BORIS ILAKOVAC

AQUAEDUCTUS AENONAE

Poznato je da je antička izgradnja raznolikih instalacija, a posebno akvedukta kao najsloženijih i najskupljih građevina za opkrbu pitkom vodom, samo jedan vid tehničkog napretka, ekonomske snage te stručnog i naučnog potencijala antičkoga svijeta. Stoga i arheološko zanimanje za problem kakō se rješavala opskrba pitkom vodom na priobalnom području rimske provincije Dalmacije potječe već s kraja prošloga stoljeća. Na ovakve se objekte nailazilo većinom slučajno, a izuzetno su vršena i terenska istraživanja koja obično nisu bila dokraja sprovedena, pa stoga ni cjelovito objavljena.[1] Ta prva i veoma čedna

[1] *AKVEDUKTI:*
Jader (Zadar): C. F. Bianchi, Antichità romane e medioevali di Zara, Zara 1883, str. 18 i 42.; G. Alačević, L'Antichissimo Acquedotto di Zara, Bulletino di archeologia e storia dalmata, Split 1898, suppl.; L. Jelić, Povjesno topografske crtice o Biogradskom primorju, VHAD sv. III n. s. Zagreb 1898.; CIL III 2909 = 9983 (Trajanov natpis); Zbornik instituta za historijske nauke u Zadru, Zadar 1955, sv. 1, str. 178; M. Suić, Novija arheološko-topografska istraživanja antičkog Jadera, Zbornik Instituta za historijske nauke u Zadru, knj. 2, Zadar 1958, str. 18; B. Ilakovac, Rezultati istraživanja zadarskog i ninskog akvedukta, Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva, Zagreb 1967, str. 23; *Asseria* (Podgrađe kod Benkovca): D. Foretić, Tabella enciclopedica del regno di Dalmazia, Radovi Instituta JAZU u Zadru knj. 10, tab. na str. 304; *Aequum* (Čitluk): J. Lovrić, Bilješke s puta po Dalmaciji opata Alberta Fortisa, Zagreb 1948, str. 34.; Up. manje priloge u VHAD II, 1880, str. 13, VHAD VI, 1884, str. 120. Objavu ovog akvedukta pripremio je za štampu B. Gabričević. *Andetrium* (Gornji Muć): VHAD VII, 1885, str. 91; *Solinski Sustjepan:* VHAD V, 1883, str. 14; *Doclea* (Duklja): P. Sticotti, Die römische Stadt Doclea in Montenegro, Beć 1913, str. 39; M. Garašanin, Istorija Crne Gore, knj. 1, Titograd 1967, str. 202; *Epidaur* (Cavtat): A. J. Evans, Antiquarian researches in Illyricum, Westminster 1883, str. 10; A. Faber, Prilog topografiji ilirsko-rimskog Epidauruma, Opuscula archaeologica VI, Zagreb 1966, str. 28; *Rhizinium* (Risan): A. J. Evans, o. c. str. 48; *Cissa* i *Navalia* (Časka i Novalja): P. Sticotti, Pago, Serta Hoffilleriana, Zagreb 1940, str. 181; M. Suić, Pag, Zadar 1953, str. 25. *Poetovio* (Ptuj): J. Klemenc B.-Saria, Archaelogische Karte von Jugoslavien, Blatt Rogatec, Zagreb 1939, passim; *Emona* (Ljubljana): J. Sašel, Vodnik po Emoni, Ljubljana 1955, str. 19; *Pola* (Pula): A. Gnirs, Beispiele der antiken Wasserversorgung aus dem Istrischen Karstlande, Strena Buliciana, Zagreb

saznanja o ovoj temi ostala su uglavnom na istoj razini sve do danas, jer je domaća arheologija ovu problematiku sasma zanemarila, a ukoliko se njome i bavila, bilo je to više periferno, uglavnom pri obradi arhitektonskih sklopova ili urbanih aglomeracija.[2]

1926, str. 129; *Siscia* (Sisak): S. L. Ostaci rimskog vodovoda blizu Petrinje, VHAD II, Zagreb 1880, str. 94, V. Lapaine, O sisačkom rimskom vodovodu, VHAD III, Zagreb 1881, str, 60; *Domavia* (Srebrenica): VHAD XIV, 1891, str. 50; *Neviodunum* (Brežica): B. Saria, Die römische Wasserleitung von Neviodunum, Serta Hoffilleriana, 1940, str. 249; *Sirmium* (Srem. Mitrovica): V. Hoffiller, Prolegomena zu Ausgrabungen in Sirmium, Bericht über den VI. Internationalen Kongress für Archäologie, Berlin 1939, str. 525; *Mediana* (Niš): R. O. Bratanić, Arheološko istraživanje u Brzom Brodu, Starinar treće s. knj. XIII, Beograd 1938, str. 199;

CIJEVI (glinene, olovne, drvene, kamene)

M. Suić, o. c. str. 18; Š. Mlakar, Brionski arhipelag, Pula 1965, str. 12; J. Klemenc B. Saria, Archaeologische Karte von Jugoslavien, Blatt Ptuj, Zagreb 1936, str. 41; B. Saria, o. c. str. 254; M. S. Riznić, Starinar, Beograd 1889, str. 62; K. Patsch, Zbirke rimskih i grčkih starina u bos.-herc. Zemaljskom muzeju, GZMS, Sarajevo 1914, str. 191; A. Gnirs, o. c. str. passim; S. Stojanović, Olovni oluci, Starinar novog reda, Beograd 1907, str. 32; A. Stanojević, Starine u Demir Kapiji, Starinar treće serije 1923, str. 297; B. Ilakovac, Prilog arhitekturi i urbanizmu Iadera, Radovi JAZU u Zadru sv. IX, Zadar 1962, str. 227; E. Pašalić, Rimsko naselje u Ilidži kod Sarajeva, GZMS, Arheologija sv. XIV, Sarajevo 1959, str. 130.

REZERVOARI, BAZENI, CISTERNE, PISCINE

A. Gnirs, o. c., passim; M. Suić, o. c., str. 18 i 43; M. Suić, Arheološka istraživanja u Mulinama na otoku Ugljanu, Ljetopis JAZU u Zagrebu broj 64, Zagreb 1960, str. 235; M. Suić I. Petricioli, Starohrvatska crkva sv. Stošije kod Zadra, Starohrv. prosvjeta III serije, sv. 4, Split 1955, str. 17; B. Ilakovac, Prilog arhitekturi i urbanizmu Iadera, Radovi Instituta JAZU u Zadru, str. 226; J. Klemenc-B. Saria, Archaeologische Karte von Jugoslavien, Blatt Ptuj, Zagreb 1936, str. 46 i 58; Š. Mlakar, o. c., str. 12; A. Faber, o. c., str. 26 i 28; M. Suić, Iskapanje rimske vile u Maloj Proversi, Vjesnik za arheol. i hist. dalm. LIV, Split 1952, str. 174; H. Liebl W. Wilberg, Ausgrabungen in Asseria, Jahreshefte des österr. archäol. Institutes Bd. XI, Beiblatt, Wien 1908. str. 48; Fr. Bulić, Una cisterna romana a Salona, Bull. di archelogia e storia dalmata, god XXI, Split 1898, str. 213; B. Vikić-Belančić — M. Gorenc, Istraživanja antiknog kupališta u Varaždinskim Toplicama od 1956. do 1959, Vjesnik arheološkog muzeja u Zagrebu, Zagreb 1961, str. 181; E. Pašalić, o. c., str. 130. I. Čremošnik, Rimska vila u Lisićima, GZMS n. s. sv. XX (arheologija), Sarajevo 1965, str. 147. A. Benac—B. Čović—F. Pašalić—Đ. Basler—N. Miletić —P. Anđelić, Kulturna istorija Bosne i Hercegovine od najstarijih vremena do početka turske vladavine, Sarajevo 1966, str. 227.

— *BUNARI*

B. Ilakovac, Dva antikna zdenca u Zadru, Radovi Instituta JAZU u Zadru sv. IV—V. Zagreb 1959, str. 453; Lj. Plesničar-Ges, Rimski vodnjak od Ljubljanskih opekarnah v Ljubljani, Arheološki vestnik XIX, Ljubljana 1968, str. 403; I. Petricioli, Arheološki radovi u Zadru 1950. i 1951. Vjesnik za arheol. i hist. dalm. LIII (1950—1951), Split 1952, str. 263; uz manje priloge u: VHAD IV, 1882, str. 31, HHAD VI, 1884, str. 125, GZMS VI, 1894, str. 95, Jahreshefte des österr. Institutes Bd. XVI, str. 116.

[2] W. Gerber, Forschungen in Salona I, Wien 1917, str. 139; E. Dyggre, Recherches a Salone I. Copenhague 1928, str. 26; G. Niemann, Der Palast

Tokom gotovo jednog stoljeća antička je arheologija znatno unaprijedila metod istraživanja akvedukata i drugih instalacija za snabdijevanje vodom.[3] Time je ova problematika dobila nove dimenzije koje u krajnjoj liniji imaju za cilj ne samo da se takve građevine svestrano obrade i odmjereno postave u cjelokupnu ostavštinu antičke materijalne kulture nego i da se rezultati istraživanja iskoriste pri traženju i boljem rasvjetljavanju nekih drugih vidova i manifestacija antičkog života. Nije namjera da se detaljnije upuštamo u metodologiju ove složene problematike nego samo da spomenemo neka znanja i vještine koje su obavezno morale biti prisutne pri gradnji svake veće vodoopskrbne jedinice, a koje u cjelokupnoj problematici čine tek odvojena poglavlja. Na primjer, tehnologija proizvodnje vodoinstalacionog materijala kao hidraulične žbuke, cijevi raznih profila i dužina izrađenih od keramike, drveta, kamena ili olova,[4] pa izrada vodopropusnih ventila i slavina kao i raznih strojeva koji su služili za podizanje vode.[5] Zatim poznavanje geodezije i preciznost izrade geodetskog instrumentarija kao nužnog preduvjeta za pravilno niveliranje i postavljanje trase akvedukata.[6] K tome treba dodati vještinu antičkog graditeljstva, koja je uz pomoć drugih zanata imala zadatak da izgradi objekt i da ga pravilno i ekonomično locira između izvorišta kao alimentacionog centra i potrošača.

Problem opskrbe vodom u antici od posebnog je značaja za provinciju Dalmaciju, koja se pretežno sastoji od kraškog tla, gdje su izvori žive vode bili oduvijek veoma oskudni, a na čijem se tlu nalaze brojni i raznoliki ostaci ovakvih građevina. Radi toga je potrebno utvrditi ne samo koju vrstu građevina za snabdijevanje pitkom vodom nalazimo na priobalnom tlu rimske provincije Dalmacije nego i koliko

Diokletians in Spalato, Wien 1910, str. 112; L. Jelić—Fr.Bulić—S. Rutar, Guida di Spalato e Salona, Zara 1894, str. 80; F. Bulić—Lj. Karaman, Palača cara Dioklecijana u Splitu, Zagreb 1927, str. 109. Općenito o akveduktima s osvrtom na nalaze u Jugoslaviji up. *Đ. Solovjev*, Tehnička enciklopedija, Zagreb 1963; s. v. akvedukti, *M. Šeper*, Enciklopedija Jugoslavije, Zagreb 1955, s. v. akvedukt, S. Gvozdanović, Enciklopedija likovnih umjetnosti, Zagreb 1959, s. v. akvedukt.

[3] Th. Ashby, The Aqueducts of Ancient Rome, Oxford 1935; H. Diels, Antike Technik, Berlin 1920, str. 9; J. Durm, Die Bauknst der Etrusker und Römer, II Auf. Leipzig 1905, str. 455: K. O. Dalman, Der Valens — Aquädukt in Konstantinopel, Bamberg 1933; E. Samesreuther, Römische Wasserleitungen in Rheinlanden, 26. Bericht der Römischgermanischen Kommission 1936, Berlin 1938, str. 24—157; R. Cagnat—V. Chapot, Manuel d'archéologie romaine, Paris 1916, str. 85—110; A. Grenier, Manuel d'archéologie Gallo-Romaine IV, Les monuments des eaux, Paris 1960, str. 11—227; J. Birebent, Aquae Romane, Paris 1962; Ch. Daremberb—E. Saglio, Dictionnaire des anti-quités Grecques et Romaines, s. v. AQUAEDUCTUS, CUNICULUS-EMISSARIUM.

[4] Vitruvije, Deset knjiga o arhitekturi, Sarajevo 1951, knji, VIII, str. 184; A. Grenier, o. c., str. 30; E. Samesreuther, o. c., str. 144.

[5] Vitruvije, knj. X, str. 219.

[6] Up. Th. Ashby, o. c., str. 34; A. Grenier, o. c., str. 27, E. Samesreuther, o. c., str. 136; Vitruvije, knj. VIII, str. 181

su osobita slika tla, reljef i hidrografska situacija bili uvjetovali neka specifična rješenja i adaptacije starijih rimskih iskustava na ovom području. Zatim, da li su se zadržali neki domaći ilirski običaji snabdijevanja vodom, što je od posebnog značaja ako se predmet posmatra sa stanovišta historije, kronologije i kontinuiteta. Ovim međusobno zavisnim pitanjima koja su dio cjelokupne problematike o snabdijevanju pitkom vodom, treba dodati još jedno kompleksno pitanje. U kojoj je mjeri rimska dominacija, unoseći među ostalim i suvremenu tehniku i graditeljstvo u ovu provinciju, pridonijela unapređenju opskrbe pitkom vodom, a posebno kako se to ekonomski odrazilo na dalji razvoj poljoprivrede i zanatstva, kao i na intenzivnu urbanizaciju nekadašnjih ilirskih naseobina.

