

# Integracija obnovljivih izvora energije i uvođenje naprednih mjera upravljanja potrošnjom energije u vodovodnim sustavima

---

Vržogić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:410446>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-01**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Luka Vržogić**

Zagreb, 2020. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Goran Krajačić dipl. ing.

Student:

Luka Vržogić

Zagreb, 2020. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se profesoru Goranu Krajačiću na zadavanju vrlo zanimljive teme diplomskog rada, te isto tako, zahvaljujem se asistentu Goranu Stunjeku bez čije pomoći ovaj rad bi bio puno teži za napisati. Zahvaljujem se projektima CITIES financiran od strane danskog inovacijskog fonda prema sporazumu br. DSF1305-00027B, te projektu INSULAE koji je financiran iz programa istraživanja i inovacija Obzor 2020 prema sporazumu br. 824433 na dostavljenim podacima, modelima i izvještajima. Također, zahvaljujem se Vodoopskrbi i odvodnji Cres Lošinj na izvanrednoj suradnji bez obzira na globalnu pandemiju.

Veliko hvala mojoj obitelji koja je uvijek uz mene.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602 - 04 / 20 - 6 / 3	
Ur. broj: 15 - 1703 - 20 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Luka Vržogić** Mat. br.: 0035202078

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Integracija obnovljivih izvora energije i uvođenje naprednih mjera upravljanja potrošnjom energije u vodovodnim sustavima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Integration of renewable energy sources and usage of advanced energy management measures in the water supply systems**

Opis zadatka:

Trgovačka društva, koja se bave vodoopskrbom i odvodnjom suočavaju se s izazovima starenja infrastrukture i slabog povrata troškova što dovodi do nedostatka financijskih sredstava za upravljanje i održavanje. Energija je potrebna u svim fazama proizvodnje i distribucije vode te uz samo održavanje mreže čini znatan dio troškova. Sve je veći naglasak na upravljanju potražnjom, a posebno na obrazovnim programima za poticanje javnih i privatnih korisničkih zajednica na očuvanje vode i poboljšanje učinkovitosti korištenja vodnih resursa. Adekvatna mjerenja, razmjena informacija i komunikacija na različitim razinama igrat će sve veću ulogu u omogućavanju pametne upotrebe vode i učinkovitog korištenja energije. Vodovodi predstavljaju s jedne strane veliki potencijal za uštedu energije, a s druge strane zbog svoje fleksibilnosti i akumulacija otvaraju mogućnost za integraciju varijabilnih obnovljivih izvora energije.

U okviru rada potrebno je kreirati model unaprjeđenja poslovanja tvrtke, koja pruža uslugu vodovoda i odvodnje na Cresko-lošinjskom arhipelagu, koristeći mjere kao što su to proizvodnja i skladištenje vlastite energije iz obnovljivih izvora, upravljanje potrošnjom, napredne mjere uštede vode i energije, sustave desalinizacije i sl. Prema kreiranom platnu poslovnog modela i mape vrijednosti, potrebno je uz detaljniju analizu razraditi i predložiti:

1. Integraciju obnovljivih izvora energije u postrojenja, zgrade i druge objekte te na zemljište u vlasništvu trgovačkog društva.
2. Integraciju obnovljivih izvora energije i baterijskog spremnika energije u postrojenja, zgrade i druge objekte te na zemljište u vlasništvu trgovačkog društva.
3. Integracije naprednih mjera upravljanja potrošnjom električne energije u vodovodnom sustavu.

Potrebni podaci mogu se dobiti kod mentora. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

24. rujna 2020.

Datum predaje rada:

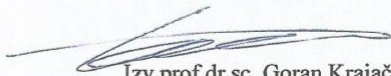
26. studenoga 2020.

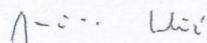
Predviđeni datum obrane:

30.11. – 4.12.2020.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

  
Izv.prof.dr.sc. Goran Krajačić

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PLATNO POSLOVNOG MODELA VODOOPSKRBE TVRTKE .....	2
2.1. Vrijednost i segmenti krajnjih korisnika .....	2
2.2. Distribucijski kanal .....	3
2.3. Odnos s krajnjim korisnicima .....	5
2.4. Ključni resursi vodoopskrbne tvrtke .....	6
2.5. Ključne aktivnosti vodoopskrbne tvrtke .....	7
2.6. Partnerstva vodoopskrbnih tvrtki .....	8
2.7. Prihodi i troškovi vodoopskrbnih tvrtki .....	9
2.8. Platno poslovnog modela vodoopskrbne tvrtke .....	9
2.9. Dodatak – općeniti opis sastavnih dijelova poslovnog modela .....	10
2.9.1. Vrijednost i segmenti krajnjih korisnika .....	10
2.9.2. Distribucijski kanali .....	10
2.9.3. Odnos s krajnjim korisnikom .....	11
2.9.4. Ključni resursi .....	12
2.9.5. Ključne aktivnosti .....	13
2.9.6. Partnerstva.....	13
2.9.7. Prihodi i troškovi.....	14
3. SUSTAV VODOOPSKRBE .....	15
3.1. Vodocrpilišta .....	15
3.2. Pumpne stanice i vodospreme .....	16
3.3. Postrojenja za kondicioniranje, obradu ili poboljšanje kakvoće vode .....	19
3.4. Vodoopskrbne mreže .....	20
3.5. Održavanje vodovodne infrastrukture.....	21
4. ZAKONODAVNI OKVIR.....	23
5. VODOOPSKRBA CRES – LOŠINJ.....	26
5.1. Metoda diskontiranih novčanih tokova.....	28
6. SCENARIJI .....	31
6.1. Scenarij 1 – Integracija obnovljivih izvora energije u postrojenja, zgrade i druge objekte te na zemljište u vlasništvu trgovačkog društva.....	32
6.1.1. Projekt solarne elektrane na Vranskom jezeru.....	34
6.1.2. Analiza osjetljivosti promjene cijene električne energije i cijene investicije .....	36
6.2. Scenarij 2 – Integracija obnovljivih izvora energije i baterijskog spremnika energije u postrojenja, zgrade i druge objekte te na zemljište u vlasništvu trgovačkog društva .....	36
6.3. Scenarij 3 – Integracija naprednih mjera upravljanja potrošnjom električne energije u vodovodnom sustavu .....	38
6.3.1. Analiza osjetljivosti promjene cijene električne energije i cijene investicije .....	40
7. ZAKLJUČAK.....	42

---

**POPIS SLIKA**

Slika 1. DMA zone [4] .....	3
Slika 2. Platno poslovnog modela vodoopskrbne tvrtke .....	9
Slika 3. Tip izvora [15] .....	16
Slika 4. Izolacija visinskih zona pomoću vodospremi [14] .....	17
Slika 5. Hidraulička gradijentna linija vodovodnog distribucijskog sustava[20] .....	19
Slika 6. Razgranati (lijevo) i mrežni (desno) distribucijski sustav [21] .....	20
Slika 7. Strategija kontrole gubitaka vode [14] .....	22
Slika 8. Vransko jezero [16] .....	26
Slika 9. Prikaz vodoopskrbnog sustava Cres-Lošinj [19] .....	27
Slika 10. Udio troška električne energije u ukupnim troškovima [25] .....	31
Slika 11. Analiza osjetljivosti.....	36
Slika 12. Analiza osjetljivosti.....	37
Slika 13. Vodocrpilište na Vranskom jezeru.....	39
Slika 14. Analiza osjetljivosti.....	40



---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Troškovi investicije [27], [28] i [29] .....	33
Tablica 2. Snage solarnih elektrana i NPV vrijednosti .....	34
Tablica 3. Ulazni podaci i ukupni rezultati [30].....	35
Tablica 4. Troškovi projekta [28].....	37
Tablica 5. Troškovi investicije i održavanja spremnika vode [32] .....	40

---

**SAŽETAK**

Fokus ovog rada bio je prikazati poslovni proces i opseg djelovanja vodoopskrbnih tvrtki. U prvom dijelu, digitalne tehnologije su identificirane kao integralna komponenta budućih vodoopskrbnih sustava. Iskorištavanje vrijednosti velike količine podataka, zajedno sa naprednom obradom podataka, dovest će do cjenovno optimalnih rješenja koja su u stanju konstantno pratiti stanje vodovodne infrastrukture. Emisija podataka u takvim sustavima postavlja legitiman prostor za korištenje strojnog učenja, čiji algoritmi potencijalno mogu razumjeti korelaciju između različitih fizikalnih veličina. Ovo je sistemski bitno ako postoji potreba za izgradnjom digitalne reprezentacije stvarne vodovodne infrastrukture.

U drugom dijelu, predložena je implementacija obnovljivih izvora energije, zajedno sa implementacijom dodatnog spremnika vode i spremnika električne energije za vodoopskrbnu tvrtku koja djeluje na otocima Cres i Mali Lošinj. Pokazano je da je moguće iskoristiti solarni potencijal tog područja, što je indikacija da su u nekim slučajevima solarne tehnologije već isplative. Opcije koje stvaraju dodatnu energetska fleksibilnost su također ispitane, gdje litij-ionska baterijska tehnologija još uvijek ne pokazuje dobre ekonomske performanse za moguće iskorištavanje razlike u tržišnoj cijeni električne energije. Provedena je daljnja analiza koja uzima u obzir pad cijena litij-ionskih ćelija, gdje se zaključuje da takvi projekti mogu postati prigodni za iskorištavanje razlike u cijeni električne energije. Na kraju, opcija većeg spremnika vode je identificirana kao legitimna opcija kod snižavanja troškova električne energije, gdje je također temelj iskorištavanje razlike u tržišnoj cijeni električne energije.

**Ključne riječi:** Vodoopskrbni sustavi, Obnovljivi izvori energije, Litij-ionska baterija, Strojno učenje, Napredno upravljanje potrošnjom energije i vode

---

**SUMMARY**

The focus of this thesis is on the business process and business scope of water distribution companies. In the first part, digital technologies are identified as an integral component of future water distribution networks. Leveraging the power of data, complemented by advanced data processing abilities, will lead to low cost solutions for water infrastructure monitoring. Extensive data generation in systems like that shows great potential for the application of machine learning, whose algorithms can understand the correlation between different measurable units. This is crucial if there is a need to build a cost-efficient *digital twin* of the real water network.

In the second part, the implementation of renewable energy sources is proposed, together with the implementation of electricity and water storages in order to cut the electricity expenditures for the water distribution company located on the islands of Cres and Mali Lošinj. It is shown that it's possible to exploit a great solar potential of that area, which indicates that solar technologies are already cost-effective in some instances. Options for flexibility measures are examined also, where lithium-ion battery technology has to wait for a few more years before it gets adopted for advanced cost cutting measures. Further analysis has been made in order to show that expected future price reductions for lithium-ion technologies can render them suitable for possible market arbitrage actions. In the end, the option of bigger water storage is validated, where the difference in electricity market prices can be exploited.

Key words: Water Networks, Renewable Energy Sources, Lithium-ion Battery, Machine Learning, Advanced Energy and Water Management

## 1. UVOD

Cilj ovog diplomskog rada je postaviti suvremene tehnologije u kontekst poslovanja tvrtke koja pruža usluge vodoopskrbe i odvodnje na otocima Cres i Lošinj. Potrebno je izraditi model poslovanja vodoopskrbne tvrtke na otoku te na temelju izrađenog poslovnog modela ukazati na moguća poboljšanja koja je na kraju potrebno opravdati rezultatima koje daje financijski model izrađen metodom diskontiranih novčanih tokova.

Kako bi se mogla dati jasna slika poslovnog modela tvrtke koja pruža usluge vodoopskrbe i odvodnje na otocima Cres i Lošinj, potrebno je razumjeti različite dijelove koji grade jedan poslovni model. Jezgra svakog poslovnog modela je zapravo krajnji korisnik, prema čijim afinitetima poslovni proces kreira vrijednost te ju na kraju isporučuje na tržištima u svrhu kontinuirane opskrbe krajnjeg korisnika sa traženim proizvodom ili uslugom. Također, daje se iščitati da su distribucijski kanali i kanali putem kojih tvrtka održava kontakt s krajnjim korisnikom sistemski bitni zbog kontinuirane isporuke proizvedene vrijednosti, ali i konstantne redefinicije vrijednosti koju izazivaju promjene u korisnikovim preferencijama. Do sada spomenuta strana poslovnog modela daje percepciju poslovnom subjektu o tome tko je korisnik, što on želi i kako se dolazi do krajnjeg korisnika. S druge strane, kako bi bilo koja tvrtka bila u mogućnosti dobiti tu percepciju, ona će koristiti različite ključne resurse koji će omogućiti odvijanje ključnih aktivnosti unutar tvrtke u svrhu proizvodnje vrijednosti za krajnjeg korisnika. Također, za očekivati je da svaki poslovni model uključuje i kvalitetna partnerstva pomoću kojih tvrtka optimalno dolazi do svojih ciljeva.

Prema radu [1] autora Alexa Osterwaldera, poslovni model je zapravo skup pretpostavki ili hipoteza koje nastoje otkriti cjelokupni lanac vrijednosti u kojima je pojedina tvrtka prihvatila sudjelovati u svrhu kreiranja i isporuke nove vrijednosti prema tržištu. Alex Osterwalder poslovni model promatra kroz sedam ključnih stavki te će u sljedećim potpoglavljima one biti objašnjene kako bi se stvorila jasna percepcija o tome što je točno potrebno uzeti u obzir za uspješno poslovanje pojedine vodoopskrbne tvrtke.

Poznato je da su djelatnosti vodoopskrbe i odvodnje usko povezane i da takve usluge najčešće nudi ista tvrtka. Potrebno je imati na umu da se ovaj rad dominantno bavi djelatnošću vodoopskrbe jer je upravo taj aspekt poslovanja tvrtke koja djeluje na otocima Cres i Mali Lošinj i energetski najintenzivniji. Za sektor odvodnje, predložena su dva projekta solarnih elektrana za koje se smatra da mogu ostvariti najveći benefit za poslovni proces tvrtke aktivne na Cresu i Malom Lošinju.

## 2. PLATNO POSLOVNOG MODELA VODOOPSKRBE TVRTKE

Za oslikavanje poslovanja firmi koje pružaju usluge vodoopskrbe i odvodnje korišteno je platno poslovno modela. Platno poslovno modela sastoji se od 7 glavnih sastavnih dijelova koji će biti prikazani u sljedećim potpoglavljima.

### 2.1. Vrijednost i segmenti krajnjih korisnika

Tvrtke unutar vodoopskrbe i odvodnje su po ekonomskom pristupu razmatranja prirodni monopoli. Prirodni monopoli su one tvrtke na čijim tržištima najefikasniji ishod zahtijeva postojanje jedne jedine kompanije koja nudi partikularnu uslugu na tržištu. Npr. upravo u slučaju vodoopskrbnih tvrtki, kao odgovor na ekonomski problem, za najefikasniju raspodjelu resursa najbolji učinak ostvarit će jedna jedina firma na određenom opskrbnom području. Drugim riječima, ekonomski neefikasno bi bilo izgraditi 3 vodovodne mreže koje bi bile u vlasništvu 3 različita poslovna subjekta jer bi tada cijena vode, po isporučenoj jedinici, bila relativno veća te broj krajnjih korisnika koji bi bili u stanju nabavljati vodu bio bi manji. Voda predstavlja specijalni resurs prema kojem ljudi imaju poseban stav. Upravo značaj vode za čovjeka ističe nužnost definicije odnosa čovjeka i vode unutar naših globalnih politika gdje praktički sve nacionalne vlade svijeta reguliraju ekonomske aktivnosti transporta vode od njezina izvorišta do krajnjeg korisnika. Hrvatska Vlada također, prema Zakonu o vodnim uslugama [2], strogo definira entitete koji mogu osnovati tvrtke koje pružaju vodoopskrbne usluge:

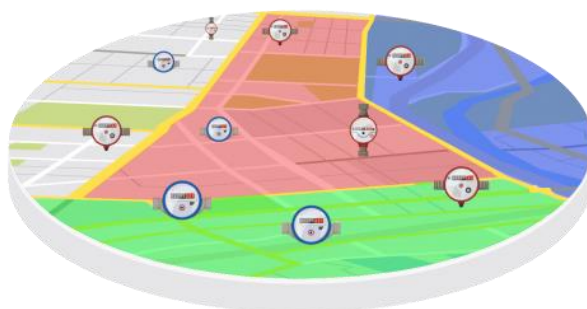
*(1) „Javni isporučitelj vodnih usluga je društvo kapitala kojem su jedini osnivači jedinice lokalne samouprave na uslužnom području.“*

Navedeni Članak 12. Zakona o vodnim uslugama prepoznaje prirodni monopol te ga regulira s ciljem utjecaja na najefikasniji ishod tržišta, a to je - najviše ljudi dobiva pristup vodi što je posljedica najefikasnije raspodjele ograničenih resursa. Zakonodavni okvir ima u načelu cilj stvoriti uvjete gdje će vodoopskrbne tvrtke biti snažno fokusirane na uspostavu što efikasnijeg poslovnog procesa kako bi utjecale na niže troškove poslovanja čije će uštede uvijek biti prebačene na krajnje korisnike u obliku nižih cijena vodoopskrbe. Dakle, vrijednost koju vodoopskrbna tvrtka stvara za vlastito tržište je **efikasan transport vode od izvorišta do krajnjeg korisnika gdje se efikasnosti nužno moraju osjetiti u cijeni isporučene vode.** Što

se tiče samih segmenata krajnjih korisnika, oni mogu biti razvrstani prema korištenju vode u različite svrhe i motive koji upravo zbog toga mogu otvoriti mogućnost definicije drugačijih cijena.

