

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Špela KOS

**MOŽNOST UPORABE VODE IZ ČISTILNE
NAPRAVE ZARICA ZA NAMAKANJE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Špela KOS

**MOŽNOST UPORABE VODE IZ ČISTILNE NAPRAVE ZARICA ZA
NAMAKANJE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**POSSIBILITY OF USING WATER FROM WASTEWATER
TREATMENT PLANT ZARICA FOR IRRIGATION**

GRADUATION THESIS
Higher Professional Studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo - agronomija in hortikultura. Delo je bilo opravljeno na Katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora in ekonomiko ter razvoj podeželja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Marino Pintar za somentorico pa izr. prof. dr. Majdo Černič Istenič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Zlata LUTHAR

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Marina PINTAR

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Članica: izr. prof. dr. Majda ČERNIČ ISTENIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. prof. dr. Rok MIHELIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Špela Kos

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 631.67:626:628.3(043.2)
- KG namakanje/čistilne naprave/odpadna voda/voda za namakanje
- AV KOS, Špela
- SA PINTAR, Marina (mentor) / ČERNIČ ISTENIČ Majda (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2016
- IN MOŽNOSTI UPORABE VODE IZ ČISTILNE NAPRAVE ZARICA ZA NAMAKANJE
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
- OP X, 23 [4] str., 5 pregl., 6 sl., 3 pril., 26 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen diplomskega dela je ugotoviti, ali je voda iz centralne čistilne naprave (CČN) Kranj-Zarica primerna za namakanje. Naša delovna hipoteza je temeljila na predpostavki, da je voda iz CČN Kranj-Zarica primerna za namakanje in lahko predstavlja vodni vir za namakanje. Pri diplomskem delu smo se oprli na razpoložljivo mednarodno in slovensko strokovno literaturo, podatke monitoringa in letnega poročila CČN Kranj-Zarica za leto 2014. Ugotovili smo, da naši predpisi sledijo veljavnim mednarodnim predpisom. Pri monitoringu odpadnih voda iz CČN Kranj-Zarica se ne preverjajo vsi parametri, ki so pomembni za namakanje, npr. natrij (Na). Podatki izvajanja meritev na CČN Kranj-Zarica omogočajo ugotavljanje uspešnosti čiščenja fosforja, dušika, KPK in BPK. Podatkov o mikrobiološki ustreznosti vode ni, saj se mikrobiološko čiščenje odpadnih voda ne izvaja. Analiza podatkov o CČN Kranj-Zarica je pokazala primernost vode za namakanje, v kolikor bi bila zagotovljena mikrobiološka neoporečnost in bi bila koncentracija natrija znana. Ugotovili smo, da imajo ljudje odpor do možnosti uporabe prečiščenih odpadnih voda za namakanje. Podatki o količini prečiščene vode, ki bi jo bilo možno uporabiti za namakanje, niso prosto dostopni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Vs
- DC UDC 631.67:626:628.3(043.2)
- CX irrigation/wastewater treatment/wastewater/water for irrigation
- AU KOS, Špela
- AA PINTAR, Marina (supervisor) / ČERNIČ ISTENIČ Majda (co-supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2016
- TI POSSIBILITY OF USING WATER FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS ZARICA FOR IRRIGATION
- DT Graduation Thesis (Professional Study Programmes)
- NO X, 23 [4] p., 5 tab., 6 fig., 3 ann., 26 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The purpose of the thesis was to determine whether the water from the central wastewater treatment (WWTP) Kranj-Zarica is suitable for irrigation. Our working hypothesis is based on the fact that water from the WWTP Kranj-Zarica is suitable for irrigation and may represent a source of water for irrigation. In the thesis the available international and Slovenian professional literature was reviewed, and monitoring data and the annual report of the central wastewater treatment plant Kranj-Zarica 2014 analysed. We established that Slovenian official rules follow the applicable international regulations. For the monitoring of wastewater from the WWTP Kranj-Zarica not all parameters important for irrigation, for example sodium (Na), are checked. Data of measurements on the WWTP Kranj-Zarica allow evaluating the performance of cleaning phosphorus, nitrogen, COD and BOD₅. Data on the microbiological suitability of water are not available because microbiological treatment of waste water is not carried out. Data analysis of WWTP Kranj-Zarica approved the suitability of water for irrigation, as well as microbiological integrity if sodium concentration would be ascertained. We have found that farmers have an aversion to the possibility of using treated wastewater. Data on the volume of purified water, which could be used for irrigation, is not freely accessible.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 UPORABA PREČIŠČENIH VODA	2
2.1.1 Uporaba in omejitve pri uporabi prečiščenih odpadnih voda	2
2.2 PARAMETRI, KI DOLOČAJO KAKOVOST VODE	3
2.2.1 Slanost tal	3
2.2.2 Toksičnost elementov (ionov)	3
2.2.3 Prepustnost tal	4
2.2.4 Hranila	4
2.2.5 Mikroorganizmi	4
2.2.6 Drugi pomembni parametri	6
2.3 UPORABA PREČIŠČENIH ODPADNIH VODA IN MONITORING	6
2.3.1 Predpisi v Sloveniji	7
2.3.1.1 Zakon o vodah	7
2.3.1.2 Zakon o varstvu okolja	7
2.3.1.3 Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje	7
2.3.1.4 Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo	7
2.3.1.5 Uredba o stanju površinskih voda	7
2.3.1.6 Uredba o odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih voda	8
2.3.1.7 Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla	8
2.4 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA	9
2.5 NAMAKANJE Z UPORABO PREČIŠČENE ODPADNE VODE	9
2.5.1 Površinsko prelivanje	9
2.5.2 Namakanje s kapljičnim sistemom	9
2.5.3 Namakanje z razprševanjem	9

2.5.4 Namakanje s podtalnim namakalnim sistemom	10
2.6 NAJPOMEMBNEJŠA DEJAVNIKA Z VPLIVOM NA MOŽNOSTI NAMAKANJA S PREČIŠČENO VODO	10
2.6.1 Vnos soli	10
2.6.2 Vnos hranil	10
3 MATERIAL IN METODE	11
3.1 CENTRALNA ČISTILNA NAPRAVA KRANJ-ZARICA	11
3.2.1 Količina odpadnih voda	11
4. REZULTATI	12
4.1 REZULTATI ANALIZ CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE KRANJ-ZARICA ..	12
4.2 REZULTATI ANKETE	16
5 RAZPRAVA IN SKLEP	17
5.1 RAZPRAVA	17
5.2 SKLEP	19
6 POVZETEK	20
7 VIRI	21
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Uporaba in omejitve pri uporabi prečiščenih odpadnih voda (Angelakis in Gikas, 2014).....	3
Preglednica 2: Najpogosteje prisotne bakterije v prečiščeni odpadni vodi in njihova pričakovana koncentracija (WHO, 2006).....	5
Preglednica 3: Najpogosteje prisotni virusi v prečiščeni odpadni vodi in njihova pričakovana koncentracija (WHO, 2006).....	5
Preglednica 4: Najpogosteje prisotni notranji zajedavci v prečiščeni odpadni vodi in njihova pričakovana koncentracija (WHO, 2006).....	6
Preglednica 5: Mejne vrednosti parametrov vode za namakanje (Uredba o mejnih vrednostih .., 2005).....	8

KAZALO SLIK

Slika 1 : Primerjava KPK (kemična potreba po kisiku) na dotoku in iztoku CČN Kranj-Zarica v letu 2014.....	14
Slika 2: Primerjava BPK ₅ (biološka potreba po kisiku) na dotoku in iztoku na CČN Kranj-Zarica v letu 2014.....	14
Slika 3: Koncentracija celokupnega dušika (N) na dotoku in iztoku CČN Kranj-Zarica v letu 2014.....	15
Slika 4: Koncentracija P (mg/l) na dotoku in iztoku CČN Zarica v letu 2014.....	15
Slika 5: Povprečna mesečna koncentracija neraztopljenih snovi (mg/l) na dotoku in iztoku CČN Kranj – Zarica (učinek čiščenja je 90,8%).....	16
Slika 6: Povprečna mesečna koncentracija raztopljenih snovi (mg/l) na dotoku in iztoku iz CČN Kranj – Zarica.....	16

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Priporočene koncentracije elementov v sledih v vodi za namakanje
(Westcot, 1997, cit. po Lazarova in Bahri, 2005)

PRILOGA B: Toleranca nekaterih kmetijskih rastlin na vsebnost soli v tleh (Joshua and
Evans 2014)

PRILOGA C: Anketna vprašanja

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

WHO – Mednarodna zdravstvena organizacija
FAO – Organizacija za prehrano in kmetijstvo pri OZN
ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje
NLZOH – Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano
KPK – kemična potreba po kisiku
BPK – biološka potreba po kisiku
MNP – najverjetnejše število
N – dušik
P – fosfor
K – kalij
B – bor
Na – natrij
Cl – klor
Cu – baker
Fe – železo
Mo – molibden
Ni – nikelj
Fl – flor
Se – selen
Mg – magnezij
Mn – mangan
Zn – cink
U – uran
As – arzen
Cd – kadmij
Cr – krom
SAR – indeks izmenljivega natrija
SDS – natrijev dodecil sulfat
pH – indikator kislosti oz. bazičnosti
UV – ultravijolično sevanje
EC – elektro prevodnost
Npr. – na primer
PE – populacijski ekvivalent
CCN – centralna čistilna naprava

1 UVOD

Ponovno uporabo vode so ljudje prakticirali že pred več kot 5000 leti. V zadnjih 100 letih stremimo k vedno višjim standardom reciklirane vode, kar nam omogoča uporaba vedno bolj izpopolnjene tehnologije čiščenja vode. Ponovna uporaba vode nam lahko zagotovi večje količine vode, kar je še posebej pomembno v sušnih predelih sveta (Angelakis in Gikas, 2014).