Već i djelomični odgovori na neka od ovih pitanja unaprijedili bi kulturno-historijsku sliku priobalnog područja rimske provincije Dalmacije. Stoga je već bivši Institut za historijske nauke Filozofskog fakulteta u Zadru nastavio istraživanje akvedukta starog Jadera na potezu Vrana—Zadar u trajanju od 1955. do 1957. godine.[7] Deset godina kasnije Arheološki je muzej u Zadru, u okviru Fonda za naučno-istraživački rad SR Hrvatske, započeo na široj osnovi sa sistematskim istraživanjem i obradom ove teme pod naslovom: »Antički akvedukti i instalacije za opskubu vodom u provinciji Dalmaciji«.[8]

Historijat istraživanja ninskog akvedukta novijeg je datuma. Godine 1955. rekognoscirao sam teren s kolegom A. Stipčevićem na potezu Nin—Ninski Stanovi, sa ciljem da se prikupe podaci o tumulusima koji su na ovom području dosta brojni. Tom prilikom zatekao sam u prolazu na nekoliko mjesta pored lijeve obale Miljašić-jaruge, zvane i Ričina, na jedva vidljive ostatke kamenog zida u malteru i zaključio da su to ostaci nekadašnjeg akvedukta stare Aenonae. Prva istraživanja započeta su ljeti 1965. godine i nastavljena u 1966. i 1967. godini.[9]

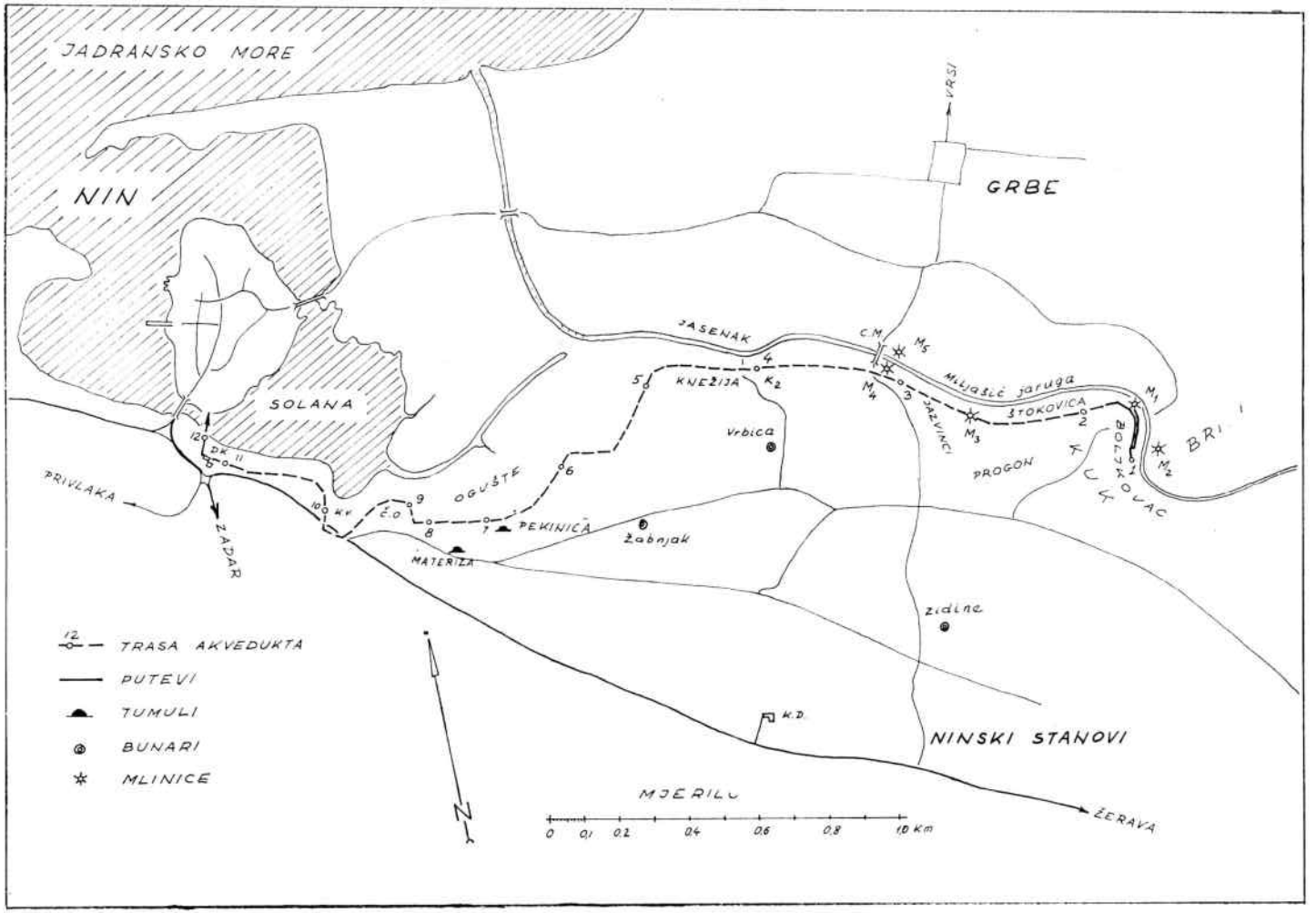
Lokacija trase Akvedukta

Pri odabiranju vodoopskrbnog punkta rimski su se graditelji rukovodili s nekoliko veoma važnih podataka. Prije svega morala je postojati minimalna visinska razlika između izvorišta i naselja, kako bi voda u slobodnom padu otjecala do potrošača sistemom gravitacionih kanala. Od nemale važnosti bio je kvantitet a posebno kvalitet izvorske vode, o čemu Vitruvije daje veoma opširne podake, koji bi i danas mogli da

[7] Vidi bilj. 1. pod akvedukti.

[8] Iako je teritorijalni okvir ove teme u naslovu jasno istaknut, sredstva od po 5.000 ND godišnje do 1970. godine neće omogućiti ni istraživanje područja sjeverne Dalmacije.

[9] Kratak prikaz referata održanog na plenarnoj sjednici Hrvatskog arheološkog društva objavile su Obavijesti Hrv. arheol. društva br. 3, Zagreb 1967, str. 23. pod naslovom: B. Ilakovac, Rezultati istraživanja zadarskog i ninskog akvedukta. Ovih se rezultata dotiče M. Suić, Nin, Problemi arheološkog istraživanja, Zadar 1968, str. 50, Tab. XXXII sl. 1 i 2.



Sl. 1. Situacija trase ninskog akvedukta

posluže kao prokušana empirija i pouzdan način kako da se utvrdi da li je neka izvorska voda zdrava ili nije.[10] I konačno, pri gradnji tako skupih vodoopskrbnih objekata, za rimsko je novčarsko društvo morao na neki način biti prisutan i ekonomski momenat. Nastojalo se da trasa akvedukta bude što je moguće kraća, jer se to odrazilo kako na cijenu izgradnje tako i na kasnije održavanje objekta.

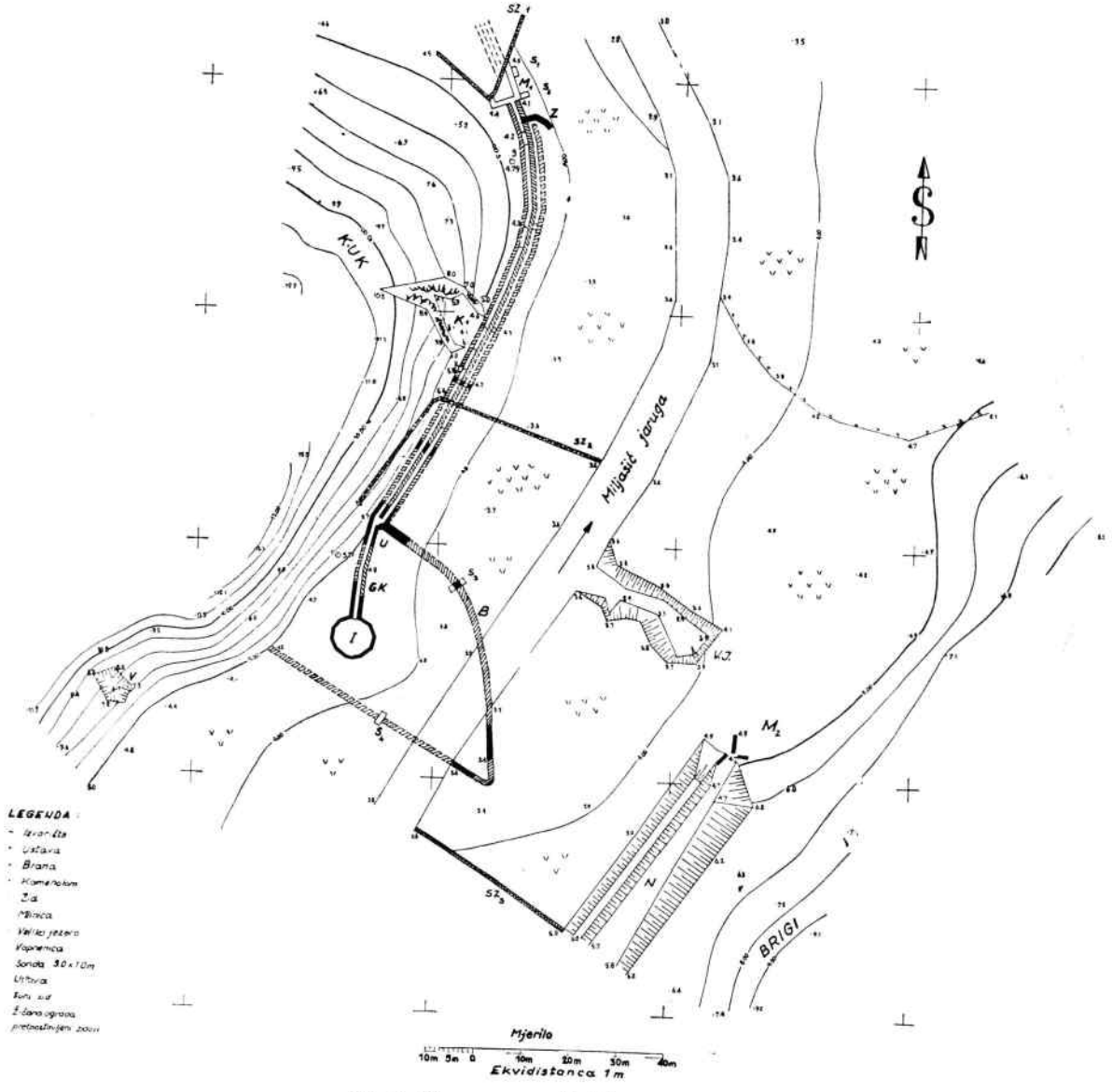
Ako se u okviru iznijetih stanovišta pokuša naći razloge kojim su se rukovodili rimski graditelji pri odlučivanju i odabiranju lokacije za trasu akvedukta stare Aenonae, može se konstatirati slijedeće. Geodetska situacija Nina prema njegovoj bližoj i daljoj okolini osobito je povoljna za izgradnju akvedukata koji su funkcionirali pomoću gravitacionih kanala, jer se samo naselje nalazi na plitkoj laguni Ninskog zaljeva s najvišom tačkom na bivšem rimskom Kapitoliju, a koja iznosi svega oko 3 metra apsolutne geodetske visine.

S geološkog i hidrografskog stajališta, Nin i njegova okolica, a posebno Privlački poluotok, čine snažan kontrapunkt ogoljenim stijenama velebitskog krša. To se ne ispoljava samo u aluvijalnoj i eolskoj genezi tla koje se na nekim mjestima sastoji od debelih naslaga gline i pijeska, nego i u relativnom obilju bunarske, tekuće ili izvorske vode. U izboru između brojnih zdenaca na Privlačkom poluotoku, snažnog pećinskog izvorišta na Šepurini kod Zatona, koje snabdijeva vodom čitav poligon JNA, najveću je prednost imalo snažno izvorište na lokalitetu Boljkovac.[11] Ova se prednost nije sastojala samo u tome što razdaljina između Boljkovca i Nina ne iznosi više od 4 kilometra nego i u količini izvorske vode, koja je bila toliko obilna da je već u antičko doba, pa i kasnije, bila korištena za pogon raznih agregata, a posebno mlinica.

Imenom Boljkovac naziva narod one priobalne strane Miljašić-jaruge gdje se potok Ričina probija između stjenovitih strana brda »Kuka« i eolske uzvisine zvane »Brigi«, formirajući dvije okuke oblika slova »S«, vidi sl. 1. i 2. Pored ostataka ninskog akvedukta, koji je glavni predmet ove radnje, na Boljkovcu se nalaze i drugi sadržaji koje treba spomenuti i koji su na neki način u indirektnoj vezi s akveduktom ili s kontinuitetom eksploatacije boljkovačkog vrela. Na sjeveru se nalaze zidani ostaci srednjovjekovne mlinice M_1 koja je s razlogom postavljena na samu trasu ninskog akvedukta, a preko njezinih ostataka prelazi suhozid SZ_1, tzv. »Marcelinova« ograda. Drugi suhozid SZ_2 polazi od lijeve obale Miljašić-jaruge, siječe trasu akvedukta i zakreće na jug, odijelivši privatni posjed Tartara od općenarodne imovine na sjeveru.

[10] Vitruvije, knj. VIII, str. 166 i 180.

[11] U rujnu 1967. god. testirano je Veliko jezero radi izgradnje novog ninskog vodovoda. Dok je kvantitet dva puta veći od planiranih potreba, kvalitet vode ne zaslužuje pohvalu koju ovom vrelu pripisuju mještani. Ljeti je salinitet 250 mg/l, što je po JUSU maksimalna dozvoljena koncentracija soli, a zimi se salinitet penje i do 1100 mg/l. U vodi se nalaze i prekomjerne količine slobodnog ugljičnog dioksida.



Sl. 2. Situacija na Boljkovcu

Na obronku brda Kuk nalaze se ostaci građevinske djelatnosti koji se mogu dovesti u vezu s izgradnjom ninskog akvedukta. Prvi se nalazi do same trase akvedukta i odnosi se na preko 20 metara duboko usječenu stijenu kao vjerovatni ostatak nekadašnjeg kamenoloma, na crtež 2. označen s K_1. Drugi je lociran 60 metara zapadno od nekadašnjeg izvorišta I, kružnog je oblika i zidane kamene konstrukcije, kojoj promjer iznosi oko 6 metara, na sl. 2. označeno s V (neistraženo).