## 2.2. Distribucijski kanal

Distribucijski kanal vodoopskrbnih tvrtki je njihova kompleksna vodovodna infrastruktura lokalizirana u podzemlju, direktno ispod krajnjih korisnika, ili u slučaju transportnih cjevovoda – ispod nenaseljenih područja. Vodovodna mreža je sredstvo koje dovodi vodovodnu tvrtku i krajnjeg korisnika u neposrednu interakciju u svrhu kontinuirane isporuke vode kao bitnog resursa. Prema [6], u prosjeku, 30% zahvaćene vode koja se želi isporučiti krajnjem korisniku, izgubljena je u procesu transporta od izvorišta do krajnjeg korisnika zbog kontinuiranog procesa degradacije vodovodne mreže. Može se reći da je vodovodna distribucijska mreža ujedno i najveći izvor neefikasnosti za bilo koju vodovodnu tvrtku gdje vodovodna mreža svojom veličinom i kompleksnošću stvara ograničenja kod alokacije potrebnih resursa u svrhu poništavanja, kroz vrijeme neizbježnih, neefikasnosti i vodnih gubitaka. Drugim riječima, kontinuirana degradacija vodovodne infrastrukture je neizbježna gdje vodoopskrbne tvrtke konstantno moraju raditi na efikasnom otkrivanju vodnih gubitaka i saniranju onih dijelova infrastrukture koje će u ekonomskom smislu pružiti najpovoljniji povrat na uloženi kapital. Kao odgovor na već unaprijed predviđenu kontinuiranu degradaciju vodovoda, vodoopskrbne tvrtke koriste određeni set mjera kako bi gubitke vode transparentno kvantificirali. Za jasno određivanje vodnih gubitaka, potrebno je pratiti volumne protoke vode na ključnim mjestima u mreži. Da bi to bilo moguće, distribucijsku mrežu potrebno je podijeliti na tzv. DMA zone (*District Metered Area*) pri čemu se na strateškim mjestima postavljaju mjerači protoka kako bi se periodički mogli odrediti i vizualizirati gubici unutar vodovoda. Dijeljenje vodovodne mreže na DMA zone omogućuje selektivni nadzor vodoopskrbnih zona s čime revizije vodovodne infrastrukture postaju sistematizirane, učinkovite i jasne [3].



Slika 1. DMA zone [4]

Najjednostavnije rečeno, DMA zona ima svoj ulazni protok vode, protok vode isporučen krajnjim korisnicima te izlazni tok vode na izlazu iz DMA zone.

$$Q_{gubici} = Q_{ulaz} - Q_{izlaz} - Q_{potrošači} \quad (1)$$

Prema slici 1; različite boje ukazuju na različite DMA zone i stanje unutar pojedinih zona u smislu gubitaka unutar cjevovoda. Vodoopskrbna tvrtka u svrhu održavanja vodovodne mreže odvaja dijelove vodoopskrbne mreže (po DMA zonama) te na njihovim granicama postavlja vodomjere kako bi efikasno mogla pratiti gubitke u cjevovodima. Kao što je već rečeno, na strateškim mjestima postavljeni su mjerači protoka koji mjere  $Q_{ulaz}$  i  $Q_{izlaz}$ , no član kojeg je teško točno odrediti je  $Q_{potrošači}$ . Pojedina DMA zona može imati i više desetaka tisuća potrošača čiju je potrošnju teško odrediti za traženi trenutak. Ovaj problem dolazi do izražaja u velikoj mjeri za distribucijske sustave unutar napučenih gradova gdje je takve gubitke vode teško određivati. Kako bi određivanje gubitaka u tom slučaju bilo što točnije, revizija cjevovoda se odvija u vremenima kada se očekuje ujednačena potrošnja od strane korisnika, odnosno u vremenima kada se ona može najbolje predvidjeti (noćni sati).

Jedan od odgovora na takav izazov u svakom slučaju daju pametna brojila koja su u stanju u realnom vremenu davati informaciju o korištenju vode svakog korisnika koji ima instalirano pametno brojilo. U tom slučaju, sve informacije potrebne za određivanje gubitaka unutar mreže i njihovu lokalizaciju su poznate na temelju kojih vodoopskrbna tvrtka može efikasnije provoditi plan i program održavanja vodovodne mreže i time smanjivati vodne gubitke [5].

Također, unutar vrlo kompleksnih vodovodnih sustava, ponekad je komplicirano (samim time i skupo) uspostaviti DMA zone pomoću kojih se mogu pratiti gubitci vode u čemu još jednom mogu pomoći upravo pametna brojila. Jedna velika stvar koju pametna brojila mogu generirati su upravo kontinuirani podaci o potrošnji vode krajnjeg korisnika. Upravo generiranje podataka o potrošnji krajnjeg korisnika otvara velik prostor za napredak kada govorimo o procesu održavanja vodovodne infrastrukture. Da bi takve tvrtke kapitalizirale upravo na tom potencijalu podataka, morat će izgraditi digitalne reprezentacije svoje vodovodne infrastrukture, ili drugim riječima, *digitalnog blizanca* stvarne vodovodne infrastrukture. Ono što je tada moguće je kontinuirana usporedba realnog i digitalnog vodovodnog sustava gdje bi bilo kakvo odstupanje između ta dva modela (realnog i digitalnog) ukazivalo na prisustvo gubitaka unutar cjevovoda. Prije samog korištenja digitalnog modela, potrebno ga je 'istrenirati' sa valjanim ulaznim podacima kako bi taj isti digitalni model razumio korelaciju između raznih fizikalnih veličina unutar vodovoda gdje bi na taj način bio zapravo 'naviknut' na normalne

prilike unutar vodovodne infrastrukture. Time bi digitalni model bio korišten kao ogledni ili „savršeni“ model vodovodne infrastrukture koji bi služio za konstantnu usporedbu sa podacima koji dolaze iz realnog vodovoda. Još jednom, svako odstupanje od savršenog modela ukazivalo bi na eventualnu degradaciju i promjene na stvarnim cjevovodima [33].

Iz navedenog daje se iščitati da pametna brojila stvaraju osnovu za dodatnu komponentu unutar distribucijskih kanala, a to je internet platforma, koja je uz samu vodovodnu infrastrukturu još jedna dodatna dodirna točka tvrtke i krajnjeg korisnika. Ta dodatna dodirna točka je nužna kako bi krajnji korisnik došao u poziciju koja će mu omogućiti međusobnu informacijsku razmjenu s vodovodnom mrežom. Krajnji korisnik bi time stekao uvid u efikasne obrasce potrošnje vode, gdje bi posve novi nivo znanja o činjeničnom stanju infrastrukture doveo do novih i značajnih efikasnosti unutar mreže.

### 2.3. Odnos s krajnjim korisnicima

U današnje vrijeme, odnos vodoopskrbne tvrtke i njenog krajnjeg korisnika je vrlo jednostavan. Krajnji korisnik traži pouzdanu uslugu isporuke vode zadovoljavajuće kvalitete što tvrtka periodički kroz vrijeme naplaćuje. Krajnji korisnik dobiva vodu ispravnu za piće putem distribucijskog cjevovoda te mu za takvu uslugu tvrtka dostavlja račun na kućnu adresu svaki mjesec ili dva. Također i u ovom aspektu, instalacija pametnog brojila bila bi temelj za drastično promijenjen odnos tvrtke i krajnjeg korisnika. Kod same naplate usluge, tvrtka bi potrošnju potrošača očitavala daljinski što bi dramatično snizilo troškove očitavanja brojila. Također, pojava pametnih brojila unutar bilo kojeg distribucijskog sustava značila bi i sveopće povezivanje krajnjih korisnika koji bi tada mogli dijeliti iskustva u potrošnji vode, tj. pametna brojila bi im služila kao upute prema kojima su u stanju smanjiti potrošnju vode i učiniti ju efikasnijom. To bi naravno značilo da će u tom slučaju vodoopskrbne tvrtke morati imati sposobnost obrađivati podatke koje im stižu od krajnjih korisnika te u isto vrijeme na temelju tih podataka izvesti korisne zaključke koji bi krajnjim korisnicima služili kao korisne upute pomoću kojih su oni u stanju smanjiti vlastitu potrošnju vode odnosno vlastitu potrošnju učiniti efikasnijom. Također, pomoću pametnih brojila tvrtka bi bila u poziciji dinamično formirati svoju cijenu isporučene vode. Općeniti motiv za formiranje cijena polazi od ekonomskog problema alokacije oskudnih (engl. *scarce*) resursa gdje cijena proizvoda izražava koliko je „teško“ proizvesti svaku sljedeću marginalnu jedinicu proizvoda. Mogućnost dinamičkog formiranja cijene vode otvorilo bi mogućnost iskazivanja realnih prilika unutar vodovodne mreže, odnosno davanja prave informacije krajnjem korisniku o tome koliko je jeftinije ili



skuplje isporučiti svaki sljedeći m<sup>3</sup> vode. Postojanje različitih dnevnih tarifa za električnu energiju postavlja legitiman prostor za postavljanje različitih dnevnih tarifa za vodu jer je poznato da je jedan od glavnih ulaznih resursa kod poslovnog procesa vodoopskrbne tvrtke upravo električna energija. Samim time, krajnji korisnik bi mogao prilagoditi vlastitu potrošnju promjenjivoj tržišnoj cijeni. Daje se iščitati da će adaptacija pametnih brojlara na strani potrošača kreirati ozbiljnu vrijednost za svaku od strana na tržištima vodovodnih usluga [5].

#### 2.4. Ključni resursi vodoopskrbne tvrtke

Prvo i osnovno, sistemski bitan resurs kod obavljanja vodovodnih usluga je voda kao prirodni resurs. Vode ima u izobilju te možemo reći da postoji u neograničenim količinama dok god ljudska potrošnja iscrpljuje prirodne izvore slabijim intenzitetom od intenziteta kojim se prirodna izvorišta oporavljaju prirodnim procesom kruženja vode u prirodi. Upravo zbog te činjenice, koja pokazuje da vode ima dosta za svakoga i za svaku primjenu, voda postaje praktički besplatan resurs koji ne nosi nikakav oportunitetni trošak. Ono što je zapravo ograničeno, i što u konačnici ljudi plaćaju kod usluga vodoopskrbnim tvrtkama, su resursi koji se koriste kako bi se ta neograničena (besplatna) voda transportirala od prirodnih izvorišta do krajnjeg korisnika, a to su između ostalog i vodne naknade koje se prikupljaju u svrhu osiguranja kontinuirano održive eksploatacije vode. Bitni fizički resursi uključuju već spomenutu vodovodnu mrežu koja tvori jezgru poslovanja svake vodoopskrbne tvrtke. Svaka tvrtka poduzet će sve što je u njenoj moći kako bi vodovodna infrastruktura bila što efikasnija pa za to alocira potrebne fizičke resurse kao što su potrebna oprema za rad, alati, strojevi, ali i najbitnije, zaposlenici vodovoda kao ljudski resurs, koji servisnim djelatnostima efikasan vodovod manifestiraju u realnost. Jedan od sve više zastupljenih resursa su obnovljivi izvori energije koji se primarno koriste kako bi smanjili srednju cijenu električne energije koju te tvrtke plaćaju. U ovom području Europske Unije, postoji značajan solarni potencijal koji uz sve jeftiniju tehnologiju fotonaponskih ćelija definitivno može proizvesti jeftiniju električnu energiju od one koju nudi mreža [7], tako da sve više poslovnih subjekata, a osobito oni koji većinu svojih aktivnosti odrađuju preko dana, odlučuje se za implementaciju obnovljivih tehnologija proizvodnje energije od kojih to bude najčešće fotonaponska elektrana. Uz navedeno, također se očekuje povećanje cijene električne energije koja će se dobivati iz mreže zbog pojačane potrebe ulaganja u transmisijske i distribucijske mogućnosti sadašnje mreže, ali i zbog sve većeg prepoznavanja eksternih troškova koje sadašnji portfelj generatora energije proizvodi za pojedinu ekonomiju [8]. U ovu kategoriju ključnih fizičkih resursa naravno

pripadaju i sve one tehnologije koje su u stanju poboljšati učinkovitost potrošnje energije, između kojih su već par puta spomenuta pametna brojila. Sve značajniji ljudski resursi za ovakav tip tvrtki su zaposlenici niza inženjerskih disciplina. Npr. inženjeri iz sektora informacijskih tehnologija (IT) će biti sve više zastupljeni unutar ovakvih tvrtki gdje će uspostava sustava koji su sposobni obrađivati veliku količinu podataka i izvlačiti korisne zaključke iz njih biti nužna praksa ako se želi postići traženu razinu troškova. Općenito, toliko tražena efikasnost ostvaruje se kombinacijom novih tehnologija i još bitnije, kvalitetnih ljudskih potencijala koji će biti u stanju stvoriti dodatnu vrijednost temeljenu na znanju [9].

## 2.5. Ključne aktivnosti vodoopskrbne tvrtke

Općeniti cilj vodoopskrbnih tvrtki je transportirati vodu od prirodnih izvorišta do krajnjih korisnika i raditi to kontinuirano na najefikasniji mogući način (za po korisnika najmanjoj cijeni). Ključna aktivnost takvih tvrtki je održavanje vodovodne infrastrukture gdje značajna sredstva odlaze upravo na tu aktivnost. Bitno je napomenuti da takve tvrtke trebaju osigurati određeni nivo profita upravo zbog ulaganja u održavanje sustava koji osiguravaju efikasnosti vodovodne mreže, ali i zbog proširivanja postojeće vodovodne infrastrukture gdje je za očekivati konstantnu potražnju za dodatnim uključivanjima na postojeću mrežu gdje tvrtka mora brinuti o dodatnim sredstvima koja osiguravaju takve pothvate. Uvijek najveći prostor za napredak predstavlja vodovodna mreža, odnosno cjevovodi, koji su konstantno u kontinuiranom procesu degradacije. U tom slučaju, praćenje stanja u kojem se trenutno nalaze cjevovodi na nekom vodoopskrbnom području je ključna aktivnost svake vodoopskrbne tvrtke. S vremenom, to praćenje stanja se kontinuirano redefinira te korištenjem novih tehnologija postaje sve lakše, jeftinije i učinkovitije što nužno za sobom nosi bolju efikasnost vodoopskrbne mreže [10]. Također, postoje i druge aktivnosti osim onih koje su vezane za održavanje same vodovodne mreže, a to je minimizacija troškova energije. Mogućnost vlastite proizvodnje električne energije vodovodnim tvrtkama otvara mogućnost izbora između električne energije iz mreže i one proizvedene na lokacijama u posjedu ili u koncesiji tvrtke. Često puta proizvodnja električne energije iz vlastitih izvora daje jeftiniju električnu energiju [7], a upravo te mogućnosti će biti istražene u praktičnom dijelu ovog diplomskog rada. Na kraju, može se iščitati da su vodoopskrbne tvrtke u konstantnoj potrazi za izvorima efikasnosti, bilo to direktno (popravicima i održavanjima cjevovoda i ostalih dijelova vodoopskrbne mreže) ili indirektno (instalacijom solarnih elektrana radi snižavanja troška za električnu energiju).

