

## Antički vodovodi u Dalmaciji

Katja Marasović, Jure Margeta, Snježana Perojević

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

### Sažetak

Vodoopskrba naselja kao i odvodnja otpadnih i oborinskih voda u antičko je doba imala veliku važnost kao jedan od osnovnih preduvjeta održivosti življenja u naseljima. Da bi se to ostvarilo, građeni su složeni sustavi s cijelim nizom različitih građevina od kojih su akvedukti posebno zanimljivi. U ovom će se radu prikazati jedanaest antičkih akvedukata do sada pronađenih na području današnje Dalmacije. Devet je pripadalo urbanim sredinama, a dva vojnim logorima. Značajke ovih vodovoda su dobro prilagođene s jedne strane potrebama za vodom, a s druge lokaciji i visinskom položaju zahvata vode u odnosu na naselje. U gradnji ovih objekata primijenjena je standardna rimska praksa i rješenja. Za gradnju se uglavnom koristio lokalni materijal tj. kamen. Od jedanaest akvedukata dva su imala tunelsku, a dva sifonsku dionicu. Ove građevine su vrijedni dio povijesnog nasljeđa na području izgradnje urbanih vodnih sustava.

*Ključne riječi: antika, naselja, vodovod, akvedukt, tunel, sifon*

## Roman Aqueducts in Dalmatia

### Abstract

Water supply and waste water and storm water drainage systems were highly significant in Roman times, as they constituted one of basic preconditions for ensuring sustainability in urban communities. To achieve this, complex water systems with a whole range of various structures were built, out of which aqueducts are of special interest. Eleven ancient aqueducts discovered so far in the area of the present day Dalmatia are presented in the paper. Nine of them belonged to urban areas and two to military camps. The features of these aqueducts were well suited for meeting water demand, and were also well adapted to the position and altitude of water intake as related to the settlement. Standard Roman practices and solutions were used in the construction of these facilities. Local material, namely stone, was mostly used in construction. Out of eleven aqueducts, two had a tunnel, and two a siphon section. These structures are a valuable part of historical heritage in the field of construction of urban water systems.

*Key words: antiquity, settlements, water supply system, aqueduct, tunnel, siphon*

# 1 Uvod

Stalni krški izvori ili obilni vodonosnici čiste vode bili su ključni za trajno naseljavanje i razvoj urbanih sredina na priobalnom području Hrvatske u svim povijesnim razdobljima pa tako i u antici. Rimljani su nam donijeli sve tekovine svoj civilizacije. Među ostalim, oni su na osvojenom području sagradili sustave za opskrbu vodom gotovo za sve značajnije urbane sredine. To zorno govori o važnosti koja se davala pouzdanoj vodoopskrbi naselja kao važnom elementu održivosti življenja u naseljima. Nažalost, samo su se manji dijelovi tih građevina sačuvali do danas, a isto tako malo ih je sustavno istraženo i znanstveno obrađeno.

Rimska provincija Dalmacija bila je površinom 7,5 puta veća od današnje i protezala se na zapadu do rijeke Raše u Istri, na sjeveru do Panonije, na istoku do rijeke Drine i na jugu do rijeke Mata u Albaniji [1]. U brončano doba cijelo to područje bilo je nastanjeno Ilirima. U 4. stoljeću st. pr. Kr. jadranske otoke koloniziraju Grci, a u 3. st. pr. Kr se postupno šire i na obalni dio. Rimljani se na taj prostor infiltriraju postupno, najprije kao zaštitnici Grka, a kasnije u direktnim sukobima s Ilirima kako bi ovladali cijelim teritorijem. To im je konačno pošlo za rukom kada su početkom 1. st. n. e. ugušili ustanak velikog ilirskog vođe Batona nakon čega je nastupilo razdoblje mira i prosperiteta. Gradovi, koji su u ratovima pokazali vjernost Rimu, dobili su status ravnopravnih rimskih gradova, kolonija. Oni su tada opremljeni gradskim zidinama, javnim zgradama, vodovodima, kanalizacijom i svim onim sadržajima koji su bili uobičajeni u Rimskom Carstvu. Za vrijeme Augusta i Tiberija sagrađena je cijela mreža regionalnih cesta čije je ishodište bilo u Saloni, glavnom i najvećem gradu rimske provincije Dalmacije [1] za koji se smatra da je imao 60.000 stanovnika. Osim Salone, veliki urbani centri koji su imali status agrarne kolonije, bili Jader su (Zadar), Salona (Solin), Aequum (Čitluk kod Sinja), Narona (Vid kod Metkovića) i Epidaurus (Cavtat). Izvršena je također i podjela teritorija pojedinih gradova na velike parcele (tzv. centurijacija) koje su podijeljene kolonizatorima, uglavnom umirovljenim rimskim vojnicima. Na taj je način postupno romaniziran ovaj do tada ilirski teritorij.

