

Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir

Dragutin Mihelčić, Rodoljub Lalić

Ključne riječi

vodoopskrbni sustav
Split-Solin-
-Kaštela-Trogir,
poboljšanje,
dogradnja,
prva etapa

D. Mihelčić, R. Lalić

Stručni rad

Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir

Opisuje se projekt poboljšanja i dogradnje vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir – prva etapa kao dijela integralnog ekološkog projekta Eko – Kaštelanski zaljev. Predstavljene su objekti I. etape koji sadrže devet funkcionalnih cjelina. Dani su podaci o raspoloživim količinama i kakvoći vode. Opisana je koncepcija cijelog sustava vodoopskrbe, prikazani su glavni objekti sustava i način realizacije I. etape izgradnje. Posebno su detaljnije prikazani najznačajniji objekti.

Key words

water supply system
Split - Solin -
-Kaštela - Trogir,
upgrade,
extension,
first stage

D. Mihelčić, R. Lalić

Professional paper

Water supply system Split - Solin - Kaštela - Trogir

The first stage of the project aimed at upgrading and extending the current water supply system Split - Solin - Kaštela - Trogir, and forming an integral part of the ECO - Kaštela Bay environmental project, is described. First-stage structures, consisting of nine functional units, are presented. Data about available quantity and quality of water are given. The concept of the entire water supply system is described and its main components are presented. The way in which the first stage will be realized is also described. Major structures are presented in full detail.

Mots clés

système d'alimentation
en eau pour Split, Solin,
Kaštela et Trogir,
réaménagement,
agrandissement,
première phase

D. Mihelčić, R. Lalić

Ouvrage professionnel

Système d'alimentation en eau pour Split, Solin, Kaštela et Trogir

La première phase du projet de réaménagement et d'agrandissement du système actuel d'alimentation en eau des villes de Split, Solin, Kaštela et Trogir, faisant partie du projet écologique PAC - baie de Kaštela, est décrite. Les ouvrages à réaliser dans la première phase, consistant en neuf unités fonctionnelles, sont présentés. Les données sur la quantité et la qualité d'eau sont fournies. Le concept du système entier d'alimentation en eau est décrit et ses composantes principales sont présentées. La méthode de réalisation de la première phase est également décrite. Les ouvrages principaux sont présentés en plus de détail.

Ключевые слова

система водоснабжения
Сплит-Солин-
-Каштела-Трогир,
улучшение,
достройка,
I. - этап

Д. Минелчич, Р. Лалич

Отраслевая работа

Система водоснабжения Сплит-Солин-Каштела-Трогир

В работе описывается проект улучшения и достройки системы водоснабжения Сплит-Солин-Каштела-Трогир – I. этапа, который является частью интегрального экологического проекта Эко-Каштеланский залив. Представлены объекты I. этапа, содержащие девять функциональных целей. Представлены данные о количестве воды, находящейся в распоряжении, и качестве воды. Описана концепция целой системы водоснабжения, показаны главные объекты системы и способ реализации I. этапа строительства. Детальнее показаны самые значительные объекты.

Schlüsselworte

Wasserversorgungssystem
Split-Solin-Kaštela-
Trogir,
Verbesserung,
Anbau,
erste Etappe

D. Mihelčić, R. Lalić

Fachbericht

Wasserversorgungssystem Split-Solin-Kaštela-Trogir

Beschrieben ist das Projekt der Verbesserung und des Anbaus des Wasserversorgungssystems Split-Solin-Kaštela-Trogir - erste Etappe, als Teils des integralen ökologischen Projekts Eko - Kaštelanski zaljev. Dargestellt sind die Bauwerke der I. Etappe die neun funktionelle Einheiten enthalten. Vorgelegt sind Angaben über die verfügbaren Mengen und die Qualität des Wassers. Beschrieben ist die Konzeption des ganzen Wasserversorgungssystems, die hauptsächlichlichen Bauwerke des Systems und die Art und Weise der Realisation der I. Etappe des Ausbaus. Besonders sind detailliert die wichtigsten Bauwerke dargestellt.

Autori: **Dragutin Mihelčić**, dipl. ing. građ., Hidroprojekt-Ing, Zagreb; **Rodoljub Lalić**, dipl. ing. građ.,
Projektini biro Split, Split

1 Uvod

Izgradnja objekata za poboljšanje i dogradnju vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir – I. etapa sastavni je dio integralnog Projekta Eko-Kaštelanski zaljev (slika 1.).

Projektom poboljšanja i dogradnje vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir - I. etapa, realizira se izgradnja prioritetnih objekata kojima se omogućuje povećanje kapaciteta sustava i dovođenje na istu razinu korištenje vodom na području cijeloga vodoopskrbnog sustava.