Rast prebivalstva in s tem rastoče potrebe po vedno večji količini pridelane hrane, v svetu povečujeta potrebe po vodi. Da bi lahko zagotovili količinsko in kakovostno primeren pridelek, narašča obremenitev vodnih virov, saj je marsikje potrebno namakanje, da dosežemo zadovoljiv rezultat. Z možnostjo uporabe prečiščene-reciklirane vode kot alternativnega vira, bi lahko razbremenili pritisk na sveže vodne vire (Lazarova in Bahri, 2005). Problem predstavlja tudi onesnaženje virov pitne vode, npr. z nitrati in ostanki pesticidov. Da bi zaščitili sveže vodne vire, je potrebno zmanjšati prosti izpust odpadnih voda. Na mediteranskem območju problem predstavlja tudi namakanje kmetijskih površin in s tem večja poraba svežih vodnih virov. Zaradi globalnega spreminjanja podnebja in s tem večjih vremenskih težav (suše in poplave), je potrebna bolj premišljena uporaba vodnih virov (Angelakis in sod., 2002).

Namen in cilj čiščenja odpadnih voda je pridobiti takšno kakovost vode, ki je primerna za ponovno uporabo ali izpust nazaj v okolje. Kakovostna voda vzdržuje zdrave ekosisteme in posledično vodi k večji blaginji človeštva.

Namakanje rastlin je ukrep, s katerim z dodajanjem vode v času suše zagotavljamo količinsko in kakovostno primeren pridelek. Potrebna količina dodane vode je odvisna od rastline ter od podnebnih in talnih razmer (Pintar in Knapič, 2001). Dejavniki kakovosti vode z vplivom na primernost prečiščene vode iz čistilnih naprav za namakanje so vsebnost trdih delcev in patogenih organizmov, toksičnost določenih ionov, slanost, elementi v sledovih in hranila. Čistilne naprave so zasnovane tako, da v svojem procesu čiščenja zmanjšajo vsebnost patogenih organizmov, raztopljenih trdnih snovi, hranil ter organskih snovi v vodi. S tem zmanjšajo pritisk na okolje. Odstranitev patogenih organizmov v vodi, namenjeni namakanju, je najpomembnejše, zato je potrebna ustrezna prilagoditev procesa čiščenja odpadnih voda.

Namen diplomskega dela je ugotoviti, koliko in kakšne kakovosti vode lahko dobimo iz centralne čistilne naprave (CČN) Kranj- Zarica. Poskušali bomo ugotoviti, ali bi bili okoliški kmetje pripravljene namakati s prečiščeno odpadno vodo iz CČN Kranj-Zarica.

Delovna hipoteza je temeljila na predpostavki, da je voda iz CČN Kranj-Zarica primerna za namakanje in lahko predstavlja vodni vir za namakanje. Pričakujemo tudi zadržke ljudi do uporabe prečiščene odpadnih voda.

2 PREGLED OBJAV

2.1 UPORABA PREČIŠČENIH VODA

Pomanjkanje vode, povečan pojav suše ter onesnaženje primernih vodnih virov v razvitih državah, kot tudi v državah v razvoju, povečujejo uporabo prečiščenih odpadnih voda za namakanje kmetijskih površin. Naraščanje števila prebivalstva ter povečana potreba po hrani, varovanju okolja in zagotavljanju trajnostnega razvoja povečuje potrebe po alternativnih virih uporabnosti vode (WHO, 2006). Dobra kakovost vode vzdržuje zdrave ekosisteme, kar posledično vodi k večji blaginji za človeštvo.

Komunalna in industrijska odpadna voda se lahko prečisti in uporabi v druge namene. Recikliranje vode pomeni uporabo vode za isti ali drugi namen (Kulkarni, 2014).

Pri uporabi prečiščenih odpadnih voda je pri načrtovanju za podjetje pomembno, da ne nastanejo dodatni visoki stroški. Da pa se uporabo take vode približa javnosti, je potrebno dobro predstaviti vedno večji problem pomanjkanja pitne vode, ter da je uporaba prečiščenih odpadnih voda načeloma varna. Obenem si je potrebno prizadevati za pravilno vzdrževanje vodne infrastrukture, zlasti kadar se ta nanaša na ponovno uporabo odpadnih voda. Prav tako je potrebno spremljanje uporabe in postopkov recikliranja odpadnih voda, ter zagotavljanje javnega zdravja in varstva okolja (Grant in sod., 2012).

Med pomembnimi dejavniki, ki določajo primernost vode za namakanje, so slanost vode namenjene namakanju, toksičnost ionov, prepustnost tal, vsebnost hranil in mikroorganizmov ter ostanek klora pri izpustu vode iz čistilne naprave (Pedrero in sod., 2010).

Svetovno prebivalstvo naj bi do leta 2050 naraščalo, s tem pa tudi potrebe po vodi in vodnih virih. Tako bo imela ponovna uporaba vode vedno večji pomen (Angelakis in Gikas, 2014). Urbana, razvita okolja z večjim številom prebivalstva, so večji porabniki razpoložljivih vodnih virov kot ruralna. Odpadna, prečiščena voda je tako zanimiva in uporabna v kmetijski pridelavi v bližini večjih mest (WHO, 2006).

2.1.1 Uporaba in omejitve pri uporabi prečiščenih odpadnih voda

Uporaba prečiščenih odpadnih voda ima v svetu vedno večji pomen, predvsem pri namakanju obdelovalnih površin. Glavni primeri uporabe ter omejitve pri uporabi prečiščenih odpadnih voda so podani v Preglednici 1 (Angelakis in Gikas, 2014). Iz preglednice je razvidna možnost uporabe prečiščenih odpadnih voda za namakanje, v industriji (npr. gašenje požarov) in tudi za pitno vodo po predhodnem čiščenju.

Preglednica 1: Uporaba in omejitve pri uporabi prečiščenih odpadnih voda (Angelakis in Gikas, 2014)

Uporaba	Omejitve
Namakanje v kmetijstvu in za vzdrževanje zelenih površin	Sezonske potrebe
V industriji	Oddaljenost od mesta uporabe
V urbanih okoljih, vendar ne kot pitna voda	Stalno povpraševanje in različna kakovost vode odvisna od mesta uporabe
Rekreacijske in zelene površine	Omejeno povpraševanje
Posredno uporabna kot pitna voda po predhodnem čiščenju podzemne vode	Zahteve po posebni infrastrukturi
Posredno kot pitna voda zaradi povečane količine površinskih vod	Specifičnost mesta uporabe
Neposredno kot pitna voda in za namakanje	Skladiščenje vode v času, ko namakanje ni potrebno
	Mnenje javnosti

2.2 PARAMETRI, KI DOLOČAJO KAKOVOST VODE

Kakovost prečiščenih odpadnih voda je v veliki meri odvisna od kakovosti vodne oskrbe v mestih, vrste odpadkov, s katerimi je bila voda onesnažena, in stopnje prečiščenosti odpadnih voda. Najbolj pogoste meritve pri določanju kakovosti odpadnih voda so določanje bioloških potreb po kisiku (BPK), kemičnih potreb po kisiku (KPK) in vsebnost suspendiranih trdnih delcev. Pri vodah za namakanje pa so pomembni parametri nekaterih kemijskih elementov in spojin, ki lahko vplivajo na rast in razvoj rastlin in prepustnost tal (Pedrero in sod., 2010).

2.2.1 Slanost tal

Različne vrste kulturnih rastlin se različno odzivajo na prisotnost soli v tleh. Povečanje slanosti v vodi za namakanje pomeni tudi več težav pri normalnem razvoju kulturnih rastlin (Pedrero in sod., 2010). Prevelika koncentracija soli v tleh se na rastlinah pokaže, kot bi bile izpostavljene suši, saj v območju korenin pride do spremembe osmotskega tlaka (WHO, 2006). Težave s preveliko zasoljenostjo tal lahko obvladujemo s primerno drenažo tal (Pedrero in sod., 2010).

2.2.2 Toksičnost elementov (ionov)

Rastline lahko iz zemlje privzemajo različne elemente oz. ione in jih akumulirajo v različnih delih. Pri določenih koncentracijah so ti ioni lahko toksični in vplivajo na količino in kakovost pridelka. Med najbolj škodljive ione spadajo natrij (Na), klor (Cl) in bor (B) (Pedrero in sod., 2010). Privzem elementov Na in Cl običajno poteka preko korenin rastline, lahko pa tudi preko listov. Bor je toksičen že pri nizkih koncentracijah, saj ima večina rastlin težave pri koncentraciji 2 mg/l. V komunalnih odplakah ga je lahko do 5 mg/l. Med druge prav tako škodljive ione spadajo tudi arzen (As), krom (Cr 6+), fluor (F), kadmij (Cd), baker (Cu), nikelj (Ni), cink (Zn) in selen (Se). Ti ioni so škodljivi že v nizkih

koncentracijah, pomembni pa so tudi za zdravje ljudi, saj lahko preko krme, živali in kulturnih rastlin prehajajo do ljudi (Lazarova in Bahri, 2005).

2.2.3 Prepustnost tal

Na prepustnost tal vpliva natrij, saj ruši strukturo tal. Nasprotno pa kalcij povezuje talne delce. Posledica je pomanjkanje dostopne vode za rastline (Pintar, 2006). Zmanjša se tudi prezračevanje tal. Zmanjšana prepustnost tal se običajno pojavi nekaj centimetrov pod površino zaradi visoke vsebnosti natrija ali nizke vsebnosti kalcija v tleh ali v vodi za namakanje (Pedrero in sod., 2010). Poleg tega se poveča tudi nevarnost erozije, nevarnost odnašanja organskih spojin in rastlinskih hranil (Lazarova in Bahri, 2005). Pri ugotavljanju prepustnosti tal upoštevamo vrednosti SAR (sodium adsorption ratio – indeks izmenljivega natrija) in EC_w (elektroprevodnost). Vrednost SAR je razmerje med ioni natrija proti vsoti kalcijevih in magnezijevih ionov (Lazarova in Bahri, 2005; Pedrero in sod., 2010). Pri določeni vrednosti indeksa SAR je pri višji elektroprevodnosti povečana tudi infiltracijska sposobnost tal, medtem ko je pri nižji slanosti zmanjšana (Pedrero in sod., 2010).

$$SAR = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}} \quad \dots (1)$$

2.2.4 Hranila

Hranilne snovi v prečiščeni odpadni vodi lahko zagotavljajo pokrivanje gnojilnih potreb rastline, vendar je potrebno redno spremljanje koncentracij, da ne pride do presežka. V primeru presežka dostopnih hranil rastlinam povzročajo težave povezane s prekomerno bujno rastjo ter posledično zmanjšujejo kakovost pridelka. Hranila, ki se pojavljajo v količinah, pomembnih za rastline, so dušik (N), fosfor (P), občasno kalij (K), cink (Zn), bor (B) (Pedrero in sod., 2010).