Rješenja vodoopskrbe uvjetovale su prirodne značajke područja. Područje Dalmacije pripada krškom priobalnom području Hrvatske koje uglavnom obuhvaća cijeli hrvatski jadranski sliv. Priobalni krš je bogat različitim krškim oblicima, ali i vodnim fenomenima kako podzemnih tako i površinskih voda. Neki od njih, kao što su stalni krški izvori ili obilni vodonosnici čiste vode, imaju nenadoknadivu socijalnu, ekonomsku te ekološku vrijednost. Njihovo postojanje je bilo ključno za trajno naseljavanje i razvoj urbanih sredina na priobalnom području Hrvatske pa tako i rimskih naselja.

Na području Dalmacije ima nekoliko stalnih vodotoka, rijeke: Cetina, Jadro, Krka, Zrmanja te rijeka Neretva koja dotječe iz Bosne i Hercegovine. Prirodnih jezera nema, a obalni vodonosnici su tipični krški vodonosnici koji prehranjuju obalne izvore vode. Uz ove stalne površinske tokove, tijekom zimskog kišovitog perioda javlja se veći broj manjih površinskih vodotokova koje na proljeće uglavnom presuše i poniru u podzemlje. Navedene rijeke te stalni izvori vode su jedini pouzdani i raspoloživi vodni resursi ovog područja.

Izvori su u antičko doba bili od prioritetne važnosti za vodoopskrbu prije svega zbog dobre kakvoće vode i njene zaštite.

Na području vodnih resursa Dalmacije uglavnom su zastupljene stijene vapnenca, dolomiti i laporoviti vapnenci mezozojske, eocenske starosti te prostorno vrlo malo vapnenci perma. Vapnenci mezozoika i eocena su uglavnom dobro propusne stijene i imaju funkciju glavnog vodonosnika. Ovisno o zastupljenosti dolomitne i laporovite komponente smanjuje se propusnost vapnenca u srednje do slabo propusne stijene. Klasične naslage eoceonskog fliša, klastiti trijasa i paleocenski lapori su nepropusne stijene. One oblikuju hidrogeološke barijere koje formiraju obalne vodonosnike, a na propusnim mjestima javljaju se površinska istjecanja kao što je to u slučaju Jadra, Zrmanje, Omble i niz manjih izvora vode.

Na otocima nema površinskih voda. Jedine raspoložive vode osim kišnice su bile podzemne vode u kontaktu s morem, odnosno vodonosnik koji pluta na morskoj vodi. Takve podzemne vode su posebno karakteristične za neke dalmatinske otoke kao što je to Pag, Silba, Brač, Vis i Hvar.

Jadranski sliv se proteže od obale do vrhova obalnog gorja Dinarida koje se proteže duž jadranske obale na manjoj ili većoj udaljenosti od nje. Obalno gorje je više od 1000 m tako da se tijekom zime na njemu zadržava snijeg koji tijekom proljeća hrani vodne resurse. Unutar ovog pojasa formirao se cijeli niz polja. Smjer pružanja polja kao i uzvisina je sjeverozapad-jugoistok. Uzdignuti dijelovi reljefa su čvrste karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti) u kojima su zastupljeni svi elementi krške morfologije (ponori, jame, spilje, škrape, vrtače, suhe doline, strme padine i drugo). Morfološke depresije su uglavnom izgrađene od prašinih glinovitih naslaga različite vrste i starosti. Dijelom su formirane terasaste naslage. Unutar depresija, uglavnom po rubovima vidljive su pojave tokova i ponora. Samo kod intenzivnih kiša pojavljuju se kratkotrajna otjecanja. U zaravnima vidljiva su i uleknuća u klasičnim naslagama krških polja.

