

Vodoopskrba na otocima u Hrvatskoj

Fabijanić, Toni

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:329023>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI

Toni Fabijanić

VODOOPSKRBA NA OTOCIMA U HRVATSKOJ

Završni rad

Rijeka, 2019.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI

Preddiplomski sveučilišni studij Građevinarstvo
Osnove hidrotehnike

Toni Fabijanić
JMBAG: 0114027867

VODOOPSKRBA NA OTOCIMA U HRVATSKOJ

Završni rad

Rijeka, rujan 2019.

VODOOPSKRBA NA OTOCIMA U HRVATSKOJ
WATERSUPPLY ON ISLANDS IN CROATIA

Student: Toni Fabijanić

Mentorica: prof.dr.sc. Barbara Karleuša dipl.ing.građ.

Preddiplomski sveučilišni studij Građevinarstvo

Osnove hidrotehnike

Sažetak rada:

U završnom radu analizirana je vodoopskrba na otocima u Hrvatskoj (izvori vode za piće, postupci kondicioniranja, cijene vode i sl.). Kao primjer vodoopskrbe otoka detaljnije je obrađen vodoopskrbni sustav otoka Paga uključujući i kondicioniranje vode za piće. Najveći problem svih hrvatskih otoka je taj što u ljetnim mjesecima ima mnogo više potrošača nego što je to slučaj u zimskom razdoblju pa je i potreba za pitkom vodom mnogo veća ljeti nego zimi.

Abstract:

In graduation work was analyzed watersupply on islands in Croatia (drinking water sources, conditioning procedures, water prices and etc.). The watersupply system of the island of Pag including the conditioning of drinking water is analyzed in more detail as an example of watersupply on islands. The biggest problem of all Croatian islands is that there are many more consumers in the summer than in the winter, so the need for drinking water is much greater in summer than in winter.

Ključne riječi:

Vodoopskrba, otoci, kondicioniranje, desalinizacija, cijena vode

Key words:

Watersupply, islands, conditioning, desalination, water prices

SADRŽAJ

POPIS TABLICA	2
POPIS SLIKA	2
1. UVOD.....	4
2. VODOOPSKRBNI SUSTAVI.....	5
3. JADRANSKO VODNO PODRUČJE.....	6
4. NAČINI VODOOPSKRBE NA OTOCIMA	8
4.1. Vodovodom i brodovima s kopna.....	8
4.2. Kišnica	9
4.3. Načini kondicioniranja vode	11
4.4. Problematika kakvoće i cijena vode	15
4.5. Desalinizacija.....	16
5. VODOOPSKRBA OTOKA U HRVATSKOJ	20
5.1. Vodni resursi otoka u Hrvatskoj	20
5.2. Raspoložive i potrebne količine vode na otocima u Hrvatskoj.....	21
5.3. Usporedba vodoopskrbe na otocima u Hrvatskoj	22
6. PRIMJER VODOOPSKRBE PAGA	25
6.1. Cjevovod s kopna.....	28
6.2. Postrojenje za desalinizaciju boćate vode.....	31
6.3. Crpilište „Vrčići“	37
7. ZAKLJUČAK.....	40
8. LITERATURA I IZVORI	42

POPIS TABLICA

Tablica 1: Površine vodnih područja [2]	6
Tablica 2: Mikrobiološka svojstva vode za piće [9]	15
Tablica 3: Usporedba vodoopskrbnih sustava otoka u Hrvatskoj [10,19,20,21,22,23,24]..	23
Tablica 4: Stanje vodoopskrbnog sustava na području grada Paga [19]	25
Tablica 5: Vodoopskrbne građevine na području grada Paga [19]	26
Tablica 6: Cijena vode za građanstvo na području grada Paga [26]	27
Tablica 7: Cijena vode za poslovni sektor na području grada Paga [26].....	27
Tablica 8: Dubine ugradnje crpki u zdencima [28]	39
Tablica 9: Usporedba vodoopskrbnog sustava Paga [19,27,28].....	39

POPIS SLIKA

Slika 1: Shema vodoopskrbnog sustava [1]	4
Slika 2: Karta vodnih područja [2]	6
Slika 3: Transport vode brodom [3]	7
Slika 4: Vodoopskrbna mreža Splitsko-dalmatinske županije [4]	8
Slika 5: Uređaj za filtriranje [5]	9
Slika 6: Podzemni spremnik vode [6]	10
Slika 7: Shema uređaja za kondicioniranje vode [7]	11
Slika 8: Horizontalni okrugli taložnik [1]	12
Slika 9: Shema gravitacijskog procjeđivanja [8]	13
Slika 10: Proces destilacije [12]	16
Slika 11: Proces sunčeve destilacije [13]	16
Slika 12: Proces povratne osmoze [14]	17
Slika 13: Ionska smola [15]	18

Slika 14: Hrvatski otoci [17]	19
Slika 15: Prikaz porasta potrošnje vode u ljetnim mjesecima na otoku Krku [18]	21
Slika 16: Cijena vode na Hrvatskim otocima [25]	23
Slika 17: Vrste izvora na Hrvatskim otocima [25]	23
Slika 18: Shema vodoopskrbnog sustava Paga [19]	26
Slika 19: Vodosprema Bačvica [25]	28
Slika 20: Postrojenje za preradu vode Hrmotine [25]	29
Slika 21: Postrojenje za desalinizaciju bočate vode [25]	32
Slika 22: Shema postrojenja za desalinizaciju bočate vode [25]	33
Slika 23: Uređaj za dezinfekciju putem UV zračenja [25]	34
Slika 24: Podaci iz desalinizatora [25]	36
Slika 25: Crpilište Vrčići na otoku Pagu [25]	37

1. UVOD

Zadatak ovog završnog rada je proučiti načine vodoopskrbe na otocima u Hrvatskoj. Najveći problem svakog pojedinog otoka je taj što su otoci uglavnom ograničeni resursima. Zbog krškog terena voda koja padne na površinu otoka uglavnom završi ili u moru ili ponire u zemlju gdje se skuplja u podzemnim spremnicima.

U radu će se navesti što se u prošlosti razmatralo kao varijante za osiguranje vode za piće i na koji način se u prošlosti vršila vodoopskrba na otoku Pagu. Također će se obraditi i trenutno stanje vodoopskrbnog sustava na otoku Pagu, kao i moguće varijante daljnjeg razvoja vodoopskrbnog sustava u budućnosti.

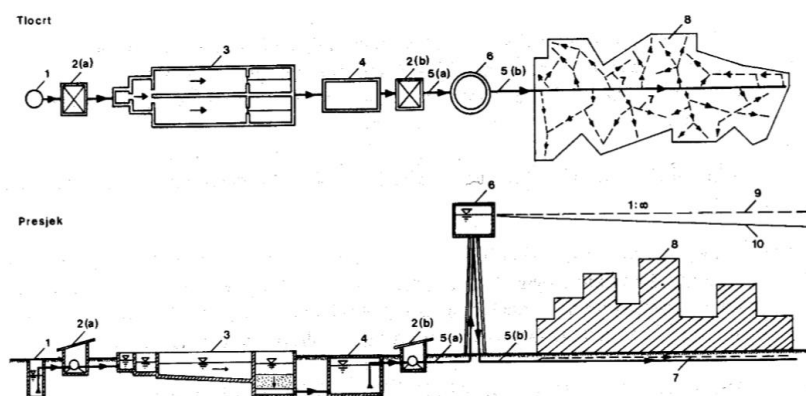
Da bi se razumjelo problematiku vodoopskrbnih sustava na otocima prvo treba znati ponešto o samim vodoopskrbnim sustavima, stoga će se u radu navesti osnovne stvari koje je potrebno razumjeti o vodoopskrbnom sustavu, načinima vodoopskrbe otoka i Jadranskom vodnom području kome pripadaju svi Hrvatski otoci.

Osvrtom na vodne resurse svih otoka u Hrvatskoj te uvidom na raspoložive i potrebne količine vode na otocima, kao i međusobnom usporedbom vodoopskrbnih sustava Hrvatskih otoka omogućiti će se kvalitetniji pristup sagledavanju prednosti i nedostataka vodoopskrbnog sustava na otoku Pagu.

2. VODOOPSKRBNI SUSTAVI

Vodoopskrbni sustav je skup mjera i objekata koji zajedno čine jednu funkcionalnu cjelinu, a osnovni cilj jednog sustava je osiguranje dovoljne količine pitke vode uz što manju potrošnju potrebnih resursa. Jedan vodoopskrbni sustav sastoji se od: vodozahvata ili kaptaze, crpne postaje, uređaja za kondicioniranje vode, vodospreme i vodovodne ili vodoopskrbne mreže koja može biti glavna (magistralna) ili razdjelna (distributivna). Za vodoopskrbu se nastoji uvijek koristiti, ako je to moguće, izvorsku vodu jer je nju moguće relativno jednostavno zahvatiti i visoke je zdravstvene kvalitete. Iz tog razloga se rade kaptaze izvora. [1]

Glavna mreža sastoji se od cjevovoda koji mogu biti: dovodni, opskrbni i dovodno-opskrbni. Vodoopskrbni sustavi razlikuju se po načinu dovođenja vode i dijele se na: gravitacijski, potisni i kombinirani. Gravitacijski vodoopskrbni sustav je takav sustav kod kojeg se tečenje vode događa zbog djelovanja sile teže. Potisni vodoopskrbni sustav je takav sustav kod kojeg se voda potiskuje direktno prema potrošačima, a primjenjuje se najčešće za manja naselja. Kombinirani vodoopskrbni sustav sastoji se od oba navedena sustava i on se najčešće primjenjuje.



Legenda:

1 -vodozahvat, 2(a) -(niskotlačna) crpna postaja, 2(b) -(visokotlačna) crpna postaja, 3 -uređaj za kondicioniranje vode, 4 -sabirni bazen, 5(a) -glavni dovodni cjevovod, 5(b) -glavni opskrbni cjevovod, 6 –vodosprema (vodotoranj), 7 -razdjelna mreža, 8 -potrošači, 9 -linija hidrostatičkog tlaka, 10 -linija hidrodinamičkog ili pogonskog tlaka

Slika 1: Shema vodoopskrbnog sustava [1]

3. JADRANSKO VODNO PODRUČJE

„Okvirnom direktivom o vodama, odnosno Zakonom o vodama (NN 153/2009), vodno područje (River Basin District) se definira kao površina kopna i mora koja se sastoji od jednog ili više riječnih slivova zajedno s njihovim pripadajućim podzemnim i priobalnim vodama, a koje je utvrđeno kao glavna jedinica za upravljanje riječnim slivovima.“ [2]

Na području Republike Hrvatske vodna područja dijele se na vodno područje rijeke Dunav i Jadransko vodno područje. Jadransko vodno područje sastoji se od površinskih i podzemnih voda, prijelazne vode i priobalne vode koje s dijela kopna Republike Hrvatske i otoka otječu u Jadransko more. Linija razgraničenja između Jadranskog vodnog područja i vodnog područja rijeke Dunav je prirodna razvodnica slivova Jadranskog mora i sliva Dunav. Ona je određena na temelju rezultata hidrogeoloških i hidroloških istraživanja, a odnosi se na podzemne i površinske vode. Morsku granicu Jadranskog vodnog područja predstavlja crta koja je u smjeru pučine udaljena jednu nautičku milju od kopna Republike Hrvatske i jednu nautičku milju od obale otoka koji nisu unutar polazne crte.