Objekti I. etape izgradnje poboljšanja i dogradnje vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir podijeljeni su na sljedeće funkcionalne cjeline:

a) Grupa objekata na lokaciji Kunčeva Greda koja obuhvaća:

- zahvatnu građevinu sa dovodnim cjevovodom
- crpnu stanicu Kunčeva Greda
- vodospremnik Sutikva-nova
- tlačni i opskrbeni cjevovod

b) Crpna stanica Ravne Njive

c) Glavni cjevovod kroz Kaštela

d) Podsustav Solin

- *priključni cjevovod*
- *novi vodoopskrbni cjevovod*

e) Podsustav Sv. Kajo koji obuhvaća:

- crpnu stanicu Sv. Kajo
- vodospremnik Sv. Kajo
- trafostanicu Marusinac
- dovodni tlačni i opskrbeni cjevovod.

f) Podsustav Kaštel Sućurac koji obuhvaća:

- prilagodbu crpne stanice Kaštel Sućurac
- vodospremnik Kaštel Sućurac
- dovodne i opskrbenne cjevovode.

g) Podsustav Kaštel Lukšić - Radun koji obuhvaća:

- crpnu stanicu Kaštel Lukšić
- *vodospremu Kaštel Lukšić*
- *dovodni tlačni i vodoopskrbni cjevovod.*



Slika 1. Situacijski položaj vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir

- h) **Podsustav Kaštel Štafilić** koji obuhvaća:
- prilagodbu crpne stanice Kaštel Štafilić.
- i) **Dogradnja i rekonstrukcija glavnih cjevovoda na području Solina, Kaštela i Trogira**

2 Vodoopskrbni sustav prije poboljšanja i dogradnje

2.1 Zahvat vode na izvorištu Jadra

Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir opskrbljuje se vodom s izvora rijeke Jadro, koji izvire na koti 34,60 m n.m. i na udaljenosti 4 km od centra Solina.

Prirodni uvjeti, koji se očituju u postojanju jednog izvora velike izdašnosti koji izbija u centru područja, omogućili su da se voda distribuira na relativno velike udaljenosti od samog izvora, pa stoga vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir obuhvaća područje Splita s gravitirajućom općinom Podstrana, Solina s gravitirajućom općinom Klis, Kaštela i Trogira s gravitirajućim općinama Seget i Okrug.

Izvor je kaptiran još u doba cara Dioklecijana, prije 1700 godina, kada je izgrađen i stari Dioklecijanov kanal za potrebe opskrbe vodom stare Salone i Dioklecijanove palače.

Zahvatna je građevina zaštićena betonskim svodom i čeličnim rešetkama od urušavanja trošnih stijena u okolini izvora. Od zahvatne građevine voda se gravitacijski odvodi u smjerovima Splita, Solina, Kaštela i Trogira putem starog Dioklecijanova i novoga Splitskog kanala.

2.2 Raspoložive količine i kakvoća vode

Prema raspoloživim podacima, srednji godišnji protok rijeke Jadra kreće se oko 9,5 m³/s, a srednji je protok u kolovozu, kada je izdašnost najmanja, otprilike 4,5 m³/s. Danas izveden Novi splitski kanal s pripadajućim zahvatom dimenzioniran je i izgrađen za kapacitet Q = 2,0 m³/s. Izvor rijeke Jadro (slika 2.) nalazi se u području krša za koje su znakovite tzv. krške forme što su najčešće pred-



Slika 2. Izvorište rijeke Jadro

stavljene brojnim pukotinama, kanalima, galerijama, šupljinama, odnosno podzemnim prostorima i rezervoarima vode. Takva obilježja krša glavni su problem pri određivanju razvodnica slivova pa je gotovo nemoguće točno odrediti slivna područja pojedinih izvorišta.

Granica sliva izvora Jadra i Žrnovnice, koja predstavlja preljev vodama Jadra utvrđena je na temelju hidrogeološke studije i topografskih karakteristika a pretpostavlja se da su površine za sliv Jadro 260 - 300 km², a za sliv Žrnovnice 50 - 70 km².

Ocjena kakvoće vode izvora Jadro provedana je prema *Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN 46/94) kojim se propisuje zdravstvena ispravnost vode koja služi za javnu vodoopskrbu kao voda za piće ili za proizvodnju namirnica i pripremu hrane.

Voda izvora Jadra jest voda kalcijsko - hidrogen – bikarbonatnog tipa. Sadrži relativno mali isparni ostatak, male je mineralizacije.

Temperatura vode izvora Jadro kreće se u granicama od 10 - 15°C, a srednja godišnja temperatura je 12,6°C. Ta se temperatura može smatrati optimalnom. PH vrijednost vode kreće se od 7,7 - 8,2 i nalazi se u dopuštenim granicama (6,5 - 8,5).

U sušnom dijelu godine voda sadrži više klorida od tipičnih krških voda no još uvijek s 13 - 22 mg/l daleko ispod dopuštene granice od 200 mg/l.

Prema geometrijskoj srednjoj vrijednosti broja bakterija u 100 ml., voda Jadra pripada I. razredu kakvoće.

Voda izvora Jadra zamućuje se iznad 10°SiO₂ 8,2 - 13,5% dana na godinu. Do zamućivanja dolazi za velikih oborina i obično traje relativno kratko. Glede bakteriološkog zagađenja, voda izvora kloriranjem se dovodi u higijenski ispravno stanje prije ulaska u vodoopskrbni sustav. Mutnoća izvora Jadro rijetko prelazi 40°SiO₂, a njezino uklanjanje predviđa se u II. etapi realizacije poboljšanja i dogradnje vodoopskrbnog sustava.

2.3 Vodoopskrbni sustav grada Splita

Središnje mjesto u području vodoopskrbe s izvora Jadra ima Split kao najveća gradska aglomeracija, a time i najveći potrošač vode. U Split se voda doprema kroz stari Dioklecijanov i novi Splitski kanal koji na području Meteriza prelazi u cjevovod. Crpne stanice Ravne Njive i Kopilica prihvaćaju vodu i tlače je u pripadajuće glavne gradske vodospreme.

