fotografija Željka Duića)

3.5. Osvajanje zdenca

Slijedi osvajanje zdenca koje započinje otvorenim air-liftom. U zdenac se spuštaju zračne cijevi te se kreće s malim uronom (dubina se iskustveno određuje), kroz kompresor se utiskuje zrak te se izbacuje voda kroz pribor. Voda je na početku sive boje (slika 3-5) te se air-lift provodi sve dok voda ne postane potpuno bistra i bez materijala. Kada voda postane čista, povećava se uron za 6 m te se ponovo osvaja i tako nastavlja sve do dna buštotine gdje se očisti taložnik. Nakon toga se podiže pribor do kote najdonjeg sita i čisti se air-liftom i kreće s tzv. šutiranjem – izmjenjiv rad kompresora. Ventil kompresora se zatvara kako bi se postigao što veći tlak pa se naglo otvara čime dolazi do velikog burkanja vode. "Šutira" se kroz sva sita u zdencu.



Slika 3-5. Voda na izlazu iz blende prije osvajanja (fotografija Željka Duića)

Nakon otvorenog air-lifta kreće osvajanje sektorskim ispiračem. Sektorski ispirač je element koji se stavlja na cijevi, s gornje i donje strane ima gumenu brtvu (paker), a između je perforirana cijev (slika 3-6). Brtve izoliraju točno određeni interval (najčešće 2 m) te se ispire po dijelovima sita.



Slika 3-6. Sektorski ispirač (fotografija Željka Duića)

Slijedi ugradnja crpke i osvajanje zdenca na način da se počinje crpiti malim kapacitetom. Kada voda postane potpuno bistra povećava se crpna količina, što ponovo zamuti vodu pa se tim kapacitetom crpi sve dok se voda ne razbistri. Postupak se nastavlja sve dok se ne postigne ciljani kapacitet (Bačani, 2006).

Osvajanje završava čišćenjem taložnika otvorenim air-liftom kada je voda u Imhoffovom lijevku na blendi potpuno bistra i bez taloga (slika 3-7).



Slika 3-7. Blenda (fotografija Željka Duića)

3.6. Pokusno crpljenje

Pokusno crpljenje na zdencu Z-15/3 je započelo 03.03.2020. u 07:00 sati. Provedeno je crpljenje u koracima s vremenskim intervalima od 120 minuta. Crpljenje je započelo crpnom količinom Q_1 = 31 l/s, zatim se povećala na Q_2 = 51 l/s te na Q_3 = 70 l/s, a nakon toga se mjerilo povratno sniženje pri Q_4 = 0 l/s. Dnevnik pokusnog crpljenja se nalazi u prilogu 2, a kolebanje razine podzemne vode i promjene crpne količine su prikazani na slici 4-1.

4. PARAMETRI ZDENCA Z-15/3

Za potrebe određivanja parametara zdenca potrebno je provesti pokusno crpljenje. Pokusno crpljenje se može izvoditi za potrebe određivanja parametara vodonosnika ili parametara zdenca. Iz zdenca, s filtrom u vodonosnom sloju koji se testira, crpi se voda određenim kapacitetom kroz određeno vrijeme te se opaža učinak crpljenja na piezometarsku visinu. Mjere se sniženja u crpljenom zdencu i u piezometrima (Bačani, 2006). Ukoliko želimo odrediti parametre vodonosnika provodimo crpljenje sa stalnom količinom, a za potrebe određivanja parametara zdenca koristi se crpljenje s promjenom količine tijekom crpljenja, tzv. crpljenje u koracima.

Parametri zdenca su definirani parametrima linearnih gubitaka u vodonosniku i nelinearnih gubitaka na zdenačkom zacjevljenju. Sniženje u zdencu se sastoji od sniženja uzrokovanog laminarnim tokom vode kroz vodonosni sloj prema zdencu – "gubitak u sloju" i od sniženja uzrokovanog turbulentnim tokom koji se dešava u neposrednoj blizini zdenca, na otvorima filtra te u samom zdencu – "gubitak u zdencu".