„Vodna područja imaju praktično jednake ukupne površine. Ipak, kopneni dio vodnog područja rijeke Dunav se proteže na 62%, dok jadransko vodno područje zauzima 38 % kopnene Hrvatske. Izvan vodnih područja je 20 % ukupnog teritorija Hrvatske, uglavnom teritorijalnog mora s nekoliko manjih otoka.“ [2] Površina vodnih područja prikazana je u tablici 1, a na slici 2 je prikazana karta vodnih područja.

Tablica 1: Površine vodnih područja [2]

POVRŠINE VODNIH PODRUČJA			
VODNO PODRUČJE			POVRŠINA (km ³)
Vodno područje rijeke Dunav	Kopno	35 127	35 127
Jadransko vodno područje	Kopno	21 462	35 267
	More	13 804	
Izvan vodnih područja	Kopno	4,49	17 679
	More	17 674	
UKUPNO HRVATSKA	Kopno	56 594	88 073
	More	31 479	



Slika 2: Karta vodnih područja [2]

4. NAČINI VODOOPSKRBE NA OTOCIMA

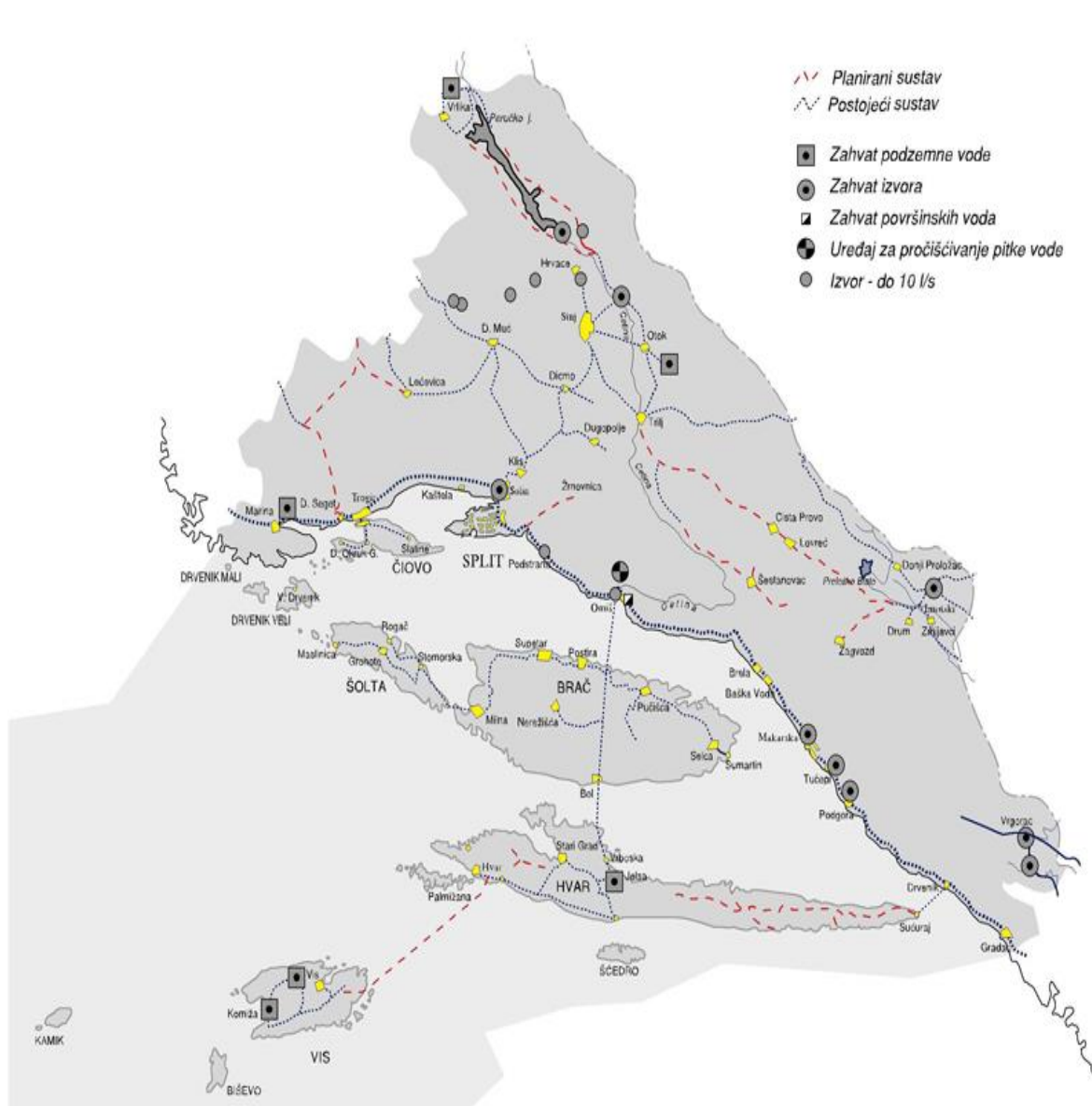
4.1. Vodovodom i brodovima s kopna

Transport vode koji se vrši cjevovodom ili brodovima (Slika 3) vezan je za nastajanje stakleničkih plinova i veliku potrošnju energije, a mogući su i poremećaji u slivu iz kojeg se vrši crpljenje pitke vode za opskrbu otoka.



Slika 3: Transport vode brodom [3]

Najveći otoci su povezani podmorskim cijevima na krške izvore na kopnu (Slika 4), a planirano je i daljnje širenje cjevovoda. Sagrađeni su magistralni dovodi, a nedostaje opskrba mreža samih otoka, te se javljaju veliki gubitci vode u sustavu zbog loše opremljenost komunalnih poduzeća koja gospodare vodoopskrbom. Ujedno je upitna sama ekonomičnost vodovodne mreže, čiji se kapacitet u zimskim mjesecima ne koristi više od desetine.



Slika 4 : Vodoopskrbna mreža Splitsko-dalmatinske županije [4]

4.2. Kišnica

Stanovništvo nekih otoka primorano je koristiti kišnicu kao izvor vode. U nezagađenim područjima nije potrebno posebno tretirati prikupljenu kišnicu, pogotovo ako se voda koristi za potrebe kućanstva ali ne i kao voda za piće. Vrlo malo područja nije zagađeno, a kišnica koja se prikuplja na tim područjima uz potrebnu obradu može postati pitka. Jedan od načina obrade je filtriranje kojim je moguće eliminirati velik dio nečistoća koje se nalaze u vodi (Slika 5).



Slika 5 : Uređaj za filtriranje [5]

Vrlo često se mehaničko filtriranje kombinira sa dezinfekcijom pomoću UV svjetla. Mehaničkim filtriranjem uklanja se lišće, grančice, prašina, insekti i ostale sitne biljke i životinje, a UV filteri služe za uklanjanje mikroorganizama koji mogu uzrokovati razne bolesti ukoliko uđu u ljudski organizam. Kišnicu je potrebno prikupiti u što čistijem izdanju da bi se pretvorila u vodu za piće.

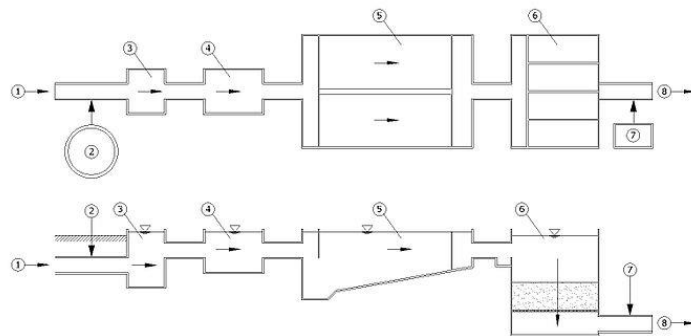
Kao površina za prikupljanje kišnice, najčešće se koriste krovne površine te se preko žljebova transportiraju do spremnika za vodu pojedinih domaćinstava. Spremnici mogu biti podzemni (Slika 6) i nadzemni. Nadzemni spremnici su povoljniji od podzemnih, no nedostatak je što se lako zamrznu u zimskom periodu, a ukoliko se to dogodi kućanstvo može ostati bez vode. Spremnici mogu biti plastični, metalni ili izvedeni kao armirano betonski u tlu.



Slika 6 : Podzemni spremnik vode [6]

4.3. Načini kondicioniranja vode

Kondicioniranje vode je postupak koji se najčešće sastoji od: uklanjanja lebdećih tvari iz vode, uklanjanja tvari koje uzrokuju obojanost vode, uklanjanja otopljenih plinova i soli iz vode, dezinfekcije, dodavanja vodi elemenata koji joj nedostaju. Poboljšanje kvalitete vode izvodi se u uređajima za kondicioniranje vode. Postupak kondicioniranja vode sastoji se od sljedećih faza: otapanje i doziranje koagulanata ili zgrušavanje, miješanja, pahuljičenja ili flokulacije, taloženja, procjeđivanja ili filtracije i dezinfekcije. [1]



Legenda:

1– sirova voda, 2– otapanje i doziranje flokulanata, 3– miješanje, 4– pahuljičenje ili flokulacija, 5– sedimentacija ili taloženje, 6– filtracija ili procjeđivanje, 7– dezinfekcija (kloriranje), 8– čista (pitka) voda

Slika 7: Shema uređaja za kondicioniranje vode [7]

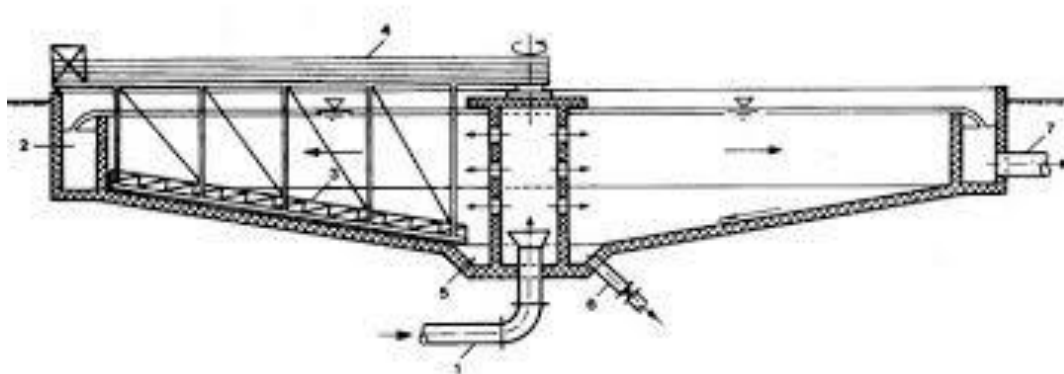
Zgrušavanje ili koagulacija je proces kojim se postiže destabilizaciju koloida u sirovoj vodi uz mogućnost kasnijeg spajanja istih u veće čestice koje bi se mogle lakše nataložiti u vodi. Do destabilizacije koloida dolazi kada se vodi, u obliku otopine, doda određeni koagulant. Miješanjem koagulanata sa sirovom vodom u razdoblju do 5 minuta, u posebnim bazenima-mješačima, pospješuje se proces zgrušavanja. [1]

Vrste mješača su:

- Gravitacijski:
 - Horizontalni mješači (sa horizontalnim tokom kroz bazen u kojem je ugrađeno više vertikalnih uzastopnih pregrada s otvorima koji stvaraju neprestane promjene smjera tečenja i brzine)
 - Vertikalni mješači (sa vertikalnim tokom gdje je turbulentno tečenje uzrokovano znatnom promjenom protjecajnog presjeka)
- Mehanički (gdje se miješanje vode i koagulant osigurava pomoću propelerne miješalice) [1]