Crpne stanice

Crpna stanica Ravne Njive ima kapacitet 900 l/s, (slika 3.) opskrbljuje noviji dio grada, i puni vodospreme Visoka I, Visoka II i Visoka III, ukupnog kapaciteta 18500 m³



Slika 3. Dio crpne stanice Ravne Njive, u upotrebi do svibnja 2004. g.

(tablica 1.). Ona je originalno bila izgrađena za potrebe poljoprivrede i vodoopskrbu tada nove bolnice. Uskoro je dobila i dodatni AC dovod $\varnothing 1000$ mm te je u više navrata rekonstruirana i povećana, ali uvijek kao privremeno rješenje da se zadovolje rastuće potrebe. Stanje crpne stanice bilo je već odavno nezadovoljavajuće. Crpni agregati su preopterećeni i smješteni u neadekvatnom, skućenom prostoru. Provizorno izvedeni cijevni spojevi i armature zastarjeli su i bez mogućnosti daljinskog upravljanja. Napajanje električnom energijom preko postojećih trafostanica je nepouzđano, a transformatorske jedinice su preopterećene.

Tablica 1. Vodospreme grada Splita

Vodospreme	Volumen m ³	Kota dna m n.m.
Visoka I	1000	89,55
Visoka II	7500	110,0
Visoka III	10000	73,3
Gripe	780	59,0
Marjan I	10000	59,0
UKUPNO:	29280	

Crpna stanica Kopilica ima kapacitet 980 l/s i manometarsku visinu 55 m. Ona obuhvaća stariji dio grada i puni vodospreme Gripe i Marjan I, ukupnog kapaciteta 1078 m³.

2.4 Vodoopskrbni sustav Solina

Sustav područja Solina obuhvaća grad Solin, osim naselja Vranjic, te općinu Klis. Vodospreme grada Solina prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Vodospreme grada Solina

Vodospreme	Volumen m ³	Kota dna m n.m.
Voljak	246	139,6
Mravinci	900	173,2
Kučine	80	216,8
Sutikva	1500	75,0
UKUPNO:	2726	

Područje Solina rasprostire se po padinama planine Kozjak pa se stoga dijeli na visinske zone. Viša zona obuhvaća visoku zonu grada Solina te mjesta Rupotine i Sv. Kajo. Ona vodu dobiva direktnim priključkom na Kaštelanski betonski kanal na kojem crpna stanica Solin tlači vodu u vodospremu Voljak. Vodosprema Voljak u svom sklopu ima i crpnu stanicu, u koju su ugrađeni agregati s kapacitetom od 67 l/s i visinom dizanja 131 m, koja tlači vodu u sustav visoke zone Rupotine. Ona se sastoji od tlačnog cjevovoda, vodospreme Rupotine i opskrbe mreže.

Niska zona grada Solina priključena je na stari Dioklecijanov kanal na lokacijama Kunčeva Greda i Meterize.

Mjesta Mravinci i Kučine opskrbljuju se iz ogranka starog Dioklecijanova cjevovoda na kojem je izgrađena crpna stanica Mravinci, koja vodu tlači u vodospreme Mravinci i Kučine ($V = 80$ m³, k.d. = 216,8 m n.m.). Ova naselja će također dobivati vodu preko izgrađene CS Sutikva i tlačnog cjevovoda koji je privremeno spojen na glavni cjevovod za Mravince. U konačnici će se izgraditi još vodosprema Spile, CS Kučine i tlačni cjevovod do postojeće vodospreme Kučine.

2.5 Vodoopskrbni sustav Kaštela i Trogira

Kaštela se opskrbljuju vodom kaštelanskim betonskim kanalom koji dovodi vodu sve do crpne stanice Kaštel Štafilić. Ova je crpna stanica središnja je točka kaštelanskog i trogirskoga vodoopskrbnog sustava a ujedno je i razdjelna točka ovog sustava.

Vodospreme sustava Kaštela i Trogira prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Vodospreme grada Trogira

Vodospreme	Volumen m ³	Kota dna m n.m.
Pantana	4000	74,0
Seget	2000	57,0
Slatina	500	35,0
Balan	1000	32,0
UKUPNO	4500	

Crpna stanica tlači vodu za Kaštela kroz cjevovod promjera 300, 275 i 250 mm ukupne dužine 9000 m, koji je položen duž stare kaštelanske ceste i obuhvaća sva kaštelanska naselja. Budući da na području Kaštelanske rivijere nema vodosprema, ovaj cjevovod ima karakter opskrbnog što stvara velike probleme u opskrbi vodom osobito u razdoblju najveće potrošnje.

Vodoopskrbni sustav Trogir/Čiovo pruža se na zapad u odnosu na crpnu stanicu Kaštel Štafilić iz koje se voda tlači u mrežu i vodospremnik Pantana (slika 4.). U samom pogonu, osobito pri većoj potrošnji u ljetnim mjesecima, na području Trogira i Čiova stvaraju se veliki problemi zbog neadekvatnih količina i tlakova te su česte vrlo ne-



Slika 4. Radovi na rekonstrukciji vodospreme Pantana

popularne redukcije vode. Sve to bit će riješeno izgradnjom 1. faze poboljšanja i dogradnje vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir.