Na desnoj strani Miljašić jaruge nalazi se treći suhozid SZ_3 koji se popriječio između obale potoka i zemljenog nasipa N kojim je oblikovan dovodni kanal, brana, a ujedno i akumulacioni bazen za mlinicu M_2. Zidani ostaci te mlinice zacrnjeni su na kraju zemljane brane N. Stari ljudi još pamte da je ova mlinica radila prošlog stoljeća. I konačno, na desnoj se strani Miljašić-jaruge nalazi »Veliko jezero« kao osobitost i glavna poanta boljkovačkog krajolika, na sl. 2. označeno s V. J. Ovo izvorište koriste i danas mnogi stanovnici iz bližih i daljih naselja ne samo zbog njegove pitke i snažne vode nego i stoga što izvorište nikada ne presuši.[12] Samo jedan dio boljkovačkih livada obrastao je u gustu močvarastu travu siku (sita, juncus effusus), što je donekle istaknuto i na situaciji koju donosi sl. 2.[13] Još treba napomenuti da je prije prvog svjetskog rata započeta i privedena kraju regulacija čitava toka Miljašić-jaruge, kojom su prilikom uređeni kolni prilazi i mostovi, a Veliko je jezero bilo u kamen obzidano. Nakon oslobođenja prokopan je tunel koji odvodi suvišnu vodu s Bokanjačkog blata u Miljašić-jarugi.

Ovakvu je situaciju pružao Boljkovac sve dok nisu započela arheološka istraživanja, koja su pokazala da su se na Boljkovcu nalazile veoma složene i atraktivne građevinske konstrukcije, i što je ne samo s arheološkog nego i s hidrogeografskog stanovišta značajno, arheološki nalazi nedvosmisleno dokazuju da se tokom proteklih stoljeća izmijenila i hidrografska situacija na Boljkovcu. Na obraslom prostoru gdje danas nema nikakva površinskog traga nekom izvoru krili su se ostaci centralne građevine koja je nekoč opasivala izvorište starog ninskog akvedukta.[14] Od tog izvorišta, na sl. 2. označena s I, otjecala je voda glavnim kanalom G. K. do dvojnih ustava U.[15] Od sistema dvojnih ustava usmjerila se popreko dolina, koja je na ovom mjestu i najuža, masivna zidana konstrukcija B, koja nakon dvadeset metara

[12] Boljkovačko vrelo koriste seljani iz Vrsi, Ninskih Stanova, Zatona i Petrčana.

[13] Vitruvije, knj. VIII, str. 167, pored trave sike spominje i druge indikatore koji pobliže određuju približan položaj podzemnih voda.

[14] Zbog nemogućnosti da se objavi cjelokupna fotodokumentacija ninskog akvedukta, pohranjena u Arheološkom muzeju u Zadru, upozorava se samo na neke odabrane i ovdje neobjavljene fotokopije: Panorama Boljkovca: 2989/9320, izvorišni poligon: 3819/12028, 3816/12017, 3819/12031 (sokl), 3821/12040, uglovi poligona 2, 3, 4 i 5: 3820/12037 (ugao br. 9).

[15] Neke neobjavljene kopije gl. kanala: 3749/11871, 3748/11868, 3750/11873, dvojne ustave: 3289/10170, 3293/10186, 3288/10161.

skreće u smjeru juga, te gotovo u pravcu siječe sadašnje korito Miljašić-jaruge.[16] Od ove su konstrukcije ostala na desnoj strani potoka dva zida koja su na sl 2. zacrnjena.[17]

Od dvojnih su ustava bila izgrađena dva međusobno paralelna kanala.[18] Desni, koji je završavao nekih 100 metara dalje na mjestu gdje se na njega popriječio ostatak poligonalnog zida Z, i lijevi, koji je obišavši brdo Kuk nastavio gotovo o pravoj liniji sijekući pribrežne oranice zvane »Štokovica«, gdje je postavljena sonda 2, vidi sl. 1.[19] Na ovoj je sekciji lako raspoznati položaj akvedukta, koji je od svog postanka kao umjetno izgrađena prepreka zadržavao i akumulirao erodiranu zemlju s pribrežnih strana, zbog čega je »Štokovica« visinom podijeljena u dvije terase. Nastavljajući uvijek lijevom stranom Miljašić-jaruge, trasa prolazi ispod »Jazvinaca«, gdje se nalaze ostaci treće još uvijek nadsvođene mlinice M_3. Dolazi do sonde 3, nedaleko koje se nalaze ostaci četvrte mlinice M_4. Tu je i stari put koji je Ninske stanove spajao s obližnjim Grbama preko tzv. »Carskog mosta«, na sl. 1. označeno sa C. M. Na desnoj strani pored Carskog mosta nalaze se ostaci pete mlinice M_5.[20] Trasa zalazi u stjenovite obronke koji su mjestimice zasječeni s još uvijek vidljivim tragovima malte. Zasjeci u živu stijenu bili su nužni da bi se izbjeglo prečesto mijenjanje smjera gravitacionog kanala. Siječe poljski put koji se pored izvora »Vrbica« spušta nedaleko ostataka drugog ali znatno većeg kamenoloma K_2, približnih dimenzija 60 m x 80 m i oko 9 metara dubine. Nedaleko je postavljena sonda broj 4.[21] Dalje prolazi »Knežijom«, pored oranica Š. Bjurela, gdje je postavljena sonda 5, prati izohipsu na blago nagnutom terenu koji je pod livadama i vinogradima, sve do sonde 6. Nastavlja između nižih livada zvanih »Ogušte« i aluvijalnih obronaka na kojima se nalazi veoma sačuvan prahistorijski tumulus zvan »Pekinica«.[22] Na mjestu gdje se u skrovitom šumarku nalazio za vrijeme narodnooslobodilačkog rata ilegalni partizanski bunker postavljena je sonda broj 7, od koje se prema sjeverozapadu nalazi drugi prahistorijski tumulus zvan »Materiza«. Nedaleko od sonde 8 trasa akvedukta naglo zakreće udesno obilazeći »Ćurkovu ogradu«, na sl. 1. označeno sa Č. O. Na toj sekciji, gdje trasa skreće ulijevo pod kutom od 40 stepeni postavljena je sonda 9.[23] Prateći dalje slojnicu tla, trasa akvedukta izbija na sadašnji put Nin—Žerava, siječe »Knežev vrt« (K. V.), gdje se još i sada nalazi najviša, preko jednog metra visoka zidana substruk-

[16] Neke neobjavljene fotokopije brane 3291/10177, 3291/10178, 3466/10781.
[17] Neobjavljene kopije ostataka brane na njezinoj desnoj obali 2974/9251, 2980/9281, 2975/9256, 2961/9198.
[18] Neobjavljene kopije paralelnih kanala: 3755/11883, 3755/11882.
[19] Neobjavljene fotokopije situacije kod mlinice M_1: 2984/9295, 3827/12069, 3828/12073, 3751/11874.
[20] Sonda na poziciji 3: 2992/9329—9331.
[21] Neobjavljene fotokopije kod pozicije 4: 2991/9327, 2990/9322.
[22] Ogušte moguće od »augustae« (?).
[23] Pozicija 9. na Ćurkovoj ogradi: 3468/10787—10790.

cija, koja je nekoč služila kao nosač gravitacionog kanala, na sl. 1. označeno broj 10.[24] Trasa vodovoda nastavlja dalje kroz šumovit kamenjar zvan »Bori« i gotovo u pravcu izbija na sadašnji Dom kulture (D. K.), mjesto na sl. 1. označeno brojem 11. To je druga najbolja sačuvana sekcija, gdje je u dužini od oko 10 metara još uvijek vidljiva substrukcija, ali bez jasnih tragova gravitacionog kanala. Trasa akvedukta zalazi dalje u pokućnicu Pave Stulića, gdje naglo zakreće udesno, usmjerivši se prema položaju nekadašnjih gradskih vrata drevnoga Nina. Tačka 12, koja se nalazi neposredno uz obalu solane, posljednji je i zasad Ninu najbliži poznati ostatak trase, a ujedno i substrukcije ninskog akvedukta.[25]

Opis građevine i način uklapanja trase Akvedukta u teren

Pored tlocrtne situacije ninskog vodovoda koja je informativno prikazana pri obradi lokacije čitave trase kao i pri nabrajanju postantičkih sadržaja na Boljkovcu, potrebno je uzeti u obzir i treću dimenziju da bi se dobio određeniji odgovor na pitanje kako je građevina bila oblikovana i na koji je način trasa akvedukta bila uklopljena u konfiguraciju terena. Sagledavanje i tumačenje tih antičkih građevinskih rješenja ukazuje pored ostalog na razvojni momenat, na stepen zrelosti rimskih graditelja kao i specifična obilježja pojedine vodovodne instalacije, što je s arheološkog stanovišta jedan od bitnih zahtjeva u rješavanju i obradi ove teme. Pri tom treba uzeti u obzir i činjenicu da je svaku instalaciju za opskrbu vodom tipa »akvedukt«[26] moguće rasčlaniti u tri osnovna dijela koji se među sobom razlikuju kako po funkciji tako i po građevinskim rješenjima koja iz funkcije proizlaze: na izvorište, zatim na vodovodnu ili dovodnu konstrukciju, koja se ne bez razloga u praksi naziva akveduktom, i na završene konstrukcije i instalacije koje su u neposrednoj vezi s konzumentima.

a) Izvorište

Ako se pođe od toga da su rimski graditelji trebali riješiti ne samo obzidavanje i zaštitu izvorišta u duhu antičkih higijensko-sanitarnih shvaćanja nego i distribuciju izvorišne vode, onda otkriveni ostaci na Boljkovcu pokazuju da je izvorište iz određenih razloga moralo biti riješeno kompleksno i da se sastojalo od obzidanog izvorišta, na sl. 2. označenog s I, zatim od glavnog kanala GK, dvojnih ustava U i brane B.

[24] Substrukcija na Kneževu vrtu: 2989/9317—9318.

[25] Situacija trase ninskog akvedukta djelomice je vidljiva i na aerosnimcima iz 1952. godine koji su rađeni za Geografski institut JNA, u približnom mjerilu 1 : 10400.

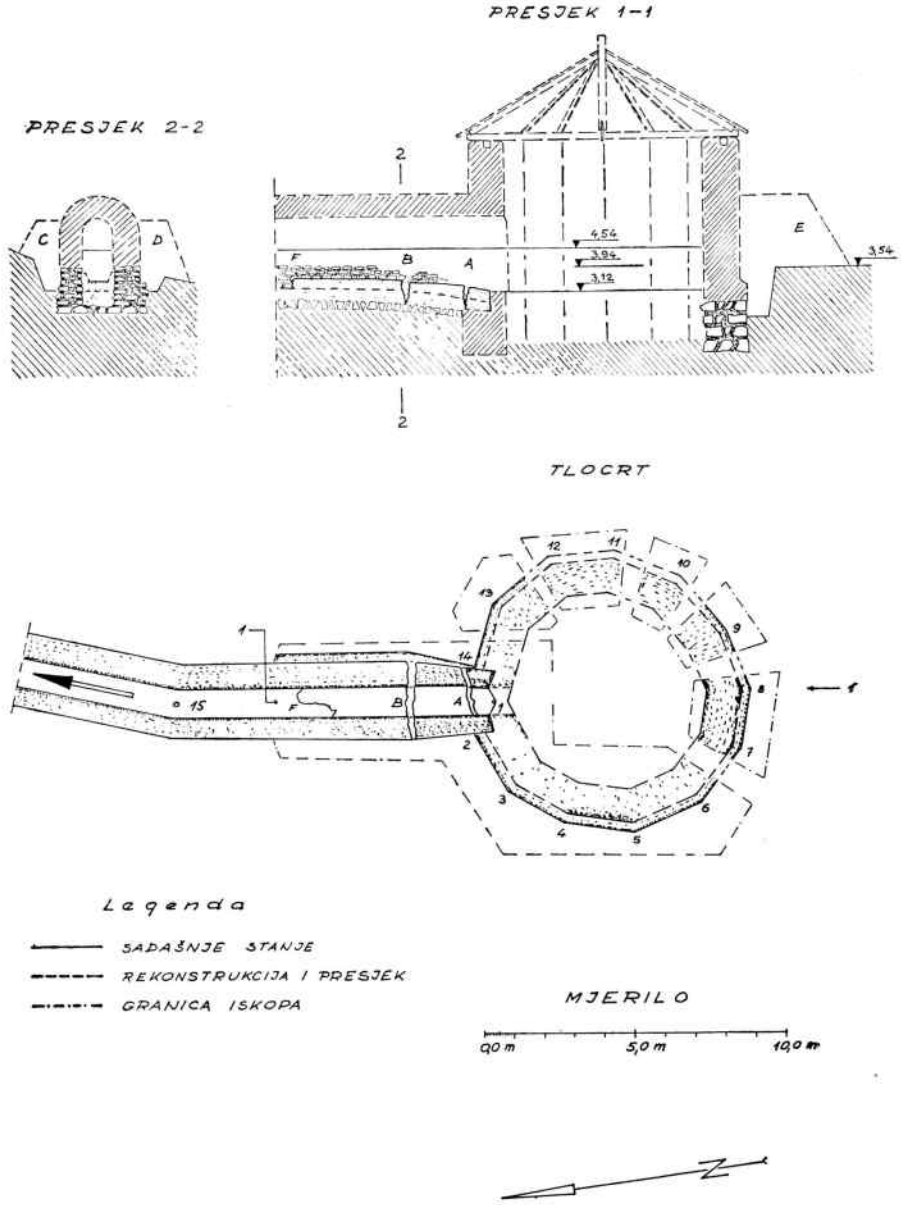
[26] Definicija pojma »akvedukt« razno je shvaćena, vidi o tome Đ. Solovljev, o. c.; M. Šeper, o. c.; S. Gvozdanović, o. c.

