



B&B
VISOKA ŠOLA ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ

Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija
Program: Varstvo okolja

**RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE KOT
DOPOLNILNI VIR PITNE VODE ZA OSKRBO
PRIMORSKE OBALNE REGIJE IN NJEN
VPLIV NA MORSKI EKOSISTEM**

Mentor: mag. Robert Turk, univ. dipl. biol.
Lektorica: Metka Bartol, prof. slov. in špan.

Kandidat: Daniel Koželj

Ljubljana, januar 2022

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Robertu Turku za pomoč in nasvete.

Zahvaljujem se tudi lektorici Metki Bartol, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

IZJAVA

Študent Daniel Koželj izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Roberta Turka.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Oskrba s pitno vodo postaja v svetu vedno večji problem. Marsikje ljudje nimajo urejenega dostopa do pitne vode ali pa je ta velikokrat onesnažena z mikroorganizmi in strupenimi snovmi. Veliko je primerov, ko je je preprosto premalo, na primer v puščavskih predelih planeta, kjer je pitna voda redkost in za tamkajšnje prebivalstvo vredna pravega bogastva. Reševanja oskrbe s pitno vodo na kritičnih področjih se lotevajo z vrtinami, s katerimi dosežejo podtalnico, z iskanjem podzemnih vodonosnih sistemov, kot so bazeni z ujeto vodo, in pa z metodo razsoljevanja morske vode. Predvsem slednji je pogost način pridobivanja pitne vode in vode za namakanje kmetijskih površin na območju Bližnjega vzhoda.

V diplomski nalogi sem predstavil razsoljevanje morske vode kot ene od možnosti za dodatno oskrbo Obale s pitno vodo. Zamisel o tem se je pojavila leta 2013 v javnem podjetju Rižanski vodovod Koper, ki skrbi za preskrbo slovenske obalne regije s pitno vodo. Predstavil bom torej težave oskrbe slovenske obalne regije s pitno vodo poleti, ko je vodostaj reke Rižane nizek in je poraba pitne vode povečana predvsem zaradi turizma in kmetijstva, ter možni vplivi predlagane rešitve z razsoljevanjem morske vode na morske ekosisteme slovenskega morja.

KLJUČNE BESEDE

- razsoljevanje morske vode
- reka Rižana
- oskrba s pitno vodo
- dopolnilni vir pitne vode
- vpliv na morski ekosistem

ABSTRACT

Drinking water supply is becoming a growing problem all around the world. In different parts of the world, people have inadequate access to drinking water, where it is often contaminated with microorganisms and toxic substances. In desert areas, drinking water is a rarity and a real treasure for the local population. Drinking water supply in critical areas is solved by drilling wells to reach groundwater, by searching for underground aquifers with pools of trapped water as well as by desalination of salty seawater, which is very common in the Middle East.

The topic of the thesis will be the presentation of saline seawater desalination, mainly because this idea appeared in 2013 in the public company Rižanski vodovod Koper, as a possible solution to a supplementary source for improving the security of water supply in the coastal region. The problem of drinking water supply in summer in the coastal region, due to low water level of the river Rižana, the only source of drinking water, and high consumption due to tourism and agriculture, will be presented, as well as the environmental impact of the proposed desalination plant on the marine ecosystem of the Slovenian sea.

KEYWORDS

- desalination of sea water
- Rižana River
- Slovenian sea
- supplementary drinking water source
- impact on the marine ecosystem

KAZALO

1	UVOD	1
2	OSKRBA S PITNO VODO NA SLOVENSKI OBALI	2
2.1	Rečni režim reke Rižane.....	4
2.2	Poraba pitne vode reke Rižane.....	4
2.3	Načrti za pridobitev pomožnega vodnega vira	6
3	RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE PO SVETU	8
4	POSTOPKI RAZSOLJEVANJA MORSKE VODE	10
4.1	Postopek rabe vhodnih in izhodnih elementov pri razsoljevanju.....	12
4.2	Vplivi pri črpanju morske vode	12
4.3	Izpust slanice nazaj v morje.....	13
4.4	Sprememba temperature morske vode.....	14
4.5	Toplogredni plini	14
4.6	Raztopljeni kisik.....	15
4.7	Koncentracija klora	15
4.8	Težke kovine	15
5	PROUČEVANJE MOŽNOSTI ZA RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE V SLOVENSKEM MORJU	16
5.1	Razsoljevanje kot dopolnilni pitni vodni vir za slovensko Obalo	16
5.2	Razsoljevalni objekt za pridobivanje pitne vode na slovenski Obali	16
5.3	Tehnično-tehnološka zasnova naprave za razsoljevanje javnega podjetja Rižanski vodovod	18
6	ZNAČILNOSTI SLOVENSKEGA MORJA.....	19
6.1	Morski tokovi slovenskega morja	21
6.2	Morsko dno slovenskega morja	21
6.3	Slanost in temperatura slovenskega morja	22
7	RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE IN NJEN VPLIV NA EKOSISTEME SLOVENSKEGA MORJA	24
7.1	Sprejemljivost posega v okolje z gradnjo objekta za razsoljevanje	25
7.1.1	Vpliv posega na varovana območja	25
7.1.2	Uredba o ekološko pomembnih območjih predvidenega posega	26
8	ANALIZA SWOT RAZSOLJEVANJA MORSKE VODE IZ SLOVENSKEGA MORJA.....	27
9	ZAKLJUČEK	29
10	LITERATURA IN VIRI	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Porečje reke Rižane z označenim izvirom Zvorček.....	2
Slika 2: Vodnati izvir reke Rižane.....	3
Slika 3: Vodnati izvir reke Rižane v sušnem obdobju	3
Slika 4: Izliv Rižane.....	3
Slika 5: Prikaz zimskega režima vodooskrbe na Obali	5
Slika 6: Prikaz poletnega režima vodooskrbe na Obali.....	5
Slika 7: Potencialni vodni viri za oskrbo s pitno vodo Obale in Krasa	6
Slika 8: Varianta veliki Padež – zaježitev dolin Padeža in Suhorke s skupno dolinsko pregrado	7
Slika 9: Varianta Suhorka – zaježitev doline Suhorke pred sotočjem s Padežem.....	7
Slika 10: Razširjenost razsoljevanja po svetu leta 2006	8
Slika 11: Slikovni prikaz razsoljevanja morske vode	10
Slika 12: Shema vhodnih in izhodnih elementov pri razsoljevanju.....	12
Slika 13: Obrat za razsoljevanje Al Ghubrah (največja v Omanu) s površinskim izpustom (researchgate.net, 2012).....	13
Slika 14: Obrat za razsoljevanje Al Ghubrah v Omanu. Na satelitskem posnetku so vidni trije izpusti slanice v morje	13
Slika 15: Gradnja objekta za razsoljevanje vode v Libiji	17
Slika 16: Batimetrična karta – globine slovenskega morja.....	19
Slika 17: Sprememba obale in rabe tal na primeru akumulacijske ravnice ob izlivu Fazana v Luciji. Nekdanje solinarske površine so do konca 20. stoletja urbanizirali ali jih namenili turistični dejavnosti	20
Slika 18: Morski tokovi slovenskega morja.....	21
Slika 19: Sedimentološka karta dna – opomba: meje tipov dna so določene približno na osnovi vzorcev	22

KAZALO TABEL

Tabela 1: Analiza SWOT razsoljevanja morske vode v slovenskem morju.....	28
--	----

1 UVOD

Potreba po vodi je takoj po potrebi za kisikom najpomembnejša človeška fiziološka potreba. Voda omogoča življenje vsem živim bitjem in je odgovorna za življenje ter razvoj človeka in s tem za nastanek civilizacij, ki so oblikovale človeško zgodovino (Mezopotamija, Kitajska, Egipt itn.). Poleg preživetja nam voda omogoča tudi proizvodnjo hrane ter množico drugih dobrin, med katerimi je njen pomen za številne transportne poti. Velika večina vode na planetu je slane, njen delež znaša kar 97 %, od preostalih 3 % sladke vode je pitne zgolj 1 %. Prav gotovo se je tudi zaradi teh razmerij v človeški zgodovini razvijala zamisel o pridobivanju pitne vode iz morja. Ta postopek imenujemo razsoljevanje.

Območje slovenske Obale se je vedno soočalo s problemom pomanjkanja pitne vode, zlasti v sušnih poletnih obdobjih. Glavni vir pitne vode primorske obalne regije je reka Rižana, ki pa je hudourniškega značaja, zato je njen vodostaj v veliki meri odvisen od padavin. Težave se pojavljajo predvsem v poletnih mesecih, tako zaradi upada vodostaja, predvsem pa zaradi povečane porabe, ki je posledica turizma in kmetijske pridelave.

Zadnja večja redukcija vode se je zgodila junija 2019, vendar v tem primeru ni šlo za pomanjkanje vode, pač pa za previdnostni ukrep zaradi železniške nesreče pri Hrastovljah, v kateri je iztiril vagon oz. cisterna, ki je prevažala letalsko gorivo kerozin. Po podatkih pristojnih služb je več kot 7600 litrov vnetljive tekočine izteklo v porozna kraška tla. Kraško območje je precej ranljivo, velika prepustnost tal in omejeno naravno čiščenje v podzemlju potencirata občutljivost kraških voda. Iztekla tekočina je predstavljala veliko nevarnost za oskrbo s pitno vodo, saj se področje nesreče nahaja na območju zajetja reke Rižane, ki oskrbuje področje primorske obalne regije.

Kljub vsemu javno podjetje Rižanski vodovod že vsa ta leta uspešno rešuje pomanjkanje vode v kriznih poletnih mesecih predvsem iz dveh dodatnih virov, to sta vir Klariči Kraškega vodovoda Sežana in vodni vir Gradole, s katerim upravlja Istarski vodovod d.o.o. Buzet.

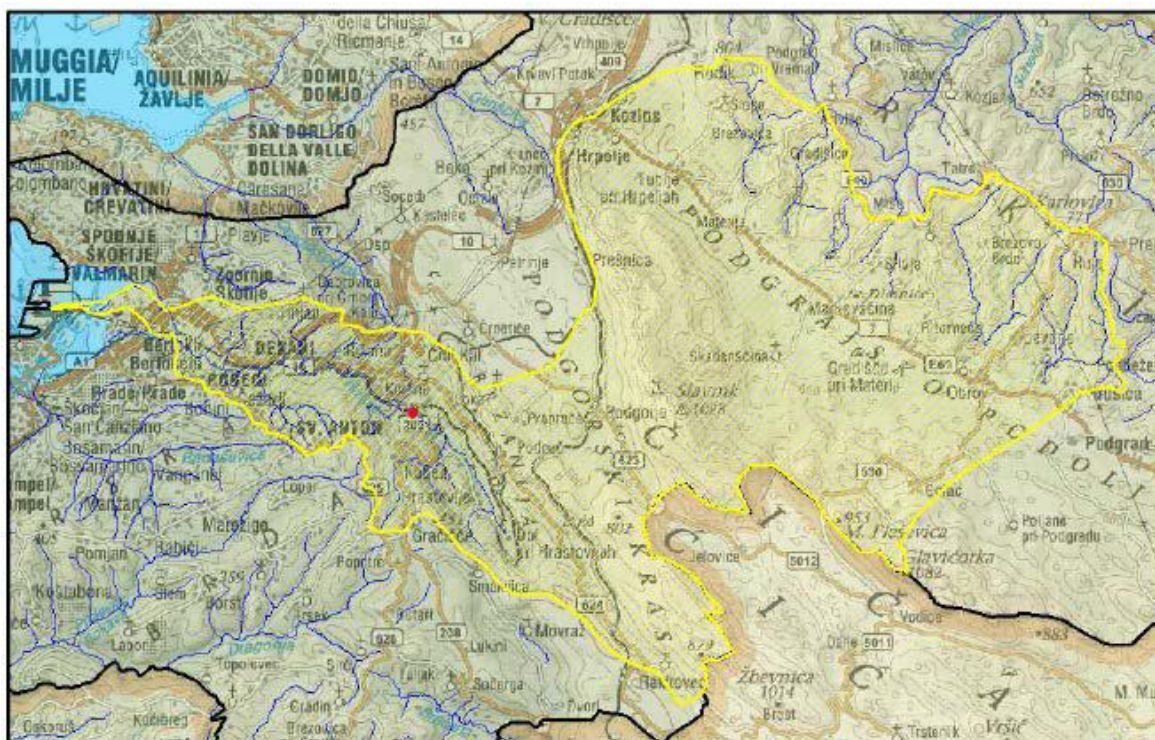
Kljub temu pa težava oskrbe obalne regije s pitno vodo ostaja. Leta 2013 je Rižanski vodovod v okviru razmišljanja o potencialnih možnih rešitvah kot dopolnilni vir za izboljšanje varnosti vodne oskrbe predstavil projekt razsoljevanja morske vode.