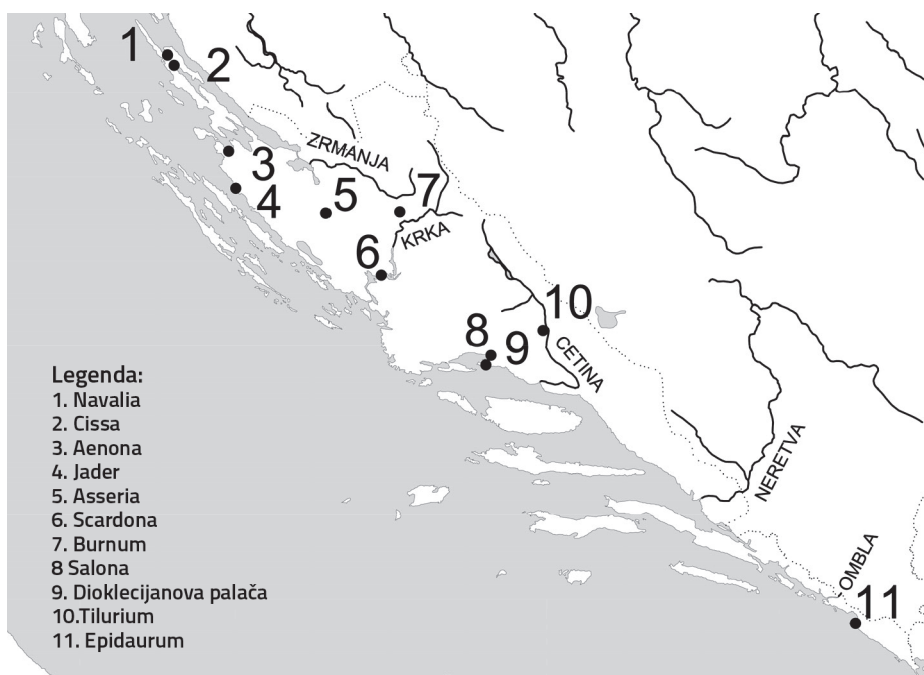
Klima je tipična mediteranska. Značajna je po hladnom i kišovitom zimskom periodu i sušnom i vrućem ljetnom periodu. Kiše, a time i voda ima najviše kad najmanje treba. Zato su stalni, ali rijetki izvori vode bili najpouzdaniji resursi za vodoopskrbu. Po Köppenovoj klasifikaciji [2], koja uz osnovne pokazatelje klime uzima u obzir i vegetaciju nekog kraja, područje Jadra pripada klimi C, to jest umjereno toploj kišnoj klimi, kod koje srednja temperatura najhladnijeg mjeseca nije niža od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a najmanje jedan mjesec ima temperaturu višu od  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Obalno područje pripada umjereno toploj Csa klimi, sredozemnoj klimi s vrućim ljetom. To je umjereno topla klima sušnog ljetnog razdoblja s temperaturom zraka u najtoplijem mjesecu  $T > 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sliv, odnosno unutrašnje područje prema Dinaridima, pripadalo bi isto tako umjereno toploj klimi C, ali možda bliže kategoriji Cfa nego Csa. Ova kategorija umjereno tople vlažne klime s vrućim ljetom nema izrazito suho razdoblje, a u svakom mjesecu padne više od 60 mm kiše te ima temperaturu zraka u najtoplijem mjesecu  $T > 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [2]

Zbog ovakvih prirodnih značajki, geoloških, hidrogeoloških i klimatskih, kapaciteti vodnih resursa na području Dalmacije su vrlo promjenjivi, sezonski, ali u kraćim vremenskim

razmacima. Protok rijeka, ali i izvora se brzo i značajno mijenjaju ovisno o intenzitetu kiša. Zbog toga su stalni izvori vode pouzdane kakvoće s povoljnom visinskom lokacijom bili preduvjet za planiranje vodoopskrbe (gravitacijska opskrba). Kako je položaj izvora u odnosu na smještaj naselja bio različit, manje ili više povoljan, nužno je bilo graditi akvedukte različite duljine i složenosti izvedbe.

## 2 Antički vodovodi

Na području današnje Dalmacije do sada je utvrđeno postojanje 11 antičkih akvedukata, i to 9 koji su pripadali urbanim sredinama i 2 koja su pripadala vojnim logorima. Opisat ćemo ih prema njihovom položaju od sjevera prema jugu.



Slika 1. Antički vodovodi na području današnje Dalmacije

### 2.1 Navalia (Novalja)

Rimska luka Navalia nalazila se u uvali na sjeverozapadu otoka Paga na mjestu današnje Novalje. Rimljani su za potrebe opskrbe brodova pitkom vodom sagradili 4 km dug vodovod od izvora Škopalj. Na trasi kanala nalazi se tunel duljine 1042 m, iskopan u živoj stijeni koji danas predstavlja najbolje sačuvani dio vodovoda. Prosječna širina tunela iznosi oko 60 cm, a visina mu varira od 120 cm do 220 cm. Tunel ima 9 vertikalnih okana visine 5 do 44 metra koja su napravljena za potrebe izvedbe tunela [3]. Akvedukt Nava-

lie je otkriven u prvoj polovini 19. stoljeća, a početkom 20. stoljeća je ponovno stavljen u rad postavljanjem vodovodne cijevi u kanal. Voda se tada iz izvora pumpala crpkama koje je pokretala vjetrenjača, od 1929. motor, a od 1949. električna energija. Danas više nije u funkciji i dostupan je posjetiteljima iz podruma Gradskog muzeja u Novalji.