Samo je izvorište bilo obzidano snažnom konstrukcijom poligonalnog oblika kojoj vanjski promjer iznosi 960 cm, i koja je u temelju široka 140 cm, vidi sl. 3. i 11. Prvo su otkriveni uglovi perimetralnog zida od broja 2 do 6. Dalje se nije moglo napredovati obilaznom kružnom sondom zbog nadiranja podzemnih voda, stoga je praćenje poligona nastavljeno manjim odvojenim sondama. Iduća je sonda pružala podatak o širini temeljne konstrukcije, koja između otkrivenih uglova 7 i 8 iznosi 140 cm, dok je iduća sonda dala ugao označen brojem 9. Treća po redu odvojena sonda, u kojoj je trebalo da se pokaže pretpostavljeni ugao 10, nije mogla biti dovršena, jer je na dubini od jednoga metra iznenada probila snažna voda, koja je u veoma kratkom vremenu ispunila sondu do uobičajene razine podzemne vode. Isti je slučaj bio i sa četvrtom odvojenom sondom, u kojoj su se trebali pokazati pretpostavljeni uglovi poligonalnog bedema označeni brojevima 11 i 12. U posljednjoj se sondi uspjelo uz krajnje napore uporednim kopanjem i primitivnim izbacivanjem podzemne vode fiksirati veoma važan ugao 13, od kojeg je bedem na dubini od gotovo 140 cm bilo moguće pratiti do izvorišnog ugla 14 koji označava spajanje izvorišnog poligona s glavnim kanalom. U istoj se sondi uspjelo utvrditi i orijentaciju stranice 13 — 12, što je od značenja za tlocrtnu rekonstrukciju poligona. Od ukupno trinaest uglova koji su, kako se smatra, formirali izvorišni poligon, otkriveno ih je deset. Ostala tri u nizu označena brojevima 10, 11 i 12 rekonstruirana su na osnovi prosječne dužine stranice poligona koja u temelju iznosi oko 225 cm. Iz ovoga slijedi da je izvorišni poligon bio formiran od dvanaest stranica.[27]

Samo između poligonskih tačaka 5 i 6 zatečen je posljednji ostatak zidnog podnožja (sokla) obrađenog u obliku kosine, kojoj širina plašta iznosi 30 cm i koja je nagnuta pod kutom od 18 stepeni, vidi tlocrt i prosjek 1—1 na sl. 3. i sl. 10. Ovaj podatak dozvoljava da se luči temeljna konstrukcija opisana kao numerirani poligon s uglovima od 2 do 14, od malo uvučenog također poligonalno formiranog zida širokog 112 cm. Već je na prvi pogled uočljivo da je tlocrtna realizacija izvorišnog poligona nepravilna. Stranice nisu jednakih dužina, a ugao 8 se ne nalazi na uzdužnoj osi koja prolazi tačkama 1 i 15, koje su smještene u sredini glavnoga kanala.

Na izvorišni se poligon nadovezuje GLAVNI KANAL, kojeg je početak na sl. 3. označen brojem 1, i kojim je voda otjecala do dvojnih ustava, vidi sl. 12. Spoj glavnoga kanala s izvorišnim poligonom osobit je stoga što je početak dna kanala isturen u vidu tupog ugla i što se širina bočnih zidova kanala, idući od izvorišta prema ustavama, postepeno povećava, dajući im u dužini od oko 3 metra klinasti oblik.

[27] O formiranju izvorišta up.: Vitruvije, o. c., knj. VIII, str. 183; J. Birebent, o. c., str. 23, 77 i 447; E. Samesreuther, o. c., str. 81; A. Grenier, o. c., str. 215; P. E. Arias, Locri, Scavi archeologici in contrada Caruso-Polisà, Notizie degli scavi di antichità, Roma 1947, vol. VII, str. 138.



Sl. 3. Izvorišni poligon s glavnim kanalom

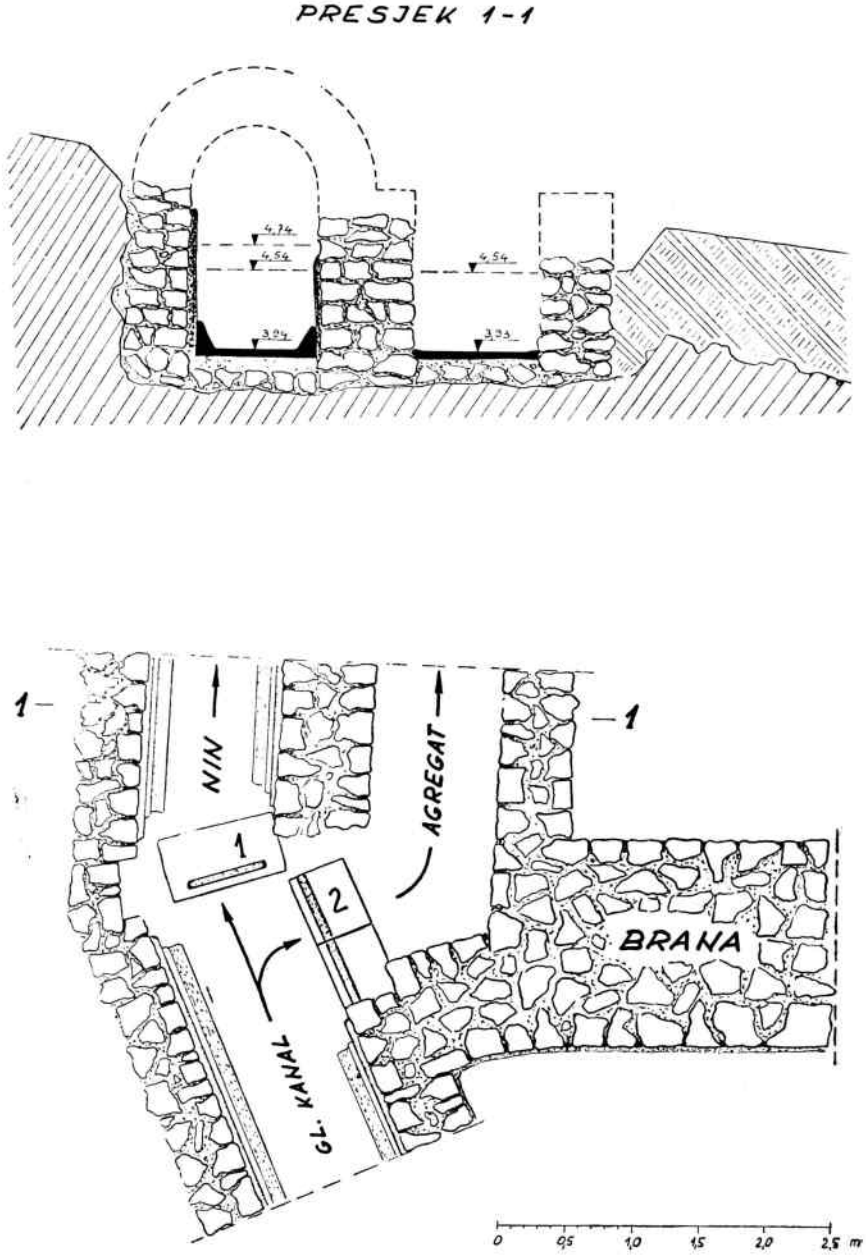
Širina lijevog zida glavnoga kanala, koja na položaju B iznosi oko 70 cm, polako se smanjuje, da bi u usječenim mjestima pored ustave iznosila svega oko 40 cm. Tome je razlog vjerojatno taj što je dio trase pored ustave već znatno usječen u živu stijenu koja je pružala pouzdan oslonac protiv bočnih hidrodinamičnih pritisaka izazvanih protokom i visinom vode u glavnome kanalu. Stari su graditelji akvedukata ovu pojavu dobro poznavali iz prakse i o njoj pri dimenzioniranju vodili računa.[28] Desni zid glavnoga kanala znatno je širi i na položaju B iznosi 90 cm. I ovaj se zid, idući prema dvojnim ustavama, postepeno suzuje na svega 60 cm širine. Razmak između zidova glavnoga kanala iznosi na početku (kod tačke 1) 94 cm, kod B je proširen na 103 cm, a na završetku kod brane širina iznosi 112 cm (računajući između hidraulične oplate koja se sačuvala na zidovima), što je ujedno i najveća izmjerena širina kanala ninskog akvedukta. Početak desnog zida glavnoga kanala počiva na širem temelju, koji je također građen u obliku klina, što je vidljivo na tlocrtu i presjeku 2—2, na sl 3.

U karakteristike glavnoga kanala treba spomenuti i dvije raspukline. Prva, na tlocrtu označena s A, ide malo ukoso i široka je oko 15 cm, i druga, označena s B, okomita je na glavnu os kanala, mjestimice široka i do 36 cm. Ove se raspukline nalaze na položaju mlađeg i sekundarno izgrađenog dna kanala koji se sačuvao od tačke 1 do oznake F. Ispod ovog 22 cm debelog namaza nalazi se stariji i originalan hidraulični kanal sa skošenim stijenama pri dnu, koje su mjestimice sačuvale originalan oblik i visinu od oko 20 cm. Pored ovog nesumljivog dokaza o održavanju i kasnijoj reparaturi glavnoga kanala. treba spomenuti njegovu osobitost, koja samo na prvi pogled izgleda nelogična. Početna je tačka 1 glavnoga kanala za 78 cm niža od visine dna kanala kod dvojnih ustava. Stoga, jer se glavni kanal idući od izvorišnog poligona uzdiže, on po svojim visinskim karakteristikama kao i po smjeru protoka vode nije gravitacioni.

Pored ovoga treba spomenuti još jedan podatak koji nije specifičan samo za glavni kanal nego i za cjelokupnu izgradnju ninskog vodovoda. Rimski su graditelji rješavali promjenu smjera trase akvedukta ne kružno ili nekom drugom krivuljom nego poligonalno, što je evidentno i kod glavnoga kanala, kojim između izvorišnog poligona i dvojih ustava ima u tački 15 kutno skretanje od 13 stepeni, vidi sl. 2. i 3.

Od kraja glavnoga kanala, a ujedno i od dvojnih ustava, pruža se gotovo poprijeko doline masivna zidana konstrukcija B, koja kao BRANA obilazi u luku izvorišni poligon, vidi sl. 2, 4, 9, 13. i 14. Cjelovito istraživanje ove konstrukcije nije bilo moguće obaviti skromnim sredstvima koja su bila na raspolaganju, zbog lošeg stanja ostataka brane, koji su se na položaju B već nalazili ne samo ispod zemlje nego i ispod razine stalno prisutne podzemne vode. Osobita je i njezina dimenzija. Kod dvojnih ustava širina brane je najveća i iznosi 162 cm.

[28] Vitruvije, o. c., knj. VIII, str. 183.



Sl. 4. Dvojne ustave, brana i počeci gravitacionih kanala

Na položaju sonde S_3 širina je smanjena na 158 cm, a njezini ostaci na desnoj obali Miljašić-jaruge imaju širinu od svega 115 cm, vidi sl. 9. Ostaci ove konstrukcije na desnoj obali potoka nalaze se ujedno i za 55 cm ispod nivelete dna kanala kod dvojnih ustava.[29]

Kao važan podatak za razmatranje namjene ove konstrukcije treba istaći da je južno lice zida brane, ono koje je okrenuto prema izvorišnom poligonu, bilo zaštićeno s oko 3 cm debelim slojem hidraulične žbuke. Stratigrafija je pokazala da se ispod 50 cm debelog sloja nastalog stoljetnom akumulacijom humusa nalazi oko 12 cm debeo sloj kamena razne granulacije i oblika. U razini ovoga sloja nalaze se uglavnom i najviše sačuvani ostaci brane. Ispod ovoga sloja počiva na južnoj strani brane uglavnom čista glina, dok je uz sjevernu stranu, do dubine od jednoga metra, konstatiran samo humus. Još treba napomenuti da je to dosad jedina poznata konstrukcija ninskog akvedukta koja nije bila poligonalno riješena.

Kod dvojnih ustava račva se glavni kanal u dva dijela, vidi sl. 2, 4. i 6. Jednim je kanalom otjecala voda u Nin, a drugim, koji je bio izgrađen paralelno u dužini od oko 100 metara, dolazila je voda do nekog uređaja ili mehaničke naprave (agregata), koji je za svoj rad koristio dinamičnu snagu vode.[30] Usmjeravanje vodenog toka koji je dolazio glavnim kanalom bilo je moguće podešavati pomoću dvojnih ustava. Ustavom broj 1 zatvarao se protok vode za Nin, što se prakticiralo iz najmanje dva razloga: kad se htjelo cjelokupnu vodenu masu usmjeriti drugim kanalom na agregat, kao i pri raznim intervencijama i popravcima koji su u vezi s redovitim održavanjem, čišćenjem a ponekad i reparaturom na vodovodnoj konstrukciji. Od ustave broj 1 sačuvana je in situ kamena ploča izrađena od bijelog vapnenca, dugačka 87 cm, široka 48 cm, a koja je ugrađena u razini dna kanala. Na gornjoj je strani te ploče, a na razmaku od 7,2 cm od njezina brida, uklesan zatvoreni žljeb širok 5 cm i dubok 3 cm. U taj je žlijeb ulazio donji dio vertikalno pokretne vratnice od ustave. Pored ustave broj 1, na mjestu gdje kanal skreće udesno pod kutom od 20 stepeni, oblikovan je u lijevom zidu kanala vertikalni utor, jednako visok kao i sačuvana visina kanala na tome mjestu (105 cm), širok 42 cm i dubok 15 cm, vidi sl. 4, 12, 13, 14. i 16.

Od ustave broj 2, koja je služila reguliranju protoka vode do agregata, ostala je također in situ kamena ploča, koja nije monolitna nego

[29] Za brane u sklopu izvorišnog kompleksa ili kao zaštita od erozionog djelovanja up.: J. Birebent, o. c., str. 147; Z. Kos, Rimske hidrotehničke građevine u Libiji, Građevinar br. 6, Zagreb 1965, str. 217.