## 2.6. Partnerstva vodoopskrbnih tvrtki

Da bi se shvatila svrha partnerstva između nacionalnih tijela (vlade, jedinice lokalne i regionalne samouprave) i vodoopskrbne tvrtke, potrebno je objasniti pojam eksternaliteta u ekonomskim interakcijama. U većini ekonomskih interakcija gdje su uključene dvije strane (prodavač i kupac), takva vrsta transakcija je totalno neutralna za bilo koga osim dva entiteta koji sudjeluju u toj transakciji. Drugim riječima, takve transakcije nemaju popratnih eksternaliteta, tj. ne stvaraju nikakav trošak niti benefit za bilo koga tko nije uključen u takvu ekonomsku transakciju [11]. S druge strane, tržišta na kojima se trguje npr. fosilnim gorivima, uz trošak za samog kupca, transakcije na tim tržištima stvaraju dodatne troškove koje se prebacuju na društvo uglavnom u obliku velikih zagađenja koje je posljedica korištenja fosilnih goriva. Regulatorna tijela (vlade) upravo da bi tržišta povratila u optimalne točke, unose u ta tržišta mehanizme (porezi) koji će ih vratiti u optimum. Drugim riječima, porezna politika u svrhu neutralizacije negativnih eksternaliteta stvara određeno trenje na tržištima, a sve u svrhu stvaranja komponente u tržišnoj cijeni proizvoda koja će nadoknađivati trošak za društvo u cjelini [11]. Također, na tržištima vodovodnih usluga, također postoji prisustvo eksternaliteta, no pozitivnih. To bi značilo da benefit koji tvrtka stvara za krajnjeg korisnika ne staje na krajnjem korisniku, nego zapravo cijelo društvo osjeća benefit (opće zdravlje populacije zbog korištenja vode) zbog toga što svaki pojedinac ima pristup čistoj vodi. Postojanje pozitivnih eksternaliteta u takvim interakcijama na tržištima vodovodnih usluga prepoznato je od strane regulatornih tijela te se takve interakcije potiču sa subvencijama [12]. Vlada i jedinice lokalne i regionalne samouprave su jedni od bitnijih partnera za vodoopskrbne tvrtke jer su upravo oni partneri koji su u stanju i kojima je u interesu subvencijama (vlade) ili udjelima u projektima (jedinice lokalne i regionalne samouprave) maksimizirati učinkovitost tržišta vodovodnih usluga. Kod ovakvih intervencija vlade i ostalih javnih ustanova radi se o čistoj preraspodjeli sredstava akumuliranih u proračunu. Sredstva su od nekud preuzeta i usmjerena prema tržištima vodnih usluga s ciljem maksimizacije potencijala kojeg vodne usluge nose za društvo u cjelini. Drugi značajan partnerski odnos kojeg vodoopskrbne tvrtke mogu ostvariti su partnerstva sa tvrtkama koje nude IT usluge. Kao što je već rečeno, predviđa se da će između ostalih i te tvrtke biti one koje će u svrhu ostvarivanja učinkovitijeg poslovanja morati iskoristavati moć novih tehnologija i velike količine podataka koje te tehnologije mogu generirati. U tom slučaju vodoopskrbna može imati vanjske suradnike kojima je uža specijalnost inženjering sustava upravljanja infrastrukturom i napredna obrada podataka.

## 2.7. Prihodi i troškovi vodoopskrbnih tvrtki

Već je u par navrata spomenuto kako vodoopskrbne tvrtke orijentiraju svoje poslovanje prema troškovnoj strani. Najveći fiksni troškovi, uz ostale fiksne neizbježne troškove koji se javljaju u poslovanju, su troškovi održavanja vodovodne infrastrukture. Varijabilni troškovi su značajni troškovi električne energije i varijabilni troškovi ne prihodovane vode gdje troškovi ne prihodovane vode jednostavno predstavljaju gubitke unutar distribucijske mreže te oni fluktuiraju u vremenu i uvelike ovise o tlaku u cjevovodima. Što se tiče prihoda, oni se ostvaruju jednostavno isporukom vode krajnjim korisnicima. Najčešće za naknadu vodovodnih usluga, tvrtka će tražiti kompenzaciju u obliku fiksnog dijela koji ne ovisi o količini isporučene vode i varijabilni dio koji ovisi o količini isporučene vode.

## 2.8. Platno poslovnog modela vodoopskrbne tvrtke

<b>Key Partners</b>   - Vlada - Jedinice lokalne samouprave - IT kompanije - outsourcing znanja - izrada pametne platforme	<b>Key Activities</b>  - Održavanje vodovodne infrastrukture - Proširenje infrastrukture i priključci novih korisnika - Obrada podataka korisničke potrošnje radi planiranja održavanja - Implementacija optimalnih izvora energije  <b>Key Resources</b>  - Vodovodna mreža - Ljudski resursi - Oprema i alati - OIE - Spremnici energije - Pametna brojila	<b>Value Propositions</b>   Efikasan transport vode od izvorišta do krajnjih korisnika.	<b>Customer Relationships</b>  - Automatizirana naplata usluge - Programi energetske učinkovitosti - Dinamičko postavljanje cijene usluge  <b>Channels</b>  - Efikasna vodovodna mreža - Internet platforma	<b>Customer Segments</b>   Domaćinstva Poslovni subjekti Javne ustanove
<b>Cost Structure</b>  - Održavanje vodovodne infrastrukture - Proširenje postojeće infrastrukture (vodovodne i informacijske) - Troškovi električne energije - Plaće - Troškovi održavanja internet platforme		<b>Revenue Streams</b>  - Fiksna naknada za vodnu uslugu - Varijabilna naknada za vodnu uslugu		

Slika 2. Platno poslovnog modela vodoopskrbne tvrtke

## 2.9. Dodatak – općeniti opis sastavnih dijelova poslovnog modela

Koncept poslovnog modela koji je primijenjen u ovom radu, preuzet je iz knjige „*Business Model Generation*“, od autora Alexa Osterwaldera [1].

### 2.9.1. Vrijednost i segmenti krajnjih korisnika

1. **Vrijednost** ili benefit koju određena tvrtka stvara za krajnjeg korisnika je zapravo razlog zašto krajnji korisnik ima određenih preferencija na tržištu proizvoda i usluga. Primjeri dodane vrijednosti mogu biti raznoliki te se oni manifestiraju unutar proizvoda ili usluge u obliku boljih performansi, pouzdanosti, inovacije, naprednog dizajna, statusa ili branda ili zbog jednostavno nižih i konkurentnijih cijena.
2. **Krajnji korisnici** su subjekti (poslovni ili osobni) kojima tvrtka na tržištu isporučuje vrijednost u obliku proizvoda ili usluga za koje su krajnji korisnici spremni platiti s ciljem postizanja raznih ciljeva. Kao što je već spomenuto, jezgru svakog poslovnog modela čine upravo krajnji korisnici i vrijednost koju tvrtka nudi na svojim tržištima. Prije svega, kako bi poslovni proces proizveo legitimnu vrijednost za krajnjeg korisnika, potrebno je fundamentalno poznavanje krajnjeg korisnika i njegovog problema kako bi se shodno tome na te iste probleme moglo odgovoriti unutar plasiranog proizvoda ili usluge.

### 2.9.2. Distribucijski kanali

Distribucijski kanal jedne tvrtke prema krajnjim korisnicima je jedan sveobuhvatan način komunikacije tvrtke i krajnjeg korisnika gdje komunikacija između takve dvije strane može imati niz dodirnih točaka gdje jedini cilj nije isključivo distribucija samog proizvoda ili usluge. Interakcija tvrtke sa krajnjim korisnicima vodi se u svrhu:

1. **Podizanja svijesti o ponudi proizvoda i usluga** – distribucija informacija koje detaljno opisuju ponuđenu vrijednost nakon čega je krajnji korisnik u poziciji jasno odrediti kontekst u kojem se nalazi u odnosu na ponuđeni proizvod ili uslugu (marketing).
2. **Dobivanja povratnih informacija** – korisnikov način eksploatacije proizvedene vrijednosti očekivano se kontinuirano mijenja te je upravo u tu svrhu bitno stvoriti način povratne veze gdje će korisnik biti u mogućnosti evaluirati performanse stvorene vrijednosti. Poslovni proces unutar tvrtke mora konstantno vršiti redefiniciju proizvedene vrijednosti gdje će upravo informacije dobivene povratnom vezom omogućiti maksimizaciju iskustva za krajnjeg korisnika.

3. **Plasiranja vrijednosti na tržište** – kod plasiranja nove vrijednosti na tržište dolazi do pitanja vezanih za sami proces kupnje i distribucije. Tvrтка može oformiti svoje kanale za plasiranje vrijednosti na tržište (npr. maloprodaja ili web lokacije) ili koristiti partnerske kanale za plasiranje vlastite vrijednosti na tržište (maloprodajna mjesta partnerske tvrtke, partnerska web lokacija...).
4. **Korisničke podrške** – automatizirana ili osobna, koristi se nakon što je sama vrijednost isporučena krajnjem korisniku te služi s ciljem daljnjeg usuglašavanja ili rješavanja problema koji bi mogli proizaći iz korištenja proizvoda ili usluge.

### 2.9.3. *Odnos s krajnjim korisnikom*

Distribucijski kanali i odnos s krajnjim korisnikom su dijelovi poslovnog modela koji su usko povezani te zajedno tvore jedinstveno korisničko iskustvo. Drugim riječima, tvrtka načinom vođenja svojih distribucijskih kanala (dodirnih točaka s krajnjim korisnikom) definira tip odnosa koji ostvaruje s krajnjim korisnikom.

Samo neki primjer odnosa s krajnjim korisnikom su:

1. **Samoposluga** – u ovom tipu odnosa tvrtke i krajnjeg korisnika nema direktne interakcije tvrtke i krajnjeg korisnika, nego tvrtka pruža sve moguće resurse kako bi krajnji korisnik mogao sam izvršiti proces kupnje, dostave ili čak pronaći rješenje na mogućem problemu.
2. **Osobna podrška** – ovaj tip odnosa baziran je na ljudskoj interakciji, odnosno krajnji korisnik može ostvariti interakciju sa osobom unutar tvrtke koja je u mogućnosti pružiti dodatne informacije na upit krajnjeg korisnika. Ovakva interakcija je moguća npr. uživo, preko pozivnih centara, putem web stranice ili elektroničkom poštom.
3. **Automatizirana podrška** – Kako bi se odnos mogao automatizirati, tvrtka upoznaje svojeg krajnjeg korisnika s ciljem pružanja prioriteta vrijednosti putem vlastitih distribucijskih kanala. Konkretno, tvrtke koje nude vodoopskrbne usluge u svakom slučaju idu u smjeru automatiziranih odnosa s krajnjim korisnicima u svrhu efikasne naplate usluge.
4. **Zajednice** – putem zajednica tvrtka nastoji međusobno povezati krajnje kupce s ciljem dijeljenja i razmjene iskustava o proizvodu. U ovom tipu odnosa, krajnji korisnici zajednički dolaze do rješenja mogućih problema.

5. **Ko-kreacija** – također, tvrtka može kao proizvod pružati platformu, odnosno mjesto gdje nastoji okupiti krajnje korisnike, na kojoj sami krajnji korisnici mogu biti oni koji će proizvoditi i pružati vlastite sadržaje – npr. *YouTube*.

#### 2.9.4. **Ključni resursi**

Svaki poslovni model zahtijeva pripadajuće resurse kako bi tvrtka bila u mogućnosti proizvesti vrijednost, doseći svoja ciljana tržišta i održavati odnose s krajnjim korisnicima. Zavisno o svakom poslovnom modelu, tvrtke koriste različite resurse te oni mogu biti fizički, financijski, intelektualni ili ljudski. Također, ključni resursi mogu biti u vlasništvu same tvrtke te s druge strane, tvrtka isto tako može dobavljati ključne resurse od partnera.

Ključni resursi:

1. Fizički – uključuju fizičku imovinu kao što su proizvodna postrojenja, zgrade, vozila, strojevi, distribucijske mreže itd... Tvrtke u autoindustriji, kao što je Tesla, uvelike se oslanjaju na fizičku imovinu koja nosi sa sobom visoka kapitalna ulaganja.
2. Intelektualni – uključuju resurse kao što su brand, patenti, autorska prava, partnerstva ili baze podataka o krajnjim korisnicima koje su sve više sastavni dio solidnog poslovnog modela. Intelektualni resursi kojima se tvrtka diferencira na tržištu traže kompleksni pristup pri njihovom razvitku te značajna financijska sredstva, no u isto vrijeme, oni mogu tvrtki priuštiti dugoročnu prednost na tržištu te osigurati dugoročnu vrijednost za dionike te tvrtke.
3. Ljudski – svaka tvrtka se u manjoj ili većoj mjeri oslanja na vlastitu kvalitetu ljudskih potencijala. Unutar tvrtki u kojima se ulažu značajna sredstva za istraživanje i razvoj (R&D), ljudski resursi mogu biti od sistemskog značaja.
4. Financijski – izvanredan primjer korištenja financijskih resursa je Ericsson, između ostalog – proizvođač telekomunikacijske opreme. Ericsson posuđuje financijska sredstva od banaka ili ih pronalazi na financijskim tržištima kako bi svojim korisnicima osigurao dostupno i jeftino financiranje, a sve u svrhu što jednostavnijeg i pogodnijeg transakcijskog postupka za krajnjeg korisnika koji može biti presudan kod zauzimanja određenog tržišnog udjela.

### 2.9.5. **Ključne aktivnosti**

Dio poslovnog modela vezan za ključne aktivnosti označava skup ključnih akcija koje tvrtka mora poduzimati kako bi uspješno provodila svoje poslovne aktivnosti te u konačnici – bila u poziciji kontinuirano proizvoditi vrijednost za krajnjeg korisnika. Također kao i ključni resursi, ključne aktivnosti se međusobno razlikuju između različitih tvrtki, gdje se npr. tvrtka Microsoft većinom bavi razvojem softvera, dok je ključna aktivnost konzultantskih tvrtki rješavanje poslovnih problema i oslanjanje na ljudske potencijale kao ključni resurs.

Primjeri ključnih aktivnosti:

1. Proizvodnja – aktivnost proizvodnje može uključivati dizajn, samu proizvodnju i dostavu proizvoda krajnjem korisniku.
2. Rješavanje problema – rješavanje problema kao aktivnost uključuje nalaženje solucija na probleme krajnjih korisnika. Poslovni model tvrtki čija je glavna aktivnost rješavanje problema zahtijevaju kontinuiranu obuku vlastitih zaposlenika.
3. Istraživanje i razvoj (R&D) – npr. farmaceutske kompanije snažno se oslanjaju na vlastite mogućnosti istraživanja i razvoja kako bi osigurale dugoročnu prednost na svojim tržištima.

### 2.9.6. **Partnerstva**

Tvrtke ulaze u različita partnerstva zbog više razloga, a sve u svrhu optimizacije vlastitog poslovnog modela. Tvrtka koja dobavlja ključne resurse, kao ključne parametre u proizvodnom procesu, od partnerske tvrtke, čini to u svrhu optimizacije alokacije tih resursa. Naime, ako pojedina tvrtka nastoji maksimizirati vlastitu kompetitivnu prednost na tržištu, u tom slučaju bi bilo vrlo kompleksno voditi računa o proizvodnji apsolutno svakog dijela svojeg finalnog proizvoda te kao odgovor na taj problem, tvrtke nalaze prigodna partnerstva koja im u konačnici štede dragocjeno vrijeme i novac. Vrijeme i novac koje su im partneri „uštedili“, preusmjeravaju upravo onom dijelu proizvodnog procesa kojim su se u stanju diferencirati na tržištu. Analogija s gore spomenutim može se povući sa partnerstvima više tvrtki koje su odlučile partnerski odnos usmjeriti prema osnivanju posve novog poslovanja. Vrlo slikovit primjer može biti partnerstvo Google-a i NASA-e koji su zajedno odlučili udružiti znanje i resurse kako bi proizveli aplikaciju Google Earth. Google-ova ekspertiza u sektoru informacijskih tehnologija te NASA-ina satelitska infrastruktura iskorišteni su pri kreiranju intuitivnog internetskog alata pomoću kojeg je moguća 3D vizualizacija Zemaljske kugle. Također, još jedan zanimljiv oblik partnerstva je oligopol. Oligopol je udruženje konkurentskih



tvrtki u svrhu kontrole vlastitih prihoda i profita. Najpoznatiji globalni oligopol je udruženje zemalja najvećih proizvođača nafte (OPEC). Unutar takvog udruženja proizvođači se dogovaraju o proizvodnom *outputu* nafte gdje na taj način kontroliraju tržišnu cijenu.

Razlikujemo 4 vrste partnerstava:

1. Strateško partnerstvo tvrtki koje nisu direktna konkurencija
2. Strateško partnerstvo između konkurenata (oligopol)
3. Partnerstva više tvrtki u svrhu razvijanja posve novog poslovanja
4. Partnerstvo tvrtki kao „kupac – opskrbljivač“ u svrhu osiguravanja pouzdane dobave resursa

### 2.9.7. **Prihodi i troškovi**

Cjelokupna poslovna aktivnost generira određeni nivo prihoda i troškova. Što se tiče troškova, generalno se oni mogu podijeliti na fiksne i varijabilne. Fiksni troškovi ostaju isti za bilo koji volumen proizvodnje proizvoda ili usluga te oni mogu uključivati plaće radnika, najam proizvodnih jedinica ili trošak izgradnje postrojenja. S druge strane, postoje i varijabilni troškovi te se oni kreću u korelaciji sa proizvedenim proizvodima ili uslugama. Također, poslovanje unutar tvrtki generira određenu razinu prihoda, gdje se različitim mehanizmima postavljaju cijene usluga. Općenito postavljanje cijena usluga može biti fiksno ili dinamično. Kod fiksnih cijena, varijable koje utječu na cijenu usluge su statične ili su lako predvidljive na određenoj vremenskoj skali. S druge strane, dinamično postavljanje cijena upućuje na tržišne uvjete pri kojima cijena proizvoda i usluga izraženije fluktuiraju u vremenu.