V komunalni vodi se nahajata amonijska, nitratna in organska oblika dušika. V prečiščeni odpadni vodi znaša povprečna skupna koncentracija amonijske in nitratne oblike dušika 30 mg/l. V gnojilni bilanci je potrebno dušik upoštevati, če vsebnost nitratov v vodi za namakanje presega mejno koncentracijo 10 mg NO_3-N /l (Uredba ..., 2005). V daljšem časovnem obdobju se s hranili bogato vodo poveča delež fosforja v tleh, kar pa lahko predstavlja težave pri sprejemu ionov magnezija v rastline (Pescod, 1992).

2.2.5 Mikroorganizmi

Odpadne vode pogosto vsebujejo vrsto škodljivih snovi, kot so soli, kovine, patogeni organizmi, organske spojine, hormonski motilci ter odpadni produkti iz gospodinjstev. Katerakoli od teh komponent lahko škoduje zdravju ljudi ter onesnažuje okolje. Strokovna komisija svetovne zdravstvene organizacije (WHO) je bila leta 1971 prva, ki je proučila možne vplive na zdravje pri uporabi takšne vode v kmetijstvu. Leta 1973 so bile določene mikrobiološke smernice kakovosti vode za namakanje, vendar so jih ublažili v letu 1989 na

do 1000 fekalnih koliformnih bakterij na 100 ml vode in manj kot eno jajčece črevesnih zajedavcev v litru vode. Odločitev temelji na epidemioloških študijah namakanja z odpadnimi vodami. Leta 2006 pa je svetovna zdravstvena organizacija (WHO) smernice zaostri (Pedrero in sod., 2010). Najpomembnejši mikroorganizmi z vplivom na zdravje ljudi so predstavljeni v preglednicah 2, 3 in 4.

Mednarodne raziskave kažejo, da se v primeru namakanja pridelka z neprečiščeno odpadno vodo nakazuje povečan delež obolenj z virusi, bakterijami in notranjimi zajedavci. Kljub pravilnemu čiščenju odpadnih voda pa je pri majhnih otrocih, ki se prehranjujejo s surovo zelenjavo, še vedno velika nevarnost črevesnih obolenj. Mikroorganizme, ki so ostali na površini rastlin, uničujeta sončna svetloba in sušenje, če se pred spravilom pridelka le-ta ne namaka in je na voljo dovolj sončnega vremena (Bahri in Lazarova, 2005).

Preglednica 2: Najpogosteje prisotne bakterije v prečiščeni odpadni vodi in njihova pričakovana koncentracija (WHO, 2006)

Vrsta bakterije	Pričakovana koncentracija v odpadni vodi (MNP/100 ml)	Specifičnost in vpliv na zdravje ljudi in živali
Salmonella	10^2-10^5	...
Shigella	$10-10^4$...
E. coli	10^4-10^9	Predlagana kot specifični indikator onesnaženosti s fekalijami
Streptokoki	10^3-10^7	Skupne in fekalne koliformne bakterije se uporabljajo kot indikator njihove prisotnosti
Fekalne koliformne bakterije št./100ml	10^4-10^9	Dolgotrajno preživetje v vodi (10 do 60 dni)
Skupne koliformne bakterije št./100ml	10^5-10^9	Koncentracija okužbe je zelo različna

Preglednica 3: Najpogosteje prisotni virusi v prečiščeni odpadni vodi in njihova pričakovana koncentracija (prirejeno po WHO 2006)

Vrsta virusa	Pričakovana koncentracija v odpadni vodi (MNP/100 ml)	Specifičnost in vpliv na zdravje ljudi in živali
Rotavirus	10^2-10^5	Glavni način prenosa je iz človeka na človeka. Okužba že s količino 1-10 osebkov
Enterovirus	10^1-10^6	Ni poznanih detekcijskih metod
Hepatitis	...	Različno dolg inkubacijski čas, dolgotrajna obstojnost v vodi (50 do 120 dni)

Preglednica 4: Najpogosteje prisotni notranji zajedavci v prečiščeni odpadni vodi in njihova pričakovana koncentracija (prirejeno po WHO 2006)

Vrsta notranjega zajedavca	Pričakovana koncentracija v odpadni vodi (MNP/100 ml)	Specifičnost in vpliv na zdravje ljudi in živali
Clonorchis
Hoočrvi	...	Predstavlja glavno okužbo pri namakanju s prečiščeno vodo
Taenia	10 ² -10 ¹	Visoki obstojna v okolju več mesecev
Ascaris lumbricoides	10 ¹ -10 ³	Okužba že s količino 1-10 jajčec

2.2.6 Drugi pomembni parametri

Parametra, pomembna pri vodi za namakanje, sta še:

- pH vode, katerega normalno območje je 6,5 do 8,4. Vse vrednosti, ki so izven tega območja lahko povzročijo rušenje ravnotežja hranil v tleh in rastlinah, in
- temperatura vode za namakanje, ki je najprimernejša med 20 - 25 °C. Ne sme biti toplejša od 35 °C in ne hladnejša kot 10 °C (Ayers in Westcot, 1992).

2.3 UPORABA PREČIŠČENIH ODPADNIH VODA IN MONITORING

Številne članice Evropske unije (EU) so v zadnjih letih vzpostavile svoja merila glede uporabe in prečiščevanja odpadnih voda, iz katerih izhajajo predpisi o čiščenju odpadnih voda. Osredotočajo se predvsem na uporabo v kmetijstvu in za vzdrževanje zelenih površin, kot tudi pri drugi uporabi kot npr. polnjenje vodonosnikov, vendar ne za pitno vodo (Angelakis in Gikas, 2014).

Pri uporabi prečiščenih odpadnih voda za namakanje ne predstavlja večjega tveganja za zdravje ljudi in živali komunalna odpadna voda, ker ne vsebuje industrijskih odpadnih voda. Vsebuje organske in anorganske snovi, ki pa se v večini (do 90 %) očistijo pri procesu čiščenja, in so skoncentrirane v komunalnem blatu, ki ostane po končanem postopku čiščenja. V prečiščeni odpadni vodi iz industrijskih čistilnih naprav pa so zasledili vsebnost toksičnih spojin, ki bi lahko imele neugoden vpliv na zdravje (Lazarova in Bahri 2005; WHO 2006).

Pri monitoringu in zbiranju podatkov o kakovosti in primernosti vode za namakanje je potrebno upoštevati osnovna pravila monitoringa, ki morajo zagotoviti ponovljivost in transparentnost podatkov (Pravilnik ..., 2011). Glede na način namakanja, posebnosti določenega območja in upoštevanja tveganja za zdravje, se razlikujejo tudi standardi, ki določajo namakanje s prečiščeno odpadno vodo.

2.3.1 Predpisi v Sloveniji

Slovenski predpisi sledijo mednarodnim predpisom s področja čiščenja odpadnih voda.

2.3.1.1 Zakon o vodah

Zakon ureja upravljanje z morjem, celinskimi in podzemnimi vodami, vodnimi in priobalnimi zemljišči. Upravljanje z vodami obsega varstvo in urejanje voda, odločanje o rabi voda, vodne objekte in naprave. V zakonu so zapisane zahteve in postopki za pridobitev vodne pravice in vodnega dovoljenja. Opisan je tudi postopek pridobitve vodnega dovoljenja koriščenja vode za namakanje kmetijskih zemljišč (Zakon o vodah, 2002).

2.3.1.2 Zakon o varstvu okolja

Ta zakon ureja varstvo okolja pred obremenitvami kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj ter v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja (Zakon o varstvu okolja, 2006).

2.3.1.3 Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje

Ta pravilnik določa vrste parametrov odpadnih voda pri prvih meritvah in obratovalnemu monitoringu odpadnih vode, metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količine odpadnih voda, vsebino poročila o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu, način in obliko sporočanja podatkov ministrstvu, pristojnemu za okolje, ter tehnične pogoje za izvajanje in razloge za odvzem pooblastila za izvajanje obratovalnega monitoringa (Pravilnik ..., 2011).

2.3.1.4 Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo

Uredba določa mejne vrednosti emisij, ki nastanejo pri odvajanju komunalnih, industrijskih in padavinskih odpadnih voda, mejne vrednosti učinka čiščenja in ukrepe povezane z obratovanjem in načrtovanjem (Uredba o emisiji ..., 2012).

2.3.1.5 Uredba o stanju površinskih voda

Uredba določa merila za ugotavljanje stanja površinskih voda, okoljske standarde kakovosti za ugotavljanje kemijskega stanja ter merila in okoljske standarde kakovosti za ugotavljanje ekološkega stanja površinskih voda. Določa tudi vrste monitoringa stanja površinskih voda (Uredba o stanju ..., 2009).

2.3.1.6 Uredba o odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih voda

Uredba ureja emisijo snovi pri odvajanju odpadnih voda iz komunalnih in malih komunalnih čistilnih naprav, vsebino operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda. Določa tudi merila občutljivosti vodnih teles površinskih voda, mejne vrednosti emisije snovi, ukrepe zmanjševanja emisije snovi pri odvajanju komunalnih odpadnih voda in monitoring stanja vodnih teles, v katera se odvajajo komunalne odpadne vode (Uredba o odvajanju ..., 2015).