Slika 2. Tunelska dionica akvedukta Navalie (Ilakovac [4])

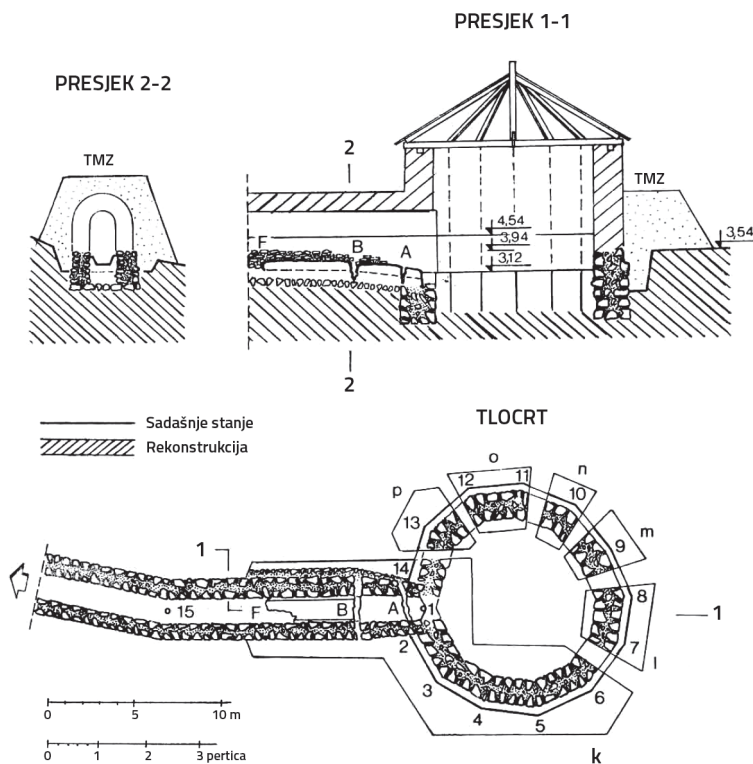
## 2.2 Cissa (Caska)

Najveće rimsko naselje na otoku Pagu je bila Cissa današnja Caska. Do danas su pronađeni dijelovi obrambenih zidina toga grada, kuće i vodovod duljine 12 km. Od izvorišta, na području Kolana, do antičke Cisse trasa je vodovoda pratila izohipse terena, ponegdje je bila zasječena u teren, a na nekim mjestima je bila postavljena na visoke nosače s lučnim otvorima. Do sada su pronađeni samo donji dijelovi kanala te se može utvrditi da je bio širok samo 18 cm [3].

## 2.3 Aenona (Nin)

Najprije ilirsko (liburnsko) naselje, kasnije rimska Aenona, današnji Nin smjestio se na poluotoku u laguni Ninskog zaljeva, u zaleđu Zadra. Rimski civitet stekla je za vrijeme Augusta [5] na prijelazu stare u novu eru pa se može pretpostaviti da je tada izgrađen njen akvedukt. Ostaci akvedukta prvi su put uočeni 1955. godine, nakon čega su provedena sustavna arheološka istraživanja. Akvedukt Aenone se vodom napajao s izvora Boljkovac koji je oko 3,5 km udaljen od grada. Na izvorištu su pronađeni ostaci poligonalne zahvatne građevine (castellum fontis) te kanal koji je vodio vodu prema Ninu. Na 23. metru kanala nalaze se dvojne ustave i početak drugog paralelnog kanala koji je vjerojatno napajao nekakvo industrijsko postrojenje. Gravitacijski kanal akvedukta Ae-

none širine 80-86 cm pratio je izohipse terena te je većim dijelom izveden kao "plitko ukopani kanal", a manjim je dijelom potpuno zasječen u stijenu. Zbog male visinske razlike između vrela i grada, izvorišno je vrelo bilo visoko obzidano, uzdužni pad kanala je bio izuzetno blag i varira od 0,0077 % do 0,0095 % [3].



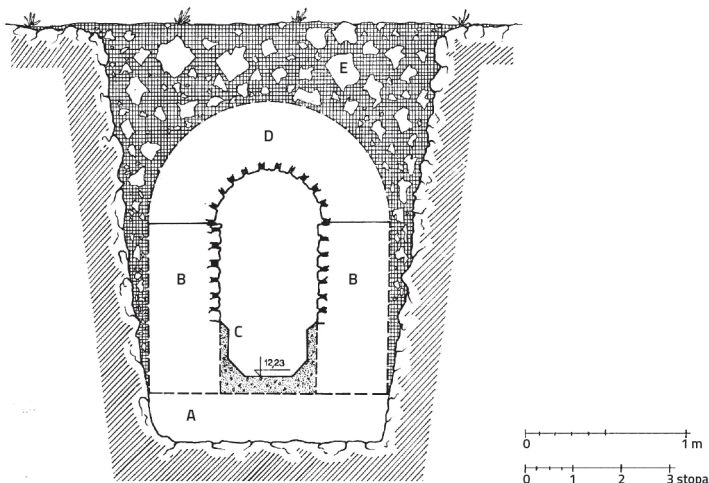
Slika 3. Zahvatna građevina akvedukta Aenone (Ilakovac [3])