### 3. SUSTAV VODOOPSKRBE

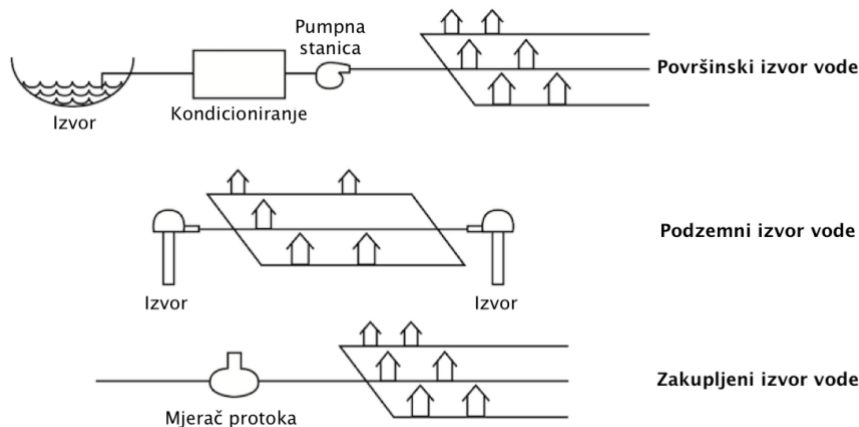
Sustav vodoopskrbe je skup sinkroniziranih komponenti (objekata i opreme) čiji je zajednički cilj efikasno transportirati vodu od njezina izvorišta do krajnjeg korisnika. Vodoopskrbni sustav možemo opisati kroz 5 ključnih sastavnih komponenti [14]:

1. Vodocrpilišta
2. Pumpne stanice
3. Vodospreme
4. Postrojenja za kondicioniranje, obradu ili poboljšanje kakvoće vode
5. Vodoopskrbna mreža

#### 3.1. Vodocrpilišta

Izvor je ishodište svakog vodovodnog sustava te se upravo prema njemu izvodi dizajn i implementacija svih ostalih komponenti sustava. Izgradnjom vodocrpilišta kao objekta na izvorišnoj lokaciji, otvara se mogućnost prikupljanja izvorišne vode u svrhu daljnjeg transporta cjevovodima do krajnjeg korisnika. Najčešće, i gdje god je to moguće, koriste se podzemna vodocrpilišta. Voda strujanjem kroz podzemlje prolazi kroz proces prirodne filtracije pa je većinom zadovoljavajuće kvalitete za izravnu uporabu te su samim time zahtjevi kod procesa pročišćavanja niži. U većini slučajeva, podzemni izvori vode su pozicionirani direktno ispod distribucijskog sustava kojeg opskrbljuju te samim time voda se direktno isporučuje u distribucijski vodoopskrbni sustav gdje nema potrebe za dugačkim transportnim cjevovodima. Kod ovako osmišljenog vodovodnog sustava, voda ulazi u distribucijski sustav sa više strana i opskrbljuje krajnje potrošače. [14]. S druge strane, sustavi s površinskim izvorima vode uglavnom podrazumijevaju izgradnju postrojenja vodocrpilišta na rijekama ili jezerima koja se nalaze u blizini naseljenih središta. Voda crpljena iz takvih površinskih izvora mora proći kroz proces pročišćavanja prije isporuke krajnjim korisnicima. Također, postoje tvrtke koje pružaju usluge unutar vodoopskrbe koje zakupljuju svoje vodne opskrbne kapacitete od drugih vodoopskrbnih tvrtki. Takve tvrtke često puta su jednostavno prisiljene zasnovati svoje poslovanje na ovakav način jer nisu niti imate pristup značajnim izvorištima vode ili jer su njihovi postojeći izvori vode postali neadekvatni za daljnju eksploataciju. Unutar takvih distribucijskih sustava, operator vodovodne mreže je zadužen za isključivo vođenje vodovodnog distribucijskog sustava. Kod tako uspostavljenih sustava može se očekivati iznad prosječno korištenje spremnika vode. Kao prvo, izazov može predstavljati oslanjanje na jedinog opskrbljivača gdje će se bilo kakve nepouzdanosti u dobavi odraziti direktno na krajnjeg

potrošača. Također, ugovorna obveza partnera unutar ovakvog modela suradnje može sadržavati promjenjivu dnevnu vodnu tarifu (npr. jeftinija voda u noćno doba) koja će otvoriti mogućnost povećanog korištenja, i posljedično, spremanja vode u vremenima kada je ona jeftinija [15].



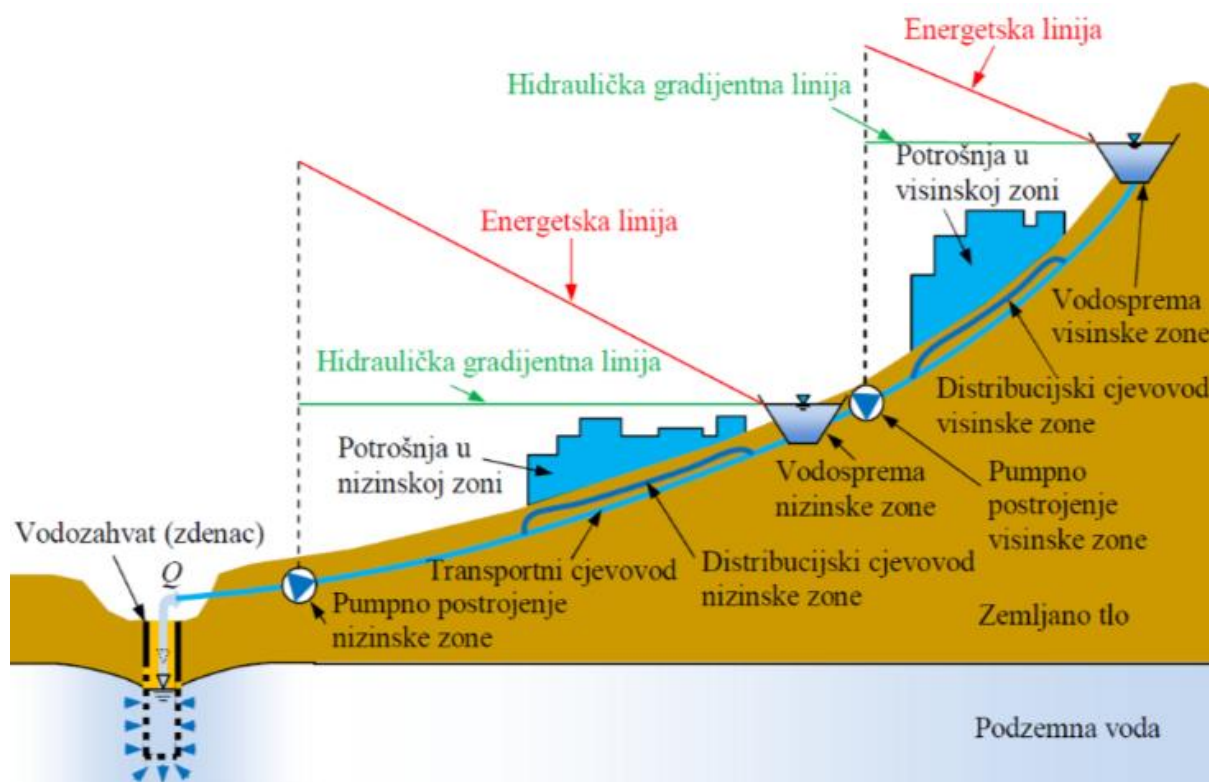
Slika 3. Tip izvora [15]

### 3.2. Pumpne stanice i vodospreme

**Pumpne stanice** služe za podizanje energetske razine vode unutar vodoopskrbne mreže. Unutar pumpnih stanica, za postizanje visokih tlakova najčešće se koriste više-stupanjске centrifugalne pumpe s više serijski povezanih radnih kola. S druge strane, za postizanje relativno nižih tlakova, odnosno za transport vode od vodocrpilišta do postrojenja za kondicioniranje ili do bliske vodospreme, koriste se aksijalne pumpe. Odgovarajućim spajanjem pumpi nastoji se vodoopskrbnu mrežu postaviti u položaj gdje će na bilo kakva potraživanja iz mreže moći odgovoriti učinkovito i pouzdano. Drugim riječima, prema [14], radi regulacije procesa u ovisnosti o dinamici promjene visine dobave ili kapaciteta sustava vodoopskrbe, koriste se serijski ili paralelno spojene pumpe. Iz mehanike fluida, poznato je da spajanje dvije identične pumpe u seriju za duplo povećava visinu dobave s konstantnim protokom. S druge strane, spajanje dvije identične pumpe u paralelu dvostruko povećava protok dok visina dobave ostaje konstantna.

**Vodospreme** su komponenta unutar vodoopskrbnih sustava koje omogućuju fleksibilno vođenje vodoopskrbnog sustava. Kada govorimo o fleksibilnosti, u tom kontekstu vodospreme mogu proizvedenu vodu pohraniti i isporučiti u onim vremenima kada će biti potrebna. Takva mogućnost spremanja vode kao resursa omogućuje rad pumpi pri konstantnom opterećenju što povoljno utječe na efikasnost tijekom njihova rada. U isto vrijeme, vodospreme se pozicioniraju na određenoj visini u odnosu na područje koje opskrbljuju kako bi se osigurala dovoljna

potencijalna energija fluida, a sve u svrhu regulacije tlaka unutar vodoopskrbnog područja. U slučajevima kada je elektroenergetska mreža u bez naponskom stanju, tada i pumpe vodoopskrbnog sustava ostaju bez električne energije te su u takvom slučaju vodospreme prepuštene same sebi te jedino o njima ovisi kvaliteta opskrbe vodom. Upravo zbog toga, sistemski je bitno ispravno projektirati vodospreme kako bi mogle odgovoriti na vršna opterećenja i biti pouzdan izvor vode u vremenima kada nije moguće korištenje pumpi [14].



**Slika 4. Izolacija visinskih zona pomoću vodospremi [14]**

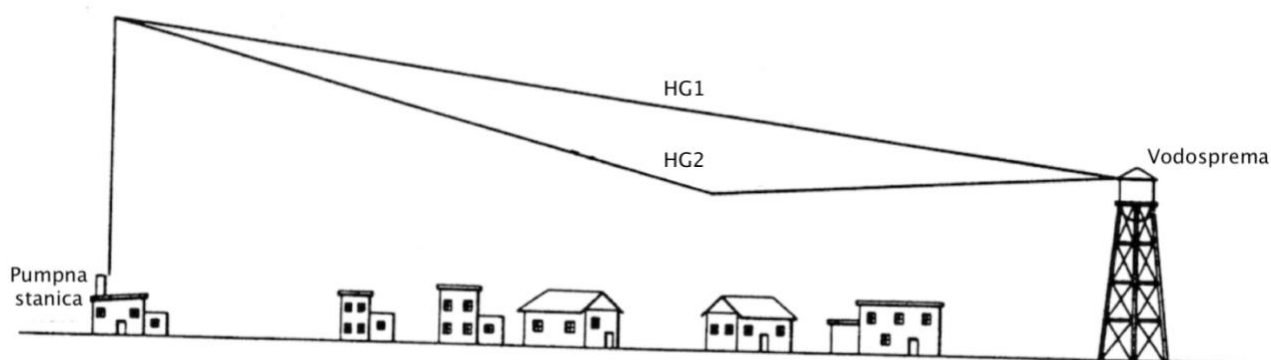
Slika 4. pokazuje funkciju vodospreme kod izolacije različitih visinskih zona. Naime, jedan od glavnih ciljeva unutar vodovodnih mreža je održavanje tlakova u intervalu dopuštenih vrijednosti. Prisustvo relativno visokih tlakova u cjevovodima s vremenom vodi prema ubrzanoj degradaciji cjevovoda te isto tako, prema većim gubicima kroz već postojeće pukotine na cjevovodima. Upravo izolacija različitih visinskih zona pomoću vodospremi eliminira rizik od visokih tlakova i poboljšava eksploatacijske uvjete cjevovoda.

Pumpne stanice i vodospreme zajedno su odgovorne za održavanje ravnoteže između ponude i potražnje vode te shodno tome, potrebno je sustav planirati uzimajući u obzir odgovarajuće snage (pumpe) i dimenzije (spremnik) kod planiranja vodovodnih sustava.

Postoji nekoliko načina kako transportirati vodu do krajnjeg korisnika [20]:

- 1.) Gravitacijska distribucija vode – distribucija vode isključivo gravitacijskim cjevovodima moguća je u kombinaciji sa izvorom vode koji se nalazi na određenoj nadmorskoj visini u odnosu na distribucijsko područje. Upravo razlika u geodetskoj visini između korisničkih priključaka i geodetske visine spremnika omogućava prirodno strujanje vode iz spremnika prema krajnjim korisnicima.
- 2.) Distribucija pomoću pumpi i spremnika – ovaj način distribucije vode je i najčešći. Za transport vode do krajnjeg korisnika koristi se kombinacija pumpi i vodosprema. Kod ovakvog pristupa u distribuciji vode, pumpe rade pod relativno konstantnim opterećenjem, odnosno, za vrijeme niske potrošnje (noću) pumpe opskrbljuju krajnje korisnike, ali dominantno transportiraju vode u vodospreme kako bi sustav bio u stanju odgovoriti na vršna opterećenja tijekom dana. Tijekom dana, pumpe rade pod istim opterećenjem, te samo njihov udio u dobavi nije dostatan za kompletnu vodoopskrbu, nego se koristi i voda iz spremnika koji su napunjeni tijekom noći. Ovakva metoda vodoopskrbe omogućava relativno uniformnu razinu pumpanja vode kroz vrijeme što osigurava efikasan režim rada za pumpe gdje one rade uvijek u povoljnoj radnoj točki.
- 3.) Distribucija isključivo pomoću pumpi – u ovakvom načinu distribucije vode, pumpe su jedina komponenta odgovorna za održavanje odgovarajućeg tlaka unutar cjevovoda. Također može se reći da je ovo i najnepovoljniji sustav sa stajališta održavanja ravnoteže između opskrbe i potrošnje upravo zbog mogućih fluktuacija tlaka unutar cjevovoda, ali i isto tako zbog nepouzdanosti same dobave zbog oslanjanja isključivo na pumpe. Također, postoji tendencija da ovakvo vođenje distribucijskog sustava povlači za sobom i najveće troškove zato što se vršna potražnja za vodom otprilike poklapa sa vršnom potražnjom električne energije, a to ujedno znači i najvišu cijenu električne energije za pogon pumpi tijekom vršnih opterećenja distribucijskog sustava.

Kao što je već spomenuto, najčešća kombinacija komponenti koja se koristi u vodovodnim distribucijskim sustavima je kombinacija pumpi i vodospremi.



**Slika 5. Hidraulička gradijentna linija vodovodnog distribucijskog sustava[20]**

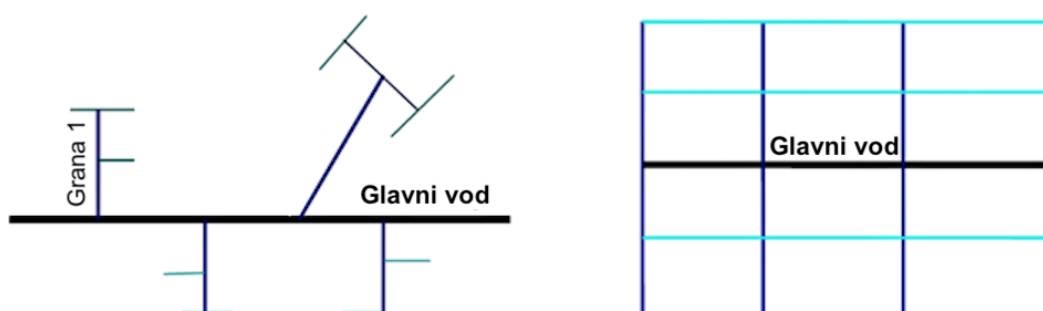
Slika 5. prikazuje najpovoljniji raspored pumpe i vodospreme u prostoru i utjecaj rasporeda na hidrauličku gradijentnu liniju, odnosno na distribuciju tlaka unutar cjevovoda. Linija HG1 prikazuje hidrauličku gradijentnu liniju za vrijeme noćnog profila potrošnje, odnosno za vrijeme kada se vodosprema puni. Linija HG2 prikazuje hidrauličku gradijentnu liniju za vrijeme vršnih opterećenja. Prednost ovakvog rasporeda pumpe i vodospreme vidi se iz dijela skice koji upućuje na visinu tlaka tijekom vršnih opterećenja - s jedne strane pumpa dobavlja vodu prema naseljenim područjima, dok s druge strane vodosprema „pomaže“ i održava zadovoljavajući tlak u sustavu i osigurava kvalitetu opskrbe vodom.

### **3.3. Postrojenja za kondicioniranje, obradu ili poboljšanje kakvoće vode**

Voda preuzeta s izvora u svrhu distribucije prema krajnjem korisniku nikada nije posve čista te u većini slučajeva treba proći dodatni postupak obrade i kondicioniranja. Da bi bili u poziciji utvrditi prisustvo pojedinih supstanci u crpljenoj vodi, potrebno je provesti analize nad uzorcima vode te ih na kraju usporediti sa jasno definiranim standardima vode namijenjene za piće. Nakon analize i utvrđivanja stanja uzoraka vode, definiraju se postupci koji će vodu s izvora obraditi i poboljšati, a sve u svrhu dovođenja izvorske vode u jasno propisane intervale dopuštenih koncentracija raznih čestica. Obrada vode je proces kojim se mijenjaju fizički, kemijski i mikrobiološki parametri vode do zadovoljenja zakonom propisanih parametara za kakvoću pitke vode. Postrojenja za kondicioniranje, obradu ili poboljšanje kakvoće vode su komponenta vodoopskrbnih sustava koja sadrži potrebnu procesnu opremu radi obrade ili kondicioniranja vode do propisane razine kakvoće [14].