2.3.1.7 Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla

Uredba določa mejne vrednosti (za vse vrste tal na območju Slovenije) letnega vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla, stopnje zmanjšanja vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla ter druge ukrepe v zvezi z vnosom snovi v tla pri namakanju, z namenom zmanjšanja oziroma preprečevanja onesnaženja voda, katerega povzročajo nitrati iz kmetijskih virov (Uredba o mejnih ..., 2005). Ta uredba določa tudi mejne vrednosti vode za namakanje rastlin, ki so predstavljene v preglednici 5.

Preglednica 5: Mejne vrednosti parametrov vode za namakanje (Uredba o mejnih ..., 2005)

Parameter vode za namakanje	Mejna vrednost
temperatura	35°C
vsebnost suspendiranih snovi	100 mg/l
vsebnost raztopljenih snovi	2000 mg/l
elektroprevodnost	2000 µS/cm
Nitrati (NO ₃ -N) ^a	10 mg/l
natrij (Na)	70 mg/l
kloridi (Cl)	100 mg/l
Mikrobiološka lastnost vode za namakanje	
Namakanje rastlin, katerih deli se uživajo surovi ali prekuhani ^b	1000 skupnih koliformnih bakterij MNP/1
Namakanje rastlin za predelavo	200.000 skupnih koliformnih bakterij MNP/1

^a Pri večjih vrednostih od mejne, je v gnojilni bilanci potrebno upoštevati njihovo vsebnost

^b Razen pri kapljičnem namakanju

2.4 ČIŠČENJE ODPADNIH VODA

Pred začetkom čiščenja odpadnih voda moramo poznati njen izvor oziroma tehnologijo, kjer je nastala.

V praksi je poznanih več stopenj čiščenja odpadnih voda. Najmanj učinkovito in tudi najbolj enostavno je mehansko čiščenje odpadnih voda. Sledi dezinfekcija, pri kateri se najpogosteje uporablja kloriranje odpadnih voda. Učinkovitost in uspešnost dezinfekcije odpadnih voda s kloriranjem je pogojena s temperaturo vode, vsebnostjo klora, pH-jem, z vsebnostjo različnih snovi in stopnjo raztapljanja. Z uspešnim postopkom kloriranja zmanjšamo delovanje fekalnih koliformnih bakterij ter različnih vrst virusov.

Učinkovitejša metoda kot kloriranje je čiščenje z ultravijoličnim sevanjem (UV), predvsem pri eliminaciji virusov in bakterij. Ta metoda nima stranskih produktov, je enostavna in cenovno ugodna (Lazarova in Savoye, 2004; Lazarova in Bahri, 2005).

2.5 NAMAKANJE Z UPORABO PREČIŠČENE ODPADNE VODE

2.5.1 Površinsko prelivanje

Ta oblika namakanja je najbolj razširjena v nerazvitem svetu, saj je cenovno najugodnejša in enostavna, predstavlja pa veliko tveganje za zdravje. Potencialna možnosti okužbe s patogenimi organizmi in toksičnimi elementi je nevarna tako za rastline kot tudi za delavce na tako namakanih površinah. Nekoliko manjše tveganje za okužbe in s tem nevarnosti za zdravje predstavlja namakanje v brazde, kjer pride samo do omočenosti korenin (Lazarova in Bahri, 2005).

2.5.2 Namakanje s kapljičnim sistemom

Najpomembnejša prednost kapljičnega namakanja je v tem, da se lahko uporabi na katerem koli tipu in reliefu tal brez predhodne priprave tal, in kjer je povišana slanost odpadnih voda. Metoda omogoča najintenzivnejšo rastlinsko pridelavo, saj omogoča, da rastlini dodamo toliko vode in gnojil, kot so dejansko potrebna. Namakanje na ta način je zelo varno, saj ne pride do omočenja listne površine in s tem onesnaženja pridelka, kar posledično ne predstavlja nevarnosti za zdravje. Namakanje poteka le na območju rasti rastlin po ceveh, na katerih so luknjice, medvrstni prostori pa ostanejo suhi. Primerno je predvsem za območja, kjer je večja verjetnost suše, večja vsebnost soli v vodi, namenjeni namakanju, in kjer je delovna sila dražja (Lazarova in Bahri, 2005). Slabost kapljičnega sistema je v pogostem mašenju sistema (Pedrero in sod., 2010).

2.5.3 Namakanje z razprševanjem

Pri načinu namakanja z razprševanjem poznamo klasične razpršilce in mikro razpršilce. Pri klasičnih razpršilcih se uporabljajo višji tlaki kot pri mikro razpršilcih, vendar so kljub nižjemu tlaku izgube pri mikro razpršilcih večje. Klasični razpršilci so primerni za namakanje na plitkem heterogenem talnem profilu z večjo nevarnostjo erozije, pri tem pa je potrebno upoštevati možen vpliv vetra, ki bi odpadno prečiščeno vodo lahko zanesel na

urbana naselja in s tem na ljudi. Mikro razpršilna metoda namakanja je zelo primerna za namakanje dreves s prečiščeno odpadno vodo, saj ne predstavlja večjega tveganja za zdravje, slabost te metode pa je izguba z izhlapevanjem in omočenost nadzemnega dela rastline, ki ga lahko poškoduje povišana slanost vode (Lazarova in Bahri, 2005).

Slabost namakanja z razprševanjem je postavitve drage opreme in njeno mašenje (Lazarova in Bahri, 2005, Pedrero in sod., 2010).

2.5.4 Namakanje s podtalnim namakalnim sistemom

Pri podtalnem namakanju poznamo dva načina: kapljično namakanje, kjer uporabimo za zagotavljanje vlažnosti tal perforirane ali porozne cevi, ki se nahajajo 10-50 cm pod površjem v coni korenin, in podtalno namakanje s prosto gladino, kjer talni profil vlažimo od spodaj in v večji globini potrebujemo nepropusten sloj (Pintar in Knapič, 2001). Ta metoda ima največjo prednost v tem, da pridelovalci in rastlina nimata neposrednega stika s prečiščeno odpadno vodo (Lazarova in Bahri, 2005).

2.6 NAJPOMEMBNEJŠA DEJAVNIKA Z VPLIVOM NA MOŽNOSTI NAMAKANJA S PREČIŠČENO VODO

2.6.1 Vnos soli

Vsebnost soli v vodi za namakanje je najpomembnejši parameter, ki ga je potrebno upoštevati pri izbiri primernih kmetijskih rastlin, ki bodo namakane. Različne vrste rastlin imajo tudi različno stopnjo tolerance na vsebnost soli v tleh, zato jih lahko delimo na tolerantne, srednje tolerantne, srednje občutljive in občutljive. Predstavljene so v prilogi B. Na toleranco rastlin vplivajo tudi podnebne razmere, vrsta tal, drenaža v območju korenin in način namakanja (Joshua and Evans, 2014). Na vsebnost soli se rastline odzivajo različno zaradi ozmotskega tlaka, ki ga tudi različno uravnavajo. Rastline sprejemajo soli v območju korenin, kjer je potrebno izvajati tudi meritve vsebnosti soli. Količina soli v tleh je posledično odvisna od količine soli v vodi, namenjeni namakanju. $SDS > 4\text{g/l}$ oz. $EC_w > 6\text{ dS/m}$ so vrednosti, ki lahko povzročijo nepravilnosti pri namakalni tehnologiji (Westcot, 1997).

2.6.2 Vnos hranil

Vsebnosti hranil v prečiščeni odpadni vodi nihajo, zato je potrebno upoštevati vsebnost organskih in mineralnih snovi ter talno strukturo in ne samo kemijsko analizo vode za namakanje. Številne raziskave so pokazale, da s prečiščeno komunalno odpadno vodo za namakanje v višini 100 mm zagotovimo na ha 2-69 kg kalija, 4-24 kg fosforja, 8-208 kg kalcija, 9-110 kg magnezija, 16-62 skupnega dušika in 27-182 kg natrija (Ayers in Westcot, 1992).

3 MATERIALI IN METODE

Pri diplomskem delu smo uporabili razpoložljivo mednarodno in slovensko strokovno literaturo, podatke monitoringa in letnega poročila o delovanju Centralne čistilne naprave Kranj-Zarica za leto 2014, katere smo pridobili na podlagi pisne prošnje. Poročilo ni javno dostopno.

Pregledali smo predpise v Sloveniji, da bi ugotovili, v kolikšni meri ti določajo mejne vrednosti parametrov vode za namakanje. Mejne vrednosti parametrov vode za namakanje smo primerjali z mednarodnimi standardi. Pregledali smo slovensko in tujo strokovno literaturo, ki govori o uporabi prečiščene odpadne vode. Podatke CČN Kranj – Zarica smo analizirali glede na ustrezno zmanjšanje KPK, BPK kot tudi delež čiščenja dušika in fosforja. Da bi ugotovili naklonjenost/ozaveščenost ljudi o uporabi prečiščene odpadne vode, smo v letošnjem aprilu izvedli anketo (Priloga C) med lastniki kmetijskih zemljišč. Odgovore smo pridobili od desetih lastnikov kmetijskih zemljišč, trinajst pa jih je anketo zavrnilo.

3.1 CENTRALNA ČISTILNA NAPRAVA KRANJ-ZARICA

Upravljalci čistilnih in industrijskih naprav so vsako leto dolžni izvajati monitoring in te rezultate sporočati ARSO. Izvzete so tiste komunalne čistilne naprave, katerih PE (populacijska enota) zmogljivost je manjša od 2.000. Nadzor obratovanja CČN Kranj-Zarica poteka s pomočjo informacijskega sistema. Ustreznost očiščene vode se ugotavlja s pomočjo merilnikov na iztoku in analiz v internem laboratoriju upravne stavbe CČN Kranj-Zarica ter v okviru obratovalnega monitoringa odpadnih voda, ki ga dvakrat mesečno izvaja akreditirana ustanova-Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano.

CČN Kranj-Zarica predstavlja enostopenjsko mehansko biološko čistilno napravo velikosti 100.000 PE, dejanska obremenitev znaša med 50.000 in 90.000 PE.