[30] Za ustave i račvanje odvodnih kanala up. Vitruvije, o. c., knj. VIII, str. 182; A. Grenier, o. c., str. 33 i 98; Th. Ashby, o. c. Aquae Marcia et Claudia i Fig. 7, Aqua Anio Novus sl. 27; E. Samesreuther, o. c., str. 76, sl. 26; B. Saria, Die römische Wasserleitung von Neviudunum, Serta Hiffilleriana, str. 255; G. Ucelli, Le navi di Nemi, Roma 1927, str. 24. M. Groller, Römische Wasserleitung, Bericht des Vereins Carnuntum in Wien, Wien 1902, str. 117.

izrađena iz dva dijela. Jer se južni dio te ploče nalazi pod zidom glavnoga kanala, njezine izmjerljive dimenzije iznose: dužina 104,5 cm, širina 45 cm. Uklesani žlijeb nije bio zatvoren nego na oba kraja otvoren i na razdaljini od 7,2 cm od brida ploče. Širina žlijeba iznosi 5,1 cm, dubina 3 cm.

Pažljivim posmatranjem lako je uočiti da se i ovdje uz desnu stranu ustave broj 2 nalazi sličan vertikalni utor kao i kod ustave broj 1, ali koji je oblikovan od dvije a ne od tri vertikalne plohe, stoga što zidna konstrukcija glavnoga kanala na tom mjestu skreće u smjeru brane pod kutom od 90 stepeni. Kako prikazuje sl. 15, i ova se kamena ploča nalazila u razini dna kanala.

b) Vodovodna konstrukcija (akvedukt)

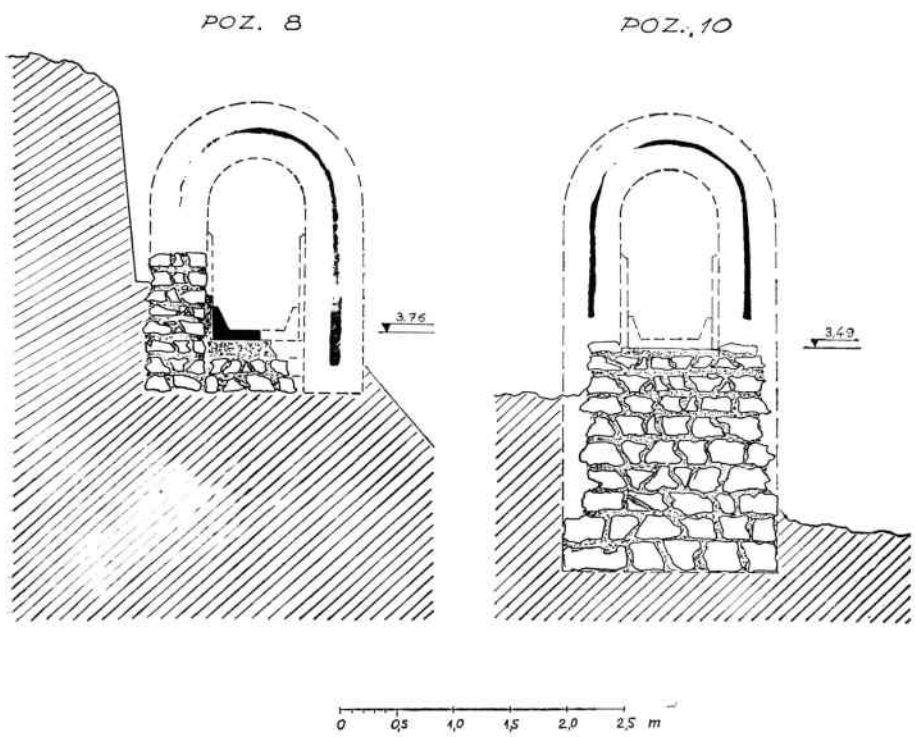
Budući da su boljkovačko vrelo koristila dva nezavisna potrošača, od kojih se jedan nalazi na samom Boljkovcu, a drugi obuhvaća gradsko područje staroga Nina, to je i distribucija vodene mase morala biti riješena preko dvojnih ustava, s dva odvojena i nezavisna gravitaciona kanala.

Za lijevi gravitacioni kanal, koji počima od ustave broj 1, treba spomenuti slijedeće karakteristike. Širina između zidova kanala iznosi od 80 do 88 cm, što praktički znači 3 rimske stope. Najbolje sačuvana visina vertikalnih stijena kanala nalazi se kod dvojnih ustava i iznosi 116 cm, što odgovara visini od 4 rimske stope. Iako je zračna udaljenost između izvorišta na Boljkovcu i Nina svega oko 3000 metara, stvarna dužina gravitacionog kanala na tome potezu iznosi 3600 metara. Očito je da je pri rješavanju lokacije trase akvedukta bila osnovna ideja da trasu treba uklopiti u konfiguraciju tla. Stoga se za ninski akvedukt može tvrditi da je u osnovi i većinom riješen kao »plitko ukopani kanal«. Primjena ovakva rješenja imala je za ovaj akvedukt barem jednu prednost, koja se sastojala u tome što su pribrežne strane kojima prolazi trasa nagnute k sjeveru, pa je takvo postavljanje trase bilo ujedno i rješenje od pretjerane insolacije.[31] Kako izgleda u praksi takvo rješavanje trase, donosi presjek 1—1 na sl. 4, iz kojeg se vidi da je konstrukcija dvostrukih kanala na Boljkovcu ukopana u živu stijenu. Pozicija 8 na sl. 5. donosi to isto rješenje s tom razlikom da je vodovodna konstrukcija bila ukopana u aluvijalne obronke od gline.

Zbog primjene plitko ukopanog kanala vodovodna je konstrukcija morala slijediti izohipse i konfiguraciju tla, pa otuda i često skretanje smjera pružanja kanala, što je, kako je već spomenuto, bilo riješeno ne u krivulji nego uvijek poligonalno. A to je slijedeća karakteristika ninskog akvedukta.

[31] O problemu zaštite akvedukata od insolacije v. Vitruvije, o. c., knj. VIII, str. 182.

Jedino je na poziciji »Kneževa vrta« trasa akvedukta morala presjeći malu dolinu. Stari su graditelji odbacili primjenu podvoda (sifona), pa je stoga trebalo izgraditi nosivu konstrukciju koja će zadržati kontinuirani pad vodovodnog kanala. A to nije bilo riješeno elegantnim arkadama kao kod Dioklecijanova vodovoda nego »punim zidom kao visokim nosačem« na kojem je tek kasnije bio izgrađen gravitacioni kanal, vidi poziciju 10 na sl. 5. i 20. Puni zid kao visoki



Sl. 5. Presjek trase akvedukta na poziciji 8. i 10.

nosač bio je postavljen i na poziciji 11 i 12. Tlo je ovdje na domaku Nina već sasma nisko pa je trebalo izgraditi nosivu konstrukciju koja će zadržati niveletu vodenog toka, pogotovo ako se htjelo rješavati distribuciju vode unutar grada pomoću zatvorenih cijevi, tj. pod tlakom.[32]

[32] O konstrukciji punog zida kao visokog nosača up. A. Grenier, o. c., str. 218; u kombinaciji s arkadama up. Th. Ashby, o. c. presjek konstrukcije na str. 118.

Pri utvrđivanju lokacije trase akvedukta bila je obraćena posebna pažnja na ona mjesta povrh kojih se nalaze vododerine. Htjelo se doznati na koji je način bila riješena zaštita od erozivne snage bujičnih voda kojima se na njihovu prirodnom toku popriječila trasa akvedukta, kao na primjer na poziciji 3 i 4. Ali nigdje traga nekom vodopropustu.

Za konstrukciju desnog gravitacionog kanala treba reći da je ona od strane rimskih graditelja bila zamišljena u sklopu jedinstvenog hidrotehničkog projekta na Boljkovcu. Stoga oba kanala teku paralelno, razdvojena zajedničkim međuzidom širokim 74 cm, vidi presjek 1—1 na sl. 4. Iz istoga je razloga i niveleta u oba kanala praktički jednaka. Da je ovome kanalu bilo posvećeno manje pažnje pokazuju ne samo ostaci dna koji su u veoma lošem stanju, a djelomice i sasma propali, nego i svako pomanjkanje ostataka hidraulične žbuke na vertikalnim stijenama. Razlika je ne samo u dužini nego i u profilu, koji je jednostavan i pravougaon s rasponom između zidova od 94 cm. Treba dodati da je taj kanal bio poslije sekundarno pregrađen primitivnim nasipom od lomljenog kamena i zemlje koji se nalazio na položaju poprečnog presjeka 1—1, što je vidljivo i na sl. 16.[33]

c) Završne konstrukcije i instalacije

Istraživanje antičkih akvedukata dobiva svoj puni smisao samo ako se može odgovoriti na pitanje gdje se nalazio glavni kaptažni rezervoar intra urbis, kolika je bila njegova zapremina, te na koji je način bila izvedena i do kojih mjesta gradska vodovodna mreža. Dosad nisu bila poduzeta arheološka istraživanja koja bi trebala da rasvijetle ovu nepoznanicu, a stručna literatura o tome šuti. Stoga se očekuje da će se i ovome problemu posvetiti odgovarajuća pažnja u okviru ekipnog istraživanja Nina, koje je započelo u 1968. godini.

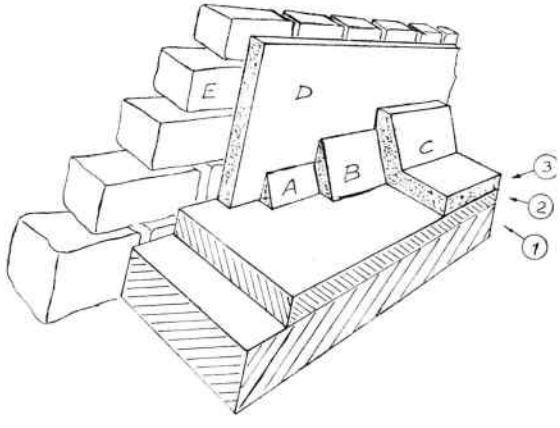
Tehnika izgradnje

Kao osnovni materijal za izgradnju ninskog vodovoda služio je kamen koji se vadio iz najmanje dva mjesta i u neposrednoj blizini same vodovodne trase. Jedan se kamenolom nalazio na samom Boljkovcu, na sl. 2. označen s K_1, a drugi se kamenolom K_2 nalazio povrh sonde 3, vidi sl. 1. Neizvjesno je da li su tragovi vađenja kamena pored staroga puta koji je prolazio pored tumulusa Materiza u smjeru Ninskih Stanova u vezi s izgradnjom ninskog akvedukta. Taj isti kamen služio je i za pravljenje vapna. Pretpostavlja se da je ostatak kružne zidane konstrukcije na Boljkovcu, na sl. 2 označen slovom V,

[33] Za konstrukciju duplih kanala up. E. Samesreuther, o. c., str. 119, 120; A. Grenier, o. c., str. 78; Th. Ashby, o. c., Aquae Marcia — Tepula — Iulia u tri nivoa, Fig. 15, str. 139 i Tab. VIII na str. 160.

ostatak jedne takve vapnenice.[34] Ostali materijal kao pijesak i šljunak u izobilju su nudile i danas poznate ninske plaže. Uz to treba spomenuti i ulomke rimskih tegula koji su služili pri oblikovanju i reparaturi hidrauličnog žlijeba kanala.

Temeljne su konstrukcije izvedene različito. Na izvorišnom su poligonu formirane od velikih pritesanih blokova, što je vjerovatno u vezi s nekad snažnom izvorskom vodom, koju je pri gradnji trebalo svladati. Sondažni radovi na gravitacionim kanalima daju uglavnom jednoličnu sliku. Oni su većinom oblikovani na taj način da su u prokop bila u malti sazidana dva međusobom paralelna zida na rasto-



Sl. 6. Šematski prikaz konstrukcije gravitacionog kanala za Nin

janju od tri rimske stope, upotrebom pritesanog lomljenjaka neujednačene veličine i oblika. Dosljedno se provodilo zidanje na redove, što prikazuju sve priložene ilustracije. Ako je trasa bila riješena kao plitko ukopani kanal, zidovi su imali većinom samo po jedno lice, ono kojim se formirao kanal. Između zidova kanala postavio se prvo temeljni sloj, na sl. 6. označen brojem 1. koji se sastoji od neujednačena lomljenjaka u malti. Na tu je osnovu dolazio nivelacioni od-

[34] Up. H. Maionica, Neueste Grabungs-Ergebnisse aus Aquileja, Mittheilungen d. k. k. C. — Com. f. Kunst — u. hist. Denkmale, Wien 1898, str. 45.

nosno korekcioni sloj od šljunka, sitnog kamenja i ciglenih otpadaka pomiješanih u malti, na sl. 6. označeno s 2. Nakon toga oblagali su se zidovi kanala E slojem veoma fine i oko 3 cm debele hidrauličnе žbuke D, koja zbog primjese sitno tucane cigle ima ciglasto-crvenu boju.[35]

Formiranje kanala pomoću dva paralelna i među sobom konstruktivno nepovezana zida bilo je pouzdano samo pri postavljanju trase u mirni kamenjar. Uklapanje tako građenih kanala u nestabilno glinovito tlo koje klizi i reagira na vlagu moralo je dovoditi do prskanja i odvajanja u spoju zida sa dnom kanala.[36] Da se o tome vodilo računa, ukazuje i ninski akvedukt. Nakon postave nivelacionog sloja 2 i blokiranja stijena kanala hidrauličnom žbukom D, spojni je ugao bio prvo premazan čistom hidrauličnom žbukom A. Zatim su se na tu svježu ugaonu žbuku postavili ulomci kamena ili tegula, koji su popunili a ujedno donekle i formirali osnovu za hidrauličan žlijeb C. Ovaj se postavljao posljednji i bio je izrađen od najbolje i veoma zaglađene hidrauličnе žbuke.

Razlika u izgradnji vodovodne konstrukcije bila je samo na pozicijama 10, 11 i 12, gdje je prvo bila postavljena substrukcija za visoki nosač, na koju je na već spomenuti način bio formiran gravitacioni kanal.

Nivelman

Područje Nina još uvijek nije pokriveno geodetskim reperima, zbog čega se pri niveliranju ninskog akvedukta moralo poći od relativne visine. Da bi se razlika između relativne i apsolutne visine svela na minimum, za relativnu je nulu uzeta srednja razina mora koja je fiksirana kao relativan reper na živu stijenu nedaleko južnog ninskog mosta. Od te je tačke potegnut otvoreni nivelmanski poligon sve do Progona na Boljkovcu, s odabranim tačkama na koje su vezani manji nivelmanski potezi do određenih punktova na samom akveduktu. Priložena tabela daje rezultate najvažnijih visina ninskog akvedukta, dok se ostale visine za područje Boljkovca mogu zaključiti iz geodetskog snimka, koji donosi sl. 2.