3 Konceptija vodoopskrbnog sustava

3.1 Dugoročno rješenje vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir

3.1.1 Ciljevi

Sustav vodoopskrbe Split, Solin, Kaštela i Trogir ima prvenstvenu zadaću da dopremi kvalitetnu pitku vodu, i u dovoljnim količinama, s izvorišta rijeke Jadro do potrošača u gradovima Splitu, Solinu, Kaštelima i Trogiru. Ukupno potrebne srednje dnevne količine vode u danu najveće potrošnje na području vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir na kraju planskog razdoblja iznosit će:

• Sustav Split	1.620 l/s
• Sustav Solin	280 l/s
• Sustav Kaštela	525 l/s
• Sustav Trogir	370 l/s
• Ukupno	2.795 l/s

Na ove je količine potrebno dimenzionirati sve građevine globalnog sustava koje dopremaju pitku vodu do lokalnih vodospremnika.

Vodoopskrba razmatranoga područja bazira se na izvoru rijeke Jadro kao osnovnom resursu. Prethodno su izneseni raspoloživi podaci o izdašnosti izvora rijeke Jadro, koji u mjesecu kolovozu ima srednji kapacitet od 4540 l/s. Osim s izvora rijeke Jadro, razmatrano područje može se opskrbiti i s izvora rijeke Žrnovnice, a predradnje za uključivanje izvora rijeke Žrnovnice u vodoopskrbni sustav grada Splita su u tijeku.

3.1.2. Koncept zahvata, dovoda i raspodjele potrebnih količina vode

Dugoročnim rješenjem predviđeno je postojeći gravitacijski dovod vode, koji čine Dioklecijanov i Novi splitski kanal i koji se pruža od izvora rijeke Jadro do Splita, zamijeniti tlačnim dovodima. Kanalsko se zahvaćanje vode s izvora definitivno napušta. Na takav način uspostavlja se potpuna kontrola i regulacija oduzetih i raspodijeljenih količina.

Jedina iznimka u kanalskom zahvaćanju jest opskrba kaštelanske industrije u predviđenoj količini sirovom vodom, koja će se u budućnosti obavljati kontroliranim odvajanjem vode s novog tlačnog dovoda u Kaštelanski kanal.

Radi osiguranja života rijeke, predviđa se mjerenje i regulacija zahvaćene vode. Ispuštanje biološkog minimuma predviđeno je kroz cijev ugrađenu na samom izvoru. Sva mjerenja i regulacija zahvaćene i raspodijeljene vode predviđeni su ugradnjom odgovarajućih vodomjerala i regulacijskih uređaja.

Na lokaciji Kunčeva Greda predviđen je, u dugoročnom rješenju uređaj za kondicioniranje vode iz kojeg će se pročišćena voda dalje odvajati u pojedinim smjerovima prema Splitu i prema Solinu, Kaštelima i Trogiru.

Tlačni dovod od zahvata na izvoru rijeke Jadro do Kunčeve grede dimenzioniran je na kapacitet od 3000 l/s, a u nastavku, prema Splitu, na 2000 l/s. Trasa cjevovoda od izvora do Splita je unaprijed zadana pojasom zemljišta oko postojećih kanala, koje je dijelom u vlasništvu Vodovoda i kanalizacije, te činjenicom da se tijekom izgradnje budućih cjevovoda postojeći dovodi zadržavaju radi osiguranja kontinuirane vodoopskrbe.

3.1.3. Vodoopskrba Splita

Dovod vode za pravac Split (odnosno do crpne stanice Ravne Njive) bit će gravitacijski, kao i do sada, ali kroz novi cjevovod.

Postojeće crpne stanice Ravne Njive i Kopolica zamjenjuju se novom crpnom stanicom Ravne Njive, ukupnog kapaciteta $Q = 2000$ l/s.

Nova crpna stanica ima tri smjera tlačenja - u vodospremnik Visoka (današnja Visoka II), u vodospremnik Niska (današnja Visoka III) i u vodospremnike Gripe i Marjan I koje će definirati područje triju vodoopskrbnih splitskih zona.

3.1.4. Vodoopskrba Solina, Kaštela i Trogira

Opskrba ovih gradova temelji se na crpnoj stanici Kunčeva Greda (slika 5.) i vodospremniceima za gradove Solin te Kaštela i Trogir.

Prethodnim analizama ustanovljeno je da se vodoopskrba svih triju gradova može riješiti minimalizacijom broja vodospremnika i tlačnih cjevovoda, te je kao konačan prijedlog projektirano rješenje koje se sastoji od izgradnje jedinstvene crpne stanice Kunčeva Greda, tlačnog cjevovoda do vodospremnika Sutikva-nova i vodospremnika Sutikva-nova, s kotom dna 60,0 m n.m. Osim crpne stanice Kunčeva Greda, procrpnica i vodospremnika, za ovaj vodoopskrbni pravac okosnica sustava je glavni cjevovod kroz Kaštela promjera $\varnothing 800/700$ mm. Novi



Slika 5. Zahvatna građevina crpne stanice Kunčeva Greda

glavni cjevovod spaja se na postojeći azbestcementni cjevovod, promjera $\varnothing 800/700$ mm, na području Sv. Kaje.