Prema Jacobu (1950) gubitak u zdencu s_z je približno proporcionalan kvadratu crpne količine (4-1):

$$s_z = CQ^2 \tag{4-1}$$

gdje je: s_z – gubitak u zdencu (m)

C – parametar nelinearnih gubitaka na zdenačkom zacjevljenju (s^2/m^5)

Q – crpna količina (m^3/s).

Dakle, ukupno sniženje u zdencu s_u je jednako (4-2):

$$s_u = s + s_z = BQ + CQ^2 \tag{4-2}$$

gdje je: s_u – ukupno sniženje u zdencu (m)

s – gubitak u sloju (m)

B – parametar linearnih gubitaka u vodonosniku (s/m^2).

Kako bismo analitički ili grafički izračunali parametre B i C provodi se veći broj crpljenja nekog zdenca s različitom izdašnosti do ustaljenja razine podzemne vode. Na taj način se dobiju podaci potrebni za izračun veličine izdašnosti i specifičnog sniženja koji služe za određivanje parametara zdenca (4-3, 4-4 i 4-5). Druga opcija je analizirati nestacionaran tok prilikom crpljenja sa strogom skokovitom promjenom izdašnosti zdenca uz primjenu teorije superponiranoga toka.

$$s_i = BQ_i + CQ_i^2 \tag{4-3}$$

$$\frac{s_i}{Q_i} = B + CQ_i \tag{4-4}$$

$$\frac{\delta s_i}{\delta Q_i} = B + C\frac{Q_i^2 - Q_{i-1}^2}{\delta Q_i} = B + C(Q_i^2 + Q_{i-1}^2) \tag{4-5}$$

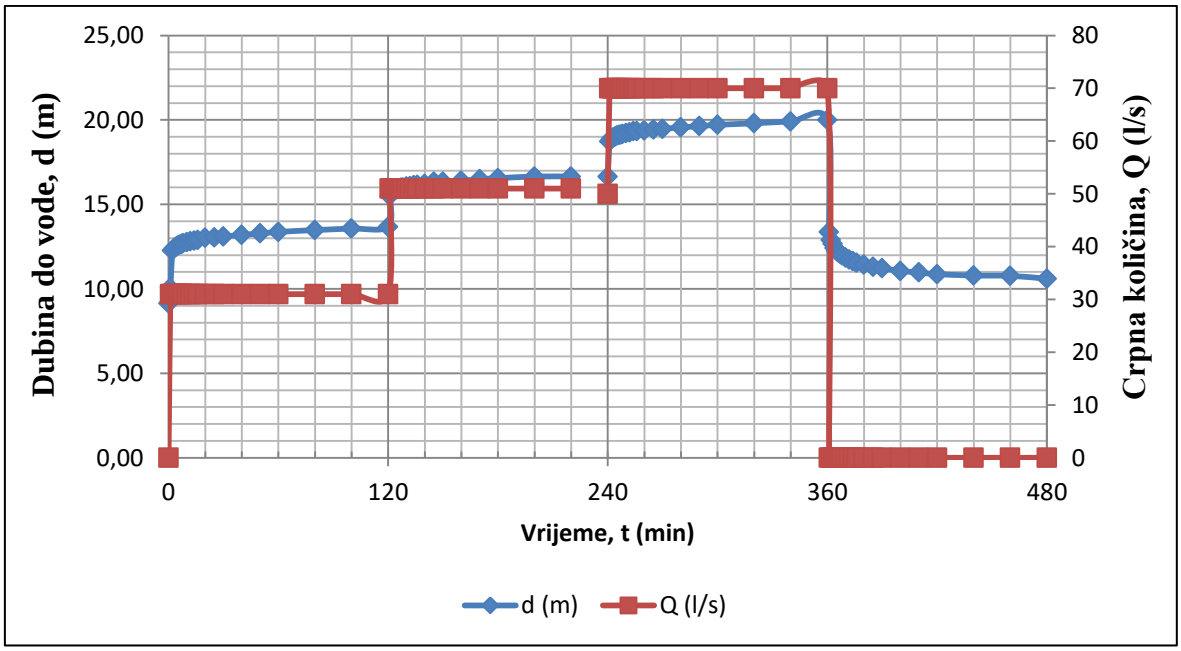
gdje je: $\delta s_i = s_i - s_{i-1}$ – prirast sniženja nastao porastom izdašnosti s Q_{i-1} na Q_i