### 3.4. Vodoopskrbne mreže

Vodoopskrbne mreže zauzimaju najveći infrastrukturni udio u vodoopskrbnim sustavima. Radi se o kompleksnim sustavima koji se prostiru preko iznimno velikih površina što veže za sobom problem i kompleksnost praćenja stanja te iste infrastrukture u svakoj točki vremena. Vodoopskrbna mreža, uz same cjevovode koji služe za transport vode do krajnjeg korisnika, sadrži i široki spektar potporne infrastrukture koja osigurava pouzdan i siguran rad cjelokupne vodoopskrbne mreže.



**Slika 6. Razgranati (lijevo) i mrežni (desno) distribucijski sustav [21]**

Tipove distribucijskih sustava možemo ugrubo podijeliti na razgranate i mrežne, kako pokazuje slika 6. Što se tiče razgranatih distribucijskih sustava, oni se mogu zamisliti kao razgranato stablo drveta u kojem postoji glavni prijenosni cjevovod na kojeg se potom nastavljaju manji cjevovodi čija je funkcija dostaviti vodu na različitim lokacijama i doseći krajnjeg korisnika. Razgranate distribucijske sustave je relativno jednostavno dizajnirati i implementirati, njihovi troškovi održavanja su relativno niski te isto tako nadograđivanje samog distribucijskog sustava i spajanje novih korisnika je relativno jednostavno. S druge strane, razgranati distribucijski sustav pruža nešto lošiji raspored tlaka unutar cjevovoda te se upravo zbog toga on može naći još samo u distribucijskim sustavima starih gradova i u općenito starim distribucijskim sustavima [22].

Mrežni distribucijski sustavi se ističu svojom puno boljom međusobnom povezanošću, gdje u odnosu na razgranate distribucijske sustave ne postoji zadržavanje vode u pojedinim dijelovima cjevovoda te se omogućava konstantno ispiranje cjevovoda što je za održavanje kvalitete vode ključno. Ovakvi tipovi distribucijskih sustava pružaju relativno povoljan raspored tlakova u cjevovodima te isto tako, tijekom popravaka i održavanja cjevovoda, omogućavaju izolaciju područja na kojem se odvijaju popravci, i posljedično, izolaciju područja koje ostaje bez

vodoopskrbe. Inicijalni investicijski troškovi implementacije su nešto viši te praćenje i revizija stanja cjevovoda u ovakvim distribucijskim sustavima je puno kompliciranija, no usprkos tome, mrežni tip se i dalje koristi u većini velikih gradova upravo zbog svoje pouzdanosti i učinkovitosti tijekom eksploatacije [22].

Potreban tlak u cjevovodima određen je nizom čimbenika, npr. visinom zgrada ili protupožarnim zahtjevima (brojem hidranata), dok za učinkovito djelovanje on mora iznositi više od 2,5 bara [14]. S druge strane, broj kvarova unutar vodovodne infrastrukture proporcionalno raste s povećanjem tlaka. Upravo zbog toga, previsoki tlakovi se moraju izbjegavati te je na osnovu toga preporučena visina radnog tlaka 6 bara [14]. Kao što je već spomenuto, vodospreme također igraju ulogu pri regulaciji tlaka te one izoliraju pojedine visinske zone unutar vodoopskrbnog područja.

### 3.5. Održavanje vodovodne infrastrukture

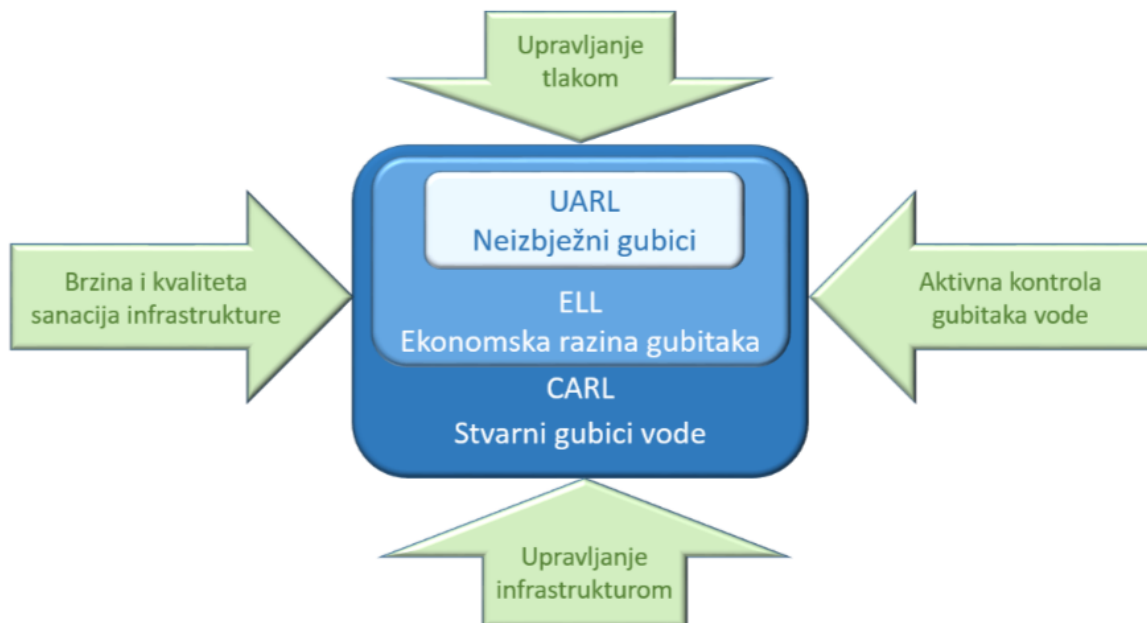
Kao što je već par puta spomenuto, održavanje vodovodne infrastrukture je glavna okupacija vodoopskrbnih tvrtki. Konstantna revizija stanja cjevovoda zahtijeva široki spektar dodatne opreme i sve više tehničkog znanja, a sve u svrhu jasne definicije stanja cjevovoda i kreiranja jasnog plana održavanja. Pomoću [23], može se jasnije dočarati kako vodoopskrbne tvrtke gledaju na problem gubitaka vode unutar cjevovoda, i posljedično, na aktivnosti održavanja istih:

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \quad (2)$$

Gornja jednadžba govori nešto više o gubicima unutar cjevovoda, gdje član ILI označava infrastrukturni pokazatelj curenja (engl. *Infrastructure Leakage Indicator*), član CARL govori o stvarnim godišnjim gubicima vode (engl. *Current Annual Real Losses*) te član UARL govori o neizbježnim godišnjim gubicima vode (engl. *Unavoidable Annual Real Losses*). Prema jednadžbi, daje se iščitati da unutar vodoopskrbne infrastrukture postoji, s jedne strane, prisustvo neizbježnih gubitaka vode, te s druge, stvarni godišnji gubici koji uključuju sve gubitke unutar cjevovoda na godišnjoj razini. Rezultat ILI govori zapravo koliko su puta stvarni gubici vode veći od neizbježnih, što može dati jasnu sliku o učinkovitosti vodovodne infrastrukture.



Upravo između te dvije veličine (CARL i UARL) postoji „zlatna sredina“, odnosno točka ekonomske razine gubitaka (engl. *Economic Level of Losses*).



**Slika 7. Strategija kontrole gubitaka vode [14]**

Prema slici 7., postoji određena razina gubitaka čija će sanacija donositi uštede i pozitivni povrat na uloženi kapital. Samim time, vodoopskrbne tvrtke će upravo težiti toj razini gubitaka gdje će njihova efikasnost biti maksimizirana. Daljnje smanjivanje gubitaka (ispod ekonomske razine) značilo bi neefikasno trošenje raspoloživih sredstava i nepovoljan povrat na uloženi kapital, odnosno drugim riječima, saniranje pojedinih gubitaka unutar vodoopskrbne mreže biti će preskupo te je jeftinija opcija ne ići u dodatne popravke cjevovoda.

U isto vrijeme, treba spomenuti da su u tom kontekstu neizbježni godišnji gubitci vode (*UARL*), gubitci koji bi bili prisutni i kada ne bi postojala nikakva ekonomska i financijska ograničenja. Drugim riječima, takvu kategoriju vodnih gubitaka je vrlo teško detektirati, što je zapravo i razlog zašto se takva oštećenja na vodovodnoj infrastrukturi ne popravljaju. Također, ako se oštećenje i detektira kroz neko vrijeme, ono će i u tom slučaju proizvesti neku neizbježnu razinu gubitaka zato što je nemoguće popraviti oštećenje točno u onom trenutku kada se ono dogodi. Često puta prođe puno vremena samo kako bi se otkrila pojedina oštećenja koja uzrokuju gubitke i upravo bi ovdje tehnologija, spomenuta u poglavlju 2.2., koja je u stanju konstantno u vremenu oslikavati stanje vodovodne infrastrukture bila od velike vrijednosti [24].

## 4. ZAKONODAVNI OKVIR

Kada govorimo o zakonodavnom okviru unutar kojeg se odvija poslovanje vodovodnih tvrtki, najbitnije je spomenuti „Uredbu o mjerilima ekonomičnog poslovanja isporučitelja vodovodnih usluga“ [13]. Taj dokument postavlja jasna mjerila koja su ključna kod ocjenjivanja poslovanja vodovodnih tvrtki te poboljšavanje upravo tih indikatora neizbježno će značiti i učinkovitije poslovanje pojedine vodoopskrbne tvrtke.

### Propisana mjerila ekonomičnog poslovanja isporučitelja vodovodnih usluga, prema [13]:

#### 1. Stupanj pokrivenosti vodnim uslugama:

- 1.1. Javna vodoopskrba (%), broj nekretnina priključenih na sustav javne vodoopskrbe / ukupan broj objekata (nekretnina).
- 1.2. Javna odvodnja (%), broj nekretnina priključenih na sustav javne odvodnje / ukupan broj objekata (nekretnina).

#### 2. Količina isporučenih vodnih usluga:

- 2.1. Količina proizvedene (crpljene) vode u m<sup>3</sup> (u danima, mjesecima, godini) na vodoopskrbnom / uslužnom području u odnosu na ukupan broj stanovnika.
- 2.2. Količina isporučene vode u m<sup>3</sup> u odnosu na ukupan broj stanovnika i broj priključaka (po kategorijama potrošača).
- 2.3. Količina zbrinute otpadne vode (i ispuštene pročišćene i ispuštene ne pročišćene) u m<sup>3</sup> u (danima, mjesecima, godini) na uslužnom području u odnosu na ukupan broj stanovnika i broj priključaka.

#### 3. Količina fakturirane usluge javne vodoopskrbe:

- 3.1. Nefakturirana usluga javne vodoopskrbe (%) = (isporučena ukupna količina vode – količina fakturirane usluge javne vodoopskrbe (vode)) / isporučena ukupna količina vode
- 3.2. Gubici vode (m<sup>3</sup> nefakturirane vode / km mreže / danu i/ili broju priključaka)

#### 4. Kvaliteta vodnih usluga:

- 4.1. Lomovi/puknuća / km mreže (odvojeno za lomove i puknuća)
- 4.2. Broj sati prekida isporuke usluge javne vodoopskrbe / ukupan broj sati isporuke usluge javne vodoopskrbe tijekom godine (ili u 1 danu)
- 4.3. Broj nesukladnih uzoraka vode / otpadne vode u odnosu na broj ukupnih uzoraka
- 4.4. Isti pokazatelj od ovlaštenog laboratorija neovisnog o isporučitelju vodne usluge

4.5. Broj riješenih prigovora na kvalitetu vodnih usluga u roku 15 dana (ili broj prigovora u odnosu na broj priključaka / broj zaprimljenih prigovora)

## 5. Troškovi

5.1. Troškovi usluga javne vodoopskrbe i javne odvodnje / ukupni poslovanja i to:

- a) Troškovi usluga javne vodoopskrbe / ukupni troškovi poslovanja / ukupno isporučena količina vode;
- b) Troškovi usluga javne vodoopskrbe / ukupni troškovi poslovanja / ukupno zahvaćena količina vode
- c) Troškovi usluge javne odvodnje / ukupni troškovi poslovanja / ukupna količina zbrinute otpadne vode (ispuštene pročišćene i ispuštene nepročišćene)

5.2. Troškovi usluge javne odvodnje / broj stanovnika koji imaju priključak na javnu odvodnju

5.3. Ukupni broj radnika u odnosu na broj priključaka (javna vodoopskrba + javna odvodnja) i odvojeno

5.4. Ukupni troškovi radnika / broj priključaka (javna vodoopskrba + javna odvodnja) i odvojeno

5.5. Broj radnika javne vodoopskrbe / ukupni broj radnika

5.6. Broj radnika javne odvodnje / ukupni broj radnika

5.7. Troškovi

- a) Ukupni troškovi radne snage / ukupni troškovi poslovanja
- b) Troškovi električne energije / ukupni troškovi poslovanja
- c) Troškovi amortizacije / ukupni troškovi poslovanja
- d) Ostali materijalni troškovi / ukupni troškovi poslovanja

5.8. Stupanj pokrivenosti troškova vodnih usluga (prihod redovne djelatnosti / ukupni troškovi redovne djelatnosti)

## 6. Zaduženost i kapital:

6.1. Stupanj zaduženosti

6.2. Kapital društva / broju stanovnika na uslužnom području

Uz zakonski određena mjerila ekonomičnog poslovanja, prema [14] predloženi su, između ostalih, novi ključni pokazatelji uspješnosti poslovanja povezanih sa smanjenjem gubitaka energije:

**7. Smjernice za smanjenje gubitaka energije:**

- a) Utrošak električne energije prema prihodovanoj vodi  $Q_{RW}$  [kWh/m<sup>3</sup>]
- b) Utrošak električne energije prema zahvaćenoj vodi  $Q$  [kWh/m<sup>3</sup>]
- c) Utrošak električne energije na 1000 priključaka [kWh/1000<sub>wsc</sub>]
- d) Utrošak električne energije po kilometru vodoopskrbne mreže [kWh/km]
- e) Udio električne energije iz vlastitih obnovljivih izvora u ukupno utrošenoj električnoj energiji [%]

Utjecajem na ključne pokazatelje poslovanja vodovodnih tvrtki prikazane kroz [13] i [14], ovim diplomskim radom, nastoji se ukazati na mogućnost snižavanja troškova za električnu energiju korištenjem obnovljivih izvora energije, korištenjem spremnika energije i predlaganjem naprednih mjera upravljanja potrošnjom.

## 5. VODOOPSKRBA CRES – LOŠINJ

Vodoopskrbnim sustavom otoka Cresa i Lošinja upravlja društvo Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o. koje je u vlasništvu gradova Cresa i Malog Lošinja [2]. Glavni i jedini izvor vode, ujedno i ishodište vodoopskrbnog sustava na otocima Cres i Mali Lošinj, je Vransko jezero koje se identificira kao izvor izuzetno čiste i kvalitetne vode koja zahtijeva minimalno dodatno kondicioniranje prije isporuke krajnjem korisniku.