Sustav grada Solina podijeljen je u tri visinske zone. Prva je visinska zona formirana na temelju tlakova iz vodospremnika Sutikva-nova, kote dna 60,0 m n.m. Na glavni opskrbeni vod iz vodospremnika Sutikva-nova, na cesti uz crpnu stanicu Kunčeva Greda, predviđen je odvojak za crpnu stanicu Jadro, kako bi se omogućio transport vode u područje općine Klis-Kosa (slika 6.).



Slika 6. Vodosprema Sutikva

Solinski vodospremnici Sutikva-nova, Sutikva, Sv. Kajo, Voljak i Rupotine, kao i Mravince i Kučine, određivat će područja vodoopskrbnih zona grada Solina.

Kaštela će se opskrbljivati novim vodospremniceima Kaštel Sućurac, Kaštel Lukšić i Rudine koji definiraju kaštelanske zone opskrbe.

Vodospremnici Voljak, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić priključuju se na glavni cjevovod kroz Kaštela procrpnim stanicama Solin, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić.

Crpna stanica Kaštel Štafilić postaje procrpnica koja tlači vodu u vodospremnik Pantana iz kojeg se opskrbljuje područje Trogira

Tlačni cjevovod vodospremnik Sutikva nova - Kaštel Štafilić - Pantana i crpne stanice Kunčeva Greda, Solin, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac, Kaštel Lukšić, Kaštel Štafilić i Rudine trebaju propustiti najveći srednji dnevni protok, dok se varijacija dnevne potrošnje predviđa izravnati vodospremnici Sutikva-nova, Voljak, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac, Kaštel Lukšić, Rudine, Pantana i Seget.

3.1.5. Glavni objekti sustava

Postojeći objekti

U sklopu dugoročnog rješenja, kao dio cjelokupnog sustava, rabit će se i određeni postojeći objekti.

Na području grada Splita u sustavu će se zadržati svi gradski vodospremnici, izuzev Visoke I. Dakle, u sustavu ostaju vodospremnici Visoka II, Visoka III, Marjan I i Gripe.

Na području grada Solina, rabit će se svi postojeći vodospremnici i crpne stanice, izuzev dotrajale crpne stanice Solin.

Na području grada Kaštela, u sustavu ostaje dio Kaštelskog kanala, za potrebe transporta vode za industriju, te građevinski dio crpnih stanica Kaštel Sućurac i Kaštel Štafilić te crpna stanica Rudine.

Na području grada Trogira u sustavu ostaju svi objekti.

Planirani objekti

U sklopu dugoročnog rješenja, planirani glavni objekti vodoopskrbnog sustava su slijedeći:

A/ Cjevovodi

Dovod izvor-Kunčeva Greda	Ø2000	1800
	2×Ø1200	2×300
Dovod Kunčeva Greda-Ravne Njive	Ø1800	3270
Tlačni c. cs Kunčeva Greda-v Sutikva	Ø800	485
Opskrbni c. v Sutikva-mreža Solin	Ø600	485
	Ø400	582
Dovod Kunčeva Greda-cs Jadro	Ø200	2000
Glavni cjevovod kroz Kaštela	Ø800	9110
	Ø700	2310
Dovodni/Tlačni spoj c. - cs Solin	2×Ø200	2×165
Tlačni c. - podsustav Sv.Kajo	Ø250	930
Opskrbni c. - podsustav Sv.Kajo	Ø300	360
Tlačni c. - podsustav K. Sućurac	Ø500	685
Opskrbni c. - podsustav K. Sućurac	Ø600	695
Tlačni c. - podsustav K. Lukšić	Ø500	1220
Opskrbni c. - podsustav K. Lukšić	Ø600	1580
Tlačni c. cs K. Štafilić-v Pantana	Ø700	750
	Ø500	4400
	Ø600	800

B/ Vodospremnici

Sutikva-nova	5000
Voljak (razlika)	250
Sv. Kajo	1000
K. Sućurac	3000
Lukšić	4500
Trogir	8000
UKUPNO:	21 750

C/ Crpne stanice

Ravne Njive (nova)	Q = 2000 l/s
Kunčeva Greda (nova)	Q = 1039 l/s
Solin (nova)	Q = 28 l/s
Sv. Kajo	Q = 42 l/s
K. Sućurac (oprema)	Q = 150 l/s
Lukšić	Q = 244 l/s
Štafilić (oprema)	Q = 370 l/s

Osim prethodno opisanih objekata, dugoročnim rješenjem još se predviđaju slijedeće aktivnosti na dogradnji sustava:

- rekonstrukcija zahvata vode na izvoru rijeke Jadro s usvojenom radnom kotom 34,55 m n.m.
- uređaj za pročišćavanje sirove vode ukupnog kapaciteta 3000 l/s

4. Prva etapa izgradnje

Objekti I. etape izgradnje, imaju za cilj dopremiti dovoljne količine vode do potrošača u sustavu Split-Solin-Kaštela-Trogir, u skladu s potrebama, i riješiti određene značajne tehničke teškoće koje se javljaju u sadašnjem radu sustava (nedovoljna kapacitiranost dovoda, dotrajalost opreme, visoki tlakovi u mreži i dr.).

U nastavku se opisuje koncepcija tehničkog rješenja sustava nakon I. etape, čija je izgradnja pred dovršetkom.