$\delta Q_i = Q_i - Q_{i-1}$ – razlika izdašnosti između dva susjedna koraka u crpljenju

$\delta s_i/\delta Q_i$ – ekvivalentno specifično sniženje

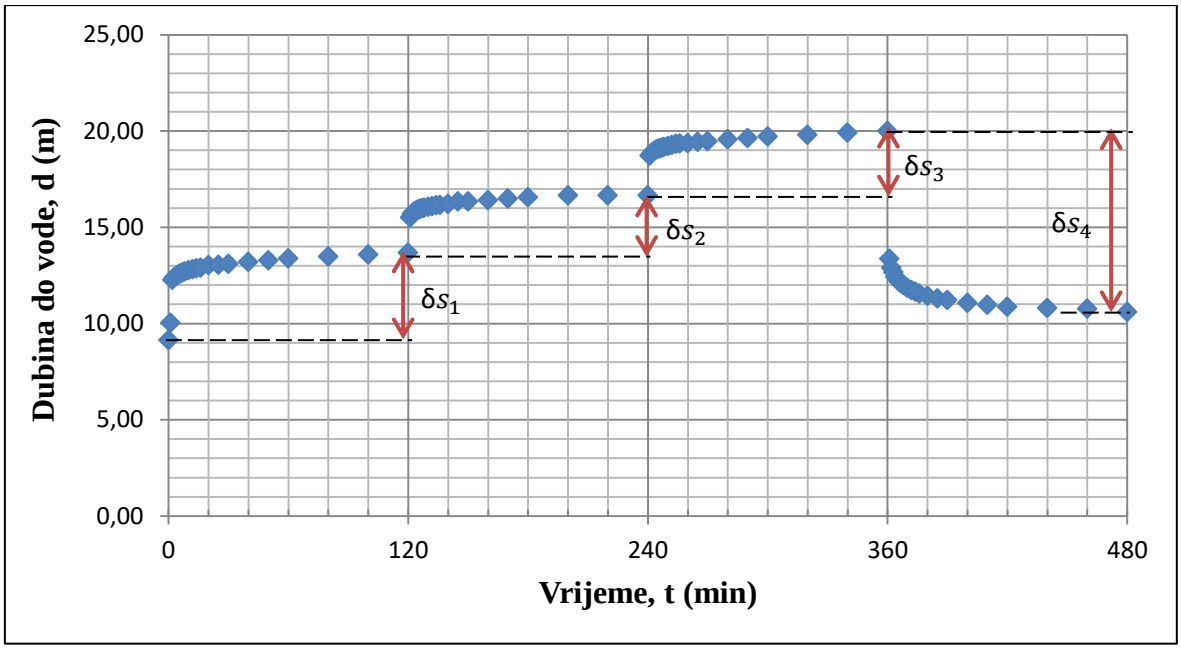
$Q_q = Q_i^2 + Q_{i-1}^2$ – ekvivalentna izdašnost između koraka u pokusnom crpljenju.

Za potrebe određivanja parametara zdenca Z-15/3 provedeno je pokusno crpljenje u koracima te je dijagram u linearnom mjerilu prikazan na slici 4-1, a podaci u prilogu 2.



Slika 4-1. Dijagram pokusnog crpljenja zdenca u koracima prikazan u linearnom mjerilu

Na slici 4-2 je prikazano sniženje pri pokusnom crpljenju razlučeno na priraste sniženja koji su izazvani porastom crpne količine, a rezultati proračuna, dobiveni prethodno navedenim formulama i pomoću podataka očitanima na slikama 4-1 i 4-2, prikazani su u tablici 4-1.