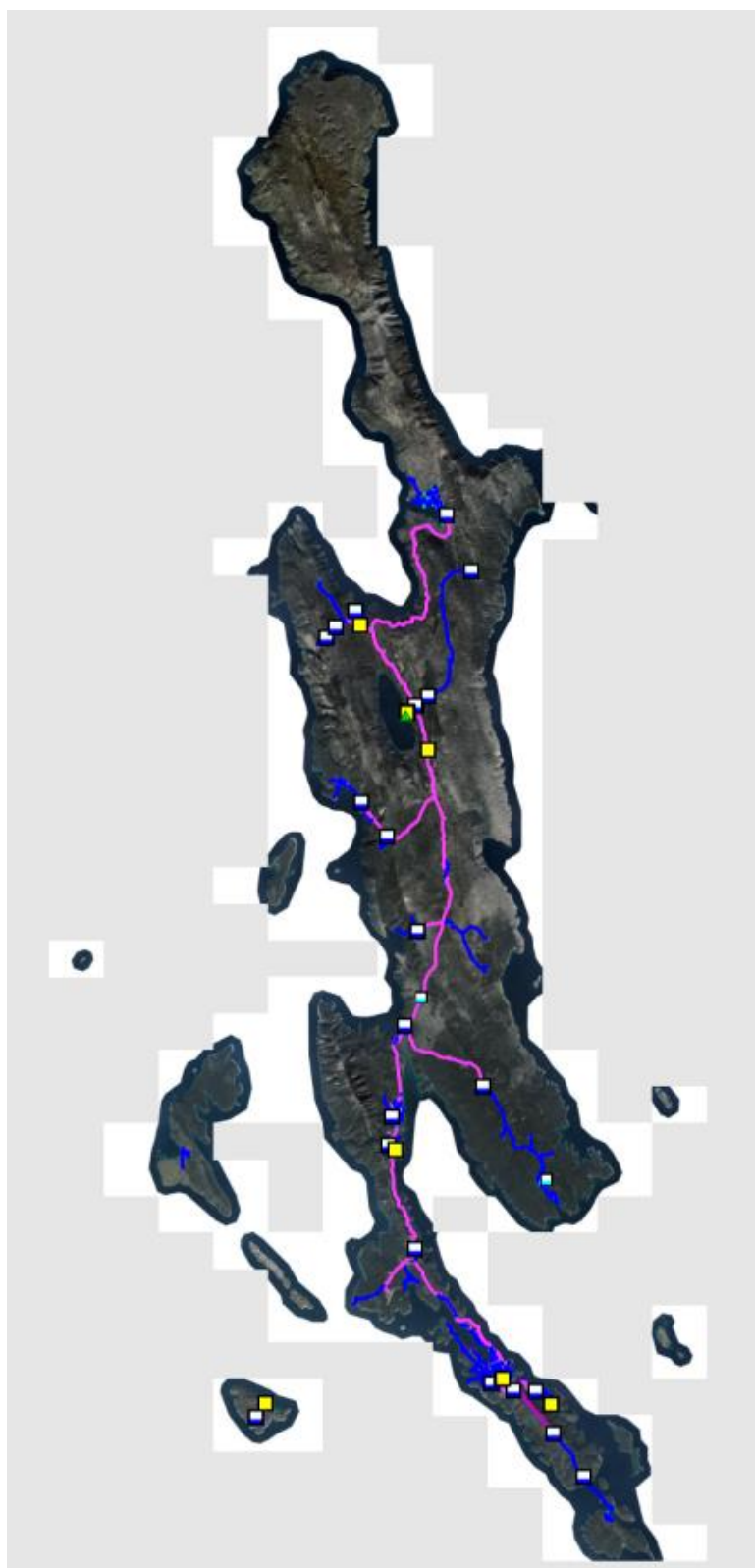


**Slika 8. Vransko jezero [16]**

Vransko jezero je kriptodepresija čija je maksimalna dubina oko 75 metara sa značajnom površinom od 5,75 km<sup>2</sup> i ukupnim volumenom vode od oko 220 milijuna m<sup>3</sup>. Za usporedbu, godišnje se iz jezera iscrpi oko 2 milijuna m<sup>3</sup> vode [16].

Što se tiče same hidrološke dinamike Vranskog jezera, ona nije posve egzaktno definirana upravo zbog nemogućnosti mjerenja varijabli unutar hidrološke bilance poput podzemnog otjecanja i pritjecanja vode. Drugim riječima, da bi se jasnije definirao utjecaj godišnje iscrpljenih 2 milijuna m<sup>3</sup> vode, potrebno je konstantno pratiti niz mjerljivih varijabli, poput količine oborina, količine crpljene vode iz jezera, količine isparene vode s površine jezera i promjene vodostaja jezera, a sve kako bi se pronašla korelacija, definirao model i utvrdio jasniji utjecaj crpljenja vode iz jezerskog područja. Što se tiče mjerenja i sakupljanja podataka, na jezeru, još od 1928. godine, prate se količine oborina i vodostaj jezera te od 1981. dodatno su započeta mjerenja temperature, vlažnosti zraka, isparavanja sa vodene površine te temperatura površinskog sloja vode. Od 1967. kreće stalna evidencija crpljenih količina vode, te one iznose već spomenutih cca. do 2,5 milijuna m<sup>3</sup>. Upravo sva mjerenja i sakupljanje podataka osiguravaju određenu razinu svijesti o hidrološkim prilikama koje se zbivaju na području Vranskog jezera, a čije je poznavanje sistemski bitno za **kontinuirano održivu eksploataciju vode iz jezera** [17].

U blizini vodocrpilišta na Vranskom jezeru, na nadmorskoj visini od 220 metara nalaze se dvije vodospreme iz kojih se opskrbljuje cijelo cresko-lošinjsko područje putem dva glavna dobavna ogranka (sjeverni prema gradu Cresu i južni prema Malom Lošinju) [18].



**Slika 9. Prikaz vodoopskrbnog sustava Cres-Lošinj [19]**

Na slici 9., zelenim trokutom označen je zahvat vode na Vranskom jezeru, dok su ružičastom bojom označeni magistralni cjevovodi vode, plavom bojom označeni su distribucijski dijelovi mreže, plavo-bijeli simboli označavaju vodospreme, a žutom bojom označene su crpne stanice. Cjelokupni vodoopskrbni sustav obuhvaća oko 80 km transportnih cjevovoda, oko 130 km distribucijske mreže, 7 crpnih stanica te 24 vodospreme ukupnog volumena 16500 m<sup>3</sup> [17]. Dnevna količina crpljene vode može se kretati od 4000 m<sup>3</sup> pa sve do 13000 m<sup>3</sup> u ljetnim mjesecima za vrijeme turističke sezone. Od ukupne količine crpljene vode, samo 70% stigne do krajnjih korisnika, a 30% je izgubljeno u procesu transporta zbog konstantne degradacije vodovodne infrastrukture. Postotak stanovništva koji je priključen na sustav vodoopskrbe iznosi 96% te se preostalih 4% stanovništva, koje se nalazi na sjevernom dijelu otoka Cresa, opskrbljuje vodom koja se dovozi cisternama [18].

### 5.1. Metoda diskontiranih novčanih tokova

Metoda diskontiranih novčanih tokova je vrlo prigodna i korisna metoda ako se želi ocijeniti isplativost pojedinog projekta kojeg tvrtka planira provesti. Bilo kojoj tvrtki je posve jasno da ako želi osiguravati kontinuirani rast i povrat na uloženi kapital, mora biti u stanju također osigurati i privući određenu razinu investicijskog kapitala koji će upravo biti gorivo za taj toliko traženi rast i razvitak. Tvrtka može pronaći investicijski kapital npr. na financijskim tržištima - emisijom raznih financijskih instrumenata ili jednostavno posuđivanjem od banaka. Financijska tržišta i banke će uvijek tražiti svoj očekivani povrat na uloženi kapital. Povrat koji očekuju označava **oportunitetni trošak** njihovog kapitala, odnosno, iznos povrata kojeg propuštaju zaraditi kako bi financirali predloženi projekt tvrtke. Drugim riječima, investicijski kapital na „tržištu projekata“ će uvijek tražiti najbolji projekt u svrhu maksimizacije kapitala u posjedu. Tvrtka koja provodi projekt i želi privući investicijski kapital, mora na tržištu biti u stanju privući povjerenje raznih dioničara (engl. *stakeholder*). Drugim riječima, tvrtka koja planira projekt uvijek će biti u direktnoj konkurenciji s tvrtkama koje provode slične projekte, odnosno, s tvrtkama koje se bave djelatnostima koje uključuju slične rizike.

Pred dionike projekta (engl. *stakeholder*) i njihov kapital postavlja se sljedeći izbor:

- 1.) Investirati u projekt tvrtke sa upitnom stopom povrata na uloženi kapital
- 2.) Investirati u dionice drugog projekta na financijskom tržištu gdje je očekivani povrat na kapital npr. 10%

U ovom slučaju, kako bi tvrtka usporedila ove dvije investicije, i u konačnici ocijenila financijske performanse vlastitog projekta, potrebno je kreirati financijski model pomoću

metode diskontnih novčanih tokova. Srž ovakvog financijskog modela, ujedno i najkompleksniji i najteži za predvidjeti, je predviđanje novčanih tokova (ulaznih i izlaznih) koji će se događati tijekom vijeka trajanja projekta. Nakon određivanja novčanih tokova, dobit ćemo neto novčane tokove, odnosno zbroj ulaznih i izlaznih novčanih tokova te se na taj način dobiva slobodni novčani tok, odnosno novčani tok koji preostaje tvrtki i ostalim dioničarima projekta. Upravo gore navedenih 10% koje dioničari projekta propuštaju zaraditi na financijskom tržištu predstavlja **diskontnu stopu tvrtke** kojom diskontiraju slobodne novčane tokove koji će se događati tijekom vijeka trajanja projekta. Diskontiranje novčanih tokova nije ništa drugo nego raspodjela slobodnog novčanog toka prema dioničarima u onoj mjeri u kojoj su očekivali da njihova investicija raste iz godine u godinu. Nakon što su svi novčani tokovi diskontirani, oni se zbrajaju (neto sadašnja vrijednost - NPV) te ako je njihova suma pozitivna, to znači da je projekt isplatio sve svoje dioničare ono što su očekivali, i dodatno, ukazuje na stvorenu vrijednost koja preostaje tvrtki koja je provela projekt na raspolaganju. U navedenom primjeru, gdje je financijski model htio usporediti dva projekta (projekt tvrtke i konkurentske projekte ponuđene na financijskom tržištu), vrijednost NPV-a bi bila direktan indikator performansi planiranog projekta u usporedbi sa sljedećom najpoželjnijom investicijom – investicija koja daje povrat od 10%. Još jednom - ako bi nakon diskontiranja novčanih tokova (za 10%) suma novčanih tokova i dalje bila pozitivna, to bi značilo da je projekt izjednačio ono što bi zaradio „sljedeći najbolji“ projekt dostupan na financijskom tržištu, ali i pružao dodatnu vrijednost u obliku pozitivne NPV vrijednosti. Na kraju, zaključuje se da je stopa povrata na uloženi kapital projekta **veća** od stope povrata koju pruža financijsko tržište (10%).

Kod financiranja stvarnih projekata, kao što je već navedeno, izvori financiranja mogu doći iz različitih izvora gdje svaki investitor traži svoju stopu povrata na uloženi kapital. U tom slučaju, definira se **ponderirani prosječni trošak kapitala ili osrednjena diskontna stopa** (engl. *Weighted Average Cost of Capital*) – WACC kojom se potom diskontiraju svi budući novčani tokovi:

$$WACC = \left( \frac{UdioVlasničkiKapital}{UkupnoProjekt} \right) \cdot r_{vk} + \left( \frac{UdioBanka}{UkupnoProjekt} \right) \cdot r_b \cdot (1 - PKD) \quad (3)$$

Gornja jednadžba pretpostavlja dva izvora financiranja planiranog projekta – financiranje od strane vlasničkog kapitala (engl. *equity*) i financiranje bankovnim zaduženjem. Takva kombinacija financiranja korporativnih projekata je i najčešća. Jednadžba jednostavno računa osrednjenu stopu povrata koju očekuju dionici i banka. Dodatno, kod člana povezanog sa bankovnim zajmom, dodatno se javlja član povezan sa porezom na kapitalnu dobit, (1-PKD),



---

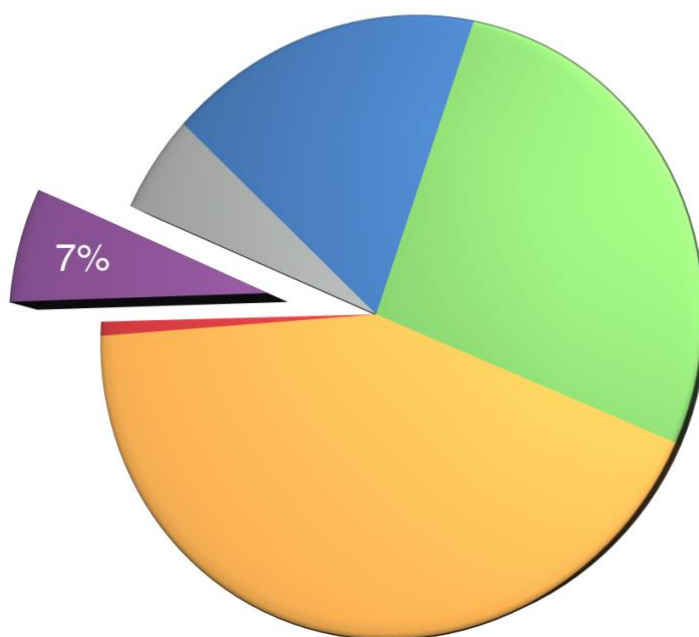
koji uzima u obzir porezni štít kojeg stvara bankovni zajam (kamata snižava poreznu osnovicu).

Drugim riječima, veći porez na kapitalnu dobit značit će i manju osrednjenu diskontnu stopu.

U konačnici, rast i povrat na uloženi kapital događaju se isključivo zato što tvrtka kod akvizicije potrebne imovine s kojom planira provoditi projekt vidi veću vrijednost od one koju su morali platiti da bi stekli tu imovinu. Drugim riječima, tvrtke kreiraju dodanu vrijednost na svojim tržištima za koju su krajnji korisnici spremni platiti. U svakom slučaju, da bi bilo koja tvrtka bila u poziciji kreirati novu vrijednost za svoje krajnje korisnike, potrebna joj je, u ovoj ili u onoj mjeri, određena razina investicijskog kapitala koja pokreće te projekte.

## 6. SCENARIJI

Kao što je već spomenuto u samom uvodu, cilj ovog diplomskog rada je ukazati na mogućnosti stvaranja ušteda unutar poslovanja vodoopskrbnih tvrtki. Konkretno, u ovom radu bit će predložene mjere koje su usko povezane sa energetske aspektom poslovanja vodoopskrbi. Više puta su spomenute „efikasnosti“ za kojom su vodoopskrbe u konstantnoj potrazi u smislu stvaranja okruženja sa čim manje gubitaka. Jedan od značajnih ulaznih resursa koji omogućuju vodoopskrbama stvaranje nove vrijednosti je upravo električna energija. Električna energija je ključan resurs za pogon pumpi koje uspostavljaju polje gradijenta tlaka unutar prostora cjevovoda, što je zapravo osnova za transport vode od točke A do točke B.



Slika 10. Udio troška električne energije u ukupnim troškovima [25]

Prema slici 10; vidljivo je da električna energija sudjeluje sa 7% u ukupnim troškovima poslovanja vodoopskrbne tvrtke (sektor vodoopskrbe i odvodnje zajedno). Unutar ovog diplomskog rada, pokušat će se smanjiti ukupni troškovi poslovanja utjecajem upravo na udio troškova koje stvara potrošnja električne energije. Konkretno, ukupni troškovi poslovanja za 2019. godinu iznose 33 556 900 kn, dok su troškovi za električnu energiju u toj godini iznosili

2 110 000 kn [25], što je oko već spomenutih 7%. Zanimljiva činjenica je da od cjelokupnih troškova za električnu energiju (2 110 000 kn), čak 76% (1 610 000 kn) troškova stvara se upravo na vodocrpilištu, odnosno na lokaciji Vranskog jezera. Daje se zaključiti da upravo lokacija vodocrpilišta na Vranskom jezeru sadrži najveći potencijal za snižavanje troškova električne energije, no uz samo vodocrpilište, predložit će se energetske projekti i za ostale lokacije unutar vodoopskrbe koji također doprinose ukupnom trošku električne energije. Također, što se tiče sektora odvodnje, ispitat će se dva postrojenja koja u značajnijoj mjeri utječu na trošak električne energije, te isto tako, prikazat će se mogućnosti sniženja troškova za te dvije lokacije.

Iako vodocrpilište na Vranskom jezeru doprinosi trošku u najvećoj mjeri, strateški je od velikog značaja proučiti opcije manjih projekata koji su u stanju kontinuiranom akumulacijom ušteda stvoriti izvrsne buduće okolnosti za projekte najvećih potencijala kao onaj na vodocrpilištu. Upravo tim slijedom, u prvom scenariju dat će se pregled solarnog potencijala za sve lokacije unutar vodoopskrbe i dvije lokacije unutar sektora odvodnje, a tek onda će se ispitati maksimalni potencijal velikih projekata na vodocrpilištu.

### **6.1. Scenarij 1 – Integracija obnovljivih izvora energije u postrojenja, zgrade i druge objekte te na zemljište u vlasništvu trgovačkog društva**

U prvom scenariju predstaviti će se plan smanjenja troškova koji je moguće ostvariti implementacijom solarnih elektrana na zemljišta u vlasništvu ili u koncesiji tvrtke Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o. Konkretno, instalacijom solarne elektrane na različitim mjestima potrošnje u posjedu vodoopskrbe i odvodnje, otvorila bi se mogućnost proizvodnje vlastite energije koju je mreža spremna preuzimati pod posebnim uvjetima. Bitan uvjet kojeg opskrbljivač električne postavlja za krajnjeg korisnika (a sada i proizvođača energije) je obaveza projektiranja vlastitog postrojenja u skladu sa vlastitim potrebama. To bi značilo da na kraju jednog perioda (najčešće na godišnjoj razini), zbroj naknada za električnu energiju koje opskrbljivač potražuje od krajnjeg potrošača ne može biti negativna. Takav odnos opskrbljivača i krajnjeg korisnika definiran je jasno u Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji [26]. Ono što je bitno za ovaj scenarij je predložiti projekte onih solarnih elektrana koji će zadovoljiti taj uvjet i pokrivati strogo vlastite potrebe za električnom energijom. Kako bi se predložili prigodni kapaciteti projekata, od Vodoopskrbe i odvodnje Cres Lošinj, zatraženi su podaci o potrošnji električne energije za 2019. godinu. Na temelju tih podataka, jednostavno je rekonstruirati ekonomske uvjete koji bi bili prisutni kroz cijelu 2019.

godinu u smislu izmjene električne energije s mrežom, a sve u svrhu određivanja ušteda koje bi ti projekti mogli ostvariti.