## 2.4 Jader (Zadar)

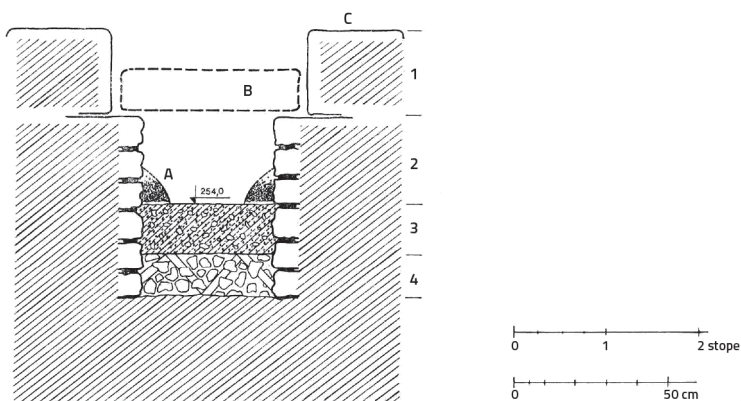
Ilirska (liburnska) Jadera, rimski Jader, današnji Zadar bio je drugi grad po veličini u antičkoj Dalmaciji, odmah iza Salone. Već je u 1. st. pr. Kr. bio municipij, a u vrijeme Augusta postaje Colonia Iulia Jader. Njegovo ime predstavlja hidronim koji govori o obilju izvora vode na zadarskom poluotoku. Usprkos tomu, standardi jedne takve urbane sredine zahtijevali su izgradnju vodovoda kojim će se u grad dopremati voda u dovoljnim količinama i pod odgovarajućim tlakom. Zbog toga su izgrađena dva akvedukta, oba s kraja 1.st.n.e, za vrijeme cara Trajana. Stariji, duljine 40,35 km, napajao se vodom s izvora Biba u blizini Vranskog jezera, koji se nalazi na oko 40 m n.m. Širina kanala je 60 cm, a uzdužni pad je od 0,064 % do 0,254 %. Na trasi tog akvedukta nalazila se udolina duljine oko 5 km i duboka oko 36 m koja je premoštena sifonom. Naime, pronađeni su ostaci sifona od

kamenih elemenata promjera 35 cm i uz njega olovna cijev unutarnjeg promjera oko 15 cm (debljina stijenke 2 cm).

Drugi zadarski akvedukt napajao se vodom s izvora Botina i bio je dug 3,4 km do mjesta na kojem se spajao sa starijim akveduktom. Visinska razlika koja je svladana iznosila je 26,4 m s uzdužnim padom od čak 0,776 %, a širina kanala je samo 21 cm. Zbog brojnih kasnijih građevinskih zahvata na oba izvora, nije moguće pronaći ostatke zahvatnih građevina.



Slika 4. Presjek kanala akvedukta grada Jadera (Zadra) [3]



Slika 5. Presjek kanala akvedukta Burnuma [3]



## 2.5 Asseria (Podgrađe kraj Benkovca)

Ilirska (liburnska) Aserija nastala je na prirodnoj uzvisini koja dominira prostorom istočno od Benkovca. U 1. stoljeću postaje rimski municipij. U istraživanjima su otkriveni ostaci masivnih zidina s kulama i gradskim vratima, forum i nekoliko kuća [5]. U 7. st. dijeli sudbinu ostalih gradova antičke Dalmacije koji su napušteni zbog prodora Avara te je danas Aserija značajan arheološki lokalitet. [6] Pretpostavlja se da se akvedukt Aserije napajao vodom iz bunara Čatrnja. Na terenu je pronađeno nekoliko skromnih ostataka koji bi mogli pripadati trasi akvedukta te na temelju njihovog položaja zaključuje se da je trasa išla linearno, bez krivudanja, u ukupnoj duljini od oko 4 km. Pronađena su dva kamena bloka gravitacijskog kanala s usječenim žlijebom širine 19,5 cm. Pronađeni su ostatci visokog nosača, ukupne širine samo 56 cm, za koji se pretpostavlja da je načinjen kako bi se izbjegla izvedba sifona ili smanjila visinska razlika i tlak u sifonu na jednom dijelu trase na kojem je trebalo premostiti dolinu [3].

## 2.6 Scardona (Skradin)

Ilirska (liburnska) Scardona se nalazi na mjestu današnjeg Skradina na utoku Krke u more u zaleđu Šibenika. Za vrijeme Rimskog Carstva bila je središte sudbenog kotara (conventus iuricus) [1]. Ostaci trase se vide istočno od Skradina iznad ceste koja vodi prema Skradinskom buku. Do sada nije temeljito istražen, ali se pretpostavlja da je bio dug oko 6 km te da je vodu zahvaćao iznad slapova Skradinskog buka [3].