4.1. Vodoopskrba Splita

Na kraju I. etape izgradnje, dovod vode u pravcu Splita obavljat će se još uvijek gravitacijskim kanalom dovodnog cjevovoda do Ravnih Njiva. Postojeće crpne stanice Ravne Njive i Kopilica zamjenjuju se novom crpnom stanicom Ravne Njive.

Nova crpna stanica ima tri smjera tlačenja - u vodospremnik Visoka (današnja Visoka II), u vodospremnik Niska (današnja Visoka III) i u vodospremnike Gripe i Marjan I, čime će se definirati područja triju vodoopskrbnih splitskih zona.

Nova crpna stanica Ravne Njive dimenzionirana je na najveći dovod postojećih kanala od Q = 2000 l/s, sa slijedećom raspodjelom na tri vodoopskrbne zone, što će zadovoljiti i dugoročno rješenje:

- zona Marjan-Gripe $Q = 700 \text{ l/s}$
- zona Visoka $Q = 750 \text{ l/s}$
- zona Niska $Q = 550 \text{ l/s}$

4.2. Vodoopskrba Solina, Kaštela i Trogira

Dovod vode u pravcu Solina, Kaštela i Trogira dijelom će se još uvijek obavljati Novim kanalom, i to na potezu izvor-Vidovica Most, gdje je izvedena nova zahvatna građevina na Novom kanalu, neposredno prije postojeće zahvatne građevine za Kaštelanski kanal.

Nova zahvatna građevina ima zadatak regulirano preusmjeravati potrebne količine vode za gradove Solin, Kaštela i Trogir prema Kunčevoj Gredi novim dovodom. Unutar zahvatne građevine regulirat će se i upuštanje potrebnih količina vode za industriju u Kaštelanski kanal, tako da će postojeća zahvatna građevina biti isključena iz sustava.

Osim zahvatne građevine i dovoda, na lokaciji Kunčeva Greda pri kraju građenja je i nova crpna stanica, tlačni cjevovod do vodospremnika Sutikva-nova i vodospremnik Sutikva-nova, te opskrbeni cjevovod vodospremnik Sutikva-nova - mreža niske zone Solina.

Određenim zahvatima u mreži Solina odvojiti će se zone koje definiraju vodospremnici Sutikva-postojeća i Sutikva-nova, Sveti Kajo i Voljak.

Novi tlačni cjevovod u crpnoj stanici Kunčeva Greda grana se na zračni cjevovod za vodospremu Sutikva i tlačni cjevovod za Kaštela, koji se spaja na postojeći cjevovod profila 800/700. Kroz takozvani glavni cjevovod kroz Kaštela, sve do crpne stanice Kaštel Štafilić, dopremat će se dovoljne količine vode. Takav će glavni cjevovod u cijelosti predstavljati tlačni provod na koji će se novim procrpticama Solin, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić puniti postojeći vodospremnici Voljak i Rupotine te novi vodospremnici Sv. Kajo, Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić.

Novi podsustav Sv. Kajo, s vodospremnikom na koti 104,0 m n.m, rješenje je za previsoke tlakove u dijelu mreže Solina, koja se danas opskrbljuje iz vodospremnika Voljak, čime će se definirati nova tzv. srednja zona Solina. Područje visoke zone Solina tada će se opskrbljivati isključivo iz vodospremnika Voljak i Rupotine, što će uvjetovati određene zahvate na postojećoj mreži u smislu prekida toka vode na granici srednje i visoke zone te srednje i niske zone.

Dakle nakon svršetka izgradnje objekata I. etape, solinski novi vodospremnici Sutikva-nova i Sv. Kajo, te postojećih Sutikva, Voljak i Rupotine, kao i Mravince i Kučine, određivat će područja vodoopskrbnih zona grada Solina. Kaštela će se opskrbljivati preko novim vodospremnici-

ma Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić, koji će definirati dvije buduće kaštelanske opskrbenne zone. U tom smislu potrebno je prespojiti donji kaštelanski cjevovod s pripadajućom mrežom, u koji se danas voda tlačni crpnom stanicom K. Štafilić.

Kaštelanski gravitacijski kanal se isključuje iz sustava vodoopskrbe za sve potrebe izuzev industrijske, a protok kroz kanal regulirat će se u novoj zahvatnoj građevini na Vidovica Mostu.

Postojeća crpna stanica Kaštel Štafilić prilagodit će se u I. etapi na procrpni pogon, i puniti vodospremnik Pantana iz kojeg se opskrbljuje vodom područje Trogira.

4.3 Najznačajniji objekti I. etape

Najznačajniji su objekti na lokacijama Kunčeva Greda i Ravne Njive pa će oni biti detaljnije prikazani.

4.3.1 Grupa objekata na lokaciji Kunčeva Greda

Grupa objekata na lokaciji Kunčeva Greda sastoji se od: crpne stanice Kunčeva Greda, zahvatne građevine, vodospreme Sutikva-nova i cjevovodnog sustava.

Nova crpna stanica ključni je objekt vodoopskrbnog sustava Solina, Kaštela i Trogira (slika 7.).



Slika 7. Završna faza radova na crpnoj stanici Kunčeva Greda

Iz crpne stanice voda se tlačiti u vodospremnik Sutikva-nova, kapaciteta 5000 m^3 , odakle je položen opskrbeni cjevovod za vodoopskrbnu mrežu Solina. Iz crpne stanice direktno će se tlačiti cjevovodom u smjeru preostalog dijela Solina, Kaštela i Trogira tlačnim cjevovodom Kunčeva Greda-Solin-Kaštela.