Pahuljičenje ili flokulacija je proces kojim se prethodno destabilizirani koloidi spajaju, u bazenima koji se zovu flokulatori, te nastaju pahuljice ili flokule. Ovaj proces događa se odmah nakon miješanja koagulanata s vodom. Da bi se dobile dovoljno krupne flokule (0,5-0,6 mm) miješanje koagulanata s vodom treba trajati od 10 do 30 minuta. Miješanjem vode pospješuje se stvaranje pahuljica, a dodavanjem floakulanata može se postići dodatno povećanje flokula. [1]

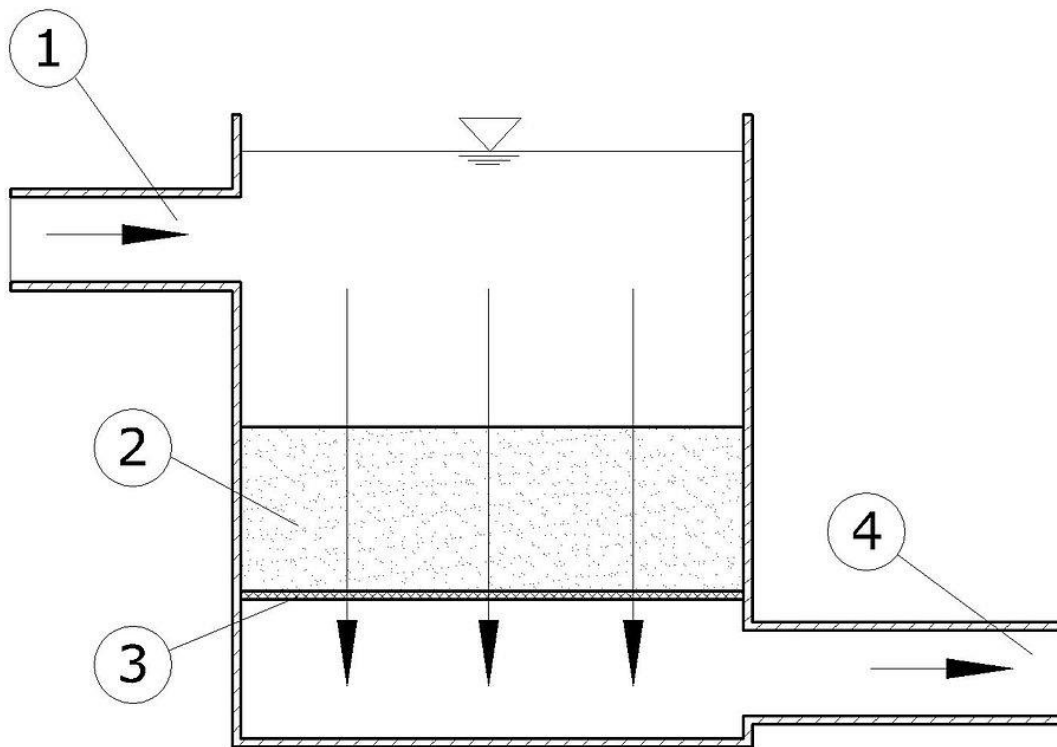
Nakon flokulacije dolazi do uklanjanja lebdećih čestica iz vode uz pomoć sile teže. Taj proces se zove taloženje i odvija se u posebnim bazenima-taložnicima. Taložnici mogu biti horizontalni (Slika 8), vertikalni i specijalni. Horizontalni i vertikalni taložnici dijele se na pravokutne i okrugle, dok se specijalni dijele na cijevne i pločaste i taložnike s lebdećim muljem. [1]



Legenada: 1–dovod 2–sabirni žlijeb 3–zgrtač mulja 4–pokretni most 5–muljna komora 6–muljni ispust 7–odvod

Slika 8: Horizontalni okrugli taložnik [1]

Sljedeći proces koji se odvija je propuštanje vode kroz poroznu sredinu i naziva se procjeđivanje. Kako se procesom taloženja nisu uklonile sve koloidne čestice iz vode, za njihovo uklanjanje koristi se proces procjeđivanja. Kao filtarski materijal najčešće se koristi kvarcni pijesak, koji sadrži silicijev dioksid, a on služi za neutralizaciju preostale potencijalne sile koloida koje su zaostale u vodi nakon procesa taloženja. Definirana je dozvoljena mutnoća vode za proces procjeđivanja jer voda velike mutnoće može izazvati prebrzo zagađenje filtarskog materijala, a onda je potrebno često pranje filtra. Po načinu kretanja vode kroz porozni materijal, procjeđivači mogu biti gravitacijski (Slika 9), tlačni i vakumski.



Legenda: 1 –dovod vode nakon taloženja 2 –filtarski sloj 3 –drenaža 4 –odvod filtrirane vode

Slika 9: Shema gravitacijskog procjeđivanja [8]

Nakon svih navedenih procesa količina mikroorganizama u vodi se znatno smanjuje, ali oni nisu u potpunosti uklonjeni. Da bi se potpuno uklonili infektivni mikroorganizmi primjenjuje se proces dezinfekcije. Međutim dezinfekcijom nije moguće ukloniti sve žive mikroorganizme kao što je to slučaj kod sterilizacije, ali u bakteriološkom smislu voda dođe u stanje sigurne, zdravstveno ispravne vode. U procesu kondicioniranja vode zadnji korak je dezinfekcija vode i ona je obavezna prilikom svakog procesa kondicioniranja, a ponekad može biti i jedini korak. Prilikom dezinfekcije najčešće se koriste postupci: dezinfekcija UV zrakama, dezinfekcija klorom i njegovim derivatima i dezinfekcija ozonom. [1]

4.4. Problematika kakvoće vode i cijena vode

Kvaliteta vode ispituje se prema pravilnicima, smjernicama i preporukama mjerodavnih zavoda i ustanova na državnoj i međudržavnoj razini.

U našoj zemlji „Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće“ (NN 46/94) je propisana kvaliteta vode za piće. Ovim pravilnikom utvrđuje se :

- zdravstvena ispravnost vode za ljudsku potrošnju
- vrsta i opseg analize uzorka vode za piće
- koliko često se uzimaju uzorci vode za piće

Pravna osoba koja je zadužena za obavljanje djelatnosti javne vodoopskrbe obvezna je osigurati da voda koja je namijenjena za ljudsku potrošnju bude u skladu sa svim propisanim parametrima za provjeru sukladnosti, kako je prikazano u tablici 2. [9]

Tablica 2: Mikrobiološka svojstva vode za piće [9]

Mikrobiološka svojstva	Rezultati izraženi u ml / uzorka	Voda iz javnih vodovoda nakon kondicioniranja
Ukupni koliformi	100 MF	0
Koliformi	NBB	< 1
Fekalni koliformi	100 MF	0
Koliformi	NBB	< 1
Fekalni streptokoki	100 MF	0
Streptokoki	NBB	< 1
Broj aerobnih bakterija	37°C 22°C	1 10 1 100

- Zagađivači kakvoće kišnice:
 - ispuštanja u atmosferu – rezultati izgaranja manjih kućnih ili većih ;najopasnija su ispuštanja industrija; nastaju teški metali, kisele kiše
 - talog i prašina – talože se na nakapnu plohu, u prometnim sredinama imaju velik utjecaj, a na seoskim područjima i izoliranim prostorima vrlo mali; nastaju anorganske i organske tvari i teški metali

- raslinje – lišće i raslinje može izazvati zagađenje kada dospije na nakapne plohe, nastaju organske tvari i pesticidi
- životinje – uglavnom bakteriološko zagađenje, organske tvari sadržane u izmetu
- korisnik vode – neprimjereni zahvatanje vode kroz otvore
- procjeđivanje u cisternu – rijetko, opasno ako se fekalije ili talog od gnojiva procijeđuju u cisternu

Kakvoća kišnice ovisi o području na kojem kiša pada. Kiša koja pada u urbanom ili industrijskom području puno je zagađenija od kiše koja pada u izoliranoj sredini. Unatoč tome što nije puno zagađena, niti kišnica prikupljena u izoliranim područjima nije preporučljiva za piće bez njene obrade.

Zbog prevelikih potrebnih ulaganja u transport vode, voda je najskuplja na otocima. Npr. cijena kubika vode za ljude sa prebivalištem na otoku Molatu je 16 kuna i 31 lipu, a za one koji nemaju prebivalište na otoku kubik košta 85 kuna. Na otoku Krku fiksni troškovi koji se plaćaju za vodu su najviši u državi. Koliko je bitno da ima vode, toliko i to da nije preskupa.“ [10]

4.5. Desalinizacija

Proces kojim se uklanjaju minerali iz vode i dobiva se pitka voda i sol naziva se desalinizacija ili odsoljavanje vode. Otoci i krajevi uz more često nisu dobro opskrbljeni pitkom vodom, pa se na tim područjima javljaju povremene ili stalne nestašice vode.

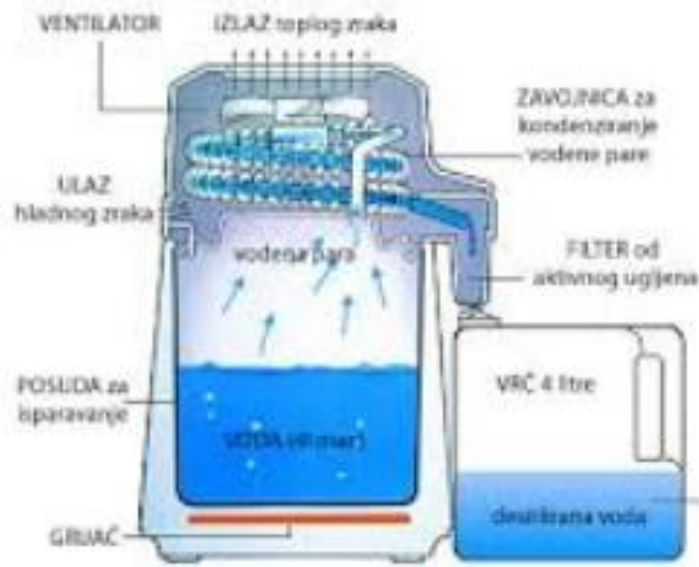
Za preradu pitke vode desalinizacijom potrebno je provesti:

- prvu analizu vode;
- predobradu: flokulaciju, filtraciju, doziranje;
- desalinizaciju ili odsoljavanje vode;
- naknadnu obradu: kloriranje, te korekciju pH vrijednosti.

Postupci odsoljavanja vode dijele se na membranske postupke (povratna osmoza, ionska izmjena) i toplinske postupke (destilacija, sunčeva destilacija). [11]

- **Destilacija**

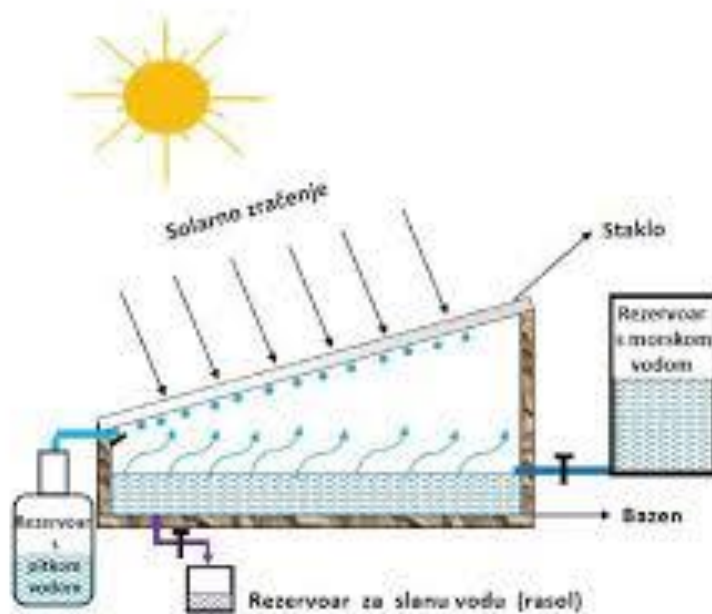
Odvajanje sastojaka koje se temelji na različitom vrelištu naziva se destilacija. Na temperaturama nižim od 100 °C provodi se vakuum destilacija, kojom se može uštediti energija.