## 2.7 Burnum (Ivoševci kraj Kistanja)

Vojni logor Burnum utemeljen je početkom 1. st., na strateškom položaju stotinjak metara iznad rijeke Krke, što je prije izgradnje akvedukta moralo činiti opskrbu logora vodom prilično teškom. Ilakovac datira izgradnju akvedukta do 20. godine n.e., a prestanak funkcije u 536-537. godinu. Tijekom 1973-74. godine provedena su sustavna istraživanja kojima je u potpunosti definirana trasa te je zaključeno da se voda zahvaćala na izvoru Glib u Plavnom polju. S obzirom na složenost konfiguracije terena, trasa je dijelom prolazila zasjecima i usjecima kroz stijene, čija je dubina iznosila i do 9 m, s dnom širine 1 rimske stope (približno 30 cm). Na povoljnijim je dionicama kanal, širine 42 i visine 30 cm, prolazio nadzemno te su njegovi ostaci kasnije iskorišteni kao putovi ili ogradni zidovi. Ukupna dužina akvedukta je 32,6 km, visinska razlika je 171 metar, prosječni pad 0,524 %, a kapacitet 168 l/sec. Otprilike na sredini trase akvedukta pronađeni su ostaci velike vodospreme dimenzija 138 x 25 m, položene paralelno s kanalom južno od njega. Ta se vodosprema u narodu naziva ribnjak.

## 2.8 Salona (Solin)

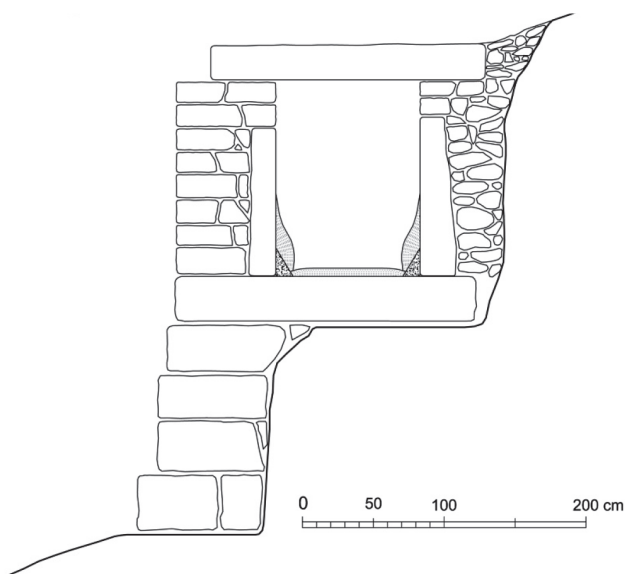
Ilirski grad Salona dobio je još za života Cezara (prije 27. pr. Kr.) status rimske kolonije te postaje glavni grad Ilirika kasnije rimske provincije Dalmacije. Akvedukt je sagrađen u 1.



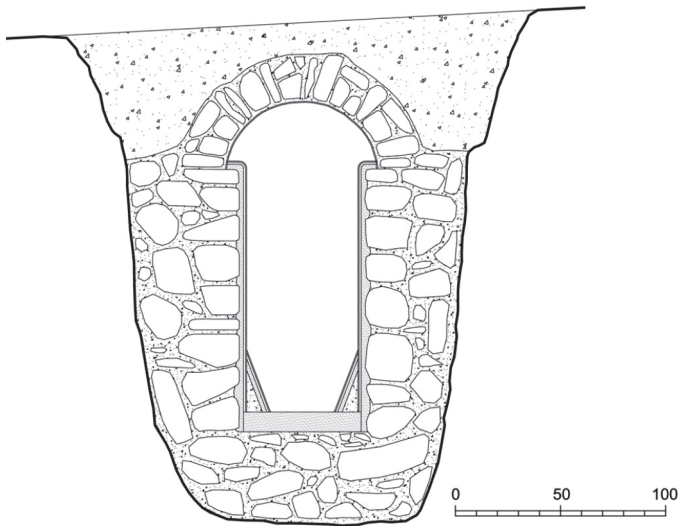
st. pr. Kr. [7] za vodoopskrbu grada od 15 ha da bi u 2. stoljeću zadovoljio potrebe grada od 73 ha. Napajao se vodom s izvora rijeke Jadro koji se nalazi 3,2 kilometra istočno od najstarije jezgre grada, na koti 33 m n.m. [8]. Trasa kanala ukupne duljine 4,88 km prati slojnice terena. Kanal je dijelom ukopan u teren, dijelom poluukopan u kosinu terena, dijelom je položen na visoki zidani nosač, a pred samim gradom je položen na kameni most. Prosječni uzdužni pad kanala varira od 0.18 % do 0.27 %. Kanal širine 60-100 cm i visine 70-120 cm građen je od velikih kamenih ploča (dno, bokovi, poklopnica) te je s vanjske strane obzidan zidom od lomljenog kamena. Gotovo kilometar kanala solinskog vodovoda uništen je u 20. stoljeću zbog intenzivne eksploatacije tupine na tom području, a destrukcija se nastavila i nakon II. svjetskog rata zbog nekontrolirane urbanizacije [9].