Nova crpna stanica smještena je paralelno sa starom, tako da se međuprostor između njih upotrebljava na podzemnom dijelu kao galerija cjevovoda, a na prizemnom dijelu kao prostorija upravljačke opreme. Galerija cjevovoda fizički je odvojena od strojarnice u kojoj su smješteni crpni agregati i pripadajuća oprema.

Na razini kolnog pristupa je komanda CS koja je izvedena tako da je iz nje omogućen i vizualni nadzor crpnih

agregata. Ulaz u crpnu stanicu je iz komandne prostorije, a na montažnom platou predviđena su vrata koja omogućavaju ulaz vozila i unošenje teške opreme.

Pristup galeriji cjevovoda moguć je iz strojarnice, a predviđen je i otvor za unos opreme i cijevi u galeriju.

Dovod vode do crpne stanice predviđen je čeličnim cjevovodom promjera DN 1200 mm ($\phi 1220 \times 10$ mm), iz nove zahvatne građevine.

Svi cjevovodi vode u crpnoj stanici su iz nehrđajućeg austenitnog čelika. Radi što veće povoljnosti za zavarivanje, odabran je titanom stabilizirani niskougljični austenitni nehrđajući čelik, s dodatkom molibdena radi poboljšanja mehaničkih svojstava.

Hidraulički proračuni i modeliranja vodoopskrbnog sustava Solin, Kaštela, Trogir, zajedno s zahtjevima u pogledu raspoloživosti, pouzdanosti i pogodnosti održavanja, rezultirali su izborom veličine, broja i tipa crpnih agregata u crpnoj stanici Kunčeva Greda.

U crpnoj stanici Kunčeva Greda ugrađeno je 5 crpnih agregata, čime se postiže velika fleksibilnost u radu uz stupanj djelovanja crpki $\eta > 80\%$ kod svih očekivanih režima rada. Režimi rada određeni su posebnim sustavom regulacije i zaštite.

Ugrađeni su crpni agregati sljedećih karakteristika:

$$n_{em} = 1490 \text{ (o/min)}$$

$$Q = 720 \text{ (m}^3\text{/h)} = 200 \text{ (l/s)}$$

$$H = 32.2 \text{ (mVS)}$$

$$\eta = 86,1\%$$

Odabrane su jednousisne, jednostupanjske centrifugalne crpke sa spiralnim kućištem.

Crpke su agregatirane trofaznim asinkronim elektromotorima s nominalnim brojem okretaja 1490 (o/min) i s reguliranim upuštanjem.

Zaštita od prekoračenja tlaka kod hidrauličkog udara ba-



Slika 8. Ugradnja opreme u crpnoj stanici Kunčeva Greda

zirana je na tlačim posudama efektivnog volumena 4 m³ svaka.

Ventilacija strojarnice crpne stanice predviđena je radi odvođenja topline koja se stvara u prostoru strojarnice te održavanja potrebnih mikroklimatskih uvjeta.

Za potrebe montaže opreme i instalacija te remontnih aktivnosti, u strojarnici crpne stanice i u galeriji cjevovoda predviđena je ugradnja mosnih dizalica.

Mosna je dizalica u strojarnici nosivosti 32 kN, visine dizanja 9 m i raspona 5,7 m.

Mosna dizalica u galeriji cjevovoda je nosivosti 32 kN, visine dizanja 6 m i raspona 8,6 m.

Crpna stanica Kunčeva Greda opremljena je najsuvremenijom elektrostrojarskom opremom.

Sustav nadzora i upravljanja crpnom stanicom Kunčeva Greda u biti predstavlja sustav kompletnog upravljanja podsustavima Kaštela-Trogir. Sustav prikuplja informacije iz svih crpnih stanica i vodosprema Kaštela-Trogir i na osnovi tih podataka određuje rad crpne stanice Kunčeva Greda. Upravljanje sustavom moguće je automatski iz komande crpne stanice ili iz dispečerskog centra Vodovoda i kanalizacije Split.

4.3.2 Grupa objekata na lokaciji Ravne Njive

Nova crpna stanica Ravne Njive (slika 9.), koja će vodu tlačiti u tri opskrbe zone grada Splita: Marjan-Gripe, Niska i Visoka, Crpna stanica Ravne Njive smještena je u industrijsko-servisnoj zoni grada Splita, na lokaciji omeđenoj ulicama Zagorskog puta i Domovinskog rata. Predstavlja centralni objekt vodoopskrbnog sustava grada Splita, te će u potpunosti zamijeniti postojeće crpne stanice Kopilica i Ravne Njive, a svojim kapacitetom i tehnološkom razinom omogućiti pouzdanu vodoopskrbu vodom grada Splita za dugoročno razdoblje.

Crpna stanica Ravne Njive projektirana je tlocrtno kao šesnaesterokut, promjera 40,10 m, s jednom podzemnom i jednom nadzemnom etažom. Konstrukcija podzemnog dijela izvedena je kao monolitna, a nadzemni dio projektiran je i izveden kao montažni.

Osnovna konstrukcija objekta je okvirna. Okviri su radijalno smješteni po opsegu tlocrta.