Slika 10: Proces destilacije [12]

- Sunčeva destilacija

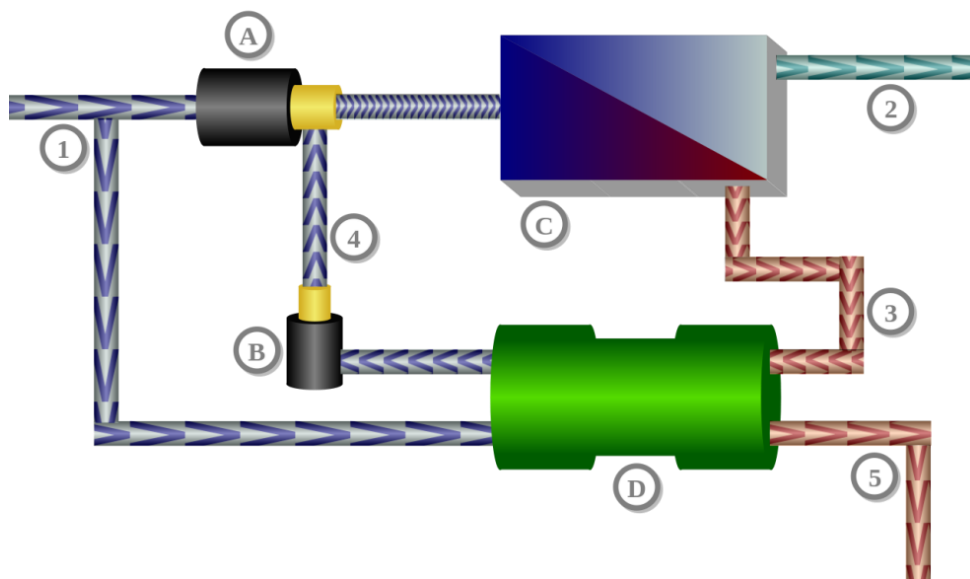
U procesu sunčeve destilacije prethodna obrada vode nije potrebna. Voda dobivena ovim postupkom ne sadrži nikakve mikroorganizme ni čestice. Postupak se provodi na relativno niskoj temperaturi od 85°C i moguće ga je izvesti i za vode koje imaju visoku koncentraciju soli. Sunčeva destilacija pogodna je samo za male potrošače jer proizvodnja nije stalna i ovisi o gustoći sunčeve energije.



Slika 11: Proces sunčeve destilacije [13]

- Povratna osmoza

Povratna osmoza je metoda kojom se iz slane vode dobiva voda za piće. U postupku se koristi polupropusna membrana kroz koju zaostaju soli, a prolazi čista voda. Ova metoda je skupa za proizvodnju većih količina vode za piće jer tlak slane vode treba biti oko 25 bara. Povratna osmoza ili reverzna osmoza je skoro savršen proces filtriranja vode jer se njime pročišćuje voda i moguće je iz vode odstraniti i najsitnije čestice, a sve to s ciljem poboljšanja ukusa, izgleda i ostalih svojstava vode. [11]



Legenda:

- 1: Ulaz morske vode,
- 2: Izlaz slatke vode (40%),
- 3: Otpadna voda (60%),
- 4: Protok morske vode (60%),
- 5: Koncentrirani odvod (gušći od morske vode),
- A: Protočna crpka (40%),
- B: Protočna crpka,
- C: Uređaj za povratnu osmozu s polupropusnom membranom,
- D: Izmjenjivač tlaka

Slika 12: Proces povratne osmoze [14]

- Ionska izmjena

Postupak u kojem ionski izmjenjivači mogu vezati ione iz otopine i otpuštati jednaku količinu vlastitih iona naziva se ionska izmjena. Ionski izmjenjivači koriste se za demineraliziranje ili omekšavanje vode, te za pročišćavanje lijekova i raznih otopina. [11]



Slika 13: Ionska smola [15]

Prednost desalinizacije je velika dostupnost morske vode, a nedostatak je to što proces desalinizacije zahtjeva skupu opremu i veliku potrošnju energije pa je vrlo skup u odnosu na ostale izvore slatke vode.

5. VODOOPSKRBA OTOKA U HRVATSKOJ

5.1. Vodni resursi otoka u Hrvatskoj

Hrvatska ima 718 otoka, od kojih je naseljeno 67 otoka, a samo njih 9 ima vodne resurse kojih je moguće koristiti u vodoopskrbi, a njihovi kapaciteti izvorišta pitke vode kreću se od 3 l/s do 300 l/s. Hrvatski otoci, osim otoka Cresa, Krka i Visa, siromašni su prirodnim resursima. Osim navedenih otoka Hrvatska ima i 467 hridi i grebena. [16] Prikaz hrvatskih otoka na slici 1. Na brojnim otocima se skuplja kišnica ili se voda dovozi brodovima vodonosnicima, a neki otoci su spojeni cjevovodom na izvore na kopnu.

Osnovni činitelji koji određuju vodne resurse otoka su hidrografska, hidrogeološka i orografska obilježja te klima. Po pitanju vodnih resursa otoci su specifičan slučaj jer njihovo vodno bogatstvo čine slatke i slane vode. Voda na otoke dolazi iz atmosfere u obliku oborina, a vode koja se ne zadržava na otoku otječe u more.



Slika 14: Hrvatski otoci [17]

Otoci sa vodnim resursima koji se mogu koristiti za vodoopskrbu:

- Krk – ima vlastite izvore vode i vodovod

- Cres – ima vlastite izvore vode i vodovod
- Pag – vodovod, vodocrpilište, desalinizator
- Vir – nema stalnih izvora, nekoliko kopanih bunara
- Dugi Otok – iskopana 3 bunara te su prognoze za sušno razdoblje obećavale velike količine kvalitetne vode, ali nisu ispunjene, koristi se kišnica
- Ugljan – vodovod
- Brač – vodovod
- Hvar – ima vlastite izvore vode i vodovod
- Vis – mali izvori (stalni ili povremeni) nalaze se samo u komiškoj i viškoj uvali
- Korčula – nakupljanje znatne količine podzemne vode, vodovod

5.2. Raspoložive i potrebne količine vode na otocima u Hrvatskoj

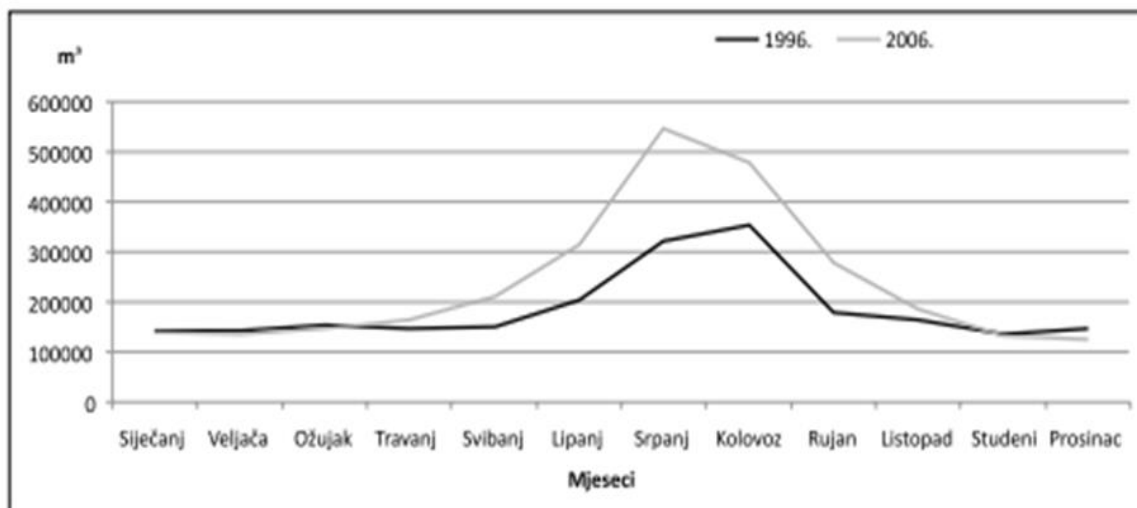
Raspoložive količine slatkih voda na otocima su 459 l/s ili 14.5×10^6 m³/god, a predviđeni kapaciteti dostatni za stanovništvo, turizam, industriju i poljoprivredu procijenjeni su na 4715 l/s ili 148.7×10^6 m³/god. Zahvati vode na otocima nemaju utvrđene zone sanitarne zaštite, a kvaliteta vode često ne zadovoljava standarde, objekti vodovodnih sustava su stari, a njihovo održavanje ne zadovoljava. Uzimajući u obzir gubitke vodovodne mreže te one kod potrošača, našim otocima bi trebalo ukupno oko 970.6 l/s slatkih voda. [10]

Potreba za dodatnim količinama slatke vode javlja se zbog :

- velikih rizika od požara tijekom ljetnih mjeseci
- nautičkog turizma i marina
- rasta potrošnje vode u turizmu

Na slici 15 prikazana je potrošnja vode na otoku Krku za 1996. godinu i 2006. godinu. Vidljivo je da se potrošnja vode u 2006. godini mnogo povećala u odnosu na 1996. godinu, a osobito se to odražava u ljetnim mjesecima. Ukupna potrošnja vode u desetogodišnjem razdoblju povećala se za otprilike za 27%, dok je u ljetnim mjesecima u istom razdoblju zabilježen porast od 53%. [18]

Zbog razvoja turizma na otoku, u ljetnim mjesecima se javlja pojačana potrošnja vode. Za daljnje planiranje vodoopskrbnoga sustava te prikaz potrebnih i raspoloživih količina vode na hrvatskim otocima, treba uzeti u obzir klimatske promjene koje se događaju, a posljedica kojih je i smanjenje količine padalina koje se naročito javlja u zimskim mjesecima.



Slika 15: Prikaz porasta potrošnje vode u ljetnim mjesecima na otoku Krku [18]

Rasprostranjenost i izdašnost vrulja duž obale i otoka ukazuju na goleme količine vode u podzemlju, što objašnjava zašto glavna opskrba pitkim vodama na primorju potječe iz podzemlja. „Na svim našim otocima zabilježeno je oko 60 vrulja čija izdašnost se kreće od par litara u sekundi do preko stotinu litara u sekundi. Potencijalne količine pitkih voda su 50 puta veće od količina koje troše naši otoci.“ [10]

Nedovoljnu razvijenost vodoopskrbnih sustava otoka potrebno je sustavno rješavati, kako bi se osigurale dovoljne količine pitke vode i stvorili uvjeti za daljnji razvoj otoka. Osiguranje potrebnih količina pitke vode na Hrvatskim otocima pridonosi poboljšanju uvjeta za revitalizaciju otoka.