V diplomski nalogi bom opisal reko Rižano kot glavni vodni vir, razširjenost razsoljevanja po svetu, značilnosti slovenskega morja in možnosti razsoljevanja morske vode ter potencialne vplive razsoljevanja na morski ekosistem.

2 OSKRBA S PITNO VODO NA SLOVENSKI OBALI

Porečje reke Rižane se nahaja na območju Obalno-kraške regije, na jugozahodni strani Slovenije, in predstavlja majhen del Jadranskega povodja. Reka Rižana je najpomembnejša reka slovenske Istre, saj predstavlja glavni vir pitne vode za oskrbo štirih obalnih občin (Koper, Izola, Piran in Ankaran).

Prispevna površina porečja znaša okrog 204,5 km² in obsega poleg obalnega območja še del hribovitega pasu z nadmorskimi višinami do 500 m (del Podgrajskega podolja, Podgrajskega krasa in Bržanije).



Slika 1: Porečje reke Rižane z označenim izvirom Zvorček
(Vir: Kovačič, 2012)

Reka Rižana izvira v zaledju slovenske obale neposredno pod kraškim robom oziroma Bržanijo, na območju hrastoveljske doline (izvir je imenovan Zvorček in se po 14 km dolgi poti izlije v morje Tržaškega zaliva, zahodno od Sermina, deloma pa tudi v naravni rezervat Škocjanski zatok, v neposredni bližini Kopra (Jazbec, 2013).



Slika 2: Vodnati izvir reke Rižane
(Vir: <http://www.rvk-jp.si/>, 2012)



Slika 3: Vodnati izvir reke Rižane v sušnem obdobju
(Vir: <http://www.rvk-jp.si/>, 2012)



Slika 4: Izliv Rižane
(Vir: Arhiv Luke Koper, 2013)

2.1 REČNI REŽIM REKE RIŽANE

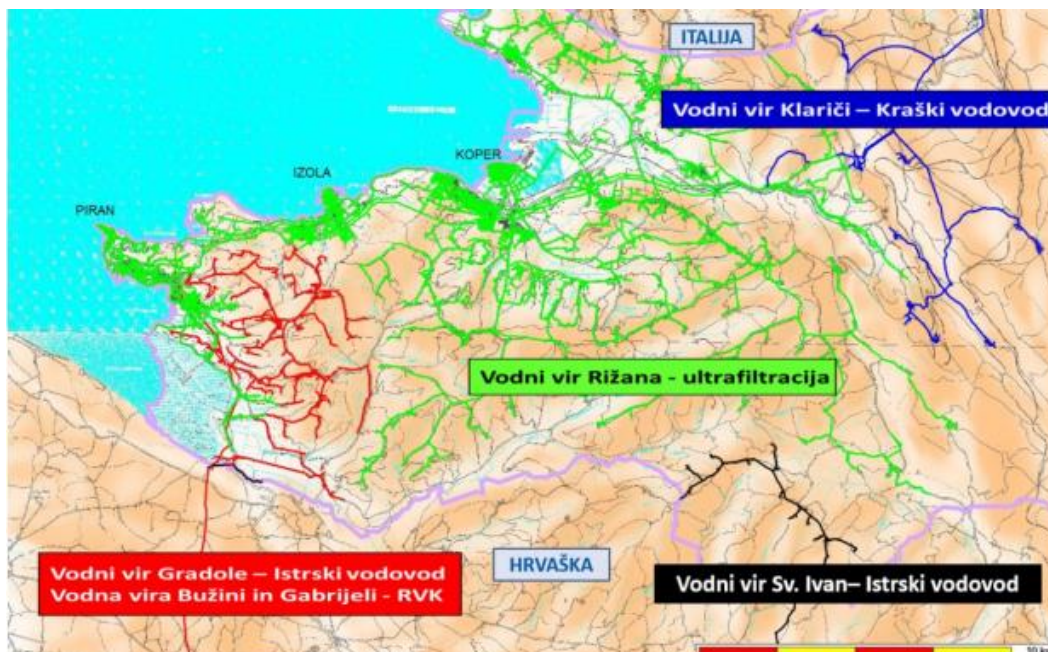
Za reko Rižano je značilen dežni ali fluvialni režim. Glavna karakteristika dežnega režima je, da imamo čez leto eno obdobje visoke in eno obdobje nizke vode. Visoke vode v povprečju nastopijo pozno jeseni in tako ostane vse do aprila, z viškom v mesecu novembru, medtem ko nizke vode nastopijo poleti, v obdobju od maja do konca septembra, z izrazitim nizkim vodostajem v mesecu juliju in avgustu. K poletnemu nižku poleg zmanjšane površinskega odtoka zaradi pomanjkanja padavin in povečane evapotranspiracije dodatno pripomore tudi povečana poraba vode na račun turizma. Posledica tega je povečan upad gladine podtalnice, kar zmanjša sposobnost napajanja vodotoka s pomočjo podtalnice (baznega odtoka) (Jazbec, 2013).

2.2 PORABA PITNE VODE REKE RIŽANE

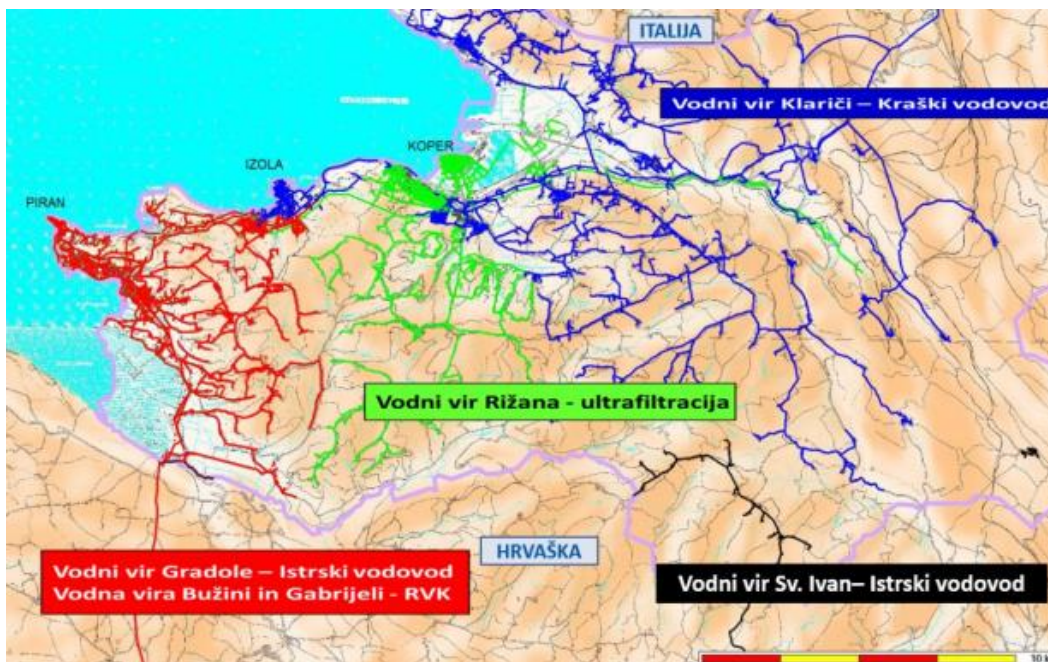
Reka Rižana je med tremi rekami slovenske Obale najbolj izkoriščana, saj je na njenem izviru zajete pitne vode. Osrednji pomen reki Rižani torej daje oskrba s pitno vodo. Voda, načrpana iz Rižane, oskrbuje prebivalstvo štirih obalnih občin (Koper, Izola, Piran in Ankaran), saj je na vodovodno omrežje priključenih okoli 99,7 % gospodinjstev (podatki Rižanskega vodovoda iz leta 2011). To Rižanski vodovod uvršča v sam vrh Slovenije glede na delež gospodinjstev, priključenih na vodooskrbno omrežje. Čeprav reka predstavlja glavni vir oskrbe s pitno vodo, pa v poletnem času, v času visoke turistične sezone, in nizke izdatnosti vodnega vira Rižane zaradi pomanjkanja padavin Rižanski vodovod ne more zadostiti vseh potreb uporabnikov vode.

Zaradi turistične sezone se število porabnikov v tem obdobju poveča za skoraj 50 %. Zato se za oskrbo z vodo uporabljata še dva dodatna sosednja vodovodna sistema: Kraški vodovod Sežana (vodni vir Klariči) in Istarski vodovod Buzet (vodni vir Gradole). Kljub temu dvema dodatnima viroma občasno še vedno ni zagotovljena nemotena oskrba, saj se na teh dveh območjih srečujejo z enakimi težavami kot na območju vodnega vira Rižane. Poleg oskrbe s pitno vodo se vodo, načrpano neposredno iz reke, uporablja tudi v kmetijske namene, kot je namakanje obdelovalnih površin (Jazbec, 2013).

Pozimi so količine vode v vodnem viru Rižane več kot zadostne, vendar težava nastane, ko ta začne upadati. Na slikah 5 in 6 sta tako prikazana tipični zimski ter ekstremni poletni režim vodooskrbe na Obali. Zelena barva predstavlja delež vodnega vira reke Rižane, modra predstavlja odkupljeno vodo pri Kraškem vodovodu, rdeča pa simbolizira odkupljeno vodo pri Istarskem vodovodu. V zimskem režimu se večinski delež pokrije zgolj z vodo iz Rižane, medtem ko je poleti slika popolnoma drugačna (Guštin, 2018).



Slika 5: Prikaz zimskega režima vodooskrbe na Obali
(Vir: Guštin, 2018)



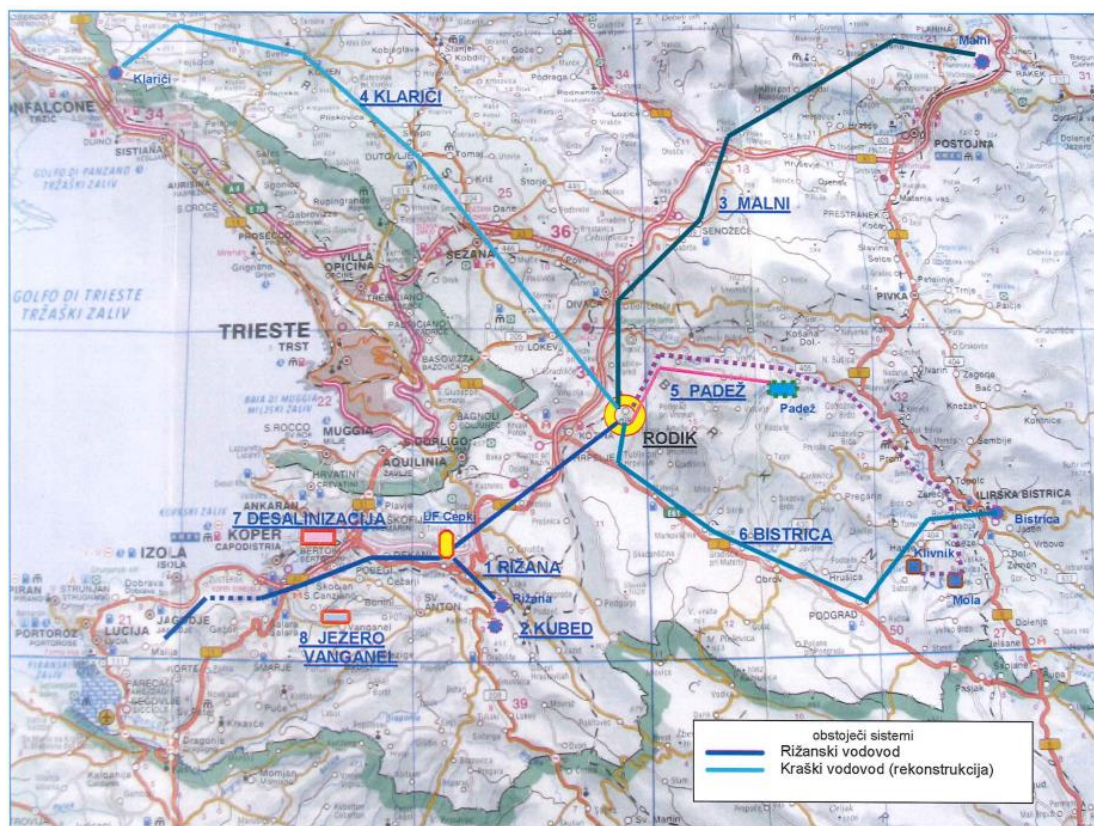
Slika 6: Prikaz poletnega režima vodooskrbe na Obali
(Vir: Guštin, 2018)

2.3 NAČRTI ZA PRIDOBITEV POMOŽNEGA VODNEGA VIRA

Zaradi navedenih primanjkljajev lastnega vodnega vira je Obala že vrsto let vezana na dobavo vode iz sosednjih virov, kar izrazito poveča stroške oskrbe prebivalstva s pitno vodo. Z leti so bile načrtovane in analizirane številne možnosti, s katerimi bi lahko dobili ustrezen pomožni vodni vir, ki bi zagotavljal maksimalno zanesljivost oskrbe prebivalcev tega območja s pitno vodo.