Lokacijsko dovoljenje za izgradnjo CČN Kranj-Zarica je bilo pridobljeno leta 1983, prvo obratovanje pa je zabeleženo v letu 1986.

Na CČN se čisti komunalna, industrijska (tehnološka) in padavinska odpadna voda, kar pomeni, da delež obremenitve CČN, ki jo povzroča industrijska odpadna voda, presega 50 %, merjeno s kemijsko potrebo po kisiku (Uredba o emisiji ..., 2007).

Na CČN Kranj (Zarica) imajo na iztočnih kanalih možnost vgradnje UV dezinfekcije, v kolikor se bo pokazala potreba po takšni vrsti dezinfekcije.

3.2.1 Količina odpadnih voda

Povprečni mesečni dotok na CČN Zarica v letu 2014 je znašal 429.585 m³, povprečni dnevni pa 14.199 m³. Meritve so potekale vse dni v letu 2014. V sušnem obdobju je bil minimalni dnevni pretok 6.500 m³ vode/dan, v deževnem obdobju pa je bil maksimalen pretok 58.440 m³ vode/dan. Skupni dotok odpadnih voda v letu 2014 je znašal 5.155.020 m³. V skupni dotok so zajete tako gospodinjске in industrijske odplake kot tudi meteorne vode.

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI ANALIZ CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE KRANJ-ZARICA

Čistilna naprava daje podatke o deležu čiščenja KPK (slika 1), deležu čiščenja BPK₅ (slika 2), čiščenju celotnega fosforja - P (slika 3), celokupnega dušika – N (slika 4), neraztopljenih snovi (slika 5) in raztopljenih snovi (slika 6). Uredba (Uredba o emisiji...,2012) določa kakovost prečiščene vode pri odvajanju v vodotoke. Pri izvajanju sekundarnega čiščenja je določeno 80% zmanjšanje KPK pri terciarnem pa 90% zmanjšanje KPK, 80% zmanjšanje fosforja in 70% zmanjšanje dušika.

Iz slike 1 je razviden dober učinek čiščenja KPK, kar pa nima pomembne vloge pri uporabi prečiščene odpadne vode za namakanje, kot je nima tudi BPK, katerega učinek čiščenja je prav tako dober in razviden iz slike 2., zato teh dveh parametrov v nadaljevanju ne bomo več preverjali.

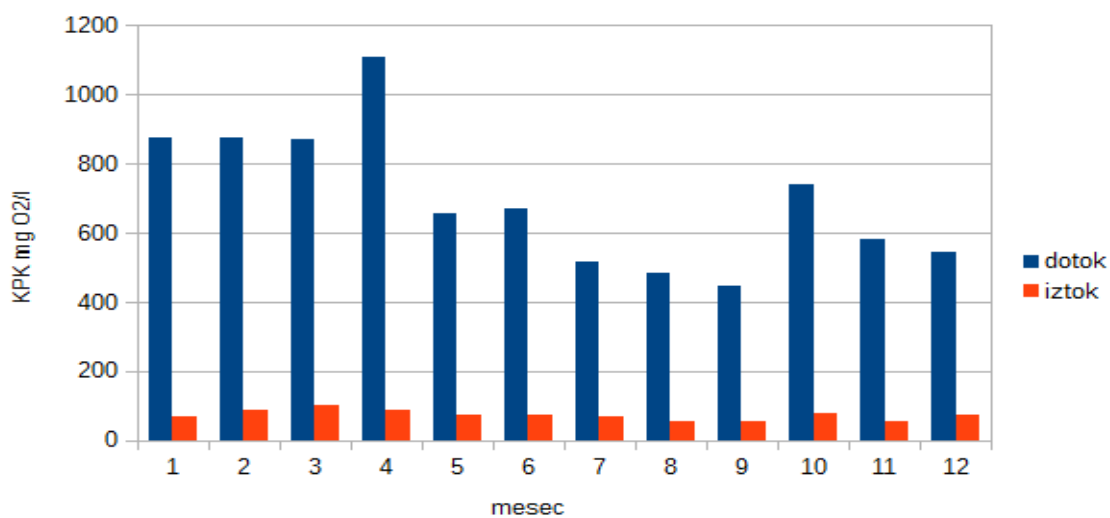
Povprečna vsebnost nitratnega dušika (NO₃-N) v odpadni prečiščeni vodi iz CCN v letu 2014 je znašala 12,95 mg/l, in presega mejno vrednost 10 mg/l (Uredba o mejnih..., 2005), kar je potrebno upoštevati v gnojilni bilanci, povprečna vsebnost amonija (NH₄-N) pa je znašala 14,31 mg/l.

V času vegetacijske dobe v letu 2014 (od maja do avgusta) je učinek čiščenja celokupnega dušika različen. V mesecu maju in juniju (približno 40 mg N/l) je slabši kot v mesecu juliju in avgustu (približno 20 mg N/l). V mesecih od septembra do januarja je učinek čiščenja skoraj enak, od februarja do aprila pa je spet slabši, kar je razvidno iz slike 3.

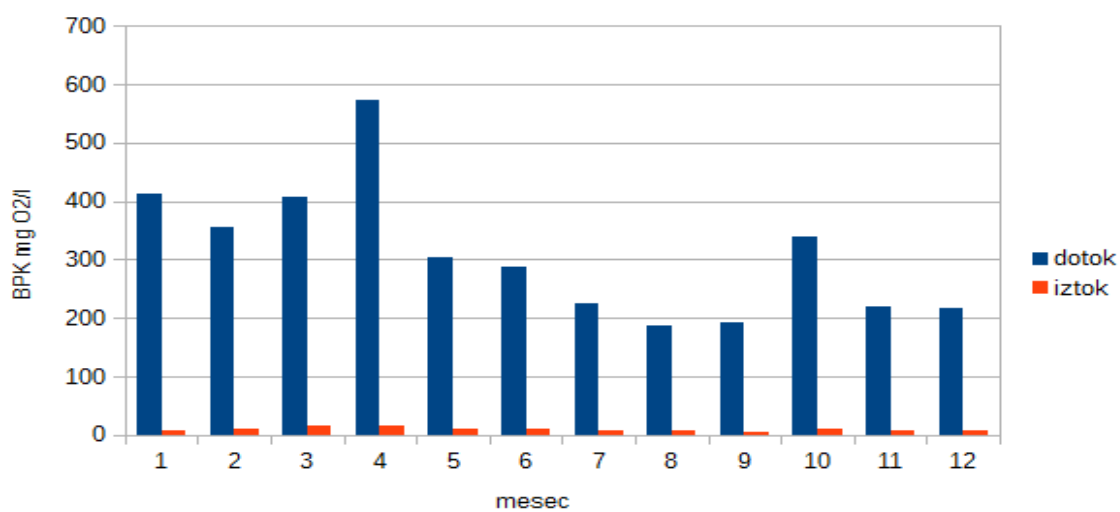
Povprečna vsebnost skupnega fosforja v odpadni prečiščeni vodi iz CCN v letu 2014 je znašala 4 mg/l, kar tudi presega mejno vrednost 2 mg/l (Uredba o mejnih..., 2005) in je potrebno upoštevati v gnojilni bilanci. V času vegetacijske dobe v letu 2014 (od maja do avgusta) je učinek čiščenja po mesecih podoben, razen v mesecu maju, ko je nekoliko boljši. V mesecih izven vegetacijske dobe je bil učinek čiščenja najboljši v mesecih november, december in april. Najslabši je bil učinek čiščenja v mesecu oktobru, kar je razvidno iz slike 4.

Učinek čiščenja neraztopljenih snovi je bil dober čez celo leto 2014, v času vegetacijske dobe je bil najslabši v mesecu avgustu. To pa je tudi najslabši učinek čiščenja v celem letu (slika 5).

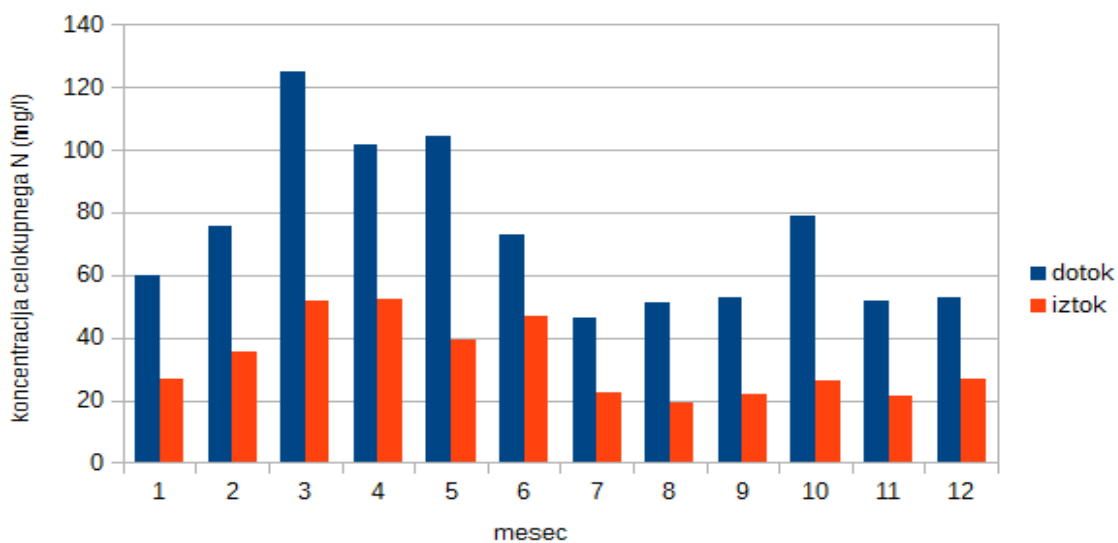
Slabši je bil učinek čiščenja raztopljenih snovi v letu 2014. V času rastne dobe je vsebnost raztopljenih snovi skoraj enaka pred in po čiščenju. Izven vegetacijske dobe je največji učinek čiščenja v mesecu januarju, ko je tudi najboljši učinek čiščenja v celem letu 2014 (slika 6).