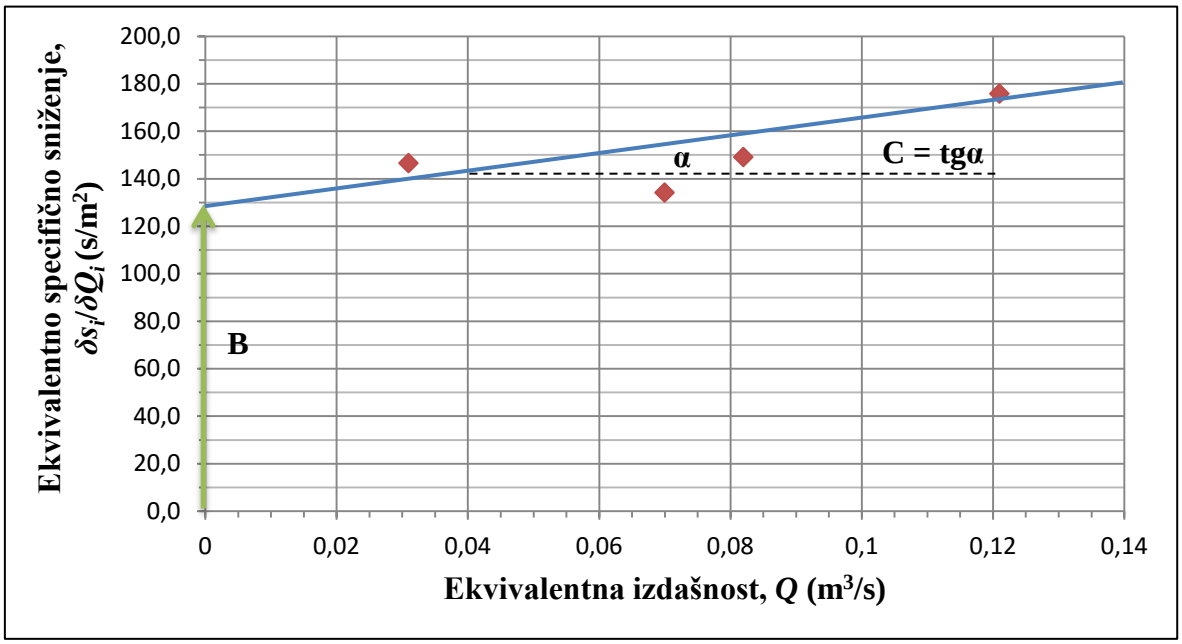
Slika 4-2. Dijagram sniženja pri pokusnome crpljenju razlučenog na priraste sniženja

Tablica 4-1. Izračun ekvivalentnih izdašnosti i ekvivalentnih specifičnih sniženja

''i''-ti korak	**Crpna količina**	**Porast crpne količine**	**Prirast sniženja**	**Ekvivalentna izdašnost**	**Ekvivalentno specifično sniženje**
	Q	δQ_i	δs_i	$\frac{Q_i^2 - Q_{i-1}^2}{\delta Q_i}$	$\delta s_i/\delta Q_i$
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(m^3/s)	(s/m^2)
0.	0	-	0	-	-
1.	0,031	0,031	4,54	0,031	146,5
2.	0,051	0,02	2,98	0,082	149,0
3.	0,07	0,019	3,34	0,121	175,8
4.	0	-0,07	-9,39	0,07	134,1

Dobivene vrijednosti ekvivalentne izdašnosti i ekvivalentnog specifičnog sniženja za svaki korak su prikazane na dijagramu 4-3 te su točkasti podaci aproksimirani pravcem. Odsječak na osi ordinata, tj. na osi specifičnog sniženja je jednak B – vrijednost linearnih gubitaka u vodonosniku, a za odredbu parametra C – vrijednost nelinearnih gubitaka na

zdenačkom zacjevljenju potrebno je na temelju očitanih Δx (Q) i Δy ($\delta s_i/\delta Q_i$) vrijednosti izračunati tangens kuta α.