Glavni stupovi su dimenzija 70/50 cm. Visina unutrašnjeg stupa je 15,2 m, a vanjski je stup niži, visok je 11,4 m i u poprečnom smjeru preko krovne grede vezuje se za unutrašnji stup.

Fasadu objekta čine armiranobetonski paneli visine 8,95 m, debljine 20 cm. Ulaz u crpnu stanicu konstruktivno je i oblikovno izdvojeni segment šesnaesterokuta (2 polja) u kojem su smješteni u prizemlju pomoćni pogoni (trans-



Slika 9. Crpna stanica Ravne Njive

formatori i ćelije 10/0,4 kV) a na katu komandna prostorija sa svojim pratećim sadržajima.

Svi su cjevovodi postavljeni nadzemno. Cjevovodi unutar crpne stanice izvedeni su od nehrđajućega austenitnog čelika.

Odabran je titanom stabilizirani niskouglični austenitni nerđajući čelik, s dodatkom molibdena radi poboljšanja mehaničkih svojstava.

Iz crpne stanice Ravne Njive voda se crpi u opskrbe zone Visoka-visoka, Visoka-niska i Marjan-Gripe.

Broj crpki za svaki pojedini sustav odabran je u skladu s hidrauličkim proračunom i modeliranjem za crpnu stanicu Ravne Njive te iz razloga sigurnosti, racionalnosti i troškova održavanja.

Odabrane su jednousisne, jednostupajnske centrifugalne crpke sa spiralnim kućištem. Crpke su agregatirane trofaznim asinkronim elektromotorima s nominalnim brojem okretaja 1490 (o/min).

Karakteristike crpki pojedinog podsustava su:

1. Visoka-visoka, ugrađeno 5 crpki

$$\begin{aligned} n &= 1490 \text{ o/min} \\ Q &= 732 \text{ m}^3/\text{h} (203 \text{ l/s}) \\ H &= 88,1 \text{ m VS} \end{aligned}$$

$$\eta = 83,6\%$$

2. Visoka-niska, ugrađene 3 crpke

$$\begin{aligned} n &= 1490 \text{ o/min} \\ Q &= 785 \text{ m}^3/\text{h} (218 \text{ l/s}) \\ H &= 50,7 \text{ mVS} \\ \eta &= 82,1\% \end{aligned}$$

3. Marjan-Gripe, ugrađene 4 crpke

$$\begin{aligned} n &= 1490 \text{ o/min} \\ Q &= 630 \text{ m}^3/\text{h} (175 \text{ l/s}) \\ H &= 50 \text{ mVS} \\ \eta &= 82,3\% \end{aligned}$$

Osnovu sustava za zaštitu od prekoračenja tlaka pri hidrauličkom udaru predstavljaju tlačne posude koje su postavljene na tlačnim cjevovodima pojedinog podsustava.

Na tlačnom cjevovodu Marjan ugrađene su četiri tlačne posude efektivnog volumena po 8 m^3 , na tlačnom cjevovodu Niska dvije posude efektivnog volumena po 4 m^3 svaka, isto kao i za podsustav Visoka.

S obzirom na trajanje prijelaznog stanja u slučaju hidrauličkog udara, te s tim u vezi trajanja perioda osciliranja razine vode u tlačnim posudama, predviđeno je vremensko zatezanje komandi regulacije razine u trajanju od oko 300 s.

Ventilacija strojarnice crpne stanice osigurava odvod topline generirane radom elektromotora, prolazom el. struje kroz kabele, radom kompresora i izolacijom prostora strojarnice.

Za potrebe montaže i remontnih aktivnosti u strojarnici crpne stanice predviđena je ugradnja mosne dizalice nosivosti 50 kN, visine dizanja 6 m i raspona 14,90 m.

Dizalične staze su čelične, kružnog oblika, položene na armiranobetonskim gredama, unutarnjeg polumjera 0,605 m i vanjskog polumjera 2,095 m.

Crpna stanica Ravne Njive opremljena je najsuvremenijom elektrostrojarskom opremom.

Crpna stanica je u potpunosti automatizirana i bit će spojena na cjelovit sustav daljinskog nadzora i upravljanja svih objekata splitskog vodovoda.

Predviđena su tri nivoa upravljanja sustavom crpne stanice Ravne Njive: daljinski iz centra, daljinski iz komande crpne stanice i, prema potrebi, lokalno za svaki pojedini agregat.

5 Zaključak

Radovi na izgradnji vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir su pri kraju. Izgradnja ovako velikog sustava bila je poticaj da se nizom daljih aktivnosti na okosnicu sustava izgradi i cijeli sklop sekundarne mreže, što nije dio projekta EKO Kaštelanski zaljev, ali se na njega bitno naslanja. Iskustva u građenju ovako složenog objekta upućuju na niz prethodnih radnji koje treba obaviti. U svakom slučaju, osim graditeljskog, zahtjevan je posao bio onaj iz imovinsko-pravnoga područja, koji je zahtijevao strpljiv rad i duge procese. Pokazalo se da je za dobivanje potrebne dokumentacije bolje raditi sustave takvoga tipa etapno, pa dokumentaciju za građenje dobivati segmentarno, čime se postiže potrebna brzina građenja. U svakom slučaju postignut je najvažniji cilj-cijelo područje na kojem se sustav nalazi imat će osigurane dovoljne količine pitke vode, najmanje za idućih 50 godina, uz uvjet da se održava, dograđuje i planski iskorištava.