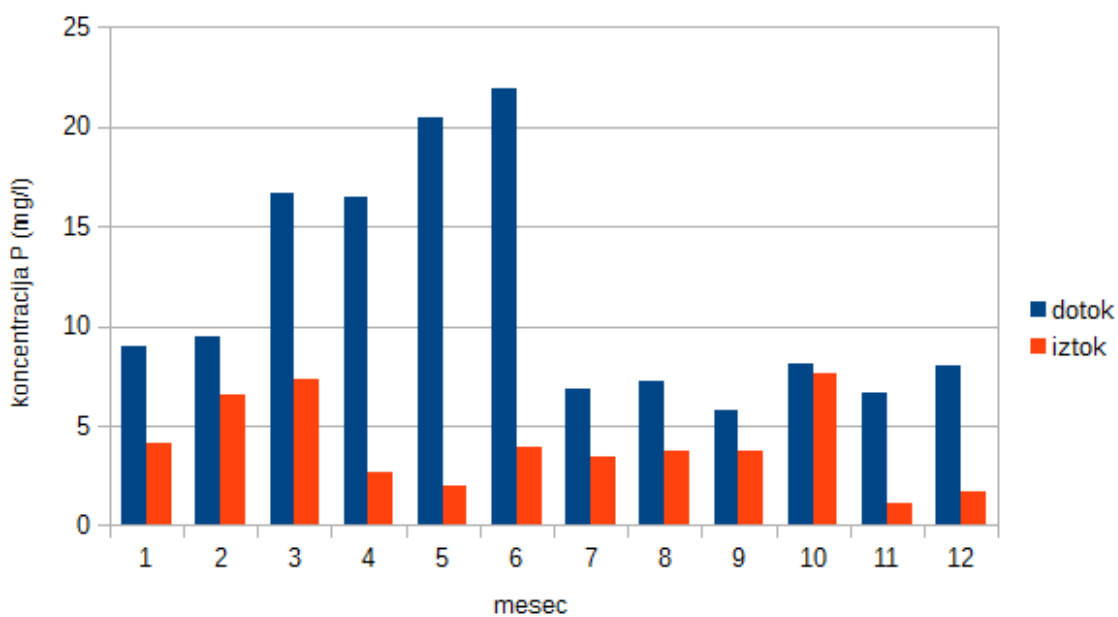
Slika 1 :Primerjava KPK (kemična potreba po kisiku) na dotoku in iztoku CČN Kranj- Zarica v letu 2014 (učinek čiščenja je 91,5 %)



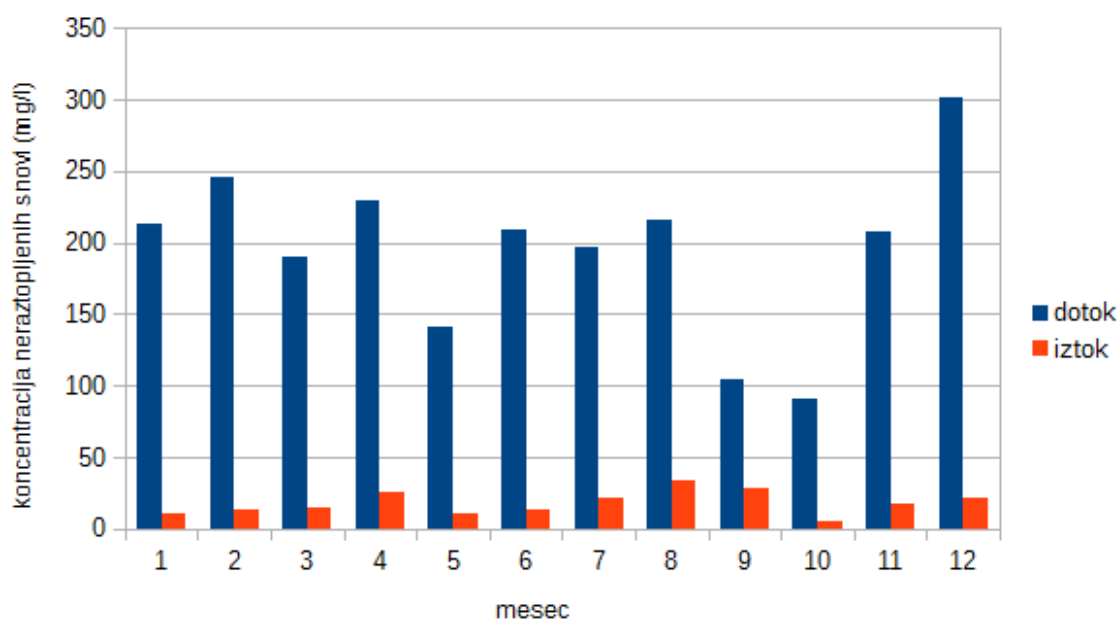
Slika 2: Primerjava BPK na dotoku in iztoku na CČN Kranj-Zarica v letu 2014 (učinek čiščenja je 95,8 %)



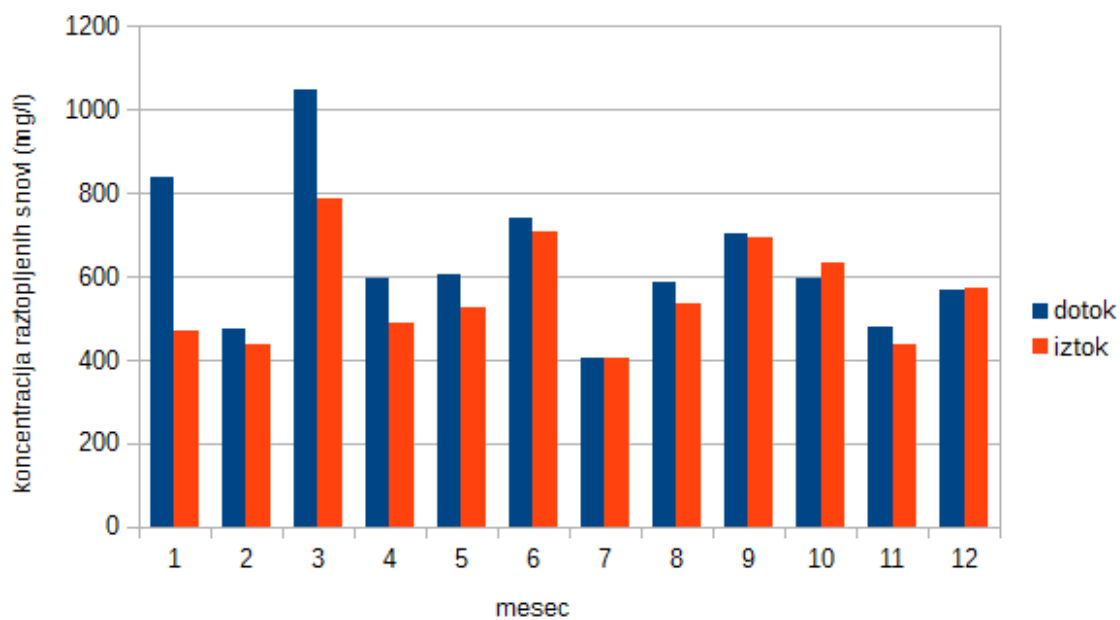
Slika 3: Povprečna mesečna koncentracija celokupnega dušika N (mg/l) na dotoku in iztoku CČN Kranj-Zarica v letu 2014 (učinek čiščenja je povprečno 52,8 %).



Slika 4: Povprečna mesečna koncentracija P (mg/l) na dotoku in iztoku CČN Zarica v letu 2014 (učinek čiščenja je 63,2 %).



Slika 5: Povprečna mesečna koncentracija neraztopljenih snovi (mg/l) na dotoku in iztoku CCN Kranj – Zarica



Slika 6: Povprečna mesečna koncentracija raztopljenih snovi (mg/l) na dotoku in iztoku iz CCN Kranj – Zarica.

4.2 REZULTATI ANKETE

Anketo, katere rezultati sledijo v nadaljevanju, smo izvajali po telefonu aprila 2016 v vaseh Drulovka, Breg ob Savi in Zg. Bitnje. Poklicali smo vseh triindvajset anketirancev, ki živijo v zgoraj omenjenih naseljih in so lastniki kmetijskih gospodarstev.

Zaradi nenaklonjenosti telefonskemu anketiranju, kot tudi nezanimanju za zastavljeno anketo, smo pridobili odgovore samo od desetih lastnikov kmetijskih gospodarstev, trinajst pa jih je sodelovanje zavrnilo.

Na vprašanje, koliko ljudi po njihovem mnenju v njihovem okolju ceni pitno vodo, sta dva anketiranca mnenja, da je ne cenijo, štirje anketiranci so mnenja, da je niti ne cenijo niti cenijo, trije pa so menili, da jo cenijo.

Na vprašanje, koliko ha obdelovalnih površin imajo na kmetiji, sta dva odgovorila da med 1 in 3 ha, štirje med 3 in 5 ha, štirje več kot 5 ha obdelovalnih površin.

Na vprašanje, ali svoje obdelovalne površine namakajo, so vsi vprašani odgovorili nikalno. Ker so vsi vprašani odgovorili nikalno, sta naslednji dve vprašanji brezpredmetni.

Na vprašanje, ali poznate CČN Kranj-Zarica, jih je devet odgovorilo pritrdilno, eden pa nikalno.

Na vprašanje o mnenju, ali je vodo iz CČN Kranj-Zarica možno uporabiti za namakanje, jih je sedem odgovorilo pritrdilno, trije pa nikalno.

Vprašanje, ali bi koristili vodo iz CČN Kranj-Zarica za namakanje svojih obdelovalnih površin, so vsi anketiranci odgovorili nikalno.

Vprašanje, ali imate možnost skladiščenja vode v času, ko namakanje ni potrebno, so vsi odgovorili nikalno.

5 RAZPRAVA IN SKLEP

5.1 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo se osredotočila na ustreznost vode iz CČN Kranj-Zarica za namakanje.