Tako so bile v preteklosti analizirane različne možnosti dodatne oskrbe s pitno vodo:

- vodni vir Malni na Planinskem polju,
- vodni vir Klariči v Brestovici in dovod vode iz vodovoda v Ilirski Bistrici,
- obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik,
- dovod vode iz Italije,
- akumulacija Kubed
- akumulacija Pinjevec na Dragonji,
- akumulacija Padež in
- razsoljevanje morske vode.



Slika 7: Potencialni vodni viri za oskrbo s pitno vodo Obale in Krasa
(Vir: RVK, 2013)

Kot najustreznejša se je izkazala varianta z izgradnjo akumulacije Padež v kraškem zaledju, ki predstavlja edini zanesljivi vir za dolgoročno oskrbo regije s pitno vodo. Ker pa projekt iz najrazličnejših razlogov ni bil dokončan, so lokalne skupnosti na Obali potrdile pobudo Rižanskega vodovoda, da je treba strateški vodni vir v regiji tudi realizirati (Guštin, 2018).

Civilna iniciativa v Brkinih se s projektom ne strinja in opozarja na to, da bi bile z akumulacijo in spremembo vodnega režima med drugim ogrožene tudi Škocjanske jame. Opozarja tudi, da je treba natančno proučiti še možnost povezovanja obstoječih vodovodov, saj bi bila ta rešitev cenejša in z vidika posegov v prostor tudi manj zahtevna.



Slika 8: Varianta veliki Padež – zaježitev dolin Padeža in Suhorke s skupno dolinsko pregrado
(Vir: RVK, 2009)



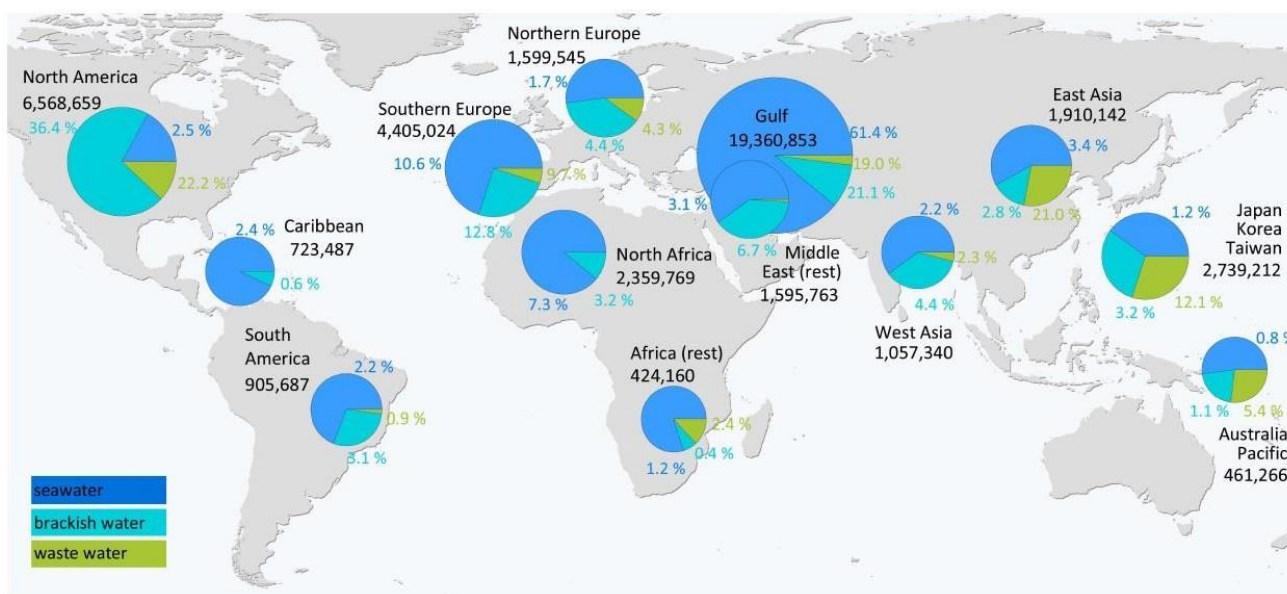
Slika 9: Varianta Suhorka – zaježitev doline Suhorke pred sotočjem s Padežem
(Vir: RVK, 2009)

3 RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE PO SVETU

Razsoljevanje morske vode ni nov pojav v človeški družbi in se uporablja že tisočletja, vendar je bil cilj procesa namesto pridobivanja sladke vode pravzaprav pridobivanje soli. Ta je bila v preteklosti cenjena dobrina, njena pridobitev pa je bila strateškega pomena za države, predvsem za konzerviranje hrane za vojsko in pomorske odprave. Eno od prvih pridobivanj pitne vode s postopkom razsoljevanja se je zgodilo na ladjah med 17. in 19. stoletjem (Žibert, 2010).

Prve postopke, povezane z razsoljevanjem morske vode, sta patentirala William Walcot (leta 1675) in Robert Fitzgerald (leta 1683), vendar zaradi nezadostne tehnologije takrat nobeden od patentov ni bil dejansko uporabljen. V začetku 19. stoletja, ko se je parni stroj začel široko uporabljati, se je povečalo znanje o termodinamiki, hkrati pa tudi potreba po čisti, razsoljeni vodi za stroje, kar je posredno povzročilo poskok v napredku razsoljevanja vode za potrebe čiste pitne vode (Podbevšek, 2021).

Curaçao na Nizozemskih Antilih je bil prvo območje na svetu, kjer so v prvi polovici 20. stoletja (1928) začeli odpirati prve večje razsoljevalne obrate. Leta 1938 je bil prvi obrat zgrajen v današnji Savdski Arabiji (Žibert, 2016).



Slika 10: Razširjenost razsoljevanja po svetu leta 2006
(Vir: Lattemann, 2010)

Danes je uporaba razsoljevanja zelo razširjena in za to obstaja več razlogov; pomembnejši so pomanjkanje površinske in podzemne sladke vode ter finančne in energetske zmogljivosti za naložbe v te dokaj drage objekte ter postopke do gospodarske rasti, povečevanje števila prebivalcev, urbanizacija, suše, pomanjkanje vode, podnebne spremembe in izrabljenost konvencionalnih vodnih virov tako količinsko kot kakovostno, pa tudi zaradi prekomernega črpanja, onesnaženja ali slanosti. Razsoljevanje je poleg tega postalo ekonomsko bolj upravičena naložba, saj se stroški pridobivanja in priprave običajnih vodnih virov v nekaterih delih sveta povečujejo, stroški razsoljevanja pa padajo (Žibert, 2016).

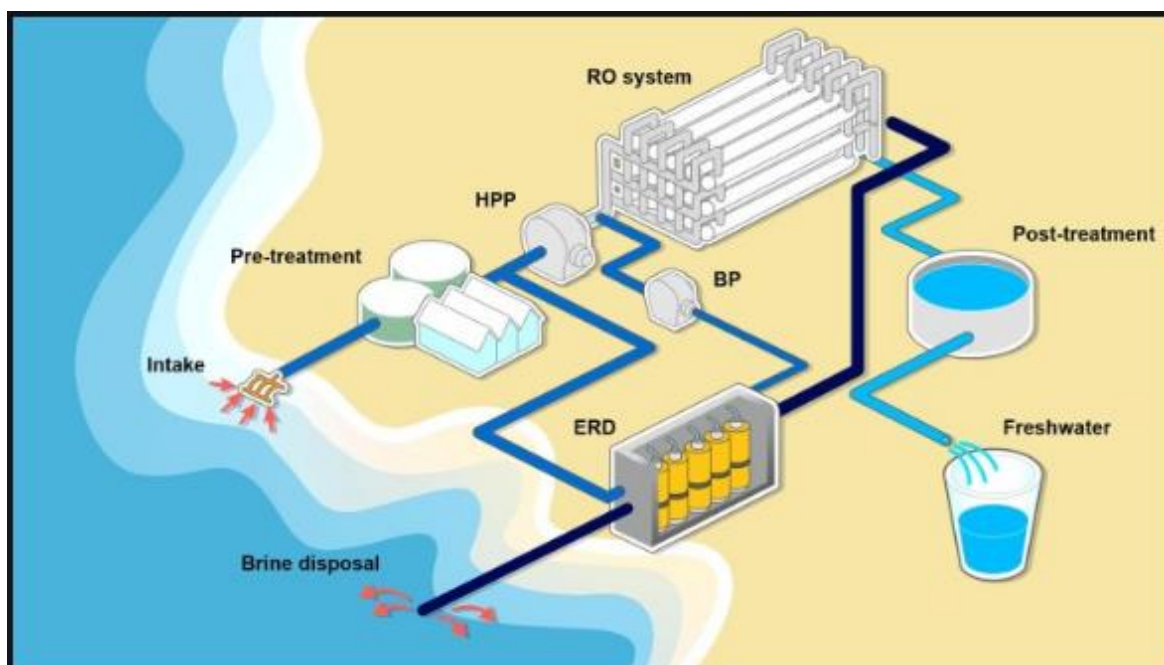
Razsoljevanje se uporablja tudi na podmornicah in čezoceankah, kjer oskrba s pitno vodo ni mogoča. Postopek razsoljevanja na plovilih lahko poteka na več načinov. Najosnovnejši princip je destilacija, najbolj razširjen pa je proces reverzne osmoze (RO). Od vode, pridobljene z razsoljevanjem, je odvisen približno 1 % svetovnega prebivalstva, po ocenah pa se bo do leta 2025 to število povečalo na 14 % (Podbevšek, 2021).

Morska in slana podtalnica sta najpomembnejša vira pitne vode v nekaterih z nafto bogatih državah Bližnjega vzhoda, ki so močno odvisne od razsoljevanja, kot sta Kuvajt in Združeni arabski emirati. V skladu z navedenim je danes največ razsoljevalnih obratov v Perzijskem zalivu, kjer je proizvodnja v letu 2016 znašala 12,1 milijona m³/dan, kar predstavlja 44 % celotne svetovne dnevne proizvodnje. Največja proizvodnja je bila v Savdski Arabiji (25 % svetovne proizvodnje, od tega 11 % v Perzijskem zalivu, 12 % v Rdečem morju in 2 % drugod), Združenih arabskih emiratih (23 %) in Kuvajtu (6 %). V regiji prevladujejo procesi toplotnega razsoljevanja, ki so del soproizvodnje pri proizvodnji električne energije. Približno 81 % razsoljene vode je nastalo kot proizvod večfazne ravnotežne destilacije (MSF – *multi stage flash*), 13 % kot proizvod večstopenjske destilacije (MED – *multiple effect distillation*) in 6 % kot proizvod reverzne osmoze (RO) (Žibert, 2016).