Opskrbljivač električnom energijom nastoji utjecati na obrazac potrošnje krajnjih korisnika (pa tako i vodoopskrbe i odvodnje) postavljajući cijene kroz dvije dnevne tarife, od kojih je viša (dnevna) tarifa skuplja, dok je niža (noćna) tarifa jeftinija tarifa električne energije. Solarne elektrane, zbog svoje prirode, svu energiju proizvodit će za vrijeme više (dnevne) tarife, što je svakako jedna od prednosti kod sudjelovanja na takvom reguliranom tržištu električne energije upravo u vremenima kada je električna energije više cijenjena u elektroenergetskom sustavu.

Prema ustupljenim podacima, izračunate su uštede koje bi se dogodile u 2019. godini da je solarna elektrana bila instalirana na predviđenim lokacijama unutar vodoopskrbe i odvodnje. Time su određene uštede za prvu godinu projekta, a nakon toga, potrebno je **pretpostaviti** veličinu ušteda za svaku od sljedećih 29 godina projekta. Glavna pretpostavka kod određivanja iznosa godišnjih ušteda je cijena električne energije za sljedećih 29 godina. To je naravno vrlo teško pretpostaviti te je kao pretpostavka uzeta konstantna cijena električne energije do 2030. godine, a od tada 1%-tno godišnje povećanje do kraja vijeka trajanja projekta. S druge strane, pretpostavka Sunčevog ozračenja Zemljine plohe je solidna pretpostavka, jer se može pretpostaviti da će pozicija Zemljine kugle u odnosu na Sunce uvijek biti ista kroz sljedećih 30 godina. Također, predviđena je degradacija efikasnosti solarnih panela intenziteta 0,7%/god. Na temelju tih pretpostavki, kreiran je financijski model koji s prihodovne strane sadrži uštede na električnoj energiji, dok na rashodovnoj ima troškove investicije i održavanja solarne elektrane. Kako bi se predvidjeli novčani tokovi za vrijeme trajanja projekta, svi budući novčani tokovi diskontirani su osrednjenom diskontnom stopom, koja uključuje udio vlasničkog kapitala vodoopskrbe i odvodnje i udio banke.

Troškovi projekata su sljedeći:

**Tablica 1. Troškovi investicije [27], [28] i [29]**

Specifična investicija (<10 kW) [kn/kW]	9 000
Specifična investicija (10 kW < 20 kW) [kn/kW]	7 500
Specifična investicija (>20 kW) [kn/kW]	6 400
Fiksni godišnji troškovi održavanja [kn/kW]	100
Trošak invertera (zamjena u 15. godini) [kn/W]	1,1

Financijski model, temeljem navedenih troškova, dao je sljedeće rezultate:

**Tablica 2. Snage solarnih elektrana i NPV vrijednosti**

Lokacija projekta	Snaga projekta [kW]	NPV projekta [kn]
Crpna stanica Bučevo	1	4 135
Vodosprema Cres	2	8 270
Vodosprema Lubenice	2,5	10 337
Crpna stanica Grmožaj	3	12 404
Crpna stanica Veli Lošinj	3	12 404
Crpna stanica Kalvarija	6	24 809
Crpna stanica Umpiljak	13	80 769
Vodocrpilište Vransko jezero	40	284 307
UPOV Kimen <sup>*30% EU</sup>	15	124 012
UPOV Kijac <sup>*30% EU</sup>	65	575 507
Ukupno	150,5	1 136 955

Iz Tablice 2. vidljivo je da su projekti solarnih elektrana na navedenim lokacijama u stanju kreirati uštede tijekom 30 godina projekta. Potrebno je spomenuti da je u financijski model, za potrebe financiranja projekta UPOV Kimen i UPOV Kijac, uvršteno 30% udjela sredstava Europske Unije. Sredstva Europske Unije ne zahtijevaju nikakav povrat na uloženi kapital, odnosno radi se o bespovratnim sredstvima koja u financijskom modelu jednostavno snižavaju veličinu početne investicije koju financiraju vodoopskrba i banka. NPV pokazuje vrijednost akumuliranih ušteda tijekom tih 30 godina te kada bi se iskoristio cjelokupan potencijal solarnih projekata unutar vodoopskrbe i odvodnje, prema Tablici 1; iznos mogućih ušteda na električnoj energiji iznosio bi 1 136 955 kn.

### **6.1.1. Projekt solarne elektrane na Vranskom jezeru**

U točki 6.1. prikazano je što vodoopskrbna tvrtka koja djeluje na otocima Cres i Mali Lošinj može napraviti instalacijom solarnih elektrana na građevine i zemljišta postojećih postrojenja. Za sve lokacije osim one na Vranskom jezeru, gdje je lokacija vodocrpilišta, tim načinom ostvareni su ujedno i maksimalni potencijali u smislu instaliranog kapaciteta solarnih elektrana. Jedino za lokaciju vodocrpilišta, koje je već spomenuto kao lokacija koja generira većinu troškova električne energije, nije moguće iskoristiti sav potencijal ušteda solarne elektrane,

jednostavno zato što je površina krova i zemljišta vodocrpne stanice na Vranskom jezeru premala kako bi se instalirao puni mogući kapacitet solarne elektrane na tom mjernom mjestu. U točki 6.1; vrijednost NPV-a računata je za snagu elektrane od 40 kW, jer je to maksimalna snaga solarne elektrane koju je moguće instalirati na krovove i zemljišta koja su u sklopu vodocrpilišta.

U ovoj točki, nastojat će se ukazati na dodatni potencijal ušteda koje lokacija vodocrpilišta može proizvesti. Kako bi to bilo moguće, potrebno je pronaći dovoljno površine za dio solarne elektrane koju nije moguće smjestiti na zemljište vodocrpilišta, a to je moguće jedino **adaptacijom plutajuće solarne** elektrane na Vranskom jezeru koja bi na taj način i dalje funkcionirala u sklopu vodocrpilišta, a opet u blizini mjernog mjesta u dodiru sa distribucijskom mrežom. Prema [26], dodatan kapacitet koji je raspoloživ vodocrpilištu iznosi 460 kW (ne smije prijeći 500 kW za jedno mjerno mjesto), te on u isto vrijeme zadovoljava uvjete samoopskrbe. Što se tiče ulaznih podataka za plutajuću solarnu elektranu, prema [30], ona je investicijski 15% skuplja, ali s druge strane neposredna blizina vode omogućava bolje hlađenje i samim time efikasniji proces proizvodnje električne energije, što podiže efikasnost procesa za 10%.

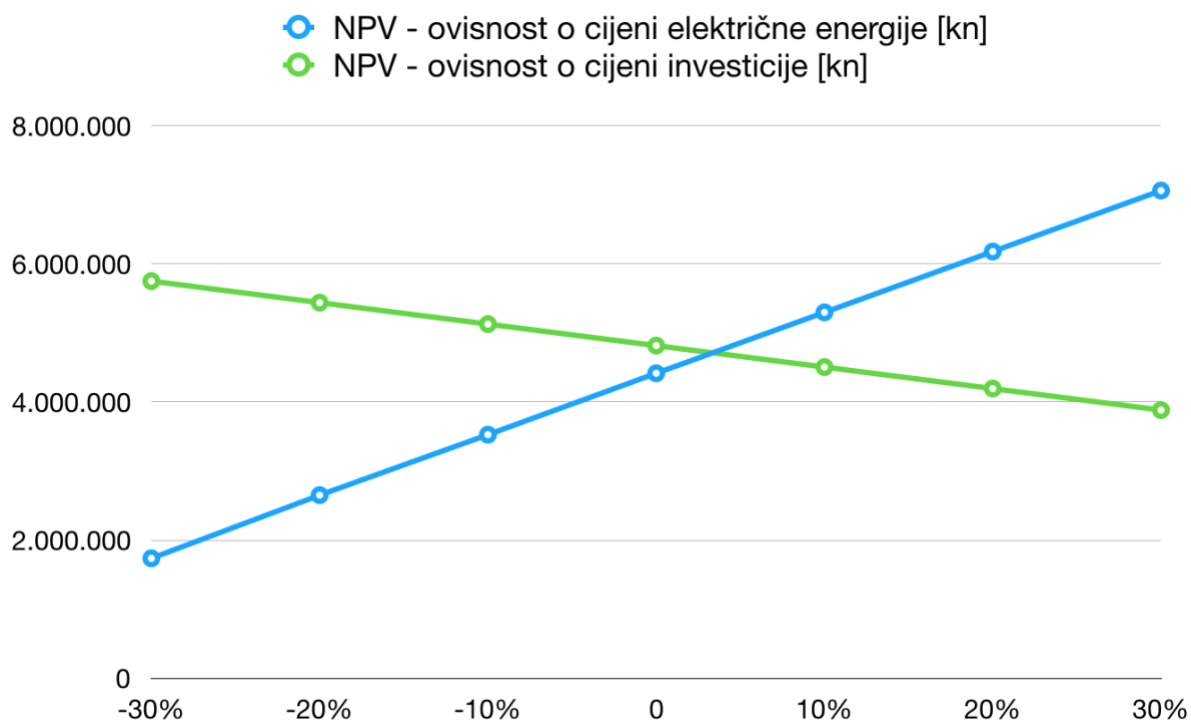
**Tablica 3. Ulazni podaci i ukupni rezultati [30]**

<b>Ulazni podaci</b>		
Specifična investicija >20 kW [kn/kW]	6 975	
Povećanje efikasnosti panela [%]	10	
<b>Rezultati</b>		
	Snaga [kW]	NPV [kn]
Lokacije iz točke 6.1	150,5	1 136 955
Dodatan raspoloživi kapacitet	450	3 678 636
<b>Ukupno</b>	<b>600,5</b>	<b>4 815 591</b>

Prema Tablici 3, utvrđeni su mogući potencijali ušteda koje mogu stvoriti projekti solarnih elektrana na lokacijama tvrtke Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o. Ukupna moguća ušteda kroz 30 godina iznosi 4 815 591 kn, što znači da bi ta tvrtka godišnje u prosjeku uštedila oko 160 000 kn na rashodima za električnu energiju.

### 6.1.2. Analiza osjetljivosti promjene cijene električne energije i cijene investicije

Iz razloga što je u financijskom modelu vrlo teško pretpostaviti cijenu električne energije, analizom osjetljivosti nastoji se dati uvid u NPV vrijednosti svih projekata (uključujući i projekt plutajuće solarne elektrane) za promjenjive vrijednosti cijene električne energije.



Slika 11. Analiza osjetljivosti

### 6.2. Scenarij 2 – Integracija obnovljivih izvora energije i baterijskog spremnika energije u postrojenja, zgrade i druge objekte te na zemljište u vlasništvu trgovačkog društva

U drugom scenariju nastoji se iskoristiti razlika cijena električne energije između dvije dnevne tarife. Baterijski spremnik ima mogućnost intervenirati na tržištu električne energije i skladištiti jeftiniju električnu energiju te ju isporučiti za vrijeme više dnevne tarife te tako na još jedan način sniziti komponentu rashoda povezanu s električnom energijom. Unutar ove točke, ispitat će se mogućnosti implementacije baterijskog spremnika u blizini lokacije vodocrpilišta. Proračun je proveden za litij-ionsku bateriju kapaciteta 3 MWh, koja bi se punila jeftinijom električnom energijom za vrijeme niže noćne tarife i praznila za vrijeme skuplje dnevne tarife. Iz podataka za 2019. godinu, vodocrpilište je tijekom više tarife potrošilo 1075 MWh, a tijekom niže tarife 1340 MWh električne energije. Implementacijom litij-ionske baterije kapaciteta 3

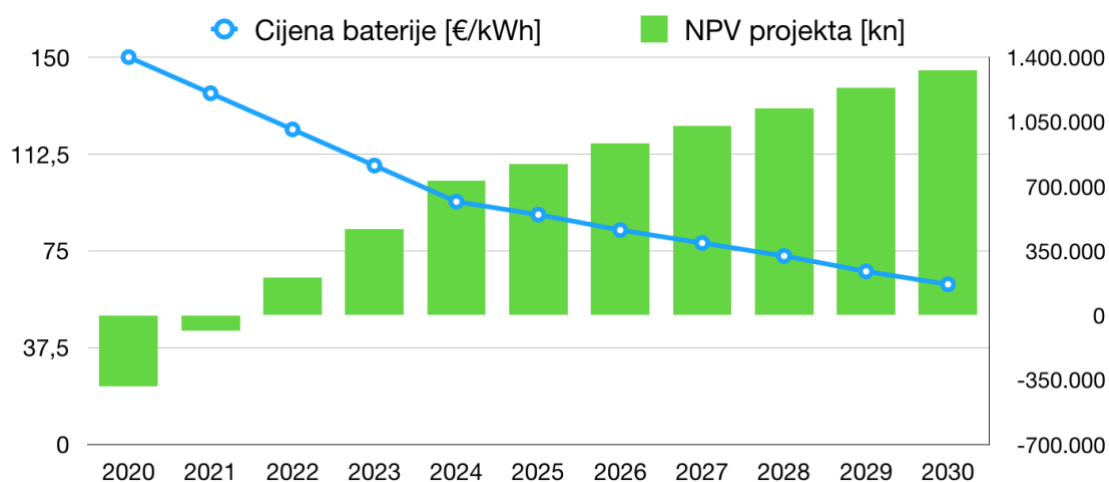
MWh, moguće je premjestiti potrošnju 891 MWh električne energije iz više tarife u nižu gdje bi u tom slučaju potrošnja tijekom više tarife iznosila 184 MWh, a tijekom niže 2231 MWh. Za računanje ovih vrijednosti bilo je potrebno poznavati dinamiku korištenja električne snage vodocrpilišta na Vranskom jezeru. Iz tih podataka razdijeljene su električne snage korištene za vrijeme više i niže tarife. Na taj način vrijednosti električnih snaga za vrijeme više tarife direktno su upućivale na potencijal energije koju bi baterijski spremnik mogao pospremiti. U ovom slučaju, iznos kapaciteta od 3 MWh korišten je kako bi se na dnevnoj bazi maksimiziralo korištenje niže tarife te se na taj način efektivno iskorištava razlika u cijenama električne energije na tržištu te zbog toga smanjenje računa za električnu energiju za 2019. iznosi 290 000 kn.