5.3. Usporedba vodoopskrbe na otocima u Hrvatskoj

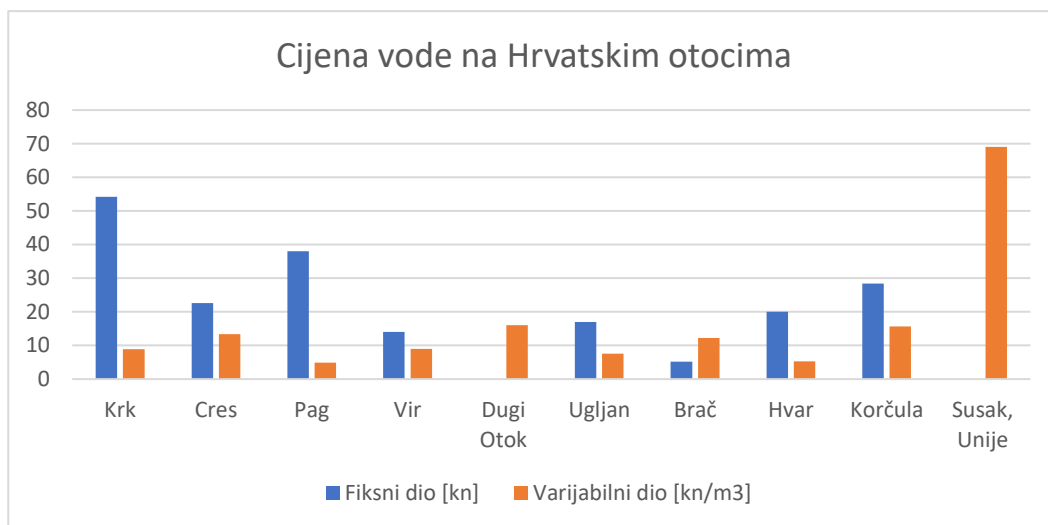
Većina hrvatskih otoka nema dovoljne količine pitke vode za potrebe domaćinstava i potrebe turizma. Skoro svi veći otoci imaju vlastite izvore pitke vode, ali ti izvori nisu dovoljni za vodoopskrbu, iznimka su Krk i Cres, koji imaju vlastite izvore pitke vode koji omogućavaju dobru opskrbu tih otoka pitkom vodom.

Budući da otoci nisu imali dovoljne količine vlastite pitke vode, a uz to se još razvijao turizam i potražnja za vodom je rasla, neki otoci spojili su se na vodovod s kopna i tako omogućili dovoljne količine vode za svoje potrebe.

Tablica 3: Usporedba vodoopskrbnih sustava otoka u Hrvatskoj [10,19,20,21,22,23,24]

Otok	Vrsta izvora	Vrijeme korištenja	Način obrade	Cijena vode	Kakvoća vode
Krk	Vlastiti izvori (podzemna voda) Vodovod	Cijela godina	Uređaj za pročišćivanje i 2 uređaja za desalinizaciju	54,24 kn + 8,89 kn/m ³	zadovoljava
Cres	Vlastiti izvori (površinska voda- Vransko jezero) Vodovod	Cijela godina		22,60 kn + 13,41 kn/m ³	zadovoljava
Pag	Vodovod Vlastiti izvori (podzemna voda)	Cijela godina	Dezinfekcija, desalinizator	38,00 kn + 4,90 kn/m ³	zadovoljava
Vir	Kopani bunari Vodovod	Cijela godina		14,00 kn + 8,95 kn/m ³	
Dugi Otok	Kopani bunari Kišnica, Brod-vodunosac	Cijela godina		16,00 kn/m ³	Boćata voda
Ugljan	Vodovod	Cijela godina	dezinfekcija	17,00 kn + 7,54 kn/m ³	zadovoljava
Brač	Vodovod	Cijela godina		5,22 kn + 12,22 kn/m ³	zadovoljava
Hvar	Vlastiti izvori (podzemna voda) Vodovod	Cijele godine	Uređaj za pročišćavanje	20,00 kn + 5,30 kn/m ³	zadovoljava
Korčula	Vodovod	Cijela godina		28,45 kn + 15,67 kn/m ³	zadovoljava
Susak, Unije	Brod-vodunosac	Po potrebi		69,09 kn/m ³	

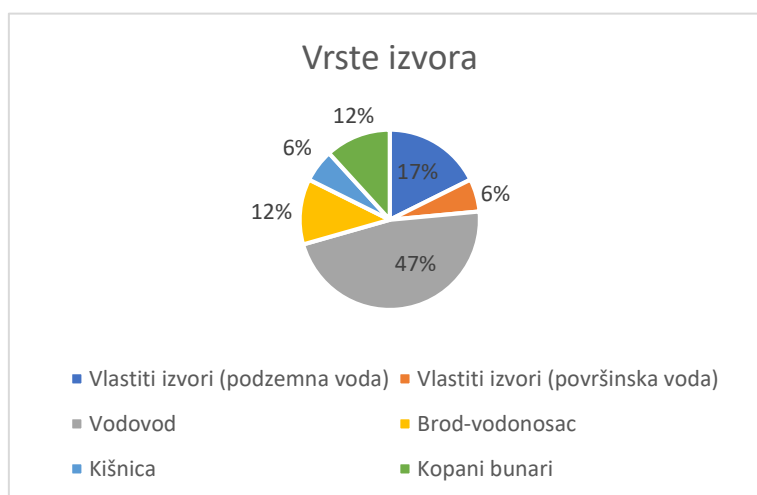
Iz priložene tablice 3 vidljivo je da cijena vode na otocima nije jednaka nego ona varira od otoka do otoka. Najskuplja voda je na onim otocima koji nisu spojeni vodovodom na kopno i do kojih voda dolazi pomoću broda-vodonosca.



Slika 16: Cijena vode na Hrvatskim otocima [25]

Kvaliteta vode na otocima je uglavnom zadovoljavajuća, a obrada koja se vrši se uglavnom odvija u uređaju za dezinfekciju ili uređaju za pročišćavanje, a u slučajevima bočate vode koristi se i uređaj za desalinizaciju, kao što je npr. na Pagu i na Krku.

Od svih Hrvatskih otoka stalne vlastite izvore imaju Krk, Pag i Hvar na kojima se crpi podzemna voda i otok Cres na kojem se crpi površinsku vodu iz Vranskog jezera. Na nekim otocima, kao što su Vir i Dugi Otok, koristi se voda iz kopanih bunara, ali ona nije povoljna za piće. Osim vlastitih izvora, voda na otoke (Krk, Cres, Pag, Vir, Ugljan, Brač, Hvar, Korčula) dolazi pomoću vodovoda s kopna i brodova-vodonosaca (Dugi Otok, Susak, Unije).



Slika 17: Vrste izvora na Hrvatskim otocima [25]

6. PRIMJER VODOOPSKRBE PAGA

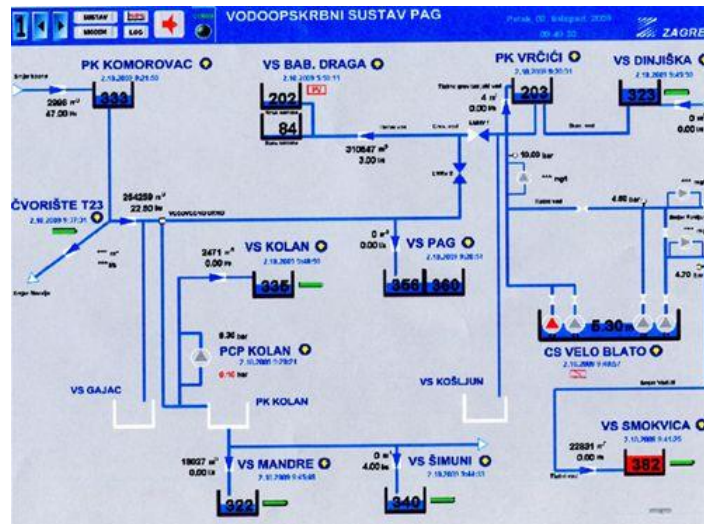
Na temelju razgovora sa djelatnicima saznalo se da se za distribuciju vode u gradu Pagu crpljenje i distribucija vode prvotno vršila iz izvorišta Mirožić. Kada se 1971. godine izgradilo izvorište Velo Blato poboljšala se vodoopskrba i snabdijevanje vodom je prošireno sa područja grada Paga na mjesta na južnom dijelu otoka Paga. Ta mjesta se povremeno i danas opskrbljuju vodom sa izvorišta Velo Blato. U 1986./87. godini izgrađen je cjevovod koji prolazi Velebitskim kanalom i otočni cjevovod, te se grad Pag snabdijeva vodom iz izvorišta Hrmotine. Spajanjem grada Paga na navedeni cjevovod uvelike se poboljšala opskrba grada vodom i stvoreni su uvjeti za daljni razvoj grada. Izgradnjom crpilišta vode u Vrčićima na otoku Pagu znatno se poboljšala opskrba vode na području južnog dijela grada Paga i to u naseljima Vlašići, Smokvica, Košljun, Miškovići i na području općine Poveljana te se dobila potrebna količina vode za potrebe domaćeg stanovništva i za turističke svrhe. Osim navedenih vodoopskrbnih sustava na Pagu postoji i postrojenje za desalinizaciju bočate vode. Postrojenje se nalazi u mjestu Poveljana na lokaciji Velo Čelo i smješteno je u neposrednoj blizini postojeće vodospreme Poveljana. Osim navedenih postojećih vodoopskrbnih sustava u planu je završetak izgradnje vodovoda Proboj te spajanje domaćinstava na isti i izgradnja vodovoda Crnika u Pagu. Iz pravca Ražanca do Paškog mosta je izgrađen cjevovod, stoga je u budućnosti u planu izgradnja cjevovoda sa strane Paga do Paškog mosta i spajanje na vodoopskrbni sustav Sjeverne Dalmacije. Izgradnjom tog cjevovoda, Pag bi osigurao velike količine pitke vode i stvorili bi se bolji uvjeti za daljnji razvoj otoka Paga.

Tablica 4: Stanje vodoopskrbnog sustava na području grada Paga [19]

Duljina vodoopskrbne mreže:	104974,5 m
Ukupni volumen vodospremnika:	$V=9990 \text{ m}^3$ (10 vodosprema i 2 prekidne komore)
Broj priključaka (domaćinstva):	4634
Broj priključaka (gospodarstvo):	55
Godišnja potrošnja vode	870933 m^3

Tablica 5: Vodoopkrbne građevine na području grada Paga [19]

Vodoopkrbna građevina	Osnovne veličine	Izgradnja
Izvorište Velo Blato	22 l/s	1977.
Crpilište Vrčići	48 l/s	2017.
Vodosprema Smokvica	200 m ³	1988.
Vodosprema Dinjiška	500 m ³	1984.
Vodosprema Vrčići	1000 m ³	2014.
Vodosprema Košljun	200 m ³	1988.
Vodosprema Košljun I	500 m ³	2016.
Vodosprema Sv. Martin	1000 m ³	2016.
Vodosprema Babelina draga	1000 m ³ + 330 m ³	1970.
Vodosprema Gradac	2000 m ³	1988.
Vodosprema Šimuni	500 m ³	1988.
Prekidna komora Šimuni	60 m ³	1988.
Vodosprema Kolan	100 m ³	1988.
Vodosprema Mandre 1	250 m ³	1977.
Vodosprema Mandre 2	500 m ³	2007.
Prekidna komora Komorovac	2000 m ³	1981./1982.
Podmorski cjevovod	Profil 200 mm PHD Profil 300 mm čelik	1981./1982. 1992./1993.