Danes so številne države na Bližnjem vzhodu odvisne od razsoljene vode. Podobno se danes tudi druge države, ki so se v preteklosti zanašale na tradicionalne vire, odločajo za tehnologijo razsoljevanja. Zaradi vse manjših zalog sladke vode po vsem svetu velja, da je morska voda edini pravi vodni vir. To temelji na dejstvu, da je 97 % vode na planetu shranjenih v oceanih in morjih. Ena od negativnih lastnosti razsoljevanja je stranski proizvod, imenovan slanica, ki se iz obratov izteka v morje, kar lahko negativno vpliva na morske in obrežne ekosisteme (Žibert, 2016).

4 POSTOPKI RAZSOLJEVANJA MORSKE VODE

Slana voda vstopa preko sesalnega cevovoda in se v različnih komorah segreva pod ekstremnimi pritiski. Prva komora (*pre-treatment*) je pod nižjim tlakom kot slana voda, ki vstopi vanjo, kar omogoča, da se del slane vode upari in zbere. Po izstopu iz prve komore slana voda vstopi v več komor (*RO-system*), kar omogoča, da slana voda pod pritiskom izhlapi. Vsota uparjene vode se zbere in kondenzira v destilirano vodo. Voda, ki ni v celoti izhlapela, zapusti sistem z višjo koncentracijo fiziološke raztopine (odpadna voda, imenovana slanica) kot ob vstopu; to se zavrže kot odpadke nazaj v morje, medtem ko se destilirana voda po predhodni mineralizaciji (*post-treatment*) odda v komunalni vodovod kot pitna voda (Desalination and Water Recycling, 2017).



Slika 11: Slikovni prikaz razsoljevanja morske vode
(Vir: sciencedirect.com, 2019)

Razsoljevanje je postopek odstranjevanja raztopljenih soli in drugih kemikalij iz morske vode, brakične vode ali površinske vode. Razsoljevanje je postopek, pri katerem iz morske oz. brakične (voda, katere slanost je med sladko in morsko vodo; med 5 in 10 delcev na tisoč) vode pridobivamo sladko vodo (Lugarič, 2013).

Pri tem se iz slane vode izločajo raztopljene snovi, ki jih označujemo s poimenovanjem celokupne raztopljene trdne snovi – TDS (total dissolved solids).

Glede na količino TDS se določi tehnologija razsoljevanja. Tehnologiji, ki prevladujeta na tem področju, sta termična membranska in solarna destilacija, obstajajo pa tudi kemijski

postopki, ki nimajo posebne vloge na trgu, z izjemo ionske izmenjave, ki se uporablja pri mehčanju vode.

Tehnologija razsoljevanja:

1. TERMIČNI PROCESI

- a) kompresija hlapov
- b) večfazna ravnotežna (MSF – *multi stage flash*) destilacija

Termična tehnologija je proces destilacije (izhlapevanje in kondenzacija). Postopek destilacije najdemo tudi v naravi (izhlapevanje morja, kondenzacija v zraku – dež). Velika pomanjkljivost termičnih procesov razsoljevanja je visoka poraba energije.

2. MEMBRANSKI PROCESI

- a) reverzna osmoza
- b) elektrodializa
- c) vakuumaska membranska destilacija

Membranski proces zahteva predpripravo vode. To vključuje odstranitev raztopljenih plinov in neraztopljenih trdnih delcev. Membranski postopek se uporablja za manj slane vode. Uporaba membranskih procesov se z leti povečuje v primerjavi s termičnimi, predvsem zaradi manjše onesnaženosti okolja in manjšega potrebnega vnosa energije

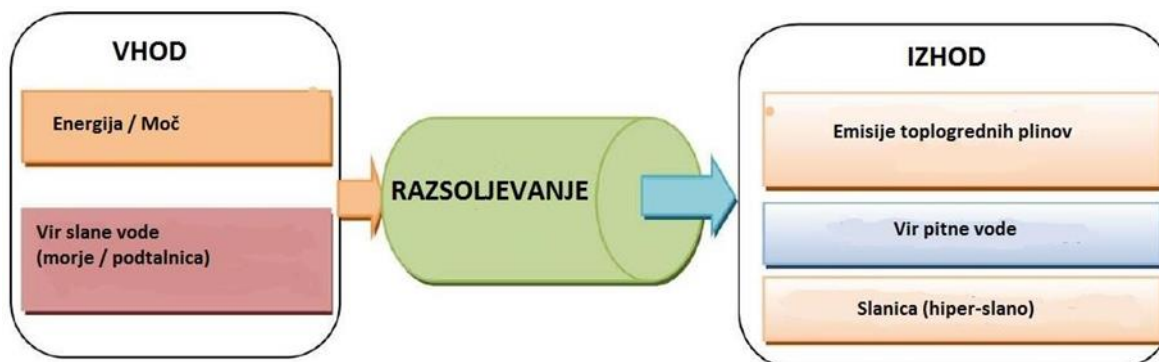
3. SOLARNA DESTILACIJA

- a) sončni bazen
- b) sončni kolektorji
- c) fotovoltaični sistem

Solarna destilacija omogoča pridobivanje sladke vode in energije (električna in toplotna energija). Sončno energijo lahko uporabimo neposredno ali pa posredno. Primer neposredne uporabe sončne energije so sončni bazen in sončni kolektorji, primer posredne uporabne sončne energije pa je pridobivanje električne energije s pomočjo fotovoltaičnega sistema. Sončna energija velja za obnovljivi vir energije, zato so »solarni« procesi razsoljevanja okolju prijaznejši (Podbevšek, 2021).

Na izbiro primerne tehnologije vpliva več dejavnikov, kot so energijska razpoložljivost in možnost regeneracije, kakovost vodnega vira, uporaba pridobljene vode, velikost proizvodnje (objekta) ter drugi lokalni pogoji (Committee to Review the Desalination and Water Purification Technology Roadmap, National Research Council, 2004).

4.1 POSTOPEK RABE VHODNIH IN IZHODNIH ELEMENTOV PRI RAZSOLJEVANJU



Slika 12: Shema vhodnih in izhodnih elementov pri razsoljevanju
(Vir: Žibert, 2016)

Na zgornji sliki (Slika 12) je prikazana shema vhodnih in izhodnih elementov pri razsoljevanju. Slana voda vstopa z dodatkom energije za začetek kemijskega procesa, izstopajo pa sladka voda, izločena sol (v obliki slanice) in emisije toplogrednih plinov (če so vir vstopne energije fosilna goriva).

Negativne posledice so povezane predvsem s koncentracijo in biokemijskimi izpusti kot stranskimi proizvodi samega procesa razsoljevanja in so odvisne tudi od vira morske vode. Ti izpusti lahko negativno vplivajo na kakovost obalne vode, na obalne in morske ekosisteme, pa tudi na kakovost zraka. Slednje je odvisno od reagenta, uporabljenega v procesu razsoljevanja (Žibert, 2016).

4.2 VPLIVI PRI ČRPANJU MORSKE VODE

Pri odprtih vtokih v obrat zaradi vnosa v obrat lahko prihaja do izgube morskih organizmov. Črpanje morske vode povzroča motnje na morskem dnu, vrtinčenje in mešanje materiala, usedlin, hranil in onesnaževal. Območje postane nestabilno za obstoječe življenje. Ustvarijo se umetni morski grebeni, spremenijo se pogoji za ekosistem, ljudje lahko posledice občutijo pri drugih dejavnostih, kot so ribolov in vodne transportne poti (Žibert, 2016).

Ena večjih težav, ki lahko nastopijo pri zajemu morske vode v Tržaškem zalivu, je resuspenzija sedimentov, hranil ali polutantov (npr. živo srebro), ki lahko negativno vplivajo na samo kakovost vode (Guštin, 2018).

4.3 IZPUST SLANICE NAZAJ V MORJE

Pri procesu razsoljevanja običajno nastanejo velike količine slanice, ki ima poleg visoke slanosti tudi višjo temperaturo, vsebuje ostanke iz postopkov predobdelave, kemikalij, težkih kovin itn. Visoke koncentracije soli se izločajo v bližnje morje, kar ima za posledico povečano slanost in nevarnost za ekosisteme. Koncentracija morske soli se v bližini izpustov tako lahko poveča za več kot 20 % (Žibert, 2016).



Slika 13: Obrat za razsoljevanje Al Ghubrah (največja v Omanu) s površinskim izpustom
(Vir: researchgate.net, 2012)



Slika 14: Obrat za razsoljevanje Al Ghubrah v Omanu. Na satelitskem posnetku so vidni trije izpusti slanice v morje
(Vir: researchgate.net, 2012)

Kemična predobdelava vode pred vstopom v proces za zaščito membran in drugih fizičnih delov, ki pridejo v stik z vodo, je bistvenega pomena. Kemikalije se uporabljajo proti koroziji, vodnemu kamnu, penjenju, obraščanju organizmov itn. Ostanki kemikalij in stranski proizvodi procesov, v katere so vključeni, se po navadi izločajo v morje.

Velik negativen vpliv na morsko življenje se pojavi, ko močno onesnaženi izpusti pridejo v stik z ranljivimi ekosistemi. Učinek je odvisen od fizioloških in kemičnih lastnosti izpustov ter hidrografskih in bioloških pogojev okolja (Žibert, 2016).

Zaprto in plitvo območje z bogatim morskim življenjem, kakršna sta slovensko morje in celoten Tržaški zaliv, naj bi bilo občutljivejše za izpuste kot odprta območja z velikim pretokom (oceani), ki imajo večji volumen in s tem večjo razredčenost in razpršenost izpustov.

4.4 SPREMEMBA TEMPERATURE MORSKE VODE

Slovensko morje je plitvo in se zato hitro segreje oz. ohladi. Posledica plitvosti pa je ekološka občutljivost. Najvišjo temperaturo morje doseže v poletnem času, torej julija in avgusta, od 25 °C pa celo do 30 °C na morski gladini. V zalivskih državah se pri procesu razsoljevanja temperatura morja pri izpustih odvečne vode iz obratov poviša za 7–8 °C. V primeru slovenskega morja bi to pomenilo, da bi se voda na območju izpusta močno segrela, pomembno pa bi se povišala tudi temperatura na morski gladini.

Večina organizmov se lahko prilagaja majhnim odstopanjem od optimalne slanosti in temperature okolja, nekaj časa lahko prenašajo tudi ekstremne razmere, ne morejo pa tega početi dalj časa v neprijaznih okoliščinah. Nenehni izpusti z visoko slanostjo in temperaturami so lahko usodni za morsko življenje, hkrati pa lahko povzročijo trajne spremembe v sestavi ter razširjenosti življenjskih okolij v bližini izpustov in tudi v širšem okolju. Morske organizme lahko pritegnejo ali odbijejo spremembe v naravnem okolju. Tisti, ki bi bili bolj prilagojeni novim razmeram, bi sčasoma prevladali (Žibert, 2016).

4.5 TOPLOGREDNI PLINI

Za razsoljevanje vode po svetu večinoma uporabljajo fosilna goriva, kar pomeni, da s procesom prispevajo k povečanju izpustov toplogrednih plinov, ki negativno vplivajo na podnebne spremembe. Zato je veliko truda vloženega v iskanje rešitev oziroma možnosti za izvajanje razsoljevanja na osnovi uporabe obnovljivih virov energije.

Zaradi energetske potratnosti in uporabe fosilnih goriv industrija razsoljevanja močno onesnažuje zrak z emisijami NO₂ (dušikov dioksid) in SO₂ (žveplov dioksid), ki ju povzročata predvsem nafta in premog. Ta industrija je drugi največji onesnaževalec s CO₂ v zalivskih državah (Žibert, 2016).

4.6 RAZTOPLJENI KISIK

Izstopna slanica vpliva na količino raztopljenega kisika v bližini obratov razsoljevanja. Koncentracija in nasičenost s kisikom se bosta zmanjševali zaradi slanosti in visokih temperatur odplak. Koncentracije raztopljenega kisika so odvisne tudi od temperatur morja, oddaljenosti od obrata, koncentracij kisika v odplakah in mešanja odplak z okoliško vodo (Žibert, 2016).