## 2.9 Dioklecijanova palača (Split)

Istovremeno s izgradnjom Dioklecijanove palače sagrađen je (najkasnije do 305. godine) i njen akvedukt koji se, kao i Solinski, napajao vodom s izvora rijeke Jadro. Dioklecijanov akvedukt ukupne duljine 9,5 km sastojao se od 7,1 km kanala položenog na zemlji, 600 m na mostovima, 100 m u zasjeku i 1,7 km u tunelima. Uzdužni pad kanala varira od 0,065 % do 0,266 %, presjek protočnog dijela kanala je 60/120 cm, iznad kojeg je svod radijusa 30 cm. Sudeći po visini kalcifikata od 72 cm kanalom je teklo 350 l/s. Akvedukt je bio u funkciji sve do 7. stoljeća kada su ga onespobili Avari i Slaveni. Krajem 19. stoljeća je rekonstruiran i iskorišten za vodoopskrbu Splita koji se razvio iz Dioklecijanove palače. Više od pola njegove izvorne trase još je uvijek u funkciji vodoopskrbe grada. Danas se antičkim kanalom zahvaća 470 l/s, nešto manje od trećine ukupne vodoopskrbe splitskog bazena s oko 300.000 stanovnika [10].



Slika 6. Presjek kanala akvedukta Salone (Autori)



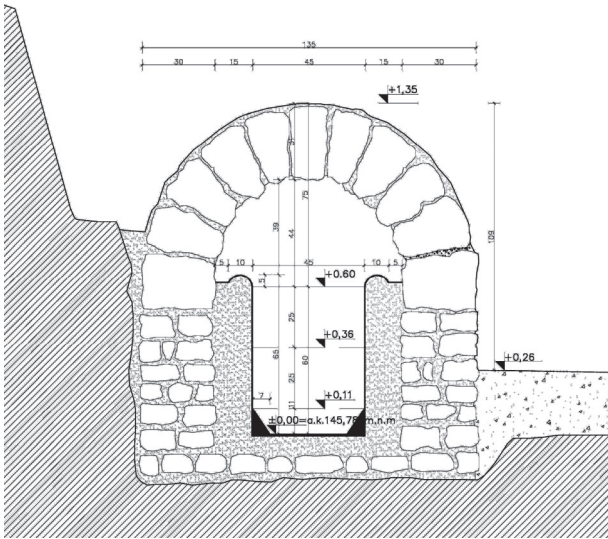
Slika 7. Presjek kanala akvedukta Dioklecijanove palače [10]

## 2.10 Tilurij (Gardun)

Tilurij (danas Gardun kraj Trilja) prvo je bio ilirska (delmatska) gradina, a potom logor VII. rimske legije koja je stigla u Dalmaciju početkom 1. st. Odlukom cara Klaudija postaje jedina kolonija u unutrašnjosti provincije Dalmacije. Do danas nisu pronađeni ostaci akvedukta Tilurija, ali je pronađen natpis iz 147. - 171. godine, na kojem je zabilježeno da su pripadnici VIII kohorte sagradili toranj za podizanje vode *turrem ad aquam tollendam* [11].

## 2.11 Epidaurum (Cavtat)

Rimska kolonija Epidaurum osnovana je u 1. st. pr. Kr. na položaju današnjeg Cavtata. Za potrebe vodoopskrbe grada sagrađen je u 1. stoljeću 23,6 km dug akvedukt čija je trasa pratila sjeverni rub velikog Konavskog polja. To je polje i dobilo naziv po kanalu akvedukta (canale - Konavle). Njegova izgradnja se vezuje uz P. Cornelija Dolabelu koji je bio namjesnik Dalmacije od 14. do 20. godine tj. za vrijeme Augusta i Tiberija. Prve podatke o akveduktu donosi Sir Artur Evans koji krajem 19. stoljeća boravi u okolici Dubrovnika. Akvedukt se napajao s izvora Vodovađa (Sv. Ivan) na koti 321 m n.m., a njegova trasa prati slojnice terena. Korisni presjek kanala je 45 cm širok i 60 cm visok, a nad njim je svod promjera 75 cm. Zidovi i svod kanala sagrađeni su od manjeg kamena u debelom sloju morta. Kanal je uglavnom poluukopan u kosinu terena, a na nekim mjestima je bio položen na zidani nosač. Početna tri kilometra imaju veliki pad od 3 % do 4 %, nakon toga pad varira od 0,07 % do 0,38 %. Neposredno ispred grada naglo gubi visinu pa se pretpostavlja da je na poluotok ušao sifonom preko uske prevlake. Dalje je išao hrptom poluotoka tj. glavnim dekumanusom te je završavao velikom cisternom i nimfejem koji su se samo fragmentarno sačuvali do danas [12].