Slika 18: Shema vodoopskrbnog sustava Paga [19]

Tablica 6: Cijena vode za građanstvo na području grada Paga [26]

Cijena za građanstvo	
Fiksni dio osnovne cijene vodne usluge javne vodoopskrbe	38,00 kn/mj
Osnovna cijena vodne usluge javne vodoopskrbe (varijabilna)	4,90 kn/m ³
Fiskalni dio osnovne cijene vodne usluge skupljanja i pročišćavanja otpadnih voda	28,00 kn/m ³
Osnovna cijena vodne usluge skupljanja i pročišćavanja otpadnih voda	4,66 kn/m ³
Cijena vodne usluge javne vodoopskrbe koju plaćaju socijalno ugroženi građani za količinu isporučene vode nužne za osnovne potrebe kućanstva	2,94 kn/m ³

Tablica 7: Cijena vode za poslovni sektor na području grada Paga [26]

Cijena za poslovni sektor	
Fiksni dio osnovne cijene vodne usluge javne vodoopskrbe	50,00 kn/mj
Osnovna cijena vodne usluge javne vodoopskrbe (varijabilna)	9,00 kn/m ³
Fiskalni dio osnovne cijene vodne usluge skupljanja i pročišćavanja otpadnih voda	50,00 kn/m ³
Osnovna cijena vodne usluge skupljanja i pročišćavanja otpadnih voda	6,00 kn/m ³

6.1. Cjevovod s kopna

Otok Pag je spojen sa cjevovodom na kopneni cjevovod Hrvatskog primorja (Južni ogranak) i na taj način se opskrbljuje vodom s kopna. Zbog razvoja turizma otok Pag je imao probleme s opskrbom vode u ljetnim mjesecima, a budući da je prioritet bilo rješavanje tog problema, vodovod se počeo graditi od njegovog kraja umjesto početka. Početak cjevovoda je mjesto gdje se vrši zahvat vode, a to je izvorište Hrmatine. Do izgradnje cjevovoda od Paga do Hrmatina kao privremeno rješenje za opskrbu otoka Paga vodom koristio se izvor Bačvice. Unatoč poteškoćama koje su se javljale u izvedbi, ponajviše zbog krševitog terena, voda je na otoku Pagu potekla 22. srpnja 1982. godine. Izvor Bačvice je kaptirani izvor koji se koristio za opskrbu otoka Paga vodom od 1982. do 1990. godine. Zbog sve većih potreba za vodom 2014. godine je obnovljeno vodocrpilište Bačvice te je 2015. godine pušteno u pogon. [19]



Slika 19: Vodosprema Bačvica [25]

Vodopravnom dozvolom dozvoljen je maksimalni kapacitet od 40 l/s. Crpilište služi za sezonsku opskrbu navedenog vodoopskrbnog sustava. U sklopu vodozahvata Bačvice ugrađene su dvije potopne crpke za zdence. Karakteristike jedne crpke:

-kapacitet:	$Q= 20 \text{ l/s}$
-visina dizanja:	$H\approx 345 \text{ mVS}$
-instalirana snaga el. motora:	$N= 135 \text{ kW}$

Voda se sa ovog izvora diže na visinu od 250 m do transportnog cjevovoda u kojem se miješa s vodom iz vodozahvata Hrmatine. Ne radi se nikakva dodatna obrada vode, već se samo dezinficira natrij-hipokloritom. U vodozahvatu Hrmatine, koji ima dozvoljen kapacitet od 530 l/s, zahvaća se voda iz slivova Gacke i Like te se transportira do uređaja za pročišćavanje Hrmatine. [19]



Slika 20: Postrojenje za preradu vode Hrmatine [25]

Vode koje se zahvaćaju u ovom vodoopskrbnom sustavu su umjereno tvrde, neopterećene metalima, organskim tvarima i pesticidima, te blago lužnate. U sklopu uređaja za pročišćavanje Hrmatine ugrađeno je pet pješčanih filtera, mogućeg kapaciteta proizvodnje pitke vode do 543 l/s i jedan filter koji obrađuje vodu po principu tlačne membranske ultrafiltracije i ima kapacitet od 110 l/s. Procesom filtracije uklanja se mutnoća i mikroorganizmi te se dobiva voda visoke kakvoće koja se može koristiti za ljudsku potrošnju. Osim filtriranja, prije puštanja u vodoopskrbnu mrežu vrši se dezinfekcija vode plinovitim klorom.

Voda se transportira od uređaja Hrmotine do prekidne komore Koromačina, koja ima kotu dna 266 m n.m. i kapacitet 250 m³, kopnenim putem, cjevovodom profila cijevi 600-400 mm na dužini od 43,9 km. Iz prekidne komore Koromačina, kopnenim i podmorskim cjevovodom voda gravitacijski dolazi do vodospremnika Komorovac koji ima kotu dna 196 m n.m. i volumen od 1000 m³. Poslije vodospreme izgrađen je cjevovod profila 450 mm koji se na udaljenosti od 1540 m od vodospremnika Komorovac grana u dva smjera: smjer Novalja i smjer Pag. Od mjesta grananja voda odlazi u vodospremu Stanina, kote gornje vode 54,5 m n.m., a od nje se glavnim transportnim cjevovodom profila cijevi 450 mm i dužine 5259,93 m voda transportira do lokacije Sv. Duh gdje se grana u dva smjera: smjer Kolan i smjer Pag. [19]

- Smjer Kolan:
 - Za područje Kolana izgrađen je cjevovod profila cijevi 273 mm i dužine 1935 m, a u sklopu cjevovoda nalazi se crpna stanica Kolan na koti terena 106 m n.m., kapaciteta Q= 15 l/s i vodosprema Kolan, kote gornje vode 165 m n.m. i kapaciteta 100 m³.
 - Na cjevovodu se nalazi prekidna komora Šimuni, kote gornje vode 115,50 m n.m. i kapaciteta 50 m³ od koje se cjevovodom PVC Ø 225, dužine 817,50 m grana vodovod
 - Na cjevovod PVC Ø 160, koji je dug 2560 m i vodi do vodospreme Šimuni, kote gornje vode 71 m n.m. i kapaciteta 500 m³ iz koje se vrši vodoopskrba naselja Šimuni i kampa Šimuni
 - Na cjevovod PVC Ø 140, koji je dug 1265 m i transportira vodu do vodospreme Mandre, kote gornje vode 86 m n.m. i kapaciteta 250 m³ i 500 m³ iz kojih se vrši vodoopskrba mjesta Mandre
- Smjer Pag:
 - Za područje Paga izgrađen je gravitacijski cjevovod profila cijevi 350 mm i dužine 3999,77 m, te redukcija na profil cijevi 300 mm i dužine 7181,15 m putem kojih se voda transportira prema gradu Pagu i to u vodospremu Pag, kote gornje vode 81,80 m n.m. i kapaciteta 2000 m³ koja gravitacijskim cjevovodom PVC Ø 280, dužine 2872,10 m puni vodospremu Babelina Draga, kapaciteta 1350 m³ iz koje se opskrbljuje grad Pag.
 - Iz Vodospreme Babelina Draga gravitacijskim transportnim cjevovodom AC Ø 250, dužine 4.678 m odvaja se voda na cjevovod profila cijevi Ø 150 i

dužine 1.500 m koja transportira vodu do vodospreme Košljun, kapaciteta 200 m³, koja služi za vodoopskrbu mjesta Košljun, te se nastavlja do mjesta Gorica [19]

6.2. Postrojenje za desalinizaciju bočate vode

Na području Povljane izgrađen je vodoopskrbni sustav sa zahvatom vode u vodocrpilištu „Dole“ koje se sastoji od pet zdenaca ukupnog kapaciteta 20 l/s. Vodocrpilište ima povišeni salinitet sirove vode, a u sušnom razdoblju vrijednosti sadržaja klorida kreću se od 500 mg/l do 10000 mg/l. Voda se crpi iz zdenaca i transportira u vodospremu „Povljana“ koja ima volumen od 500 m³, a kota donje vode u vodospremi je 41,5 m n.m. Osim te vodospreme voda se prebacuje i u vodospremu „Panos“ koja ima zapremninu od 1000 m³, a kota donje vode je 51,0 m n.m. U neposrednoj blizini vodospreme „Povljana“ izgrađen je desalinizator „Veliko Čelo“. Postrojenje za desalinizaciju se sastoji od prostorija u kojima se nalazi: [27]

1.	Desalinizator	220,05 m ²
2.	Labaratorij	19,80 m ²
3.	Hidrofor	12,50 m ²
4.	Elektroopreme	15,00 m ²
5.	Ured	30,50 m ²
6.	Sanitarije	6,90 m ²
7.	Hodnik	31,05 m ²
8.	Predprostor	6,00 m ²
9.	Skladište	21,00 m ²

Ukupna površina svih izgrađenih prostorija objekta za desalinizaciju iznosi 362,80 m². Desalinizator je u mogućnosti proizvesti 1300 m³ desalinizirane vode na dan uz mogućnost smanjenja koncentracije klorida u vodi do 200 mg/l. Voda koja se zahvaća u bušotinama, kojih ima pet, se uz pomoć crpki transportira do spremnika sirove vode. Postoje 3 takva spremnika i to svaki kapaciteta 33 m³, što daje ukupni kapacitet od 99 m³. U ovim spremnicima vrši se miješanje i stabilizacija te umirivanje sirove vode. Dalje se uz pomoć crpki sirova voda iz spremnika, pod stalnim tlakom, transportira preko multimedijskog filtera na uređaj za desalinizaciju. Nakon toga pročišćena voda se pod tlakom od cca 2,0 bara

transportira u vodospremu „Povljana“. Pomoću gravitacijskog cjevovoda voda se iz vodospremnika „Povljana“ transportira u područje niske zone naselja Povljana, a uz pomoć crpne stanice dovodi se do vodospremnika „Panos“. Vodospremnik „Panos“ ima kotu preljeva +65,0 m n.m. i iz njega se putem gravitacijskog cjevovoda vodom opskrbljuje područje visoke zone u naselju Povljana. [27]

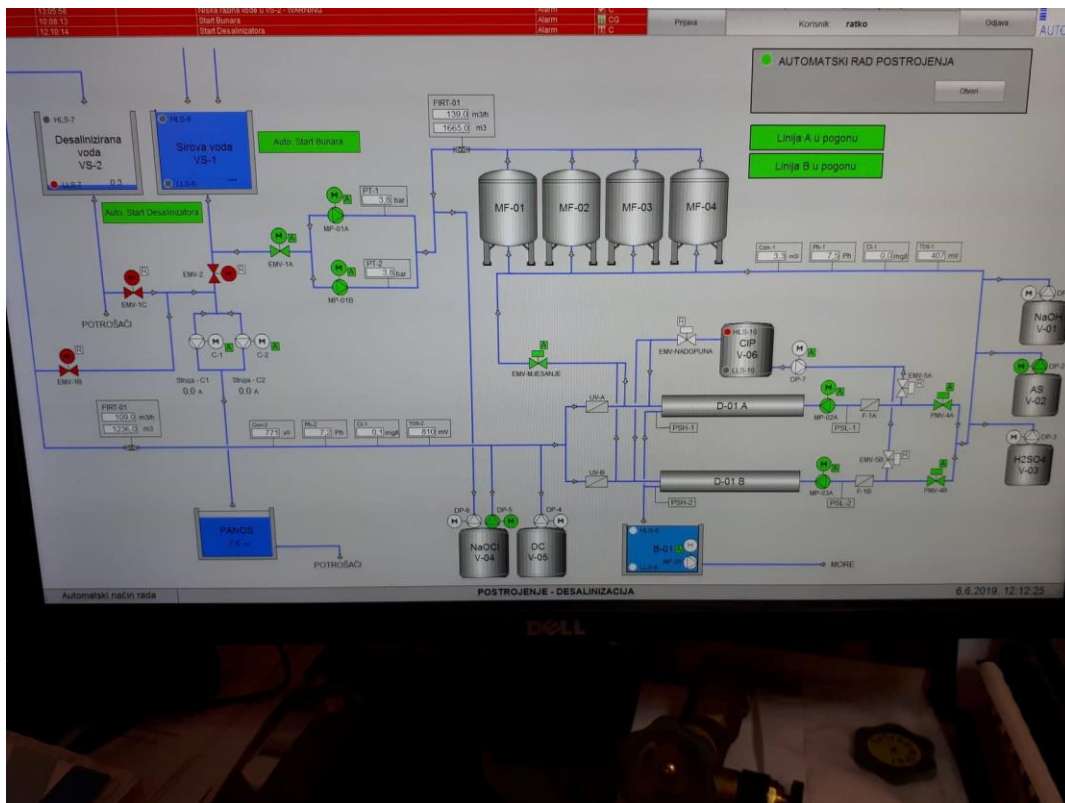
U sklopu desalinizatora nalazi se i crpka koja treba biti spojena na spremnik pitke vode i služi za pranje multimedijjskog filtra.