Slika 4-3. Dijagram ekvivalentna izdašnost - ekvivalentno specifično sniženje

Vrijednost parametra linearnih gubitaka u vodonosniku je B = 129 s/m^2, a vrijednost parametra nelinearnih gubitaka u vodonosniku iznosi C = 300 s^2/m^5. Prema tome, ukupno sniženje u zdencu s_u je jednako zbroju gubitaka formacije s i gubitaka zdenca s_z:

$$s_u = s + s_z = BQ + CQ^2 = 129Q + 300Q^2$$

Linearni gubici u zdencu predstavljaju razvoj depresije u vodonosniku do efektivnog polumjera načinjenog zdenca te preko veličine efektivnog polumjera izražavaju kvalitetu njegove izvedbe. Sama metoda određivanja efektivnog polumjera zdenca se zasniva na tome da linearni gubici predstavljaju specifično sniženje na mjestu zamišljenog efektivnog polumjera savršeno načinjenog zdenca R_Z nakon t_i minuta crpljenja. Budući da su prethodno provedena mnoga pokusna crpljenja na zdencima crpilišta Vinogradi, u literaturi se mogu naći vrijednosti hidrauličke vodljivosti i koeficijenta uskladištenja vodonosnika te iskoristiti za izračun vrijednosti efektivnog polumjera zdenca. Efektivni polumjer zdenca *Rz* se izračunava prema formuli 4-6:

$$R_Z = \sqrt{\frac{2.25Tt_i}{Se^{4\pi BT}}} \qquad (4\text{-}6)$$

gdje je: R_Z – efektivni polumjer zdenca (m)

T – transmisivnost vodonosnika (m^2/s)

t_i – vrijeme za koje vrijedi parametar B (min)

B – vrijednost linearnih gubitaka za t_i (s/m^2)

S – koeficijent uskladištenja vodonosnika (-).

Ukoliko se uzme najveća prosječna vrijednost hidrauličke vodljivosti K = 2 x 10^{-4} m/s i debljina vodonosnog sloja 64 m, transmisivnost iznosi T = 0,0128 m^2/s. Prema tome, efektivni polumjer zdenca Z-15/3 je jednak:

$$R_Z = \sqrt{\frac{2.25 T t_i}{S * e^{4\pi B T}}} = 0{,}013\ m$$

gdje je: T = 0,0128 m^2/s – transmisivnost vodonosnika (za najpovoljniju varijantu) (m^2/s)

t_i = 120 min – vrijeme za koje vrijedi parametar B (min)

B = 129 s/m^2 – usvojena vrijednost linearnih gubitaka zdenca za t_i = 120 min (s/m^2)

S = 1,25 x 10^{-3} – koeficijent uskladištenja vodonosnika (-).

5. ZAKLJUČAK

Zdenac Z-15/3 na crpilištu Vinogradi, Osijek izveden je kao zamjenski zdenac zdenca Z-15 nakon što revitalizacija više nije bila učinkovita. Radovi na izvedbi zdenca provedeni su početkom 2020. godine, a izvođač je Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek.

Hidrogeokemijskom analizom utvrđeno je da voda na crpilištu Vinogradi pripada CaNa-HCO_3 hidrokemijskom facijesu koji upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosniku. U aluvijalnom vodonosniku Drave prevladavaju reduktivni uvjeti pri kojima dolazi do povećanih koncentracija željeza i mangana otopljenih u podzemnoj vodi. Takvi uvjeti pogoduju razvoju željezovitih bakterija u zdencima te je Romić (2000) utvrdila da su bakterije rodova *Crenothrix* i *Galionella* uzrok naslaga koje začepljuju porni prostor u zasipu i otvore na sitima. Do začepljenja pornog prostora dolazi zbog i navlačenja sitnozrnatih čestica prema zdencu tijekom eksploatacije. Također, starenje zdenca uzrokuju anorganski talozi – karbonatni inkrustati koji dovode do oštećenja zdenca.