[35] Razne izvedbe i konstrukcije kanala u A. Grenier, o. c., str. 30, 50, 127; L. Blondel, Chronique des decouvertes archéologiques dans le canton de Genève en 1960—1961, str. 3; R. Laur-Belart, Führer durch Augusta Raurica, Basel 1966, 4. Aufg., str. 147 i sl. 111. i 112.

[36] Kao poseban primjer statičkog rješavanja akvedukata u nestabilnu tlu vidi E. Samesreuther, o. c., str. 100.

Redni broj	Pozicija	Relativna visina u metrima
1	Početak dna glavnog kanala, na sl. 2. tačka 1	3,16
2	Pozicija 2, v. sl. 1. (dno kanala)	3,87
3	Pozicija 3 (dno kanala)	3,80
4	Pozicija 4 (dno kanala)	3,82
5	Pozicija 5 (oštećeno dno kanala)	3,77
6	Pozicija 6 (oštećeno dno kanala)	3,75
7	Pozicija 7 (dno kanala)	3,79
8	Pozicija 8 (dno kanala)	3,76
9	Pozicija 9 (dno kanala)	3,74
10	Pozicija 10 (substrukcija s tragovima dna kanala)	3,49
11	Pozicija 11 (substrukcija s tragovima dna kanala)	3,50
12	Pozicija 12 (veoma oštećena substrukcija)	1,15
13	Razina podzemne vode kod izvorišnog poligona	3,12
14	Razina Velikog jezera	3,06
15	Dno ustave broj 1, vidi sl. 4.	3,94

Nivelmanski su podaci neočekivani. Prije svega, glavni kanal ne samo da nema pad u smjeru otjecanja vode nego je njegov početak na mjestu priključka na izvorišni poligon za 78 cm niži od dna kanala kod dvojnih ustava. Da se glavni kanal ne može smatrati integralnim dijelom odvodne gravitacione konstrukcije, ukazuje ne samo to što ima kontrapad nego što je njegov početak za 60 cm niži od dna kanala na poziciji 9, koja je već na domaku Nina.

Idući nivelmanski podatak također zbunjuje. Visina dna kanala kod dvojnih ustava, kao najviša tačka a ujedno i početak gravitacionog kanala za Nin, za svega je 20 cm viša od dna kanala na poziciji 9 (3,94 m prema 3,74 m). I to na razdaljini od 2600 metara. Ovakav »pad« od svega oko 0,08 promila, daje čitavoj trasi praktički horizontalan položaj.[37] Situacija je nešto povoljnija ako se kao osnova za računanje pada uzme razdaljina između dvojnih ustava i pozicije 11, gdje je sačuvana ne samo originalna visina zidnog nosača nego i tragovi formiranja gravitacionog kanala. Sigurnih podataka nema, ali se neće mnogo pogriješiti ako se pretpostavi da se dno samoga kanala nalazilo za svega oko 10 cm povrh zidane substrukcije, uz pretpostavku da nije bilo potrebno podmetati korekcioni nivelmanski sloj 2, vidi poziciju 10 na sl. 5. Visina substrukcije na poziciji 11 iznosi 3,50 metara, a pretpostavljena visina kanala na tom mjestu oko 3,60 m. Na osnovu toga bio bi pad nešto veći, ali još uvijek 0,95 promila.

Treba spomenuti da ovakvo posmatranje stvara djelomice pogrešan zaključak, koji počiva isključivo na visinskim diferencijama različitih pozicija dna kanala. Odnosi se mijenjaju ako se uzme u obzir da je u kanalima protjecala voda, koja na svim pozicijama nije imala jednaku visinu. Ostaci kanala kod dvojnih ustava sa sačuvanom hidra-

[37] Prema normama savremenog graditeljstva, otvorenim se kanalima daje pad od najmanje 5—7 promil da bi se izbjeglo taloženje.

uličnom žbukom u visini od preko jednoga metra nedvojbeno ukazuju na visoki nivo vode u početku gravitacionog kanala. Sigurno je da ova razina nije mogla biti sačuvana na čitavu potezu do Nina, ne samo zbog momenta trenja nego i zbog sukcesivnog opadanja brzine vodenog toka do kojega je moralo doći zbog česte promjene smjera gravitacionog kanala. A ovo se moralo odraziti ne samo na sve slabije punjenje kanala nego i na smanjenje nivoa vode u njemu.

Visinski podaci drugog gravitacionog kanala na njegovoj dužini od svega 100 metara daju praktički isti pad od 0,077 promila.

Treći nivelmanski podatak zbunjuje više od prethodna dva. Na mjestu gdje je nekoč postojalo snažno boljkovačko vrelo, koje je snabdijevalo vodom ne samo stare Enonce nego i neke industrijske pogone, nema više nikakvih površinskih tragova, osim ako se izuzmu žbunovi sike koji pokrivaju znatan dio boljkovačkih livada. Tragovi toga vrela ipak su ostali, ali se na njih naišlo na dubini od oko 1 metra pri otkrivanju substrukcije izvorišnog poligona. Ta snažna voda koja je odjedno izbila tokom zemljanih radova začas je ispunila pojedine sonde i time onemogućila da se sa skromnim sredstvima istraži čitav poligon. Razina te podzemne vode iznosi 3,12 metara, što je za 82 cm niže od dna kanala kod dvojnih ustava. A ovaj podatak već sam po sebi ima snagu dokaza kako se hidrografska situacija na Boljkovcu izmijenila. Da je na tom mjestu nekoč postojalo izvorište, ne začuđuje toliko koliko nivelmanski podatak da je potencijalna razina nekadašnjeg izvorišta bila početkom carstva za oko 142 cm viša od današnje (82 cm do ustave i oko 60 cm visine vode u kanalu). Tome još treba dodati da je sadašnja razina Velikog jezera za 6 cm niža od podzemne vode na izvorišnom poligonu.

Kapacitet

Postoje dva osnovna načina pomoću kojih je moguće doznati propusnu moć (kapacitet) nekog kanala. Prvi je empirički i svodi se na aktiviranje kanala i mjerenje brzine protoka vode u njemu. Takav bi eksperiment bio vjerodostojan za čitavu vodovodnu trasu samo u koliko bi hidrotehnički faktori na mjerenoj dionici bili zajednički i opći za čitavu trasu akvedukta.

Drugi je teoretski, koji količinu protoka vode u jedinici vremena Q shvaća kao zavisnu funkciju ovih dvaju faktora: površine presjeka vodenog toka F i srednje brzine kretanja vodene mase v. Stoga opći oblik ove jednadžbe glasi:

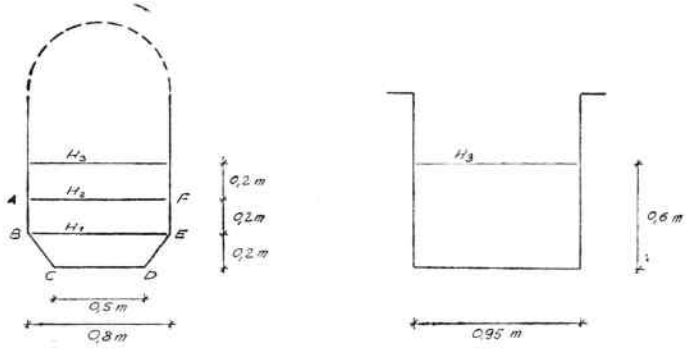
$$Q = F \cdot v$$

Kao što pokazuje sl. 7, do podatka F je lako doći, jer on ovisi o konkretnom obliku presjeka kanala i visini vode u njemu. Teže je izračunati brzinu v, jer je ona funkcija veoma složenih faktora. Da bi se izbjeglo teoretiziranje, mi ćemo pri izračunavanju kapaciteta ninskog

akvedukta demonstrirati praktičnu primjenu potrebnih obrazaca, dajući ujedno i redoslijed računskih operacija kojih se treba pridr žavati.[38]

a) Gravitacioni kanal Boljkovac—Nin

Na sl. 7 kotiran je profil kanala sa srednjom širinom dna od 0,5 metara i rasponom vertikalnih stijena od 0,8 metara. To je učinjeno zato što se osrednji raspon od oko 0,86 metara smanjuje za debljinu hidraulične žbuke.



Sl. 8. Kotirani profil kanala za agregat
Sl. 7. Kotirani profil kanala za Nin

Tokom sondiranja gravitacionog kanala za Nin bila je posvećena naročita pažnja otkrivanju eventualnih tragova nekadašnje razine vode, a koji nastaju na biokemijskoj osnovi kao i od erozivnog djelovanja vode. Na žalost, posmatranja nisu mogla otkriti bilo kakav određeni trag, vjerovatno zato što je lice hidraulične žbuke već sasvim propalo, naročito na većim visinama kao u kanalu kod dvojnih ustava. Kako nema čvrsta oslonca za nekadašnju osrednju razinu vodenog toka, označene su na slici 7 tri različite visine. Najniža H_1 smještena je na vrhu kosih završetaka dna kanala i najviša H_3 koja se nalazi

[38] Up. R. Broz, Kanalizacija gradova, naselja, tvornica i usamljenih zgrada, Beograd 1950, str. 99.

0,6 metara povrh dna kanala. Između ove dvije visine odabrana je srednja H_2 stoga što se pretpostavlja da visina vode od 0,6 metara nije mogla biti sačuvana u gravitacionom kanalu sve do Nina, jer trasa nije linearna nego poligonalna. A iznenadno, a ne postepeno, skretanje vodenog toga smanjivalo je ne samo brzinu nego, kako se pretpostavlja, i razinu vode u kanalu.

Polazeći od ove osnove, osrednja površina presjeka vodenog toka $F = \frac{0{,}8\text{ m} + 0{,}5\text{ m}}{2} \cdot 0{,}2\text{ m} + 0{,}8\text{ m} \times 0{,}2\text{ m} = 0{,}29\text{ m}^2$. Dužina omočenog opsega $O = 1{,}4$ m (to je otvoreni poligon na sl. 7 označen s ABCDEF). Iz ovih se podataka izračuna hidraulični radijus $R = \frac{F}{O} = \frac{0{,}29\text{ m}^2}{1{,}40\text{ m}} = 0{,}207$ m.[39] Kao osnova za izračunavanje pada uzeta je visinska razlika od 0,20 metara između dvojnih ustava i sačuvanog dna kanala na poziciji 9. Slijedi da je pad $I = \frac{0{,}20\text{ m}}{2600\text{ m}} = 0{,}000077$, što iznosi svega 0,077 promila (!).

Tek se na osnovu gore izračunatih vrijednosti može izraziti otpor trenja C.[40] Mi smo se odlučili za tzv. »veliku« Kutter-Ganguilletovu formulu stoga što je ona već korištena pri izračunavanju kapaciteta mlađeg salonitanskog akvedukta,[41] kao i zato da bi poređenje kapaciteta ostalih akvedukata u Dalmaciji polazilo s iste računske osnove:[42]

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} = \frac{23 + \frac{1}{0{,}0208} + \frac{0{,}00155}{0{,}000077}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{0{,}000077}\right)\frac{0{,}0208}{\sqrt{0{,}207}}} = 30{,}3$$

Ako se dobivene vrijednosti uvrste u formulu za izračunavanje brzine protoka vode v, tada:

$v = C \cdot \sqrt{R\,I} = 30{,}3 \cdot \sqrt{0{,}207 \quad 0{,}000077} = 0{,}12$ metara na sekundu.

I konačno tek dobiveni podaci dozvoljavaju da se izrazi veličina maksimalnog kapaciteta ninskog akvedukta:

$$Q_1 = F \cdot v = 0{,}29\text{ m}^2 \cdot 0{,}12\text{ m/sek} = 0{,}035\text{ m}^3\text{/sekundu}$$

što iznosi 35 litara na sekundu ili oko 3,000.000 litara na dan. Uzevši bez komentara pretpostavku M. Suića da je antički Nin imao oko

[39] Sve mjere treba unašati u metrima.

[40] R. Broz, o. c., str. 102—105, daje pregled ukupno dvanaest različitih formula za izračunavanje momenta trenja C.

[41] W. Gerber, o. c., str. 140.

[42] Veličina »n« u donjoj formuli ovisi o gradnji i zaglađenosti stijena kanala. Kod W. Gerbera ona iznosi 0,0208, pa je stoga i mi koristimo. Kod R. Broza ona je znatno veća i iznosi 0,13.



Sl. 11. Spoj glavnog kanala s izvorišnim poligonom



Sl. 12. Pogled na glavni kanal kod dvojnih ustava



Sl. 13. Panorama izvorišta, gl. kanala, dvojnih ustava i brane



Sl. 14. Ostatak brane uz desnu obalu Miljačić jaruge



Sl. 15. Vertikalni ustav u lijevom kanalu kod ustave 1



Sl. 16. Počeci gravitacionih kanala



Sl. 17. Situacija oba gravitaciona kanala na Boljkovcu



Sl. 18. Zid Z u spoju s desnim kanalom



Sl. 19. Pozicija 9 na Curkovoj ogradi



Sl. 20. Pozicija 10 na Kneževom vrtu



10.000 stanovnika, to bi prosječna potrošnja po glavi iznosila oko 300 l/dan, što je slučajna podudarnost s proračunom W. Gerbera koju je on izveo za Salonu.[43]

b) Gravitacioni kanal za agregat

Na sl. 8 dat je profil i dimenzije toga kanala. Polazeći od iste razine vode u kanalu, od H_3 površina presjeka vodenog toka F = 0,57 m², dužina omočenog opsega O = 2,15 m, iz čega slijedi hidraulični radijus R = 0,265 m. Pad je u kanalu isti kao i za Nin te iznosi I = 0,000077. Kad se ove vrijednosti uvrste u Kutter-Ganguilletovu formulu za izračunavanje trenja C, tada C = 33,5, a brzina protoka vode u kanalu v = 0,20 metara na sekudnu. Na osnovu datih vrijednosti slijedi da je maksimalni kapacitet drugog gravitacionog kanala:

$$Q_2 = F \cdot v = 0{,}57\ m^2 \cdot 0{,}20\ m/sek = 0{,}114\ m^3/sekundu$$

Ovo je važan podatak koji treba da posluži kao oslonac za indirektan zaključak o jačini, vrsti i nekadašnjoj namjeni pretpostavljenog antičkog agregata na Boljkovcu. Veći poprečni presjek i srazmjerno tome veći kapacitet ovoga kanala pouzdana je osnova za pretpostavku da taj kanal nije bio izgrađen za npr. javno pojilo nego za trasport većih količina vode do nekog agregata.[44]

Datiranje

Vjerojatno je u povodu dovršenja izgradnje ninskog akvedukta, a ujedno i iz počasti prema caru ili nekoj veoma uglednoj rimskoj obitelji, koji su običavali financirati izgradnju tako skupih projekata, bila isklesana i prigodna spomen-ploča.[45] Epigrafika još nije registrirala takav nalaz, pa stoga ne postoji osnova za apsolutno datiranje ninskog akvedukta.