Slika 21: Postrojenje za desalinizaciju bočate vode [25]

Postrojenje za desalinizaciju sastoji se od:

- nadzemnih objekata kao što su komore koje se nalaze iznad bušotina, a ima ih ukupno 5
- spojnog cjevovoda od bušotina P-4 i P-5 do spremnika sirove vode, 3 spremnika ukupnog kapaciteta 99 m³
- crpne stanice sirove vode za transport vode iz vodospremnika do uređaja
- desalinizatora kapaciteta Q=15 l/s
- spojnog cjevovoda od vodospremnika sirove vode do desalinizatora
- spojnog cjevovoda od desalinizatora do vodospremnika „Povljana“ i cjevovoda do crpne stanice
- crpne stanice s dvije crpke, od kojih je svaka kapaciteta 15,0 l/s i visine dizanja cca 40m
- spoja tlačnog cjevovoda na cjevovod za transport vode u vodospremu „Panos“
- cjevovoda kojim se odvodi koncentrat od desalinizatora do mora
- agregatnice [27]



Slika 22: Shema postrojenja za desalinizaciju bočate vode [25]

Cjelokupni sustav projektiran je za potpuno automatski rad, a u iznimnim situacijama moguće je i ručno upravljanje pogonom pomoću sklopki i tipkala na vratima upravljačkih blokova koji su montirani u postrojenju.

Kada se uključi bunarska pumpa moguće je započeti sa radom postrojenja za pročišćavanje vode. U automatskom modu odmah se odvija prvo ispiranje filtera. Kada se detektira bilo kakav protok u cjevovodu automatski počinje proces doziranja kemikalija. Nakon što je obavljeno prvo ispiranje filtera, u kojem je izvršeno ispiranje sitnih čestica koje su mogle spriječiti uredan rad filtera, filter može početi normalno raditi. Ovu operaciju je potrebno posebno ponoviti za svaki filter. Kada je filter pušten u normalan rad počinje se s punjenjem spremnika za doziranje kemikalija. Automatski redukcionni ventili su uključeni u sustavu i oni služe za održavanje stalnog tlaka. U predtretmanu su obavljene sve prethodno opisane operacije i može se upustiti u rad postrojenje za purifikaciju vode. U sklopu postrojenja nalazi se i uređaj za dezinfekciju vode putem UV zračenja koji je u potpunosti automatiziran. Nakon puštanja u rad dezinfektora postrojenje je počelo proizvoditi pitku vodu.



Slika 23: Uređaj za dezinfekciju putem UV zračenja [25]

Za dovodni cjevovod iz zdenaca P-4 i P-5, te za cjevovod dovoda sirove vode u vodospremnike i cjevovod za odvod koncentrata iz desalinizatora je napravljen hidraulički proračun.

- Dovodni cjevovod iz zdenaca P-4 i P-5:
Količina vode: $Q = 15 \text{ l/s}$
-profil PEHD DN 180 mm
-radni tlak NP 10 bara
-brzina u cjevovodu $v = 0,83 \text{ m/s}$
-mjerodavna količina $Q = 15,00 \text{ l/s}$
-pad pjezometarske linije $I = 6,12 \text{ ‰}$
- Cjevovod dovoda sirove vode u vodospremnike:
Količina vode $Q = 20 \text{ l/s}$
-profil PEHD DN 180 mm
-dužina ogranka $L = 60,0 \text{ m}$
-radni tlak NP 10 bara
-mjerodavna količina $Q = 20,00 \text{ l/s}$
-brzina u cjevovodu $v = 1,10 \text{ m/s}$
-pad pjezometarske linije $I = 10,73 \text{ ‰}$
- Cjevovod za odvod koncentrata iz desalinizatora:
Količina vode: $Q = 5 \text{ l/s}$
-profil PEHD DN 110 mm

- dužina ogranka L= 2302,0 m
- radni tlak NP 10 bara
- mjerodavna količina Q= 5,00 l/s
- brzina u cjevovodu v= 0,64 m/s
- pad pjezometarske linije I= 6,31 ‰

Zajedno sa izradom postrojenje za desalinizaciju boćate vode izgradili su se i potrebni cjevovodi i to:

- Tlačni cjevovod od zdenaca P-4 i P-5 do desalinizatora
 - profil PEHD DN 180 mm
 - dužina ogranka L= 720,0 m
- Cjevovod koji odvodi koncentrat iz desalinizatora do mora
 - profil PEHD DN 110 mm
 - dužina ogranka L= 2302,0 m
 - podmorski dio cjevovoda je dužine 376 m
- Cjevovod koji dovodi sirovu vodu od zasunskog okna do vodospremnika
 - profil PEHD DN 180 mm
 - dužina ogranka L= 70,0 m
- Cjevovod koji odvodi vodu iz desalinizatora u postojeću vodospremu
 - profil PEHD DN 180 mm
 - dužina ogranka L= 70,0 m
- Cjevovod koji dovodi vodu za pranje filtera u desalinizator
 - profil PEHD DN 180 mm
 - dužina ogranka L= 70,0 m

[27]

Cjevovodi jednim dijelom prolaze po poljskim putevima, a jednim dijelom po slobodnoj površini van prometnica. Trasa cjevovoda koji vodi od bunara P-4 i P-5 do vodospreme Poveljana najvećim dijelom prati trasu postojećeg cjevovoda kojim se prenosi voda iz Velog Blata u vodospremu Poveljana. Ova dva cjevovoda su postavljena na udaljenosti od 1 m jedan od drugog. Cjevovod koji iz desalinizatora odvodi koncentrat do mora postavljen je najvećim dijelom po postojećem poljskom putu. Dio koji odlazi ispod mora odlazi do dubine -8 m n.m. i dug je 376 m, a dužina kopnenog dijela cjevovoda je 1926 m. Cjevovod koji dovodi sirovu vodu do vodospremnika, kao i onaj koji odvodi vodu iz

desalinizatora u vodospremu i koji dovodi vodu za pranje filtera u desalinizator su postavljeni u zajednički rov.

Na cjevovodu u najvišim točkama ugrađeni su odzračni ventili, u najnižim točkama ugrađeni su muljni ispusti, a na svim spojevima cjevovoda ugrađena su zasunska okna.

Tehnološki proces:

-učinak postrojenja:	54 m ³ /h
-radni ciklus:	t= 24 h
-učinak po ciklusu:	Q= 1296 m ³ / dan
-servisna voda: kod 60 % iskorištenosti	Q= 864 m ³ / dan
-bruto učinak: max	Q= 2160 m ³ / dan (25 l/s)
-ukupna količina otpadnih voda:	Q= 864 m ³ / dan
-količina suhog mulja na filterima	Q= 3,24 kg/ dan [27]

Pri izgradnji postrojenja zahtjev je bio da primarno iskorištenje postrojenja bude cca 75-80 %, što je uspješno izvedeno jer je trenutna iskoristivost cca 78 %.

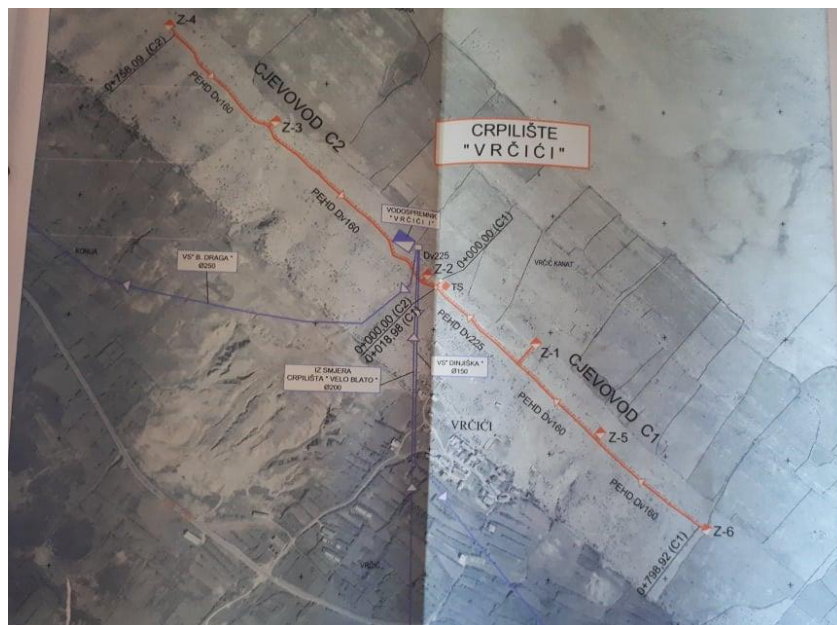


Slika 24: Podaci iz desalinizatora [25]

6.3. Crpilište „Vrčići“

Na području otoka Paga postojala je mogućnost da u ljetnim mjesecima dođe do nestašice vode. Da bi se riješio problem nestašice vode, provela su se istraživanja s ciljem pronalaska pitke vode za potrebe vodoopskrbe. Na temelju tih istraživanja utvrđeno je da postoji vodonosnik, u blizini naselja Vrčići, iz kojega je moguće zahvatiti značajne količine vode iz podzemlja. Na tom lokalitetu izbušeno je 6 zdenaca, profila cijevi svakog zdenca od $\text{Ø}168,3/5$ mm i dubine bušotina od 175 m od površine terena. U vodoopskrbnom sustavu otoka Paga crpilište Vrčići uključeno je tako da se sirova voda sa vodocrpilišta transportira do vodospremnika Vrčići koji ima zapremninu od 1000 m^3 . [28]

Građevine zdenaca za vodocrpilište Vrčići nalaze se u kamenjaru iznad naselja Vrčići na nadmorskoj visini od 98,09 do 112,19 m n.m., a izgrađeni su kao poluukopane građevine od armiranog betona sa nasipom od kamenog nabačaja. Pošto se zdenci nalaze na lokaciji sa podosta nepovoljnim vremenskim uvjetima (zaslanjeni zrak i tlo), pri izvedbi su korišteni materijali koji su otporni na morsku sol. Primjer materijala koji su korišteni: rešetkasta gazišta od poliestera, poklopci napravljeni od inoxa, drvena kolna vrata i ograda napravljena od suhozida. Vanjske tlocrtne dimenzije građevine nad zdencem su $2,6 \times 4,1$ m, a visina od dna temeljne ploče do vrha ulaza je 390 cm. Otvor za ulaz u građevinu je zbog terena u padu izdignut od okolnog terena za cca 0,5-1,5 m. [28]