Izvedba zdenca se sastoji od bušenja, ugradnje konstrukcije zdenca te osvajanja zdenca kako bi se ostvarila maksimalna izdašnost zdenca. Bušenje je izvedeno reversnom metodom uz ispiranje vodom, dlijetom promjera 840 mm. Nakon završetka bušenja slijedi ugradnja konstrukcije zdenca. Ugrađene su pune čelične cijevi i mostićava sita tvrtke Paparelli promjera 400 mm. Nakon ugradnje konstrukcije zdenca, slijedi ubacivanje šljunčanog zasipa u prostor između cijevi/sita i stijenki bušotine. Iznad šljunčanog zasipa stavlja se glineni čep, a iznad čepa glineni tampon do površine. Slijedi osvajanje zdenca otvorenim air-liftom, "šutiranjem" i crpkom, a nakon toga pokusno crpljenje u koracima.

Pokusno crpljenje na zdencu Z-15/3 je započelo 03.03.2020. u 07:00 sati s ciljem određivanja parametara zdenca. Provedeno je crpljenje u koracima s vremenskim intervalima od 120 minuta. Crpljenje je započelo crpnom količinom Q_1 = 31 l/s, zatim se povećala na Q_2 = 51 l/s te na Q_3 = 70 l/s, a nakon toga se mjerilo povratno sniženje pri Q_4 = 0 l/s. Parametri zdenca su definirani parametrima linearnih gubitaka u vodonosniku i nelinearnih gubitaka na zdenačkom zacjevljenju. Dobivene su sljedeće vrijednosti: vrijednost parametra linearnih gubitaka u vodonosniku je B = 129 s/m^2, a vrijednost parametra nelinearnih gubitaka u vodonosniku iznosi C = 300 s^2/m^5. Prema tome, ukupno sniženje u zdencu s_u je jednako zbroju gubitaka formacije s i gubitaka zdenca s_z: $s_u = s + s_z = BQ + CQ^2 = 129Q + 300Q^2$.

6. LITERATURA

BAČANI, A., 2006. Hidrogeologija I, sveučilišni udžbenik. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

BANKS, D., CLARK, L., MISSTEAR, B., 2007. Water Wells and Boreholes, 2. izdanje. Zapadni Sussex, Engleska: John Wiley & Sons Ltd.

BRKIĆ, Ž., LARVA, O., MARKOVIĆ, T., 2009. Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Projekt. Hrvatski geološki institut.

DRISCOLL, F.G., 1986. Groundwater and Wells, 2. izdanje. Minnesota, SAD: Johnson Screens.

DUIĆ, Ž., ZIMA, J., RAJIČ, B., 2018. Utjecaj ekstremnih odstupanja u količinama padalina na razine podzemnih voda dubokog kvartarnog vodonosnika. Inženjerstvo okoliša, 5/1-2, str. 7-16.

MAGAŠ, N., 1987. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Osijek, L 34-86. Savezni geološki zavod Beograd.

MAGAŠ, N., 1987. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Osijek, L 34-86. Savezni geološki zavod Beograd, 51 str.

NAKIĆ, Z., DADIĆ, Ž., 2015. Ocjena stanja sirove vode na crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj. Studija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

OSWALD, K., GRAF, J., LITTMANN, S., 2017. Crenothrix are major methane consumers in stratified lakes. ISME J 11, str. 2124–2140. URL: https://www.nature.com/articles/ismej201777 (17.08.2020.)

Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017)

Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021., 2016.

ROMIĆ, Ž., 2000. Prisutnost organotrofnih i kemotrofnih bakterija u bunarima crpilišta "Vinogradi" kod Osijeka, magistarski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet.

Strategija upravljanja vodama 2009. Hrvatske vode, Zagreb.

URUMOVIĆ, K., 2013. Parametarska kvantifikacija hidrogeoloških svojstava klastičnih naslaga na primjerima pokusnih polja u sjevernoj Hrvatskoj, doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

URUMOVIĆ, K., DUIĆ, Ž., HLEVNJAK, B., 2011. Impact of rainfall infiltration on groundwater recharge of a deep quaternary aquifer. Geologia Croatica, 64/1, str. 17-30.

VEŠLIGAJ TURKALJ, J., ROMIĆ, Ž., JAKOPEC, M., PAIĆ, A., PAŠIĆ, M., HABUDA-STANIĆ, M., 2018. Monitoring koncentracije klorida i sulfata u bunarima B-17 i B-18 crpilišta Vinogradi kod Osijeka, 7. međunarodni znanstveno-stručni skup Voda za sve, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, str. 331-337. URL: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:463273 (16.08.2020.)