Slika 8. Presjek kanala akvedukta Epidauruma [12]

### 3 Zaključak

Kratkim opisom antičkih akvedukata - vodoopskrbnih sustava na području današnje Dalmacije jasno se vidi njihova važnost za funkcioniranje urbanih sredina odnosno za život na nekom području. Postojanje vodoopskrbnih kao i drugih komunalnih vodnih sustava činilo je ključnu razliku između civiliziranog i neciviliziranog svijeta. Vodoopskrbni sustav u rimskim naseljima je omogućavao visoki standard življenja za puk i za povlaštene jer je osiguravao besplatnu vodu stanovnicima iz javnih fontana i vodu za javna kupališta te vodu za privatna korištenja i privredu koja se plaćala. Ni danas ne bismo imali ništa protiv ovakvih socijalnih rješenja vodoopskrbe. Na ovaj način ključni životni resurs (voda) bio je dostupan svima. Koliko je bila važna dobra kakvoća vode za zdrav život pokazuju primjeri zahvaćanja najboljih raspoloživih i pouzdanih resursa bez obzira na udaljenost te topografske i druge značajke terena na prostoru od zahvata do naselja. Rezultat takvog strateški ispravnog planiranja rezultirao je građevinama različite izvedbe, od jednostavnih gravitacijskih kanala različite izvedbe do tlačnih sifonskih dionica, tunela i mostova. Za to su se uglavnom koristili lokalni materijali (kamen) što je utjecalo na smanjenje troškova gradnje te pridonosilo lokalnom ekonomskom razvoju. Transport vode se bazirao na obnovljivim izvorima energije (gravitacija) bez štetnih utjecaja na okoliš (klimatske promjene). Ciljevi održivog razvoja su se očito dobro primjenjivali i ostvarivali. Značajke ovih 11 akvedukata su dobro prilagođene s jedne strane potrebama za vodom, a s druge lokaciji i visinskom položaju zahvata vode. Kapacitet je određivao raspoloživi hidraulički pad i dimenzije kanala. Oko 300 litara po stanovniku je bila specifična potrošnja vode koja se uzimala u proračun potrebnog kapaciteta.

Od jedanaest akvedukata samo dva imaju značajniju tunelsku dionicu, a to su akvedukti Dioklecijanove palače i Novalje. Oba su rekonstruirana prije više od 100 godina i donedavno su bili u funkciji što zorno govori o kvaliteti rješenja koja su bila primijenjena. Građeni su sličnom tehnologijom građenja u kamenu, te imaju slične dimenzije iako je potrebni kapacitet bio različit. Dimenzije su vezane za dimenziju čovjeka koji ga gradi i održava.

Akvedukti su bili opremljeni standardnim elementima nužnim za pouzdani rad kao što su ventilacijski otvori i revizijska okna za ulaz radi kontrole i čišćenja, koji su inače bili normirani. Održavanju se davala velika pažnja pa su zbog toga vodoopskrbni sustavi radili i više od 7 stoljeća bez značajnijih gubitaka (npr. Salonitanski), što je za moderne sustave nezamislivo. Proučavanjem antičkih vodnih građevina i sustava stječe se određeno iskustvo koje pomaže u rješavanju modernih sustava i njihovog rada. Novi sustavi, materijali, oprema i rješenja trebali bi biti održivi jednako kao i antički.

## Zahvala

Ovaj članak je dio istraživačkog projekta IP-11-2013 "Antički vodni sustavi grada Salone i Dioklecijanove palače i njihov utjecaj na održivost urbane sredine" Hrvatske zaklade za znanost.

## Literatura

- [1] Karaman, Lj.: Arheologija osobitim obzirom na solinske ruševine i Dioklecijanovu palaču u Splitu, Dalmacija - Spomen knjiga, Udruženje jugoslavenskih inženjera i arhitekata, pp. 61-94, 1923.
- [2] Šegota, T., Filipčić, A.: Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, Geoadria, 8 (2003) 1, pp. 17-37.
- [3] Ilakovac, B.: Rimski akvedukti na području sjeverne Dalmacije, 1982.
- [4] Ilakovac, B.: Roman aqueducts on the island of Pag, VAMZ, 3.s., XLI., pp. 129-166, 2008.
- [5] Suić, M.: Antički grad na istočnoj obali Jadrana, 1976.
- [6] Čače, S.: Aserija u antičkim pisanim izvorima. Asseria, 1 (2003), pp. 7-43.
- [7] Gerber, E.W.: Forschungen in Salona I, Wien, pp. 139-146, 1917.
- [8] Katanić, N., Gojković, M.: Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvedukata u Hrvatskoj, 1972.
- [9] Margeta, J., Marasović K., Perojević, S., Katić, M., Bojanić, D.: Godišnji izvještaj istraživačkog projekta IP-11-2013, Antički vodni sustavi grada Salone i Dioklecijanove palače i njihov utjecaj na održivost urbane sredine, Hrvatske zaklade za znanost. - Prva godina, 2015.
- [10] Marasović, K., Perojević, S., Margeta, J.: Water supply system of Diocletian's palace in Split - Croatia. IWA Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment: Traditions and Culture, (eds. Kalavrouziotis, I.K., Angelakis, A.N.), pp. 163-173, 2014.
- [11] Zaninović, M.: Tilurium, Aequum i Osinium arheološko-povijesna povezanost. Zbornik u čast Emilija Marina Kačić, pp. 499-508, 2011.
- [12] Kovačić, L.: Antički vodovod Vodovađa - Cavtat / Roman aqueduct Vodovađa - Cavtat, 2015.