4.7 KONCENTRACIJA KLORA

V večini razsoljevalnih obratov se vstopni vodi dodaja klor za zmanjševanje obraščanja organizmov, kar vodi do nastanka spojin s klorom. Pri obratih reverzne osmoze se vstopna voda klorira in nato deklorira, preden doseže membrane. Koncentracije klora v odplakah so odvisne od odmerkov, uporabljenih pri kloriranju morske vode. Povečanje odmerkov klora lahko vpliva na kakovost morske vode v okolici obrata in posledično tudi na ekosisteme. Zaradi negativnih vplivov klora na okolje in zdravje ljudi se preučujejo druge alternativne kemikalije. Na območju Perzijskega zaliva se trenutno kot glavno nadomestilo klora uveljavlja ClO₂ (klorov dioksid) (Žibert, 2016).

4.8 TEŽKE KOVINE

Zlitine bakra in niklja se navadno uporabljajo kot material toplotnih izmenjevalnikov v destilirnih obratih, zato koncentracije bakra, ki se v vodo izloča zaradi korozije, v slanici lahko predstavljajo težavo. Slanica iz reverzne osmoze lahko vsebuje sledi železa, niklja, kroma in molibdena, onesnaženost s težkimi kovinami pa je po navadi pod kritičnimi mejami, ker v obratih razsoljevanja z reverzno osmozo prevladuje nekovinska oprema in tista iz nerjavečega jekla (Žibert, 2016).

5 PROUČEVANJE MOŽNOSTI ZA RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE V SLOVENSKEM MORJU

Da bi se izognili popolnemu zastoju oskrbe z vodnim virom Rižana in oskrbovanju iz dodatnih virov, kot so Brestovica – Kras, Padež – pritok Reke, Gabrijeli – Hrvaška, so leta 2013 v javnem podjetju Rižanski vodovod začeli proučevati možnosti za razsoljevanje morske vode. Razsoljevanje naj bi kot samostojen, zanesljiv in glede na različne režime porabe vode prilagodljiv dopolnilni vodni vir pomenil korak naprej k zagotavljanju varnejše oskrbe s pitno vodo v najbolj kritičnih razmerah, kot je ekstremna suša ali onesnaženje vodnega vira Rižana (Mestna občina Koper, 2019).

5.1 RAZSOLJEVANJE KOT DOPOLNILNI PITNI VODNI VIR ZA SLOVENSKO OBALO

Javno podjetje Rižanski vodovod navaja veliko prednosti razsoljevanja kot dodatnega vira pitne vode na Obali (Primorske.si, 2016).

Na tovrstnih območjih primanjkovala klasičnih vodnih virov, kot so razne akumulacije in izviri, je razsoljevanje morske vode za potrebe pridobivanja pitne vode lahko eden učinkovitejših tehnoloških načinov za izboljšanje vodne oskrbe. Morska voda predstavlja največji delež vse vode na planetu, ki pa brez ustrezne priprave ni primerna kot vir pitne vode, saj vsebuje do 4,5 % raztopljenih mineralov, ki se s klasičnimi tehnologijami čiščenja vode ne morejo izločiti. Najpreprostejši način pridobivanja pitne vode temelji na izhlapevanju in kondenziranju morske vode s pomočjo sončne energije. Hkrati je to tudi najstarejši način razsoljevanja. Omenjeni način se v sodobnem času nadomešča z uporabo energentov. Obdelave s termičnimi postopki se čedalje bolj razlikujejo od tehnologije razsoljevanja, saj ta temelji na uporabi posebnih membran, kjer se iz vstopne morske vode izločajo minerali (membranska tehnologija). Oba postopka zahtevata predhodno obdelavo vode, s čimer omejimo korozijo in druge okvare sistema. Proizvod takšnih sistemov je razsoljena voda, ki je primerna za neposredno uporabo kot tehnološka voda v industriji. Do pitne vode je potreben še dodaten vmesni korak, kjer vodo predhodno mineraliziramo (RVK, Guštin, 2018).

5.2 RAZSOLJEVALNI OBJEKT ZA PRIDOBIVANJE PITNE VODE NA SLOVENSKI OBALI

Na podlagi zbranih javnih podatkov bom v nadaljevanju opisal razsoljevalni objekt za pridobivanje pitne vode na slovenski obali in njegovo delovanje. Uradne dokumentacije v zvezi s postavitvijo razsoljevalnega objekta mi iz javnega podjetja Rižanski vodovod Koper niso želeli posredovati.

Objekt naj bi se nahajal v obrtni coni Izola za avtokampom Jadranka. Sestavljen bi bil iz treh delov oz. sklopov. Prvi del bi bil objekt za pripravo pitne vode – montažna hala, v kateri bi bila predvidena naprava za razsoljevanje. Površina hale s spremljajočimi objekti in manipulacijskimi površinami bi znašala 3200 m².

Podmorski del vodovoda je predviden iz polietilenskih (PEHD) cevnih sistemov dimenzije DN 660 mm, ki bi v dolžino znašale 1580 m. Zajem vode je lociran cca 70 m od obale, enako dolg je del vodovoda od obale do črpališča.

Zajemni cevovod bi se v morskem dnu izvedel s podvrtanjem na globini cca 6 m. Od objekta za pripravo pitne vode je predviden odvodni cevovod (PEHD) dimenzije DN 400 mm za izpust slanice v morje. Konec odvodnega cevovoda je predviden približno 1460 m v morju, na globini cca 18 m.

Iz mnenja, ki ga je v zvezi s projektom razsoljevanja izdala piranska območna enota Zavoda RS za varstvo narave, je razvidno, da naj bi sistem razsoljevanja zagotavljal med 150 in 200 l vode na sekundo oz. 12.960–17.280 m³ pitne vode na dan. Glede na izbrano tehnologijo (membranska tehnologija) to pomeni tudi približno enako dnevno količino izpusta odpadne vode (slanica, kislinske, polifosfatne in polimerne raztopine, ki preprečujejo precipitacijo soli na membranah idr.) in seveda odvzem morske vode, ki naj bi se dnevno gibal med 25.000 in 35.000 m³ (Zavod RS za varstvo narave, 2018).



*Slika 15: Gradnja objekta za razsoljevanje vode v Libiji
(Vir: constructionreviewonline.com, 2016)*

5.3 TEHNIČNO-TEHNOLOŠKA ZASNOVA NAPRAVE ZA RAZSOLJEVANJE JAVNEGA PODJETJA RIŽANSKI VODOVOD

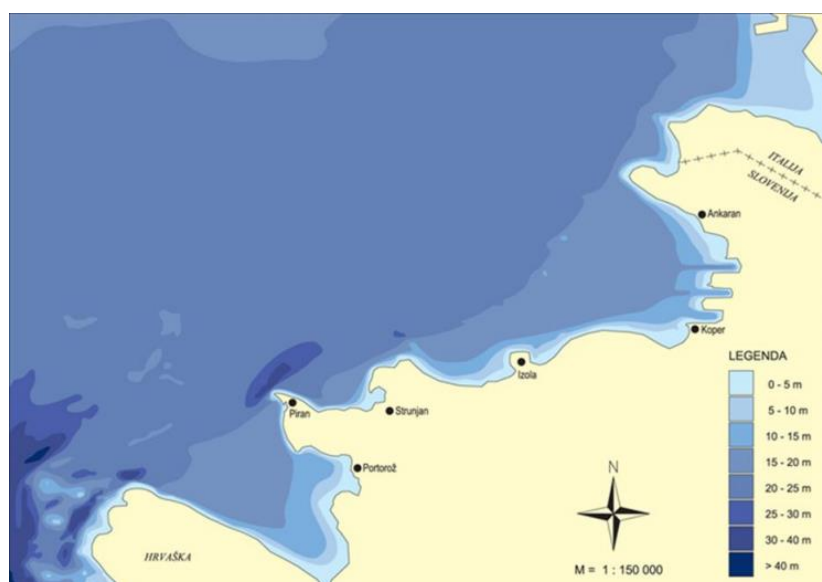
V okviru dosedanjega dela so bila proučena nekatera osnovna izhodišča, kot so primerna lokacija, režim obratovanja glede na nihanja in konice porabe vode, možnosti priključevanja na obstoječo infrastrukturo, okvirna ocena investicije, stroški obratovanja in vzdrževanja, potrebne vrste dokumentacije in postopki v posameznih fazah priprave projekta, in sicer:

- analiza stroškov in prihodkov za 100 l/s pitne vode;
- spremenjen 125. člen Zakona o vodah (ZV-1E);
- v Marini Koper postavljena pilotna naprava zmogljivosti 2 m³/dan (pridobivanje pitne vode z razsoljevanjem morske vode s postopkom reverzne osmoze, ki je trenutno v poskusni uporabi);
- izdelana projektna naloga;
- sklenjena pogodba z Občino Izola glede namere o vstopu v zahodni del območja cone D (CMI - cone mestne industrije vhod v Izoli);
- izdelana študija utemeljitve uvedbe razsoljevanja kot dopolnilnega vira za oskrbo slovenske Istre s pitno vodo;
- DIIP – dokument identifikacije investicijskega projekta;
- študija tehnično-tehnoloških vidikov obdelave morske vode in izdelava variantnih rešitev lokacije ter dimenzije objektov za zajem morske vode in priključek na obstoječi vodooskrbni sistem;
- idejni projekt in pridobljeni projektni pogoji;
- podana zahteva na Agencijo RS za okolje za začetek predhodnega postopka.

Po izdelanih študijah bi potrebovali razsoljevani obrat z zmogljivostjo 200 l/s, s katerim bi zaradi pomanjkanja vode v poletnih mesecih bistveno izboljšali zanesljivost vodne oskrbe ter navsezadnje tudi zagotovili boljša pogajalska izhodišča s sosednimi vodnimi sistemi pri sklepanju pogodb o nakupu vode. Ocenjena vrednost investicije je 20 milijonov evrov (Mestna občina Koper, 2019).

6 ZNAČILNOSTI SLOVENSKEGA MORJA

Slovensko morje je del Tržaškega zaliva in je zelo plitvo. Globino 25 m doseže le na posameznih mestih. Doslej je največja izmerjena globina morja na piranski panti (Rt Madona) in znaša 37,25 m, imenovali so ga "podvodni Triglav". Posledica plitvine je, da je prostornina vodnega telesa, ki omogoča, da atmosferski dejavniki hitro in močno vplivajo na slanost in temperaturo, razmeroma skromna. Ena od značilnosti slovenskega morja je, da je bogatejše s hranilnimi solmi kot ostali del Jadrana. Rečni vnosi so pomemben vir. Površinska sladkana voda reke Soče se po navadi giblje ob italijanski obali proti jugu. Na vrhuncu toka njegov vpliv doseže osrednji del zaliva, v posebnih meteoroloških razmerah pa pride do površinskega razlitja sladke vode skoraj do piranske obale (Jurman, 2018).

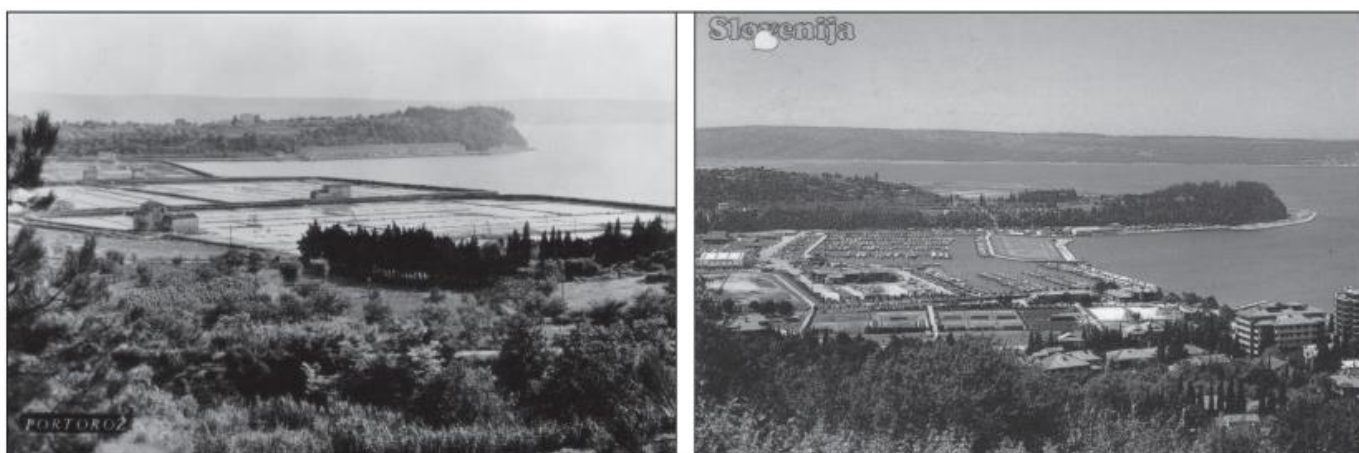


Slika 16: Batimetrična karta – globine slovenskega morja
(Vir: www.hidrografija.si)

Slovenska obala se razteza v dolžini 46 km in del nje je pretežno flišno obrežje, ki daje zalivu značilno podobo, posebej med Izolo in Strunjanom, pri Rtu Ronek ter med Valdoltro in Debelim Rtičem. Obalne kamnine sestavljata predvsem flišni peščenjak in lapor, v manjši meri se pojavlja tudi apnenec. Med Koprom in Ankaranom ob izlivu Rižane ter med Portorožem in Sečovljami ob izlivu reke Dragonje so območja večjih poplavnih ravnin in posledično položnejše obale.