Naši predpisi določajo mejne koncentracije težkih kovin, ki morajo zagotoviti dobro kemijsko stanje površinskih voda in vrednosti parametrov kakovosti vode, namenjene namakanju. Izvajanja monitoringa natrija naša zakonodaja ne določa. Te meritve bi bile potrebne, saj natrij v previsokih koncentracijah ruši strukturo tal in razmerje do drugih elementov. V celoti ni možno potrditi, da je kakovost vode iz CČN Kranj-Zarica primerna za namakanje, ravno zaradi neizvajanje monitoringa za to potrebnih parametrov.

Glede na majhen delež organskega onesnaženja (gumarska, elektro, in propadajoča tekstilna industrija) je učinek čiščenja visok.

Učinek čiščenja KPK in BPK je visok in v okviru dovoljenega, kar pa ni pomembno pri uporabi prečiščene odpadne vode za namakanje.

Neraztopljene snovi se odstranijo do 90,8 %. Slabši je učinek odstranjevanja raztopljenih snovi, ker naprava ni projektirana za eliminacijo teh snovi brez dodatnega čiščenja, je pa vsebnost raztopljenih snovi pod zakonsko določenimi. Usedljive snovi se odstranijo do 100 % (Poročilo ..., 2014).

Rezultati analiz kažejo, da čistilna naprava ni najbolj učinkovita pri odstranjevanju dušikovih spojin, saj še nima tehnologije za denitrifikacijo in so zato vrednosti nitratov zelo visoke (povp. vrednost je 14,09 mg/l), kar pa je potrebno upoštevati v gnojilni bilanci, saj presega mejno vrednost 10 mg/l (Uredba o mejnih vrednosti ..., 2005). Čistilna naprava ne izvaja mikrobiološkega čiščenja, kar pa ni ugodno zaradi možnih patogenih organizmov, ki bi se v primeru uporabe takšne vode za namakanje lahko prenesli z rastlin na uporabnika.

Pri možnosti uporabe vode iz čistilne naprave z namenom namakanja moramo upoštevati heterogenost tal in specifikacije območja, za katerega bi uporabili prečiščeno vodo (WHO, 2006). Kadar prevladujejo bazična tla, moramo biti pozorni na vsebnost karbonatnega in bikarbonatnega iona, saj lahko spremeni SAR vrednost v tleh (Pintar in Knapič, 2001). Kjer se nahajajo območja z bolj kislim pH, je pri sprejemu različnih hranil potrebno upoštevati spremenjene pogoje.

Glede na minimalni dnevni pretok 6.500 m³/dan smo s pomočjo hidromodula za namakanje, ki za območje osrednje Slovenije znaša od 0,56 l/s/ha (Cvejić in sod., 2012) izračunali, da bi lahko namakali približno 134 ha.

Potrebno bi bilo tudi razmisliti o možnostih akumulacije prečiščene vode (zdaj je izpust prečiščene vode v reko Savo), saj bi se lahko recimo uporabila tudi pri gašenju požarov glede na to, da se CČN Kranj-Zarica nahaja dokaj blizu velikih industrijskih objektov (Sava, Iskra, Hidria, Petrol, ipd.). Akumulacija prečiščene odpadne vode je lahko kratkotrajna (nap. en dan) ali pa dolgotrajna (npr. čez zimo). Težave, katere se lahko

pojavi pri skladiščenju takšne vode (predvsem pri dolgotrajnem skladiščenju) so neprijeten vonj, sprememba barve vode in razrast bakterij (Lazarova in Bahri, 2005).

K ugotovitvam spadajo tudi potrebe po ustrezni spremembi gnojilnega načrta v primeru uporabe takšne vode, saj je potrebno upoštevati koncentracije dušika, fosforja in preostalih mikroelementov v normah gnojenja. Z upoštevanjem neto namakalne norme (m^3/leto) za osrednjo Slovenijo za srednja tla (ne lahka in ne težka), smo za koruzo in krompir izračunali vsebnost nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) in fosforja (P) v odpadni prečiščeni vodi iz CCN Kranj-Zarica v času vegetacijske dobe rastlin (od maja do avgusta) za leto 2014.

Povprečna vsebnost nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) v vegetacijski dobi v prečiščeni odpadni vodi iz CCN Kranj-Zarica znaša 12,95 mg/l, maksimalna neto namakalna norma za koruzo znaša 2047 m^3 povprečna pa 555 m^3 (Pintar in sod.,1998) iz česar smo izračunali, da prečiščena odpadna voda pri maksimalni normi namakanja za koruzo vsebuje 26,5 kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}$, pri povprečni normi namakanja pa 7,2 kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}$. Letna gnojilna norma N za srednji pridelek koruze znaša 90 – 140 kg/ha (Mihelič in sod., 2010).

Povprečna vsebnost P v vegetacijski dobi 2014 v prečiščeni odpadni vodi znaša 3,28 mg/l, iz česar smo izračunali, da prečiščena odpadna voda pri maksimalni normi namakanja za koruzo vsebuje 15,34 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$, pri povprečni normi namakanja pa 4,12 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$. Letna gnojilna norma P za srednji pridelek koruze je 63 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ (Mihelič in sod., 2010).

Maksimalna neto namakalna norma za krompir znaša 1710 m^3 povprečna pa 370 m^3 (Pintar in sod.,1998) iz česar smo izračunali, da prečiščena odpadna voda pri maksimalni normi namakanja za krompir vsebuje 22,2 kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}$, pri povprečni pa 4,8 kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}$. Letna gnojilna norma N za srednji pridelek krompirja znaša 100 – 140 kg/ha (Mihelič in sod., 2010).

Prečiščena odpadna voda pri maksimalni normi namakanja za krompir vsebuje 12,82 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$, pri povprečni pa 2,75 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$. Letni mejni vnos P za srednji pridelek krompirja znaša 42 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ (Mihelič in sod., 2010).

Na iztoku iz CCN se vrednosti dušika (N) in fosforja (P) spremljajo dnevno, meritve vsebnosti drugih mikrohranil v odpadni vodi pa se izvajajo enkrat letno. Mejni letni vnos dušika (N) na vodovarstvenih območjih znaša 150 kg/ha, fosforja (P_2O_5) z živalskimi gnojili pa 120 kg/ha, v kolikor ni drugih omejitev vnosa hranil v tla (Uredba o mejnih vrednostih vnosa..., 2005). Založenost tal, tip tal, razvojna faza, vrsta rastlin in vremenske razmere vplivajo na dejanske dovoljene koncentracije fosforja in dušika v vodi za namakanje. Voda iz CCN po parametru P in N na iztoku presega mejne vrednosti (povprečna letna koncentracija fosforja 4 mg/l in povprečna letna koncentracija nitratnega dušika 14,09 mg/l) (Poročilo ..., 2014).

5.2 SKLEP

Sklenemo lahko, da naši predpisi sledijo mednarodnim predpisom. Iz letnega poročila CČN Kranj-Zarica 2014 ni razvidnega preverjanja vseh parametrov, pomembnih za namakanje. Meritve potekajo dvakrat mesečno, kar je pomembno v primeru uporabe vode za namakanje.

Iz podatkov poročila CČN Kranj-Zarica je razvidno, da se je v letu 2014 prečistilo 5.155.020 m³ odpadnih voda, kar bi bilo dovolj za namakanje okoliških kmetijskih površin (155 ha). Z gotovostjo ne moremo trditi, da je voda primerna za namakanje, saj ni znane koncentracije natrija, mikrobiološke neoporečnosti, elektroprevodnosti vode.

Podatki o količini prečiščene vode, ki bi jo bilo možno uporabiti za namakanje niso prosto dostopni.

Pri preverjanju interesa lastnikov kmetijskih gospodarstev, katerih kmetijska zemljišča se nahajajo dokaj blizu CČN Kranj-Zarica, smo naleteli na slab odziv. Imajo namreč veliko pomislekov o uporabi prečiščene odpadne vode, saj so mnenja, da bi na/v rastline in tla vnesli škodljive snovi in organizme.

6 POVZETEK

Povečanje potreb po vodi in zmanjšanje svežih vodnih virov zahteva preudarno in učinkovito rabo vode. Namen diplomskega dela je ugotoviti primernost vode za namakanje iz Centralne čistilne naprave (CCN) Kranj-Zarica.

Naša delovna hipoteza je temeljila na predpostavki, da je voda iz Centralne čistilne naprave (CCN) Kranj-Zarica primerna za namakanje in lahko predstavlja vodni vir za namakanje.

Pri diplomskem delu smo obravnavali slovensko, tujo strokovno literaturo in podatke letnega poročila o delovanju Centralne čistilne naprave Kranj-Zarica 2014. Pregledali smo pomembne parametre pri uporabi prečiščene odpadne vode. Analizirali smo podatke Centralne čistilne naprave glede na stopnjo čiščenja in ustrezno zmanjšanje P, N, KPK, BPK₅. Opravili smo anketo med lastniki kmetijskih gospodarstev.

Ugotovili smo, da slovenski predpisi sledijo mednarodnim predpisom s področja čiščenja odpadnih voda. Pri monitoringu CCN, ki se ne izvaja večkrat v rastni dobi, kar bi bilo nujno potrebno, če bi prečiščeno odpadno vodo želeli uporabiti za namakanje, ne preverjajo vseh parametrov pomembnih za namakanje, npr. natrija. Podatki omogočajo ugotavljanje uspešnosti čiščenja fosforja, dušika, kemijske in biološke potrebe po kisiku, ne pa tudi mikrobiološke ustreznosti prečiščene vode. Zaradi nepoznavanja koncentracij nevarnih snovi ne moremo trditi, da je voda za namakanje primerna oz. varna.

Če bi želeli prečiščeno odpadno vodo uporabiti za namakanje, bi bilo nujno najprej preveriti tip tal in primernost kulturne rastline kot tudi vremenske razmere območja. V gnojilni bilanci bi morali upoštevati povečane vrednosti fosforja in dušika. Voda iz CCN ni prosto dostopna in je del vodne bilance vodotoka reke Save. Z uporabo odpadne prečiščene vode bi rastlinam zagotovili preskrbo z vodo v času suše.