Troškovi projekta su sljedeći:

**Tablica 4. Troškovi projekta [28]**

Investicija [kn]	3 375 000
Fiksni troškovi održavanja [kn/god]	13 500
Varijabilni troškovi održavanja [kn/god]	12 750

Financijski model u ovom scenariju pokazuje sljedeće rezultate:



**Slika 12. Analiza osjetljivosti**

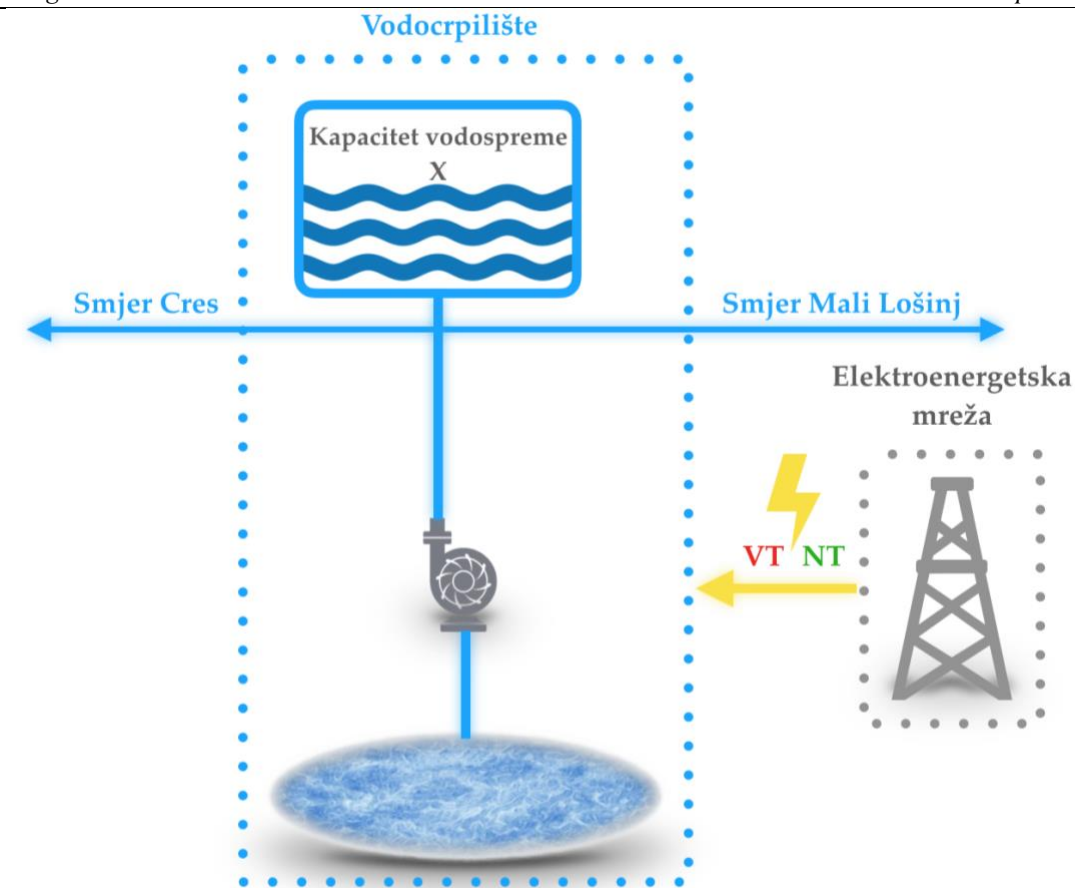
Što se tiče baterijskog spremnika, očekuju se dodatna poboljšanja i efikasnosti kod procesa proizvodnje ovakvih komponenti, što će se direktno odraziti na cijenu takve tehnologije. U skladu s tim, cijena litij ionske baterije je promatrana kao veličina koja pokazuje tendenciju kontinuiranog pada kroz godine, što i pokazuje slika x. Za cijenu litij ionske baterije iz 2020. godine od oko 1100 kn/kWh, financijski model daje negativnu NPV vrijednost od oko 385 000



kn, što znači da je cijena ovakve tehnologije još uvijek previsoka ako se ona želi koristiti za smanjenje troškova električne energije u uvjetima vodocrpilišta na otoku Cresu. Ušteda temeljena na razlici između cijena električne energije tijekom više i niže dnevne tarife premala je u odnosu na iznos investicije koja je potrebna za implementaciju litij ionske baterije. Kao što je već spomenuto, očekuje se pad cijena baterijskih tehnologija te bi već za cijenu baterije od oko 970 kn/kWh, prognozirane za 2021. godinu, NPV poprimio blago pozitivne vrijednosti. Za zaključiti je da je godina 2021. točka u vremenu kada će vodoopskrbna tvrtka koja djeluje na Cresu i Malom Lošinj u moći postaviti projekt baterijskog spremnika na Vranskom jezeru u kontekst projekata koji tijekom svog vijeka trajanja mogu napraviti uštede na električnoj energiji. Za predvidjeti je da će do 2030. godine cijena litij ionskih baterija pasti sve do 450 kn/kWh [31], te će projekt baterijskog spremnika pod tim okolnostima nositi potencijal ušteda od oko 1 300 000 kn tijekom 20 godina trajanja projekta.

### **6.3. Scenarij 3 – Integracija naprednih mjera upravljanja potrošnjom električne energije u vodovodnom sustavu**

U trećem scenariju nastoji se utjecati na vođenje crpne stanice na Vranskom jezeru. U ovom slučaju, želi se ponovno iskoristiti razlika u cijeni električne energije na tržištu između više i niže dnevne tarife, ali ovog puta upravljanjem potrošnjom crpne stanice na Vranskom jezeru. Drugi i treći scenarij po dinamici procesa pokazuju određene sličnosti, gdje se u oba slučaja želi korištenje električne energije prebaciti na nižu dnevnu tarifu. Upravljanje crpnom stanicom na način koji mijenja obrazac potrošnje električne energije i većinu vode dobavlja tijekom niže tarife, u ovom scenariju omogućit će se korištenjem dodatnog spremnika vode kao izvora dodatne fleksibilnosti. U blizini Vranskog jezera su dvije vodospreme sa ukupnom zapreminom od 3500 m<sup>3</sup> (Vrana I – 1000 m<sup>3</sup>, Vrana II – 2500 m<sup>3</sup>) na nadmorskoj visini od oko 220 metara [18]. Spremanje vode unutar vodospreme na nadmorskoj visini, ujedno znači i spremanje energije u obliku potencijalne energije fluida gdje se za vrijeme vršnih opterećenja unutar vodoopskrbnog sustava, voda gravitacijski spušta prema distribucijskim područjima, bez upotrebe crpnih stanica. Za potrebe ovog scenarija, napraviti će se proračun za dodatnu vodospremu zapremine 2500 m<sup>3</sup>. Upravo ta dodatna vodosprema omogućit će dobavu vode iz Vranskog jezera i njeno spremanje u većoj mjeri tijekom niže tarife i samim time stvarati uštede na račun razlike u cijeni električne energije između dvije tarife.



**Slika 13. Vodocrpilište na Vranskom jezeru**

Prema Slici 13; uspostavljena je tehnologija upravljanja potrošnjom (*demand response*). Na ovaj način, potrošnja električne energije i njeno planiranje pomiču granice gdje se transformacijom električne energije u druge oblike nastoje iskoristiti fleksibilnosti unutar energetskog sustava. Ovaj način razmišljanja uveden je pojmom *Smart Energy Systems*, kojim se u potpunosti redefinira način razmišljanja o potrošnji i samom menadžmentu potrošnje energije. Kada govorimo o pojmu *Smart Energy Systems*, on je usko povezan sa postojanjem visokog udjela obnovljivih izvora energije unutar mreže, za čije efikasno iskorištavanje je ključna fleksibilnost ne samo u sektoru potrošnje električne energije, nego i u sektoru potrošnje toplinske energije, u sektoru transporta, i u slučaju ovog scenarija, u vodoopskrbnom sektoru koji također može omogućiti toliko dragocjenu fleksibilnost koristeći vodospreme. Što se tiče vodospreme kao izvora fleksibilnosti, iako još uvijek ne postoje dinamični tržišni signali koji bi upućivali na jeftinu energiju iz sunca ili vjetra, danas postoje dvije tarife za električnu energiju – viša dnevna tarifa (VT) i niža dnevna tarifa (NT), gdje fleksibilnost vodospreme i

veličina njenog kapaciteta stvaraju podlogu za proizvodnju i pripremanje pitke vode u onim vremenima kada je to jeftinije.

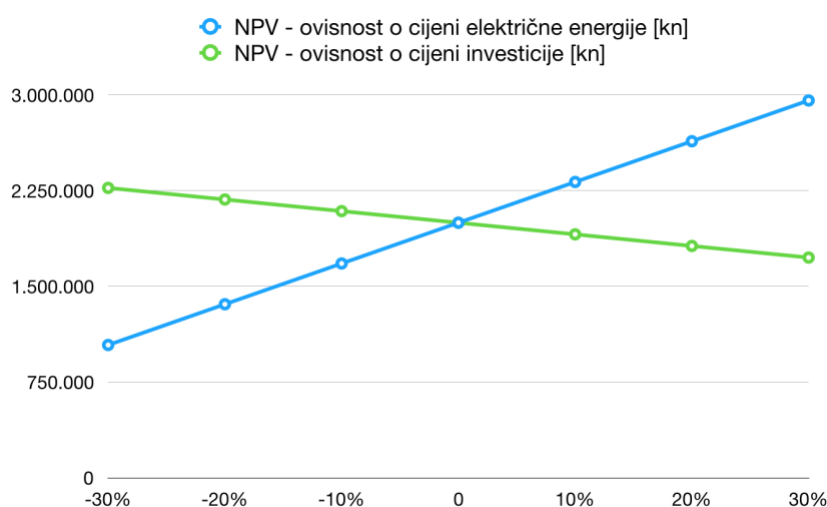
Što se tiče samog scenarija, finansijski model pod okolnostima dodatne vodospreme pokazuje sljedeći rezultat:

**Tablica 5. Troškovi investicije i održavanja spremnika vode [32]**

Investicija [kn]	1 125 000
Fiksni troškovi pogona i održavanja/god [kn]	11 250
Zapremnina dodatnog spremnika vode [m <sup>3</sup> ]	2 500
Cijena električne energije VT [kn/MWh]	816,55
Cijena električne energije NT [kn/MWh]	491,05
<b>NPV [kn]</b>	<b>1 998 133</b>

Prema Tablici 5, na temelju određenih parametara projekta i razlike između cijena električne energije tijekom VT i NT, vrijednost neto sadašnjih novčanih tokova (NPV) je pozitivna i ona iznosi 1 998 133 kn, što upućuje na efikasno iskorištavanje dostupnih tehnologija i efektivno korištenje razlike u cijeni električne energije između tarifa. Iznos NPV vrijednosti znači da bi tvrtka, tijekom 30 godina trajanja projekta, u prosjeku štedila oko 65 000 kn godišnje na rashodima za električnu energiju.

### 6.3.1. Analiza osjetljivosti promjene cijene električne energije i cijene investicije



**Slika 14. Analiza osjetljivosti**

---

Zato što je u financijskom modelu teško predvidjeti cijenu električne energije, analizom osjetljivosti nastoji se dati uvid u NPV vrijednosti projekta vodospreme za promjenjive vrijednosti cijene električne energije.

## 7. ZAKLJUČAK

Tvrtke koje pružaju usluge vodoopskrbe i odvodnje preko svojih tržišta stvaraju temelje koji su oslonac za čvrst i kontinuiran gospodarski rast. Upravo zbog toga, unutar zakonodavnih okvira definiran je očekivani ishod poslovnih procesa tih tvrtki. Glavna djelatnost vodoopskrbi je kontinuirano dobavljati svježu vodu sa lokacija njenog izvora, do krajnjih korisnika. Kako bi se postavili uvjeti za takav proces, potrebna je odgovarajuća oprema, alati, materijali i ljudi sa svojim znanjem i radnim sposobnostima koji sastavne komponente provode u efikasan vodoopskrbni sustav. Zadatak tih ljudi koji djeluju unutar jedne organizacije je omogućiti proces transporta vode koji će rezultirati najmanjom mogućom cijenom za krajnjeg korisnika, a to je moguće jedino preko efikasne raspodjele raspoloživih resursa. Rad, znanje, alati i materijali korišteni su kao ograničeni resursi, sa svrhom da opskrbe svoje tržište koje kontinuirano izražava potražnju. Apsolutna i relativna količina ulaznih ograničenih resursa se konstantno redefinira s ciljem transporta pitke vode na najefikasniji mogući način.

Bitno je naglasiti da je infrastruktura vodovoda i odvodnje jezgra poslovanja tvrtki koje pružaju te usluge. Infrastruktura kao jezgra efikasnosti stvara značajan izazov za te tvrtke zbog svoje veličine i nedostupnosti, što neopisivo otežava proces revizije stanja infrastrukture i njenog održavanja. U ovom radu, pokušao se dati pregled poslovnog procesa tvrtki vodoopskrbe i odvodnje sa identifikacijom područja u kojima se očekuje značajan napredak. U narednim desetljećima, očekuje se povećana adaptacija digitalnih tehnologija koje će biti ključ za transparentno određivanje stanja vodovodne infrastrukture. Mogućnost stvaranja digitalne reprezentacije cjevovoda otvara se mjerenjem ključnih veličina unutar, ponavlja se, značajno velike cjevovodne infrastrukture. Velike količine podataka komplementarne su sa sve većim procesorskim mogućnostima računala, u svrhu napredne obrade podataka i pronalaska odgovarajućih korelacija između mjerenih fizikalnih veličina s ciljem utvrđivanja stanja cjevovodne infrastrukture.

U drugom dijelu rada, ispitano je u kojoj mjeri se može utjecati na veličinu troškova električne energije, koja je jedna od glavnih ulaznih jedinica kod procesa transporta pitke vode. Ispitan je solarni potencijal koji može ostvariti korisne uštede kod rashoda za električnu energiju, čija akumulacija nizom godina može rezultirati stvaranju povoljnih okolnosti za još bitnije projekte kao što su sveopća digitalizacija infrastrukture. Konkretno, potencijal ušteda koje mogu stvoriti solarne tehnologije tijekom 30 godina projekata ukupno iznose 4 815 591 kn. Također, pokazana je i mogućnost korištenja baterijskog spremnika baziranog na litij-ionskoj tehnologiji, čije bi korištenje omogućilo korištenje električne energije u vremenima

relativno niže tržišne cijene. U tom aspektu zaključeno je da iskoristivost baterijskih tehnologija u te svrhe, u 2020. godini, i dalje nema ekonomskog smisla. Neto sadašnja vrijednost takvog projekta, sa današnjom cijenom baterije od oko 1 100 kn/kWh, iznosi -385 000 kn. U isto vrijeme, očekuje se pad cijena baterijskih spremnika te će također i ti projekti postajati sve bitniji za tvrtke u vodoopskrbi gdje će ih one moći iskoristavati u kombinaciji sa solarnim tehnologijama (vrlo moguće na otocima), ili kao što je u ovom radu prikazano, samostalno, u svrhu izazivanja pojave arbitraže na tržištima električne energije. Za prognozirano cijenu litij-ionskih baterija u 2030. godini od 450 kn/kWh, financijski model dao je pozitivnu neto sadašnju vrijednost od 1 327 237 kn. Na kraju, prikazana je mogućnost korištenja većeg spremnika vode koji bi povećao fleksibilnost sustava vodocrpilišta gdje bi se i u ovom slučaju iskoristavala razlika u cijeni električne energije između, još i dan danas, dvije dnevne tarife. Za ovaj slučaj, financijski model također daje pozitivnu neto sadašnju vrijednost od 1 998 133 kn.

Cilj ovog rada bio je ispitati potencijal niza tehnologija koje su i dalje u razvojnom stadiju. Već sada, ispitivanjem potencijala tih tehnologija može se zaključiti da u nekim kombinacijama one mogu kreirati vrijednost za vodoopskrbnu tvrtku u smislu ušteda. Poznato je da su takve tvrtke u konstantnoj potrazi za dodatnim efikasnostima, i ovaj rad konkretno pokazuje izvor novih efikasnosti u energetske aspektu. Predloženi energetske projekti u stanju su postaviti konkretnu podlogu za daleko veći projekt, a to je – sveopća digitalizacija vodovodne infrastrukture.

**LITERATURA**

- [1] Business Model Generation; Alex Osterwalder
- [2] Zakon o vodnim uslugama; Hrvatski Sabor; NN 66/2019
- [3] District Metered Areas – Guidance Notes; International Water Association; 2007.
- [4] Smart Solutions for Water Utilities; emasys.hr – Energy Management System
- [5] Smart meters data for modelling and forecasting water demand at the user – level; Jorge E. Pesantez, Emily Zechman Berglund, Nikhil Kaza; 2020.
- [6] The United Nations world water development report; UNESCO; 2016.
- [7] Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis; Lazard; 2018.
- [8] The Impact of Renewables on Electricity Prices in Germany; Sebastian Kolb, Marius Dillig; 2018.
- [9] Managing the water distribution network with a Smart Water Grid; Public Utilities Board Singapore; 2016.
- [10] Smart water leakage detection and metering device; Bheki Sithole, Suvendi Rimer, Khmaies Ouahada, Chomora Mikeka; 2016.
- [11] Principles of Microeconomics; N. Gregory Mankiw; 2009.
- [12] Doing More With Less – Smarter Subsidies for Water Supply and Sanitation; The World Bank; 2019.
- [13] Uredba o mjerilima ekonomičnog poslovanja isporučitelja vodovodnih usluga; NN 153/2009; Vlada Republike Hrvatske; 2009.
- [14] Integralni model za povećanje učinkovitosti vodoopskrbe; Davor Poljak; 2020.
- [15] Principles and Practices of Water Supply Operations; Water Transmission and Distribution; American Water Works Association; 2010.
- [16] Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o.; viocl.hr
- [17] Hidrologija jezera Vrana na otoku Cresu; Public Water Management Enterprise; Nevenka Ožanić, Josip Rubinić
- [18] Sustav odvodnje otpadnih voda aglomeracije Cres, Martinšćica, Mali Lošinj i Veli Lošinj za prijavu izgradnje vodno-komunale infrastructure; Institut IGH d.d.; 2016.
- [19] GIS sustav Vodoopskrbe i odvodnje Cres Lošinj
- [20] Water Supply and Sewerage; E. W. Steel, Terence J. McGhee; 1979.
- [21] Network Design and Dimensioning; sswm.info
- [22] Water Distribution Systems Handbook; Larry W. Mays; 2000.
- [23] What is the Infrastructure Leakage Index (ILI); Richard Taylor; 2008.

- 
- [24] A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems; S. Hamilton, R. Mckenzie; C. Seago; 2006.
- [25] Financijsko izvješće za 2019. godinu; Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj; viocl.hr
- [26] Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji; Hrvatski Sabor NN 111/18; 2018.
- [27] Katalog solarnih elektrana za samoopkrbu; solarno.hr
- [28] Technology Data for Generation of Electricity and District Heating; Danish Energy Agency; ens.dk; 2020.
- [29] Solar Inverter Cost and How to Choose the Right One; understandsolar.com
- [30] Floating Solar Nearing Price Parity With Land-Based Solar; pv-magazine.com
- [31] A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices; bnef.com
- [32] Water Tank Prices; Bushmans; bushmantanks.com
- [33] Water Pipe Failure Prediction: A Machine Learning Approach Enhanced by Domain Knowledge; Bang Zhang, Ting Guo, Lelin Zhang, Peng Lin; 2018.