Čeprav kratka, precej poseljena in v veliki meri spremenjena s človekovim posegom je obala slovenskega morja od Debelega rtiča do Sečoveljskih solin še vedno pestra in raznovrstna v naravnih habitatih. Območje visokih strunjanskih pečin (klifi), najvišje ob Jadranskem morju, je poleg Debelega rtiča eden najbolj nedotaknjenih in biotsko najbogatejših delov obale v Sloveniji. Prav na teh dveh območjih, ob Rtu Ronek in Debelem rtiču, najdemo dva večja koralna grebena. Sečoveljske in Strunjanske soline sta pomembna območja za ptice. Morska obala med Sv. Katarino in sv. Nikolajem pri Ankaranu je primer sredozemskega slanega travnika. Srečanje sladke in slane vode v Škocjanskem zalivu ustvarja edinstven ekosistem območij morja, polslanih lagun, morskih travnikov in sladkovodnih mokrišč (Inštitut za vode RS, 2016).

Za celotno slovensko obalo, še posebej za njene nižje dele, velja, da jo je človek močno spremenil – le dobra petina je še naravne –, in sicer v preteklosti najprej zaradi gradnje solin, nato zaradi pridobivanja površin za širitev obalnih mest in gradnje komunikacij med njimi (npr. obalna cesta in nekdanja železnica med Koprom in Izolo) ter za luško, industrijsko in turistično dejavnost. Zaradi zasipavanja morja sta Izola in Koper iz otokov postala polotoka, pri izgradnji portoroške marine pa so del nekdanjih solin spremenili v otok (slika 17).



*Slika 17: Sprememba obale in rabe tal na primeru akumulacijske ravnice ob izlivu Fazana v Luciji. Nekdanje solinarske površine so do konca 20. stoletja urbanizirali ali jih namenili turistični dejavnosti
(Vir: Ogrin, 2018)*

V načrtih je še izgradnja umetnih otokov pri Izoli in Kopru. Človek je (so)ustvaril tudi dve laguni ob naši obali, to je Stjužo v Strunjanskem zalivu in Škocjanski zatok, ki je nastal zaradi gradnje Luke Koper (Ogrin, 2018).

Zaradi šibkega tokovanja je Jadran občutljiv ekosistem. Geografske značilnosti morja v gospodarsko izjemno aktivni regiji stopnjujejo degradacijske vplive, zaradi katerih uvrščajo Jadran med najbolj ogrožene dele Sredozemlja. Jadransko morje zavzema 4,6 % površine

Sredozemskega morja, ki se prav v Tržaškem zalivu najgloblje »zajeda« v Evropo (Jurman, 2018).

6.1 MORSKI TOKOVI SLOVENSKEGA MORJA

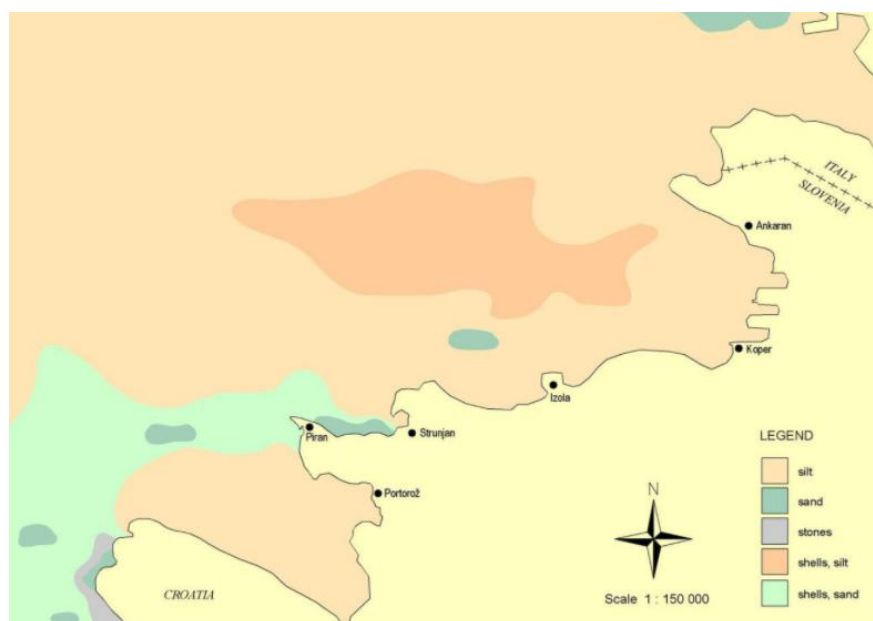
Prevladujoči morski tok se premika ob slovenski obali v smeri Trsta, kjer se obrača in zavija ob italijanski obali proti jugu. Povprečna hitrost morskega toka je 0,8 vozla oz. 1,5 km/h. V nasprotni smeri se občasno pojavlja šibkejši morski tok s hitrostjo 0,5 vozla (0,9 km/h). Ob rtih so zaradi krajevne reliefne izoblikovanosti morski tokovi tudi močnejši. Zaradi majhnih globin sta smer in hitrost morskih tokov odvisni od vremena, še posebej od vetra (Ogrin, 2018).



Slika 18: Morski tokovi slovenskega morja
(Vir: www.hidrografija.si)

6.2 MORSKO DNO SLOVENSKEGA MORJA

V slovenskem morju srečujemo različne tipe morskega dna in obalo, ki jo v manjšem delu gradi apnenec (11 %), v večjem delu fliš (60 %), preostali del pa oblikujejo aluvialne ravnice (29 %). Večji del Tržaškega zaliva predstavlja sedimentno dno, ozek priobalni pas pokriva trdno dno iz fliša in v manjši meri iz apnenca. Slovensko morje z obalnim pasom je prostor različnih življenjskih okolij (habitatskih tipov), od pršnega pasu in obrežnih mokrišč do odprtega morja, od trdnega morskega dna z algalno zarastjo in združbami s kameno koralo do peščenega dna s podmorskimi travniki, kjer prevladuje kolenčasta cimodoceja. V ozkem pasu infralitorala (pravega obalnega pasu) med Žusterno in Koprom se razteza tudi edini preostali travnik pozejdonke v Tržaškem zalivu (Rušnjak 2012).



Slika 19: Sedimentološka karta dna – opomba: meje tipov dna so določene približno na osnovi vzorcev

(Vir: www.hidrografija.si)

6.3 SLANOST IN TEMPERATURA SLOVENSKEGA MORJA

Med kemičnimi lastnostmi morja velja izpostaviti njegovo slanost, ki znaša v Tržaškem zalivu v povprečju med 37 in 38 ‰ (svetovni oceani 33 ‰), poleti pa se zniža pod 35 ‰ (Uhan, J., Bat, M., 2003, str. 71).

Slanost morja se spreminja glede na letni čas in dotok sladke vode. Po dežju slanost morja na površju ob izlivu Soče pade pod 20 ‰. Slanost je zaradi izliva Soče praviloma manjša v severozahodnem delu zaliva, višja pa – tudi zaradi dotoka bolj slane vode iz južnega Jadrana – ob slovenski obali. Višjo slanost doseže pozimi, dvigne se tudi do 39 ‰, ko je manj padavin in so tokovi močnejši. Sekundarni višek je konec poletja ali zgodaj jeseni (avgust, september), ko morje zaradi visokih temperatur močno izhlapeva. Najnižja slanost, pade tudi do 33 ‰, je maja, ko imajo pritoki severnega Jadrana visoke vodostaje, in novembra, ko je največ padavin (Ogrin, 2018).

Temperatura morske vode v Tržaškem zalivu ima zaradi svoje kontinentalnosti izrazit letni tok. Najnižja je po navadi februarja (8–9 °C), najvišja pa avgusta (okoli 24 °C). Povprečna letna amplituda je 15–16 °C, povprečna letna temperatura pa okoli 16 °C, kar je za 2–3 °C več od povprečne temperature zraka. Tako kot za zrak je tudi za morje značilno

postopno segrevanje v zadnjih desetletjih, zlasti po letu 1995, ko se je morje ob naši obali do konca prvega desetletja tega stoletja segrelo za približno 1 °C (Ogrin, 2018).

Med januarjem in marcem prevladuje homotermija, poleti pa je izrazita temperaturna stratifikacija. Najnižja temperatura obalnega morja je bila zabeležena 10. februarja 1956 (1,6 °C), najvišja pa 2. avgusta 1958 (28,6 °C) (Bernot, 1990). »Ob daljšem ohlajanju lahko morje na območjih, kjer se meša s sladko vodo (Škocjanski zaliv, izliv Rižane), celo zamrzne. Morje je zaradi plitvine Tržaškega zaliva tudi v globinah zelo hladno. 13. februarja 2012 se je po zelo hladnem vremenu z burjo voda na dnu po meritvah oceanografske barve Vida ohladila na 4,7 °C, 15. februarja 2012 pa na 4,5 °C, in sicer pred vhomom v Koprski zaliv na globini 22,5 m. Vendar pa te vrednosti niso najnižje, saj so v hudi zimi leta 1929 na globini 22 m pred vhomom v Koprski zaliv izmerili 3,95 °C« (Malačič, 2012, str. 272). Ni nenavadno, da se morje tudi poleti, ko se ohladi in piha močna burja, v enem dnevu ohladi za 4–5 °C. Takrat burja odpihne zgornji, toplejši sloj vode in iz globin pride na površje hladnejša voda. Od sredine junija do začetka oktobra je temperatura vode višja od 21 °C, kar zagotavlja približno 110 dni dolgo kopalno sezono (Ogrin, 2018).

Površinska temperatura morja naj bi se v severnem Jadranu v obdobju od sedemdesetih let prejšnjega stoletja do konca tega stoletja zvišala s 15 na 19 °C (Pasaris, 2004). Posledice segrevanja oceanov in morij že zdaj nedvomno čutijo morski ekosistemi, kjer prihaja do prerazdelitve in izgube morskih organizmov ter zaradi evtrofikacije do vse večje pojavnosti nenavadnih in strupenih razcvetov fitoplanktona (EEA, 2006). Prav tako je mogoče pričakovati, da bodo povišane temperature morij vplivale na vreme v priobalnih območjih.

7 RAZSOLJEVANJE MORSKE VODE IN NJEN VPLIV NA EKOSISTEME SLOVENSKEGA MORJA

Čeprav je tehnologija pridobivanja pitne vode iz morja vedno cenejša, bi njena uporaba v Tržaškem zalivu, ki zaradi svoje plitvosti velja za specifičen ekosistem, pomenila veliko tveganje. Slovensko morje je že zdaj obremenjeno z industrijo, dejavnostmi pristanišča, turizma ter tudi zalednega kmetijstva. Razsoljevanje bi po besedah predstavnikov Morske biološke postaje Piran morje dodatno obremenilo in osiromašilo, saj bi z morsko vodo v obratu za razsoljevanje končali tudi vsi planktonski organizmi, ki so ključni del prehrabnih spletov. Obremenitev predstavlja predvsem izpust slanice, stranskega proizvoda pri razsoljevanju, nazaj v morje. Ker je ta dvakrat bolj slana in se med obdelavo segreje za več kot 7 °C, kot znaša normalna temperatura morja, bi lahko pomenila konec številnih organizmov (Regionalobala.si, 2017).