Većinu ostataka antičke materijalne kulture moguće je datirati po njihovim tipološkim ili nekim drugim karakteristikama. Za akvedukte to još nije riješeno. Razlog je tome što su antički hidrotehnički projekti veoma malobrojni i što su bili realizirani strogo funkcionalno, pa stoga većinom lišeni arhitektonskih elemenata koji redovito registriraju likovni stil i kompoziciju svoga vremena. Projektiranje i realizacija morali su biti podređeni i prirodnim faktorima kao što su lokacija izvorišta prema naselju, konfiguraciji i vrsti tla. A ti su činioci, pored ostalog, davali takvim objektima pečat osebujnosti i

[43] W. Gerber, o. c., str. 140.

[44] Za konstrukciju raznih vodenih agregata up. Vitruvije, o. c., knj. 10, str. 218.

[45] Za zadarski akvedukt up. CIL III 2909 = 9983, za akvedukte staroga Rima up. Frontin, De aquaeductibus Urbis Romae, éd. Nisard, 1852; Th. Ashby, o. c., str. 10. i d.

neponovljivosti. Ipak bi trebalo pokušati da se, na osnovu raznolikosti konstruktivnih rješenja i građevinskih oblika kao i primjene građevinske tehnike, koji na neki način ipak odražavaju višestoljetni razvoj rimskog hidrotehničkog iskustva, nađe pouzdana osnova ne samo za tipološku diferencijaciju rimskih akvedukata nego i za njihov kronološki razvoj.

Ako se pri posrednu datiranju pođe od još nedovoljno poznatih historijskih okvira, može se pouzdano pretpostaviti da Aenona nije bila u stanju da izradi vlastiti akvedukt prije nego je i formalno stekla konstituciju i civitet, dakle u prvoj polovini 1. stoljeća.[46] Izgradnju ninskog akvedukta treba posmatrati i kao odraz konsolidacije novonastalih političkih prilika, a posebno sa stanovišta ekonomske stabilizacije i prosperiteta. O tome se, istina, malo zna, ali se ne može očekivati da je Aenona stekla takvu stabilizaciju i prosperitet odmah nakon stjecanja municipaliteta. Stoga se pretpostavlja da izgradnja ninskog akvedukta kao jednog od ne baš prioritetnih građevinskih zadataka, nije mogla uslijediti prije druge polovine 1. stoljeća. Terenska istraživanja nisu naišla na tegule s natpisima legija koje su se inače običavale angažirati u izgradnji akvedukata, niti su nađeni ostaci terrae sigillatae, što se inače koristi pri indirektnu datiranju rimskih akvedukata,[47] ali je na Boljkovcu, u samom kanalu za Nin, bio zatečen republički denar iz 72. godine stare ere, uveden u numizmatički katalog Arheološkog muzeja u Zadru pod inv. brojem 203:

Av. Poprsje Marsa u kacigi s pogledom u desno i s kopljem na ramenu. Preko obraza udarena je kontramarka od koje su zbog izlizanosti novca ostala nejasna slova V i Z (?).

Rv. CN. LENTVL (Cnaeus Lentulus). U jednoj ruci Viktorija drži vijenac, a u drugoj dvopreg koji galopira u desno.[48]

Ovaj nalaz nije vrijedan samo za numizmatičare zbog izuzetno rijetkih egzemplara rimskog novca s kontramarkom nego i za nas, jer je prema E. Babelonu kontramarka udarena za vrijeme cara Vespazijana (69—79). Stoga bi preliminarno datiranje ninskog vodovoda trebalo staviti u drugu polovicu 1. stoljeća, uzimajući revalorizaciju republičkog denara Gn. Lentula u doba Vespazijana kao terminus prije kojega izgradnju ninskog akvedukta ne bi trebalo očekivati. Istraživanje takvih objekata tek je u toku pa se možemo nadati da će se kasnije o tome moći reći nešto određenije.

[46] M. Suić, Nin, Problemi arheoloških istraživanja, Zadar 1968, str. 38.
[47] Up. E. Samesreuther, o. c., str. 79. i 127.
[48] E. Babelon, Description historique et chronologique des monnaies de la Republique Romaine, Paris 1885, str. 415, pod br. 50.

Rekonstrukcija, zaključci i problematika

Izmijenjena je hidrografska situacija ostavila akvedukt na »suhom« i više ga nije moguće aktivirati kao što bi se, na primjer, mogao aktivirati napušteni salonitanski akvedukt, ili kao što je 1879. god. obnovljen Dioklecijanov vodovod koji i danas funkcionira na isti način i služi istoj svrsi koju je imao u doba antike. Stoga je potrebno prije bilo kakvih rekonstrukcija i zaključaka pokušati otkriti nekadašnju potencijalnu razinu nestalog izvora.[49] To je centralni problem o kojem ovisi ne samo rekonstrukcija i kapacitet nego i tumačenje funkcija nekih građevinskih oblika unutar izvorišnog kompleksa.

Sadašnja je razina podzemne vode na mjestu nekadašnjeg poligona za 82 cm niža od dna kanala kod dvojnih ustava (3,94 m : 3,12 m). Sačuvani ostaci hidraulične žbuke na istom mjestu dozvoljavaju pretpostavku da se razina vode u početku gravitacionog kanala nalazila u visini od preko jednog metra, iz čega bi slijedilo da je potencijalna razina izvorišne vode mogla eventualno doseći visinu od 4,94 m (3,12 m + 0,82 m + 1,00 m), koju bi visinu trebalo smatrati kao maksimalnu. Pri izračunavanju kapaciteta ona je aproksimirana na 4,54 m, stoga će ta visina poslužiti kao polazna tačka u daljim razmatranjima. Bilo bi zabluda smatrati da je time ovaj problem riješen, ali je potrebno upozoriti da ima indicija koje ukazuju da razinu vode u kanalu nije moguće spustiti mnogo niže. Prije svega, prisustvo nekog agregata na Boljkovcu koji ne bi mogao funkcionirati na niskom vodostaju, a između ustave broj 2 i tog postrojenja se ne nalazi, niti se može očekivati da se na tako malenoj razdaljini mogao nalaziti akumulacioni bazen koji bi kompenzirao nedovoljan kapacitet izvora.

Rekonstrukcija izvorišnog poligona svodi se na problem visine. Ona je morala sezati najmanje do visine svoda glavnoga kanala, zbog čega otpada pretpostavka da je izvorište bilo zaštićeno samo niskim parapetom.[50] Og ovog je minimuma visina zidova poligona podignuta za više od jednog metra, jer se izvorište nalazi u koritu veoma snažnih bujičnih voda, koje su ovdje redovita godišnja pojava, a koje dosežu visinu preko 4,00 metara po našem nivelmanu. Kao zaštita od direktnog udara bujice predviđa se blokada izvorišne konstrukcije i glavnoga kanala umjetnim nasipom od gline i kamena, koji je ujedno služio i kao primitivna kontrafora protiv unutarnjih pritisaka od izvorišne vode. Idejna skica ovih nasipa, koji imaju djelomičnu potvrdu i u stratigrafskoj situaciji oko poligona, data je na presjecima 1—1 i 2—2 na sl. 3. i označena je slovima C, D i E. Da li je poligon bio otvoren ili odozgo zaštićen nekim piramidalnim krovom, kako to prikazuje rekonstrukcija, sporedno je pitanje.

[49] Pod pojmom potencijalne razine izvorske vode podrazumijeva se ona maksimalna razina do koje bi se voda podigla u blokiranu i obzidanu izvoru. Ako bi se takav opit napravio na području bivšeg izvora, rezultat ne bi imao nikakav efekat.

[50] Up. A. Grenier, o. c., str. 215; J. Birebent, o. c., str. 23, 77. i 447.

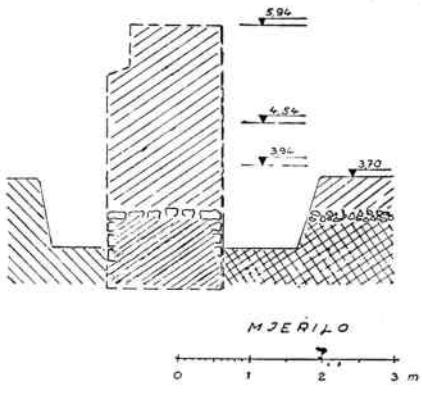
U okviru nivelmanskih i rekonstrukcionih međuodnosa treba uočiti da se na mjestu nekadašnjeg poligona nalazilo ako ne i jedino a ono svakako nekoć glavno i najjače vrelo na Boljkovcu. Prije izgradnje vodvoda iz njega je otjecala voda na sličan način, a vjerovatno i u istoj razini kao i danas iz Velikog jezera. Stoga je trebalo riješiti dva veoma važna zadatka. Prvi se odnosi na forsirano podizanje razine izvorišne vode radi povećanja pada i dovođenja vode u Aenonu na što je moguće višu razinu, što je bilo riješeno visokim obzidavanjem i blokadom izvorišta. Ovakvo je rješenje omogućilo ujedno i zaštitu čitave dovodne konstrukcije, koju je stoga bilo moguće izgraditi na višim pribrežnim stranama Miljašić-jaruge i time je zaštititi od plavljenja, razaranja i zagađenosti bujičnih voda. Stoga treba smatrati da je glavni kanal imao samo jednu funkciju: da umjetno podignutu razinu izvorske vode u horizontali sprovede do početka gravitacionog kanala. To bi bio dosad prvi podatak ovakva rješavanja hidrotehničkih problema, a ujedno vrijedna eksplikacija rimske vještine i snalaženja.

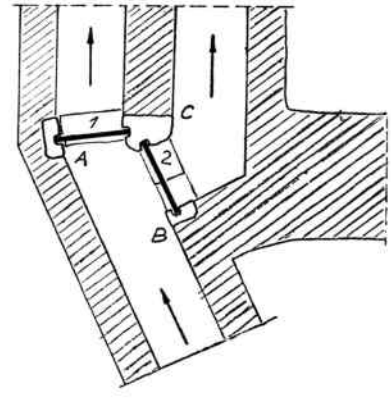
U sklopu izvorišnog kompleksa poseban je problem brana B. Istraženi dio njezine substrukcije isključuje pretpostavku da je njezina namjena bila da pregradi Miljašić-jarugu, koja je na ovom dijelu najuža. Ona nije bila sagrađena od suprotnih obronaka brda »Brigi«, nego je u luku zaobilazila izvorište. Zbog nejasnoće koju nameću njezini ostaci pored desne obale potoka(zacrnjeno), postavljena je u pravcu južnog zida sonda S_4. Nisu nađene substrukcije, ali se na relativnoj dubini od 110 cm naišlo na tamnozelenu glinastu masu s primjesama kamena, fragmente tegula i maltu. Neistraženost ove konstrukcije ne dozvoljava stvaranje sigurnijih zaključaka, ali se naslućuje da je njezina osnovna namjena bila u nekoj vezi sa zaštitom i blokadom izvorišta.

Istočni ostaci izvorišnog poligona označeni brojevima 9, 10 i 13 niži su za oko 1 metar od ostataka brane kod sonde S_3, unatoč tome što su udaljeniji od korita potoka. Ovaj nivelmanski podatak dozvoljava i drugu pretpostavku. Umjetno podignuta razina izvorišne vode stvarala je povećani pritisak u prirodnim podzemnim tokovima, koji je možda imao za posljedicu nekontrolirano otjecanje vode s vanjske strane poligona kroz novonastala izvorišta. A to se moralo odraziti na opadanje nivoa vode unutar poligona i prijetilo je da počeci gravitacionih kanala ostanu na suhom.[51] Uključujući u razmatranje i ovaj momenat, možda bi u masivnoj zidanoj konstrukciji B trebalo uočiti novosagrađeni ili adaptirani izvorišni poligon, koji je uz glavni izvor obuhvaćao i sve kasnije nastale periferne izvore. U ovakvoj bi konstelaciji ova sekundarno izgrađena konstrukcija imala ujedno i funkciju akumulacionog jezera, što bi se moglo povezati sa sistemom: ustava 2—kanal—agregat. Na to ukazuju relativno visoko sačuvani

[51] S istim se problemom susreće i savremeno graditeljstvo pri izgradnji akumulacionih jezera za hidroelektrane.

ostaci brane kod dvojnih ustava, zatim hidraulična žbuka kojom je ova konstrukcija bila zaštićena s unutarnje strane i rješavanje promjene smjera u krivulji (lučno), a ne kao dosad poligonalno. Ova pretpostavka daje djelomičan odgovor zašto je ova teška konstrukcija u tlocrtu dosta nepravilna oblika, vidi situaciju i rekonstrukciju brane B na sl. 2 i 9. Značajna je i u narodu sačuvana uspomena na blatnu i neprohodnu baru, tzv. »Bajino jezero«, koje se po predaji nalazilo na području koje opasuje brana B, kao i reminiscencija sačuvana u hidronimu Veliko »jezero«. U ovom bi vrelu trebalo prepoznati snagu i kapacitet onog istog podzemnog toka koji je nekoč izbijao na mjestu izvorišnog poligona, a kasnije se, iz razloga koji naša razmatranja samo periferno dotiču, premjestio 50 metara istočnije. Kad se ovo





Sl. 9. *Sl. 10.*

Sl. 9. Presjek brane kod sonde S_2
Sl. 10. Tlocrtna rekonstrukcija dvostrukih ustava

dogodilo, nije moguće pouzdano utvrditi, ali je izgradnja srednjovjekovne mlinice M_1 na samoj trasi ninskog akvedukta pouzdan oslonac da se ova dislokacija odigrala u postantičko doba.