- www izvori:

MICROBEWIKI: Gallionella. URL: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Gallionella (17.08.2020)

PAPARELLI SCREENS: paparelli slotted screen – bridge type. URL: https://www.paparelliscreens.com/en/products/screens-and-tubes/slotted-screen-bridge-type/bridge-slotted-screen-din-4922-type (08.08.2020.)

VODOVOD OSIJEK: HIDROGEOLOŠKI RADOVI. URL: https://vodovod.com/profil-drustva/vodovod-hidrogeoloski-radovi/ (01.09.2020.)

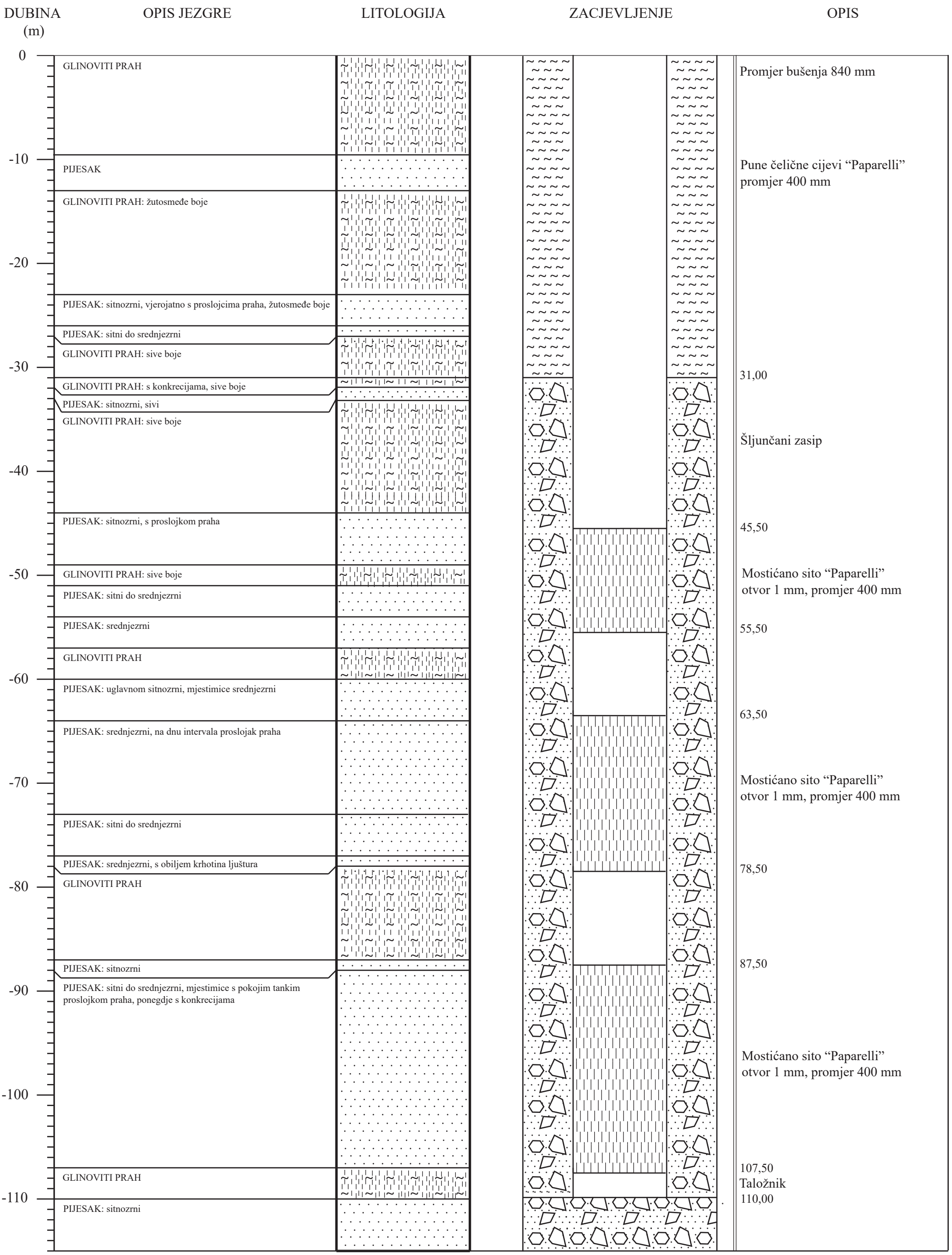
VODOVOD OSIJEK: VODNE USLUGE – VODOOPSKRBA. URL: https://vodovod.com/vodne-usluge/vodoopskrba/ (09.08.2020.)