- a) **Sporen zajem morske vode:** »Ni enako, če vzameš sladko vodo pri izviri ali mogoče podtalnico, kjer je zelo malo organizmov. Morska voda je zelo živa, v enem litru je na milijone organizmov« (Rtvslo.si, 2017).
- b) **Sporen spust slanice:** »S samim zajetjem se zgodi, da v tej vodi ni več življenja. Ko pa spustimo slanico, z njo pobijemo tisto, kar je še živo. To je potem res nevaren poseg v okolje« (Rtvslo.si, 2017).

Poleg omenjenih škodljivih dejavnikov za celoten morski ekosistem je treba omeniti še škodljiv poseg v trdno dno in v območje peščenega dna s travnikom ob gradnji cevovodov ter potencialno degradacijo obalnega območja pri gradnji proizvodnih objektov obrata za razsoljevanje.

7.1 SPREJEMLJIVOST POSEGA V OKOLJE Z GRADNJO OBJEKTA ZA RAZSOLJEVANJE

Zavod Republike Slovenije za varstvo narave – območna enota Piran je leta 2018 podal strokovno mnenje v postopku presoje sprejemljivosti posega v okviru gradbenega dovoljenja razsoljevalnice in v njem tudi glede na predlagano lokacijo obrata opozoril na možne negativne vplive na naravovarstveno pomembna območja in na morsko biotsko raznovrstnost.

7.1.1 Vpliv posega na varovana območja

Lokacija obravnavanega posega se nahaja na naslednjih varovanih območjih – Natura 2000:

Žusterna – rastišče pozejdonke – koda SI3000251 (<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

Zavod ugotavlja, da se na širšem območju predvidenega posega v naravi nahaja kvalifikacijski habitatni tip 1120 – *Podmorski travnik s pozejdonko*. Program upravljanja območij Natura 2000, sprejet na seji Vlade RS, dne 09. 04. 2015 (v nadaljevanju PUN2000), opredeljuje za habitatni tip Podmorski travnik s pozejdonko in za rastišče v Žusterni naslednji varstveni cilj: ohranitev velikosti habitata ter njegovih specifičnih lastnosti, struktur in procesov ter ohranitev rabe območja.

Na osnovi podatkov iz literature (primeroma: Poročilo EU na temo razsoljevanja, pripravljeno v okviru projekta PRODES (*F. Just, R. Dinsdale, S. Esteves, 2010*) je razvidno, da lahko izpusti odpadne vode, tj. slanice, z vsebnostjo različnih kemikalij, uporabljenih v procesu razsoljevanja, pomembno vplivajo na bentoške vrste in združbe v širši okolici izpusta. Prav tako je iz literature razvidno, da je pozejdonka občutljiva za spremembe slanosti (primeroma: Sanchez-Lizaso, J. L, et al., 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *ScienceDirect*, Volume 221, Issues 1–3, Pages 602–607). Na osnovi navedenega ugotavljanja bi lahko izpust odpadne vode iz obrata za razsoljevanje uničujoče vplival na edino preostalo rastišče pozejdonke v Tržaškem zalivu (ZRSVN, 2018).

Zavod ugotavlja, da je v dokumentaciji lokacija izpusta odpadne vode opredeljena zgolj okvirno, prav tako ni razvidna stopnja redčenja ter tudi ne vzorci disperzije odpadne vode ob različnih hidrografskih pogojih. Zaradi odsotnosti tovrstne analize predvidenega posega oz. posledic izpusta odpadne vode v morje je onemogočena izključitev bistvenih negativnih vplivov na rastišče pozejdonke in posledično tudi na zagotavljanje ugodnega ohranitvenega stanja habitatnega tipa oz. varstvenih ciljev, opredeljenih v PUN2000.

Glede na to, da ni bilo mogoče izključiti negativnih vplivov predvidenega posega na varstvene cilje varovanega območja SI3000251, Žusterna – rastišče pozejdonke, je bil v postopku presoje sprejemljivosti posega ta ocenjen z velikostnim razredom D – bistveni vpliv (ZRSVN, 2018).

7.1.2 Uredba o ekološko pomembnih območjih predvidenega posega

Uredba o ekološko pomembnih območjih v 5. členu določa, da je treba vse posege načrtovati tako, da se v čim večji možni meri ohranja naravna razširjenost habitatnih tipov ter habitatov rastlinskih ali živalskih vrst ter da se pri izvajanju posegov ali dejavnosti izvedejo vsi možni tehnični in drugi ukrepi, da je neugoden vpliv na habitatne tipe rastline in živali ter njihove habitate čim manjši. V primeru predvidenega obrata za razsoljevanje je ob izpustu odpadne vode v zvezi z navedenim treba opozoriti tudi na predvidene količine dnevnega zajema morske vode.

Zavod v svojem mnenju ugotavlja tudi, da je zajem morske vode predviden zgolj 70 m od obale, tj. neposredno na območju infralitorala, kjer sta razviti dve osnovni vegetacijski združbi (algalna zarast z združbami cistozire in podvodni travniki). Zajem vode pomeni tudi zajem virusov, bakterij, fito- in zooplanktona, vključno z ličinkami organizmov, navedenih v spodnji tabeli. Omeniti velja tudi podvrtavanje za izvedbo cevovoda med črpališčem in zajemom, ki bi najverjetneje povzročilo privzdigovanje mulja in pomembno poslabšanje življenjskih razmer na širšem območju posega.

Lokacija obravnavanega posega se nahaja na naslednjih **ekološko pomembnih območjih**:

Žusterna – koda 78600

Morje in morsko obrežje – 70000

Žusterna – Izola – 78500 (<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

Nadalje Zavod ugotavlja, da se na širšem območju posega nahajajo (ali je možnost nahajanja) habitati naslednjih **ogroženih in zavarovanih vrst**:

kolenčasta cimodoceja (*Cymodocea nodosa*),

pozejdonka (*Pasidonia oceanica*),

mala morska trava (*Zostera noltii*),

rjave alge vrste *Cystoseira s.p.*,

kamena korala (*Cladocora caespitosa*),

mala morska pomaranča (*Tethya aurantium*),

spužve rodu *Aplysina* (*Aplysina sp. plur.*),

morski datelj (*Lithophaga lithophaga*),

datljevka (*Pholas dactylus*),

leščur (*Pinna nobilis*) in

vijoličasti morski ježek (*Paracentrotus lividus*).

Zavod Republike Slovenije za varstvo narave v svojem mnenju ugotavlja, da glede na pomen območja z vidika ohranjanja morske biotske raznovrstnosti ter zaradi pomanjkanja natančnejših podatkov o posegu ni mogoče izključiti negativnih vplivov na varovano območje in tudi ne na lastnosti in vrste, zaradi katerih so bila opredeljena ekološko pomembna območja. V skladu z navedenim ocenjuje predvideni poseg kot nesprejemljiv.

8 ANALIZA SWOT RAZSOLJEVANJA MORSKE VODE IZ SLOVENSKEGA MORJA

Analiza SWOT je orodje, s katerim prepoznamo prednosti – S, slabosti – W, priložnosti – O in nevarnosti – T neke organizacije, posameznika ali posla. Predstavi nam dejansko stanje, torej katere so naše glavne prednosti in slabosti, kje se še kažejo naše priložnosti za izboljšavo in pa nevarnosti, ki nam lahko pretijo ob napačnih odločitvah (Investopedija, 2019).

V nadaljevanju smo izvedli analizo SWOT projekta razsoljevanja morske vode v slovenskem morju za izboljšanje oskrbe obalnega območja s pitno vodo. Na ta način smo ugotovili, katere so slabosti projekta razsoljevanja, kakšne bi bile lahko prednosti in kje so možnosti, da bi postopek izvedli brez večjih posledic za okolje in morski ekosistem.

S – prednosti	W – slabosti
<ul style="list-style-type: none"> • dodatni vir pitne vode v sušnih obdobjih, v primeru naravnih nesreč in onesnaženje glavnega vodnega vira • ni posega v nov prostor pri gradnji objekta, lokacija je že namenjena gospodarskim aktivnostim 	<ul style="list-style-type: none"> • uporaba kemičnih snovi pri čiščenju in vzdrževanju, ki s slanico odtekajo nazaj v morje • degradacija morskega ekosistema z izpusti odpadne vode oz. slanice – povečana koncentracija soli • dvig temperature ob izpustu odpadnih vod v morje • povečanje toplogrednih plinov pri obratovanju objekta za razsoljevanje – večinoma se uporablja neobnovljivo fosilno gorivo • poseg v morje in morsko dno s podvrtanjem
O – priložnosti	T – nevarnosti
<ul style="list-style-type: none"> • boljša pogajalska izhodišča s sosednjimi vodnimi sistemi pri sklepanju pogodb o nakupu vode • neodvisnost od drugih vodnih virov 	<ul style="list-style-type: none"> • izpostavljenost vremenskim vplivom, plimovanju • dvigovanje mulja (resuspenzija), spremembe tokovanj in transporta sedimenta

<ul style="list-style-type: none"> • dodaten prihodek pri oskrbi drugih vodovodov • z razvojem tehnologije do novih materialov in vzdrževanja, ki ne ogrožajo okolja • poenostavitev sistemov predpriprave in zmanjševanju stroškov 	<ul style="list-style-type: none"> • visoki investicijski stroški pri gradnji objekta za razsoljevanje • zaprto in plitvo slovensko morje • kratka življenjska doba uporabljenih materialov • ogrožanje v neposredni bližini živečih prebivalcev zaradi hrupa ali možnih nesreč pri obratovanju
--	---

*Tabela 1: Analiza SWOT razsoljevanja morske vode v slovenskem morju
(Lastni vir)*

Iz tabele 1 lahko razberemo, da s postavitvijo razsoljevalnice v obrtni coni z gradnjo objekta ne bi na novo posegali v prostor, pač pa bi objekt umestili v območje, ki je že namenjeno gospodarskim aktivnostim. Razsoljevanje bi obalni regiji omogočilo dodaten vir pitne vode, kar bi bilo lahko pomembno v primeru večjih ekstremnih suš, raznih nesreč pri izlitju nevarnih tekočin ali pa sploh onesnaženja na izviru vodnega vira. Na podlagi tega postopka pridobivanja pitne vode bi to v večjih sušnih obdobjih bilo neodvisno od drugih vodnih virov, kar bi zmanjšalo stroške dokupa in bi se dosegla boljša pogajalska izhodišča s sosednjimi vodnimi sistemi.

Največja nevarnost pri gradnji in izvajanju postopka desalinizacije je razmeroma velik poseg v obalni pas (litoral). Namestiti je treba črpalne cevi, ki bi segale do 70 m v morje in dosegle globino 6–10 m, ter izpustne cevi, ki bi segale 1460 m od obale in pri tem dosegle 18 m globine. Omenjeni poseg bi pomembno negativno vplival na habitatne tipe trdnega dna in predvsem na travnik kolenčaste comodoceje v Viližanskem zalivu. Pri izvajanju postopka bi se na mestu izpusta tople odpadne vode oz. slanice slanost povečala za več kot 20 %, pomembno bi se povišala tudi temperatura, kar bi najverjetneje pomenilo uničenje morskega življa na mestu izpusta, obenem pa bi potovanje slanice po dnu zaliva povzročilo trajne spremembe tudi na širšem območju. Poleg izpusta slanice bi vzporedno odtekale še različne kemične snovi, predvsem klor in klorov dioksid, ki se ga uporablja pri čiščenju in vzdrževanju črpalnih naprav, ter težke kovine, kot so železo, baker, nikelj, krom ... zaradi korozije materialov.

Priložnosti postavitve objekta razsoljevanja se kažejo predvsem v možnostih izboljšave tehnologije desalinizacije na način, da bi objekt deloval na podlagi uporabe obnovljivih virov (sončna energija), da do izpusta slanice neposredno v morje ne bi prišlo (proizvodnja soli) in da bi se uporabljali materiali in čistilna sredstva, ki bi bila okolju prijazna.

9 ZAKLJUČEK

Pitna voda za ljudi ni pomembna samo kot živilo, ampak je nezamenljiva tudi pri higieni, rekreaciji in predvsem pri kmetijski ter industrijski proizvodnji. Oskrba s pitno vodo je na obalnem območju posebej problematična zaradi poletnih nizkih vodostajev reke Rižane, ki sovpadajo s povečano porabo vode zaradi turizma in kmetijske pridelave.