Pri rješavanju rekonstrukcije dvojnih ustava nema u biti većih problema, jer je jasan način kako su one funkcionirale. Takve su se naprave u gotovo neizmjenjenu kontinuitetu sačuvale sve do danas. Iz skice koju prikazuje sl. 10. vidljiva je tlocrtna rekonstrukcija. U vertikalnom utoru A nalazio se kameni uzidani dovratnik, koji je na strani kanala bio užlijebljen. Sličan se dovratnik nalazio i uz desnu stranu ustave 2, na položaju B. Treći je kameni dovratnik morao biti

užlijebljen na dvije strane, jer je bio zajednički za obje ustave. Tačan položaj svakog od četiri žlijeba vertikalnih dovratnika određuju kamene, također užlijebljene, ploče 1 i 2, koje se još nalaze na originalnu mjestu. Uklesani su žljebovi služili kao vodilice za drvene vratnice pomoću kojih se podešavao ili potpuno zatvarao protok vode u određenom smjeru. Ova je konstrukcija služila ujedno i kao statički oslonac protiv bočnih hidrodinamičnih pritisaka koji su se prenosili preko vertikalne vratice. Treba pretpostaviti da su sva tri užlijebljena dovratnika bila odozgo povezana horizontalnim gredama koje su ukrućivale sistem, a ujedno služile za fiksiranje podignute vratnice.

Nivelmanski podaci o ninskom akveduktu traže odgovor na brojna pitanja na koja smo ovdje pokušali djelomice odgovoriti. Poseban je problem pad ninskog akvedukta koji iznosi svega

$$0{,}0077 \text{ promila} = \frac{1}{13.000}.$$ [52]

Vitruvije ističe da minimalni pad ne bi smio biti manji od 2,5 promil, što je za 32 puta više (!).[53] Srazmjerno se to odrazilo na kapacitet vodovoda, što je tek djelomice kompenzirano većim poprečnim presjekom akvedukta.[54] Ako se obrati pažnja na iznivelirane punktove vodovodne trase, zapaža se da je akvedukt bio izgrađen s veoma izjednačenim padom. A to je još jedan primjer vještine rimskih graditelja i geodeta. Ovakav nivelman nameće pitanje s kakvim je geodetskim priborom ovo bilo obavljeno Vitruvije ističe da je u njegovo vrijeme, u doba cara Augusta, horobat bio najprecizniji geodetski instrument.[55] Nije ovo mjesto za analizu geodetskih i mjernih kvaliteta ove dobro poznate sprave. Jedino bi napomenuo da se ovakvim instrumentom, s obzirom na toleranciju njegovih grešaka, ova preciznost ne bi mogla ni u kojem slučaju postići.

Praktički, horizontalno postavljena dovoda konstrukcija ninskog vodovoda, s minimalnim i veoma ujednačenim padom, prvorazredna je indikacija i podatak za izučavanje geoloških tektonika i njihovih posljedica. Posmatranja nivelmanskih podataka okom nestručnjaka nisu mogla da otkriju, od dvojnih ustava do pozicije 9, bilo kakva tektonska poremećenja. Drugačija je situacija na poziciji glavnoga kanala. Tu su istaknute dvije pukotine A i B, koje su, po svemu sudeći, nastale propadanjem tla na području izvorišnog poligona. Treba zapaziti da su lomovi nastali pošto je izvršena reparatura glavnoga kanala. kojom je prilikom dno kanala bilo podignuto za oko 22 cm.

[52] Prema navodu Đ. Solovljeva, o. c., str. 71, u ovakvim se kanalima dopušta pad i od 1 : 10.000, kod ninskog je akvedukta pad 1 : 13.000.

[53] Vitruvije, o. c., str. 182.

[54] Iako salonitanski akvedukt ima praktički isti presjek zbog većeg pada kapacitet je četiri puta veći.

[55] O antičkoj geodeziji i nivelmanskim instrumentima up. Vitruvije, o. c., knj. VIII, str.181; A. Grenier, o. c., str. 27; Th. Ashby, o. c., str. 34.

Jer je ninski akvedukt veoma propao, njegovi oskudni ostaci više ne pružaju jasnu sliku kako je izgledao puni profil dovodne konstrukcije. Poznato je da su dovodni kanali mogli biti otvoreni i da su se, naročito kasnije, odozgo zatvarali.[56] Stratigrafija je u kanalu uvijek pružala istu sliku: ulomci građevinskog kamena s maltom i poneki ulomak tegule. S obzirom na doba kad se smatra da je ovaj akvedukt bio izgrađen, pretpostavlja se da je na čitavoj trasi bio odozgo zatvoren. Odsustvo ulomaka velikih kamenih ploča ukazuje da je konstrukcija bila odozgo zaštićena polukružnim svodom, kao što to prikazuju svi ovdje rekonstruirani presjeci.[57] Od ovoga se odstupilo samo pri rekonstrukciji drugog gravitacionog kanala, koji radi njegove namjene i nije trebalo pokrivati, vidi presjek 1—1 na sl. 4.

U okviru iznalaženja građevinskih oblika koji su bili korišteni u izgradnji ninskog akvedukta, nije se ulazilo u to kako je bila riješena trasa vodovoda od naše tačke 12 do ulaska u grad, jer ovaj dio trase nije dosad terenski istražen. Do melioracije Miljašić-jaruge (1903—1909) ovuda je tekao potok »Ričina«, koji se nedaleko Donjeg mosta ulijeva u more. Ovo pitanje nije u vezi samo s historijskim razvojem komunikacija i urbanizma staroga Nina nego i s hidrografskom genezom ninskog okoliša, koja je u toliko složenija što je nastala djelovanjem ne samo fluvijalnih i maritimnih nego i eolskih erozivnih faktora. L. Jelić tvrdi da je Nin kao poluotok (rtina) bio prije povezan s kopnom sa svoje južne strane.[58] Ako se uzme u obzir da je razina mora bila početkom nove ere najmanje 2 metra niža od sadašnje, kao i da je more oko Nina veoma plitko, onda ovakva pretpostavka ima svoje puno opravdanje. Ali pitanje s koje je strane bilo naselje povezano s kopnom, trebalo bi ostaviti otvoreno. Stratigrafija, posmatrana arheološki i geološki, dala bi na ovo pitanje siguran odgovor. Neka pomoć u rješavanju toga pitanja možda bi bila činjenica da se poznata i ljekovita ninska blata pretežno nalaze zapadno od Nina, uz Privlački poluotok. Geneza ovakvih morskih blata dobro je poznata, a ovaj podatak pruža neki oslonac za pretpostavku da se potopljeno korito Ričine nalazi zapadno od Nina. U ovom je kontekstu vrijedna pažnje pretpostavka M. Suića da se u antičko doba pristupalo Ninu s južne strane preko mosta i da je možda mostna konstrukcija poslužila

[56] Za razna rješenja pokrivanja kanala up. R. Cagnat V. Chpot, o. c., str. 108; A. Grenier, o. c., str. 30, 50, 127; Th. Ashby, o. c., Fig, 6. na str. 97; J. Gerhards, Dreissig Jahre ehrenamtlicher Pfleger für kulturgeschichtliche Bodendenkmäler im Kreis Düren, Rheinische Heimatpflege, III 1966, str. 232; N. Degrassi, Avanzi dell'acquedotto romano in Brescia, Notizie degli scavi, Roma 1941 (XIX), str. 322.

[57] Akvedukt Salone bio je pokriven vertikalnim kamenim pločama, W. Gerber, o. c., str. 145, sl. 257.

[58] L. Jelić, Spomenici grada Nina, Vjesnik hrvatskog arheološkog društva, n. s. IV, Zagreb 1900, str. 2.

ujedno kao nosač gravitacionog kanala.[59] Ovo bi se pitanje moglo povezati s izuzetno vrijednim epigrafičkim spomenikom koji je nađen nedaleko Nina, a koji govori o izgradnji mosta.[60] Jer, ako se Ričina ulijevala u more zapadno od Nina, a ovu pretpostavku usvaja i M. Suić, onda ostaje otvoreno pitanje da li se natpis odnosi na južni ili istočni most, ali uz pretpostavku da je Aenona bila u antici sa svih strana blokirana vodom. Ako je Aenona bila poluotok, vezana za kopno svojom istočnom stranom, natpis bi bio u vezi s izgradnjom južnoga mosta. Pored iznijetih pretpostavki treba uzeti u obzir da je natpis veoma ran, i da je pri izgradnji ninskih antičkih mostova, ukoliko su bili dva, nesumnjivo bila prioritetnija izgradnja južnog mosta, koji je bio sastavni dio magistralne komunikacije prema Jaderu. Sigurno je i to da je magistralni most bio izgrađen prije ninskog akvedukta i da su ta dva građevinska zadataka bila rješavana odvojeno i u različito vrijeme. Konačno, ostaci akvedukta na poziciji 12 ne pružaju bilo kakvu potvrdu da je konstrukcija akvedukta bila uklopljena u konstrukciju mosta, kojeg se položaj i nije trebalo da nalazi nasuprot glavnih rimskih vrata. Uz pretpostavku da je stara Aenona bila s južne strane blokirana Ričinom, prijelaz akvedukta preko ove vodene prepreke bio je riješen ili pomoću sifona izgrađena od masivne olovne cijevi ili pomoću vlastite mostne konstrukcije s arkadama.

[59] M. Suić, Nin, str. 45.
[60] M. Suić, Novi antikni epigrafički spomenik u Ninu, Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku sv. LII, Split 1950, str. 53.

Summary

The introductory part of the article offers a partly survey of various different architectural forms and localities illustrating the problem of water supply on the territory of our country in the antique. Then the author dwells on the location of a 4 km. long track of aqueduct in respect of the hydrographic and geographic position of Nin (Aenonae) and its environs (Fig. 1). The track of the aqueduct in the isohypse follows the configuration of the terrain, while the change of the direction of the aqueduct was not solved arc-like but polygonally (Figs. 2, 4, 5).

When studying the architectural forms and constructions it was established that the site of source was solved in a complex manner. This was due not only to the existence of two mutually independet consumers who availed themselves of the source water, but also to the hydrographic specifics of the source and the insufficient difference in height between it and the town (Fig. 2). Source I was walled-in by a massive polygonal construction which possessed twelve sides (Figs. 3 and 11). From the source polygon the water flowed as far as the double sluice U through the Main Canal G. K. (Fig. 12). From the double sluice U (Fig. 4, 10) there spreads over the stream valley a massive built construction B which encircles arc-like the source polygon (Figs. 2, 4, 13, 14, 19).

The main Canal branches off near the dam into two parts (Figs. 15, 16). Through the right-hand gravitation canal along a length of about 100 m. the water flowed as far as a kind of aggregate (Figs. 17, 18). The vertical walls of this canal were built desultorily and without a hydraulic coating, traces of which are to be found only on the bottom of the canal. To the left-hand canal more attention was paid, to which fact testify not only the technique of the construction of the vertical walls which had been coated over by a hydraulic mortar reddish in colour but likewise the shaping of the bottom of the canal (Figs. 4—8). The track of this canal was mostly solved as a »shallowly dug canal«, with the exception at positions 10, 11 and 12. where the gravitation canal lies on a »full-sized wall as a high carrier«, which was built instead of »arcades« as a substructure for the maintenance of continual gradient of the canal (Figs. 5, 20). The whole structure was built of hewn crack stone which was bound with mortar and deposited in rows.

Nivelmans' data are unexpacted. The Main Canal which connects the source with the double sluice has a counter-gradient with a height difference of 78 cm. The drop in the left-hand gravitation canal amounts over a distance of 2600 m. to a mere 0,20 m., which bestows upon the whole waterpipe construction a practically horizontal position with a gradient of but 0,000077 or $\frac{1}{13.000}$. The third date of Nivelman shows that the present level of the subterranean water at the site of the one-time source is by 82 cm. lower than the bottom of the canal near the double sluice, that is to say by at least 142 cm. lower than the one-time potential level of the source.

The friction moment »C« was calculated according to the so-called »great« Formula of Kutter-Ganguillet. For the basis were taken the dimensions of the transversal section of the canal and the height of the water in it amounting to 60 cm. The capacity of the left-hand canal for Nin amounted to about 35 lit./sec., and the capacity of the right-hand canal for the aggregate to circa 114 lit./sec. These capacities would have to be taken as the maximal ones.

Investigations of these structures are in progress, so that as yet it is impossible to date with any certainty the aqueducts on the teritory of the one-time Roman Province of Dalmatia only on the basis of differences in the construction, techniques of building and the architectural shapes. It is believed that the Nin Aqueduct could not have been constructed before the middle of the first century A. D., and Aenona had also formally acquired its constitution and civic rights. It is assumed that this aqueduct was constructed later, which is indirectly shown by a finding of Republican denar Gn. Lentula with a counter-mark which was struck during the period of the Emperor Vespasian (69—79 A. D.).

In the interpretation of the Aqueduct of Nin main problem is in what manner it functioned. On the solution of this question depend not only its reconstruction and capacity but also the interpretation of the functions of a number of architectural forms. It is assumed that because of the insufficient difference in height between the source and the town of Nin (3,94 m : 3,00 m) the source site was blocked by a massive construction which served to raise at this site the level of the source water. This at the same time would solve the problem of protection of the Aqueduct, which it was possible to construct on the raised sides and protect against torrents.

It is assumed that such an architectural solution had the consequence of uncontrolled flowing away of the soruce waters from the outer sector of the polygon, and that for this reason there was adapted or later on constructed the massive structure B, which would encircle the site of source, creating in this way an artificial accummulation lake. This assumption is linked with the system : Sluice No. 2 — left-hand gravitation canal — aggregate.