PRILOZI

PRILOG 1: Tehnički profil zdenca Z-15/3

LOKACIJA: vodocrpilište Vinogradi, Osijek

IZVOĐAČ: Vodovod - hidrogeološki radovi



PRILOG 1: Dnevnik pokusnog crpljenja u koracima

Datum	vrijeme	minute	d (m)	Q (l/s)
3.3.2020	7:00	0	9,13	0
	7:01	1	10,04	
	7:02	2	12,27	
	7:03	3	12,39	
	7:04	4	12,48	
	7:05	5	12,55	
	7:06	6	12,60	
	7:07	7	12,65	
	7:08	8	12,70	31
	7:10	10	12,76	
	7:12	12	12,81	
	7:14	14	12,86	
	7:16	16	12,89	
	7:20	20	13,02	
	7:25	25	13,04	
	7:30	30	13,10	
	7:40	40	13,19	
	7:50	50	13,28	
	8:00	60	13,37	
	8:20	80	13,48	31
	8:40	100	13,57	31
	9:00	120	13,67	31
	9:01	1	15,51	51
	9:02	2	15,70	
	9:03	3	15,81	
	9:04	4	15,86	
	9:05	5	15,92	
	9:06	6	15,95	
	9:07	7	15,98	
	9:08	8	16,00	
	9:10	10	16,05	
	9:12	12	16,08	
	9:14	14	16,14	
	9:16	16	16,15	
	9:20	20	16,20	
	9:25	25	16,34	
	9:30	30	16,34	
	9:40	40	16,40	
	9:50	50	16,49	51
	10:00	60	16,55	51
	10:20	80	16,65	51
	10:40	100	16,65	51

	10:50	110		promjena blende
	11:00	120	16,65	50
	11:01	1	18,72	
	11:02	2	18,87	
	11:03	3	18,95	
	11:04	4	19,02	
	11:05	5	19,06	
	11:06	6	19,10	
	11:07	7	19,13	
	11:08	8	19,16	
	11:10	10	19,22	70
	11:12	12	19,26	
	11:14	14	19,33	70
	11:16	16	19,34	
	11:20	20	19,37	
	11:25	25	19,43	
	11:30	30	19,47	
	11:40	40	19,56	70
	11:50	50	19,63	
	12:00	60	19,71	70
	12:20	80	19,80	
	12:40	100	19,91	70
	13:00	120	19,99	
	13:01	1	13,36	0
	13:02	2	12,90	
	13:03	3	12,66	
	13:04	4	12,42	
	13:05	5	12,29	
	13:06	6	12,16	
	13:07	7	12,07	
	13:08	8	11,99	
	13:10	10	11,85	
	13:12	12	11,73	
	13:14	14	11,64	
	13:16	16	11,55	
	13:20	20	11,43	
	13:25	25	11,30	
	13:30	30	11,22	
	13:40	40	11,06	
	13:50	50	10,97	
	14:00	60	10,87	
	14:20	80	10,79	
	14:40	100	10,77	
	15:00	120	10,60	

KLASA: 602-04/20-01/87
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 16.09.2020.

Mihaela Bašić, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/87, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 28.04.2020. godine priopćujemo temu diplomskog rada koja glasi:

IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-15/3 NA CRPILIŠTU VINOGRADI, OSIJEK

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o diplomskom ispitu izv. prof. dr. sc. Željko Duić, izvanredni profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Željko Duić
(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić
(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek
(titula, ime i prezime)