Tema razsoljevanja morske vode kot dopolnilnega vodnega vira je v slovenskem prostoru prisotna že nekaj let. V diplomski nalogi sem se osredotočil predvsem na sam postopek razsoljevanja in na njegov vpliv na morske ekosisteme slovenskega morja. Kljub rešitvi s tehnologijami, ki v svetu že obstajajo in delujejo, je treba skrbno in natančno preveriti vse okoliščine, v katerih bo deloval obrat razsoljevanja (kot so vodni vir, energijski vir, namen uporabe pridobljene vode, vplivi na okolje in morske ekosisteme itn.). Posebej to velja za slovensko morje, ki je kot del Tržaškega zaliva dokaj zaprto in plitvo in v katerem lahko ob nepremišljenih posegih kaj hitro pride do negativnih vplivov na morski ekosistem in posledično tudi na celotno okolje, ljudi in krajino. Gospodarske dejavnosti, kot so industrija, pristanišče, turizem in v zaledju kmetijstvo, že zdaj močno obremenjujejo slovensko morje in celoten Tržaški zaliv. Razsoljevanje bi prineslo še dodatno obremenitev.

Razsoljevanje je po poročilih programa Združenih narodov za okolje (UNEP – United Nations Environment Programme) o regionalnih morjih uvrščeno med glavne vire onesnaževanja s kopnega na območjih Zaliva in Rdečega morja, kjer se ta praksa izvaja že nekaj let (Lattemann, 2010).

Ima pa postopek razsoljevanja izreden potencial ob odprtih in pretočnih morjih ter oceanih, predvsem z razvojem novih tehnologij, ki stremijo k zmanjšanju porabe energije, k zmanjševanju onesnaževanja s toplogrednimi plini, prehodu na obnovljive vire energije in k čim manjšemu vplivu na okolje z zmanjšanjem uporabe kemikalij znotraj procesov. Primer uporabe obnovljivih virov je obrat za razsoljevanje Adelaide (Adelaide Desalination Plant) v Avstraliji, ki je popolnoma neodvisen od fosilnih goriv. Vsa energija, ki jo zahtevajo procesi, je pridobljena iz obnovljivih virov, kot so sonce, veter in geotermalna energija. Kljub temu tehnologija razsoljevanja ni v celoti razvita in je kar precej pomanjkljivosti ter slabosti. Večji problem je odpadna slanica, ki vpliva na vrste in habitatne tipe na mestu izpusta in v okolici slednjega s povečanjem slanosti in temperature ter z vnosom kemičnih snovi, uporabljenih v procesu razsoljevanja. Rešitev bi lahko bila v opuščanju uporabe kemičnih snovi in v možnosti spuščanja slanice v posebne bazene, kjer bi se izvajala predelava soli kot sekundarna pridobitna dejavnost.

Na osnovi vsega navedenega lahko zaključimo, da je razsoljevanje kot postopek pridobivanja sladke vode za morski ekosistem slovenskega morja in Tržaškega zaliva nasploh neprimerno. Rešitve za trajno in stabilno oskrbo s pitno vodo je treba še naprej iskati v uporabi sosednjih vodnih virov in/ali v povezovanju obstoječih vodovodnih sistemov.

10 LITERATURA IN VIRI

Atlas Okolja (2021). *Okolje*. Agencija Republike Slovenije za okolje. Pridobljeno 29. 10. 2021 z naslova

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso.

Construction Portal, (2021). *Wabag to build water treatment & desalination plants in Tunisia and Libya*. Constructionreviewonline.com. Pridobljeno 25. 05. 2021 z naslova <https://constructionreviewonline.com/news/wabag-to-build-water-treatment-desalination-plants-in-tunisia-and-libya/>.

Committee to Review the Desalination and Water Purification Technology Roadmap, National Research Council, (2004) *Review of the Desalination and Water Purification Technology Roadmap*. National Academy of Sciences. Pridobljeno 02. 06. 2021 z naslova <https://www.nap.edu/read/10912/chapter/1>.

Dawoud, M. A., in Al Mulla, M. M. (2012). *Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study*. Mednarodni časopis za okolje in trajnost, Pridobljeno 29. 05. 2021 z naslova

https://www.researchgate.net/publication/285012272_Environmental_Impacts_of_Seawater_Desalination_Arabian_Gulf_Case_Study.

EEA Report No 6/2006: https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_6.

Guštin, M. (2018). *Tehnologije priprave pitne vode z razsoljevanjem kot dopolnilni vodni vir za vodooskrbo na obali*. Diplomsko delo. Pridobljeno 22. 05. 2021 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=114083&lang=slv>.

Investopedia (2019). *SWOT Analysis*. Investopedia.com. Pridobljeno 26. 05. 2021 z naslova <https://www.investopedia.com/video/play/swot-analysis/>.

Inštitut za vode RS (2016). *Slovensko morje-očarljivo bogastvo, ki ga je treba ohranjati*. Pridobljeno 25.09.2021 z naslova <http://www.izvrs.si/slovensko-morje-ocarljivo-bogastvo-ki-ga-je-treba-ohranjati/>

Jazbec, M. (2013). *Analiza razpoložljivosti in rabe vodnih virov na porečju reke Rižane*. Diplomsko delo. Pridobljeno 28. 05. 2021 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=83503&lang=slv>.

Jurman, M. (2018). *Problematika onesnaževanja slovenskega morja*. Diplomsko delo. Pridobljeno 28. 09. 2021 z naslova <https://dk.um.si/Dokument.php?id=124635>.

Just, F., Dinsdale, R., Esteves, S. (2010). *Guidelines for the regulation of desalination, PRODES project, Intelligent Energy – Europe, 2010; Studio di impato ambientale di un grande impianto di dissalazione ad osmosi inversa; Focus su recupero energetico, scarichi a mare e LCA*. Pridobljeno 07. 04. 2021 z naslova <https://www.figorolienterprisesrl.com/sites/default/files/progetto-impatto-osmosi.pdf>.

Kovačič, T. (2012). *Analiza vpliva lastnosti porečja na indeks baznega odtoka*. Diplomsko delo. Pridobljeno 29. 05. 2021 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=84824&lang=slv>.

Lattemann, S. (2010). *Development of an Environmental Impact Assessment and Decision Support System for Seawater Desalination Plants*. Doktorska disertacija. Pridobljeno 27. 05. 2021 z naslova <http://desalination-delft.nl/wp-content/uploads/2018/06/Lattemann-2010-Environmental-impact-SWRO.pdf>.

Lugarič, G. (2013). *Razsoljevanje vode*. Diplomsko delo. Pridobljeno 03. 06. 2021 z naslova <https://dk.um.si/Dokument.php?id=59809>.

Mestna občina Koper (2019). *Vodni viri in gradnja sistema za oskrbo s pitno vodo obalnega in kraškega območja*. Kronologija najpomembnejših dogodkov. Pridobljeno 27. 05. 2021 z naslova <https://www.koper.si/wp-content/uploads/2019/07/01-vodni-viri-kronologija.pdf>.

MMC RTV SLO (2017). *Razsoljevanje morske vode ni rešitev*. Rtv slo.si. Pridobljeno 21. 05. 2021 z naslova <https://www.rtv slo.si/radio-koper/novice/razsoljevanje-morske-vode-ni-resitev/414634>.

National Academies of Sciences (2021). *Review of the Desalination and Water Purification Technology Roadmap 2004*. nap.edu/read. Pridobljeno 22. 05. 2021 z naslova <https://www.nap.edu/catalog/10912/review-of-the-desalination-and-water-purification-technology-roadmap>.

Ogrin D., (2018) *Geografija stika Slovenske Istre in Tržaškega zaliva*. Znanstvena monografija. Pridobljeno 27.10. 2021 z naslova <https://e-knjige.ff.uni-lj.si/znanstvena-zalozba/catalog/download/54/117/1242-1?inline=1>.

Pasarič, M., Orlič, M. (2004) *Meteorological forcing of the Adriatic: present vs. projected climate conditions*. [Scholar.google.si](http://scholar.google.si). Pridobljeno 20. 05. 2021 z naslova https://scholar.google.si/scholar?q=Meteorological+forcing+of+the+Adriatic&hl=sl&as_sd t=0&as_vis=1&oi=scholart.

Podbevšek, Ž. (2021). *Procesi razsoljevanja vode*. Diplomsko delo. Pridobljeno 05. 06. 2021 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=140896&lang=slv>.

Primorske novice (2016). *Bomo v prihodnje pili vodo iz morja?* Primorske.si. Pridobljeno 20. 05. 2021 z naslova <http://www.primorske.si/novice/istra/bomo-v-prihodnje-pili-vodo-iz-morja>.

Regional obala (2017). *OSKRBA OBALE Z VODO: Zakaj razsoljevanje morja ni dobro?* regionalobala.si/novica. Pridobljeno 28. 05. 2021 z naslova <https://regionalobala.si/novica/oskrba-obale-z-vodo-zakaj-razsoljevanje-morja-ni-dobro>.

Regional obala (2019). *ANKARANČANI NE DOVOLIJO PRIDOBIVANJA PITNE VODE Z RAZSOLJEVANJEM: Občinam bodo predlagali skupno strategijo vodooskrbe.* regionalobala.si/novica. Pridobljeno 22. 05. 2021 z naslova <https://www.regionalobala.si/novica/ankarancani-ne-dovolijo-pridobivanja-pitne-vode-z--obcinam-bodo-predlagali-skup>.

ResearchGate (2012). *Simulacije površinskih slanic.* Študija primera. researchgate.net. Pridobljeno 25. 05. 2021 z naslova https://www.researchgate.net/figure/Surface-open-channel-locations-of-Al-Ghubrah-plant-Oman_fig1_263320050 in https://www.researchgate.net/figure/Al-Ghubrah-desalination-plant-largest-in-Oman-with-a-surface-discharge-photo-HH_fig1_270568986.

Rižanski vodovod Koper (2011). *Letno poročilo 2011.* Pridobljeno 25. 05. 2021 z naslova <http://www.rvk-jp.si>.

Rušnjak, L. (2012). *Vpliv onesnažil v priobalnem pasu na zaviranje rasti morske in brakične makroalge Ceramium tenuicorne.* Zaključna naloga. Pridobljeno 24. 05. 2021 z naslova https://www.famnit.upr.si/files/zakljucna_dela_repo/11.

ScienceDirect (2019). *A comprehensive review of energy consumption of seawater reverse osmosis desalination plants.* Sciencedirect.com. Pridobljeno 26. 05. 2021 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191931339X>.

Scripts (2017). *Desalination and Water Recycling.* 12.000.scripts.mit.edu. Pridobljeno 25. 05. 2021 z naslova <http://12.000.scripts.mit.edu/mission2017/desalination-and-water-recycling/>.

Turk, R., Odorico, R. (2009). *Zaščitena morska območja v severnem Jadranu.* ZRS za varstvo narave. Pridobljeno 28. 05. 2021 z naslova https://zrsvn-varstvonarave.si/wp-content/uploads/2019/09/Turk_Odorico_1585.pdf.

Uhan, J., Bat, M. (2003). *Vodno bogastvo Slovenije*, str. 70. Agencija RS za okolje. Pridobljeno 25. 05. 2021.

Uradni list RS, št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08-odl. US, 96/08, 36/09, 102/11 in 15/14.

Uradni list RS, št. 46/04, 110/04, 115/07, 36/09 in 15/14; Dodatek II Protokola o posebej zavarovanih območjih in biotski raznovrstnosti Barcelonske konvencije.

Uradni list RS, št. 102/2002.

Uredba o posebnih varstvenih območjih Natura 2000 – UL RS št. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 3/14.

ZRSVN, (2018). *Gradnja objekta »Razsoljevanje za zagotovitev oskrbe s pitno vodo na območju obalnih občin, strokovno mnenje v postopku presoje sprejemljivosti v okviru gradbenega dovoljenja*. Vloga za izdajo projektnih pogojev za gradnjo z dne 31. 5. 2018.

Žibert, T. (2016). *Razsoljevanje kot nov vir pitne vode*. Diplomsko delo. Pridobljeno 25. 06. 2021 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=98297&lang=slv>.