Slika 25: Crpilište Vrčići na otoku Pagu [25]

Projekt izgradnje crpilišta Vrčići odvijao se u dvije faze. U prvoj fazi izgrađeni su zdenci Z-1, Z-2 i Z-5 te cjevovodi od zdenaca Z-1 i Z-5 do priključka na vodospremu Vrčići. U drugoj fazi izvedeni su zdenci Z-3, Z-4 i Z-6 i cjevovod od zdenca Z-4 do zdenca Z-2 i cjevovod koji povezuje zdenac Z-6 i zdenac Z-1. Za potrebe uključanja u postojeći vodoopskrbni sustav otoka Paga izvedena su dva spojna cjevovoda. Prvi spojni cjevovod spaja zdence Z-1, Z-5 i Z-6, dužine 789,9 m i ide od zdenca Z-6 do priključka na vodospremu Vrčići, a drugi spojni cjevovod spaja zdence Z-2, Z-3 i Z-4, dužine 758 m i ide od zdenca Z-4 do priključka na prvi cjevovod. Oba cjevovoda su izgrađena u sklopu makadamskog puta na dubini od min. 1,5 m od postojećeg terena. Vodoopskrbni cjevovodi su izvedeni od plastičnih cijevi PEHD DN 225 i 160, a spojni cjevovodi od zdenaca do spoja na cjevovod koji ide prema vodospremniku su izvedeni od cijevi PEHD PE 100 PN 10 bara. [28]

Crpke su uronjene na dubini od 110-140 m od površine terena, a uz njih se nalaze sonde koje kontinuirano mjere razinu vode u zdencima i sonde koje služe za osiguranja crpki od rada na suho. U postrojenju crpilišta Vrčići nema stalnih zaposlenika, ali se vrši redovno održavanje i potrebni servisi, te povremeni nadzor.

Za kontinuirano praćenje svih parametara koji su potrebni za nesmetani rad, ugrađena je mjerna oprema u svakom zdencu i sastoji se od:

- pretvarača tlaka i manometra
- mjerača razine vode u zdencu
- sonde za zaštitu crpke od rada u suho
- elektromagnetskog mjerača protoka
- Pt100 sonde koja je ugrađena u elektromotor crpke
- mjerača vodljivosti vode s termometrom

Za ulaznu cijev u zdence korištena je tlačna fleksibilna cijev tipa „Wellmaster“ DN80/PN16, a potopne crpke u zdencima su „Grundfos SP 30-21N“ i nalaze se na dubinama prikazanim u tablici 8. [28]

Tablica 8: Dubine ugradnje crpki u zdencima [28]

Zdenac:	Dubina ugradnje crpke (mjereno od glave zdenca)
Z-1	h= 130,60 m
Z-2	h= 111,60 m
Z-3	h= 139,10 m
Z-4	h= 130,60 m
Z-5	h=130,30 m
Z-6	h= 140,60 m

Karakteristike potopnih crpki u zdencima:

-kapacitet	Q= 8,1 l/s	
-visina dizanja:	H= 164 mVS	
-nazivna snaga:	N= 18,5 kW	[28]

Tablica 9: Usporedba vodoopskrbnog sustava Paga [19,27,28]

Izvor	Način kondicioniranja	Broj stanovnika	Količine	Kakvoća
Voda s kopna	Uređaj za pročišćavanje (filtracija i dezinfekcija)	3846	70 -110 l/s	zadovoljava
Podzemna voda	dezinfekcija		48 l/s	zadovoljava
Boćata voda	Desalinizacija	759	15 l/s	zadovoljava

Nakon provedenog kondicioniranja vode, sva pitka voda koja se na otoku Pagu koristi je zadovoljavajuće kakvoće. Podaci o kakvoći vode dobiveni su iz izvještaja o ispitivanju koji se provode za svaki mjesec i dostupni su na stranicama komunalnog društva. Broj stanovnika ne odgovara stvarnom broju priključaka već je naveden iz razloga da se dobije bolji uvid u to koliko stanovnika se snabdijeva vodom iz postrojenja za desalinizaciju, a koliko vodovodom s kopna i iz vodocrpilišta podzemne vode. Broj stanovnika odnosi se na stanovnike sa prijavljenim prebivalištem na promatranom području.

7. ZAKLJUČAK

Tema ovog završnog rada je osvrt na vodoopskrbne sustave na Hrvatskim otocima. Da bi se bolje razumjela problematika vodoopskrbe razrađeni su osnovni pojmovi vezani za vodoopskrbne sustave.

Glavni zadatak ovog završnog rada je analizirati vodoopskrbu na otocima u Hrvatskoj te kao primjer proučiti vodoopskrbni sustav na području otoka Paga. U cilju boljeg razumijevanja problematike-vodoopskrbnog sustava Paga navedene su osnovne karakteristike Jadranskog vodnog područja kome pripadaju svi hrvatski otoci, pa tako i otok Pag.

Nakon razrađenog teorijskog dijela o načinima vodoopskrbe na otocima, načinima kondicioniranja i problematici kakvoće i cijene vode napravljen je osvrt na vodoopskrbu otoka gdje su navedeni vodni resursi otoka i raspoložive i potrebne količine vode na otocima.

Nadalje, izrađena je tablica 3 sa podacima o izvorima, vremenu korištenja sustava, načinima obrade vode, cijeni vode i kakvoći vode za neke hrvatske otoke. Iz tablice 3 je vidljivo da nisu svi otoci jednako opskrbljeni vodom. Veći otoci uglavnom imaju vlastita izvorišta vode, međutim ona nisu dovoljna za potrebe lokalnog stanovništva i za potrebe turizma, stoga su ti otoci spojeni cjevovodom na vodovod s kopna. Primjer takvih otoka su Krk, Cres, Pag, Vir i Hvar. Otoci poput Brača, Ugljana i Korčule imaju velike potrebe za pitkom vodom, a kako nemaju vlastitih izvora vode oni su spojeni cjevovodom na vodovod s kopna odakle se vrši njihovo snabdijevanje vodom.

Cijena vode na otocima varira za svaki pojedini otok i nju formiraju komunalna društva koja su zadužena za održavanje cjevovoda i snabdijevanje tih otoka vodom. Najskuplja voda je na otocima koji nemaju vlastitih izvora i koji nisu spojeni cjevovodom na vodovod s kopna. Primjer takvih otoka su Susak i Unije do kojih je potrebno vodu donositi brodom-vodonoscem i to je glavni razlog zašto je voda na tim otocima skuplja od vode na ostalim otocima.

Najveći problem svih hrvatskih otoka je taj što u ljetnim mjesecima ima mnogo više potrošača nego što je to slučaj u zimskom razdoblju pa je i potreba za pitkom vodom mnogo veća ljeti nego zimi.

Nadalje, promatrajući vodoopskrbni sustav otoka Paga, može se reći da je Pag idealan primjer složenog vodoopskrbnog sustava koji dobro funkcionira. Naime Pag ima vlastite izvore vode, ima postrojenje za desalinizaciju boćate vode i spojen je cjevovodom na kopneni cjevovod Hrvatskog primorja (Južni ogranak) i na taj način se opskrbljuje vodom s kopna. Na otoku Pagu napravljeni su dobri temelji za daljnji razvoj otoka i u budućnosti je moguće spajanje na vodoopskrbni sustav Sjeverne Dalmacije čime bi se omogućile dodatne količine pitke vode i otok bi se osigurao da ne dođe do nestašice vode. Što se tiče cijene vode na otoku Pagu u usporedbi sa ostalim otocima ona nije niti preskupa niti jeftina.

8. LITERATURA I IZVORI

- [1] Vuković, Ž., Osnove hidrotehnike, Akvamarine, Zagreb, 1995.
- [2] Hrvatska vodoprivreda, Prigodna publikacija, Prosinac 2012.
- [3] <https://www.24sata.hr/media/img/6f/27/35ed3713c6a5f6116838.jpeg> (pristupljeno: 02.06.2019.)
- [4] http://www.nzjz-split.hr/images/USLUGE/vodoopskrbni_sustav.jpg (pristupljeno: 02.06.2019.)
- [5] https://nobel.ba/upload/2018/06/thumb/ro-5-s-uv-0_5731a4eb816e7_5b1514b531eb9_1536133708_900x827c.png (pristupljeno: 03.06.2019.)
- [6] <https://pravimajstor.hr/site/papers/gradnja/kako-se-radi/slike/kis.jpg> (pristupljeno: 03.06.2019.)
- [7] https://hr.wikipedia.org/wiki/Pro%C4%8Di%C5%A1%C4%87avanje_vode#cite_note-2 (pristupljeno: 06.06.2019.)
- [8] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Procje%C4%91ivanje> (pristupljeno: 06.06.2019.)
- [9] Gulić, I., Opskrba vodom, HSGI, Zagreb, 2000.
- [10] https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/Voda_na_hrvatskim_otocima.pptx (pristupljeno: 06.06.2019.)
- [11] https://hr.wikipedia.org/wiki/Odsoljavanje_vode (pristupljeno: 06.06.2019.)
- [12] <https://vervita.com/proizvodi/cijena/destilator-vode-vervita> (pristupljeno: 08.06.2019.)
- [13] <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQKkx3acQtkSBQWOPzLxoYOzhNQaW0CgNHhZI6pmVpFxDceYb2E> (pristupljeno: 08.06.2019.)
- [14] https://hr.wikipedia.org/wiki/Odsoljavanje_vode#/media/File:ReverseOsmosis_with_PressureExchanger.svg (pristupljeno: 18.06.2019.)
- [15] https://hr.wikipedia.org/wiki/Odsoljavanje_vode#/media/File:Ion_exchange_resin_beads.jpg (pristupljeno: 18.06.2019.)
- [16] Runko Luttenberger, L. (2017) : Održiva vodoopskrba otoka, 45-55
- [17] https://hr.wikipedia.org/wiki/Popis_otoka_Hrvatske (pristupljeno: 10.07.2019.)
- [18] Slavuj, L.; Čanjevac, I.; Tvrtko Opačić, V. (2009): Hrvatski geografski glasnik 71/2
- [19] <https://kd-pag.hr/vodovod-pag/stanje-vodoopskrbe.html> (pristupljeno: 11.07.2019.)
- [20] <http://www.hvarskivodovod.hr/vodoopskrbni-sustav> (pristupljeno: 31.08.2019.)

- [21] <http://www.ponikve.hr/postojece-stanje-vodoopskrbnog-sustava> (pristupljeno: 31.08.2019)
- [22] <http://www.viocl.hr/djelatnosti/vodoopskrba/vodoopskrbni-sustav-2>
(pristupljeno 31.08.2019.)
- [23] <http://www.nzjz-split.hr/index.php/vodoopskrba-u-splitsko-dalmatinskoj-zupaniji>
(pristupljeno: 31.08.2019.)
- [24] <https://www.vodovod-zadar.hr/vodoopskrbni-sustav-zadarskog-vodovoda/>
(pristupljeno: 31.08.2019.)
- [25] Vlastiti izvori
- [26] https://kd-pag.hr/images/2018/Odluka_o_cijeni_vodnih_usluga.pdf
(pristupljeno: 02.09.2019.)
- [27] Postrojenje za desalinizaciju bočate vode vodoopskrbnog sustava-Povljana, Institut IGH d.d., IP-73510007, br. 3510-048/09
- [28] Crpilište „Vrčići“ na otoku Pagu, HIDROPROJEKT-ING d.o.o., br. 1371/2015