Lastniki kmetijskih gospodarstev imajo pomisleke do uporabe prečiščene odpadne vode kljub temu, da so seznanjeni z dejstvi, kako pomembni so alternativni vodni viri.

7 VIRI

- Angelakis A. N., Bontoux L., Lazarova V. 2002. Main challenges for water recycling and reuse in EU countries. V: IWA Regional Symposium on water recycling in Mediterranean region. Greece, 26-29 september 2002 : 71-80
library.certh.gr/libfiles/PDF/GEN-PAPYR-5834-MAIN-CHALLENGES-by-ANGELAKIS-in-IWA-RSWRMR-HERAKELIO-CRE-SEP-26-29-V-1-PP-71-80-Y-2002.pdf (17.4.2016)
- Angelakis A. N., Gikas P. 2014. Water reuse: overview of current practices and trend in the world with emphasis on EU states. *Water Utility Journal*, 8: 67-78
http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36076022/ANGELAKIS___GIKAS_S_WUJ_2014_08_07.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1472737810&Signature=qIZwYrdWetUSJ%2Fvwiy3LCKneMiw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DWater_Reuse_Overview_of_current_practice.pdf (18.4.2016)
- Ayers R. S., Wesctcot D.W. 1992. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper, 19. Rome, FAO: 98 str.
- Cvejić R., Tratnik M., Meljo J., Bizjak A., Prešeren T., Kompare K., Steinman F., Mezga K., Urbanc J., Pintar M. 2012. Trajno varovana kmetijska zemljišča in bližina vodnih virov, primernih za namakanje. *Geodetski vestnik*, 56, 2: 308-324
- Grant S. B., Saphores J. D., Feldman D. L., Hamilton A. J., Fletcher T. D., Cook P. L. M., Stewardson B. F., Levin L. A., Ambrose R. F., Deletic A., Brown R., Jiang S. C., Rosso D., Cooper W. J., Marusic I. 2012. Taking the waste out of wastewater for human water security and ecosystem sustainability, *science*, 337: 681-686
<http://science.sciencemag.org/content/337/6095/681>
- Joshua E., Evans L. 2014. Salinity tolerance in irrigated crops, *Agriculture NSW Water Unit. Department of Primary Industries*, 1345: 1-5
http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/523643/Salinity-tolerance-in-irrigated-crops.pdf
- Kulkarni S. J. 2014. Recycle and reuse of water – A Review, *International Journal of Research (IJR)*, 1,11: 802-805
- Lazarova V., Bahri A. 2005. Water reuse for irrigation; griculture, landscapes, and turf grass. Boca Raton, CRS Press: 408 str.
- Lazarova V., Savoye Ph. 2004. Technical and sanitary aspects of wastewater disinfection by UV radiation for landscape irrigation. *2004 Water Science & Technology* 50 (2). 203-209
<http://wst.iwaponline.com/content/50/2/203> (10.5.2016)

- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana 2010, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Pedrero F., Kalavrouziotis I., Alarcon J. J., Koukoulakis P., Asano T. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture - Review of some practices in Spain and Greece; *Agricultural Water Management*, 97: 1233-1241
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377410001009> (18.4.2016)
- Pescod M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Rim, FAO Irrigation and Drainage Paper 47
<http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e00.htm> (20.4.2016)
- Poročilo o delovanju Centralne čistilne naprave Kranj za leto 2014. 2015. Kranj, Čistilna naprava Kranj-Zarica (interno gradivo)
- Pintar M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ljubljana 2006, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 56 str.
- Pintar M., Burja D., Smolar N., Pogačnik Z. 1998. Določitev izhodiščnih parametrov za rabo vode za namakanje kmetijskih površin glede na klimo, tla in tipične kulture. Ljubljana, Inštitut za vode RS: 50 str.
- Pintar M., Knapič M. 2001. Nekateri namakalni parametri in obremenitve okolja pri različnih tehnologijah namakanja. V: Simpozij. Trendi v razvoju kmetijske tehnike, Radenci 14-15 jun. 2001. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo; center za agrohidrologijo in urejanje kmetijskih zemljišč: 69-76
<http://www.dkts.si/Izvedeni%20seminarji/Simpozij%202001/NEKATERI%20NAMA%20KALNI%20PARAMETRI%20IN%20OBREMENITVE%20OKOLJA.pdf> (12.5.2016)
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje. 2011. Ur. l. RS, št. 54-2512/11
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju vod v vode in javni kanalizacijo. 2012. Ur. l. RS, št. 64-2582/12
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih voda iz komunalnih čistilnih naprav. 2007. Ur. l. RS, št. 45-2451/07
- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. 2005. Ur. l. RS, št. 84-3646/05
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih voda. 2015. Ur. l. RS, št. 98-3842/15
- Uredba o stanju površinskih voda. 2009 Ur. l. RS, št. 14-1757/09

Zakon o varstvu okolja. 2006. Ur. l. RS, št. 39-1682/06

Zakon o vodah. 2002. Ur. l. RS, št. 67-3237/02

Wescot D.W. 1997. Quality control of wastewater for irrigated crop production, Rome, Water report no.10
<http://www.fao.org/docrep/w5367e/w5367e00.htm> (12.4.2016)

WHO. 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol II: Wastewater use in agriculture. 2006. World Health Organization: 222 str.
<http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e00.htm> (20.4.2016)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, prof. dr. Marini Pintar, za nasvete in ideje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se somentorici, izr. prof. dr. Majdi Černič Istenič, za nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Staršem se zahvaljujem za priganjanje in pomoč.

Zahvaljujem se prijateljici Saši za njen čas, pomoč in spodbudo.

Zahvaljujem se možu in najinim navihancem, Maši, Mihi in Maksu za razumevanje in spodbudo v času pisanja diplomske naloge.

PRILOGA A

Priporočene koncentracije elementov v sledih v vodi za namakanje (Westcot, 1997, cit. po Lazarova in Bahri, 2005)

Element	Maksimalna dopustna koncentracija mg/l ^a		Vpliv elementa na tla in rastlino
	Dolgotrajna uporaba ^b	Manj kot 20 letno namakanje ^c	
Al	5,00	20	Zmanjšuje rodovitnost kislih tal (< 5,5 pH), če je pH > 7,0 se ion absorbira in ni več toksičen
As	0,10	2,0	Toksičen za rastline na širokem območju koncentracije od < 0,05 mg/l za riž do 12 mg/l za sudansko travo.
Be	0,10	0,5	Toksičen za rastline na širokem območju koncentracije od < 0,5 mg/l za nizek fižol do 5 mg/l za kalo.
Cd	0,01	0,05	Toksičen za fižol, peso v koncentracijah nižjih od 0,1 mg/l. Koncentracije so postavljene tako nizko zaradi velike sposobnosti koncentracije v rastlini v koncentracijah škodljivih za človeka.
Cr	0,05	1,00	Splošno ni priznan kot esencialen za rastline. Ostra meja je postavljena zaradi pomanjkanja znanja o njegovem delovanju.
Co	0,20	5,00	Toksičen za paradižnik v koncentracijah 0,1 mg/l v hranilni raztopini. V alkalnih in nevtralnih tleh je neaktiven.
Cu	1,00	5,00	Toksičen za mnoge rastline v območju od 0,1 mg/l do 1,00 mg/l v hranilni raztopini.
F	5,00	15,00	Neaktiven v alkalnih in nevtralnih tleh.
Fe	5,00	20,00	Ni toksičen za rastline v zračnih tleh, vendar lahko prispeva h kislosti tal in s tem k izgubi esencialnega fosforja in molibdena. Namakanje z razpršilci ima za posledico neljube depozit na rastlinah, opremi in okolici.
Li	2,50	-	V tleh molibden, sprejemljiv za mnoge rastline v koncentraciji do 5 mg/l. Toksičen za citruse.
Mn	0,20	10,00	Toksičen za mnoge rastline v koncentraciji nekaj desetink mg/l do nekaj mg/l vendar le v kislih tleh.
Mo	0,01	0,05	Ni toksičen za rastline in živali v normalnih koncentracijah. Lahko je toksičen za živino, krmiljeno s krmo katera je rasla na tleh z visoko vsebnostjo dostopnega molibdena.
Ni	0,20	^d 2,00	Toksičen za rastline v koncentraciji od 0,5-1,0 mg/ml. Alkalna in nevtralna tla zmanjšujejo toksičnost.
Pd	5,00	10,00	V visokih koncentracijah zavira rastlinskih celic.
Se	0,02	0,02	Toksičen za rastline pri nizkih koncentracijah 0,25 mg/l. Toksičen je tudi za živino, če je krma rasla na tleh z relativno visoko vsebnostjo dodanega selena. V zelo nizkih koncentracijah je esencialni element.
Sn	-	-	
Ti	-	-	Rastline jih ne uporabljajo. Specifična toleranca ni znana.
W	-	-	
V	0,10	1,00	Toksičen za mnoge rastline v relativno nizkih koncentracijah.
Zn	2,00	10,00	Toksičen za rastline v različnih koncentracijah. Nižja je v tleh s pH > 6,0 in organskih ali drobno teksturnih tleh

^a Maksimalna koncentracija v skladu z dobro kmetijsko prakso in namakalni normo 10.000 m³/ha/leto.

^b Namakanje primerno za vse tipe tal.

^c Namakanje površin s fino strukturo ter nevtralnimi do rahlo alkalnim pH (6-8,5).

^d Velja le za kislila tla.

PRILOGA B

Toleranca nekaterih kmetijskih rastlin na vsebnost soli v tleh (Joshua and Evans, 2014)

Tolerantne	Srednje tolerantne	Srednje občutljive	Občutljive
ječmen	bučke	brokoli	paprika
sladkorna pesa	pesa	kumare	sladka koruza
oljna repica	figa	paradižnik	solata
pšenična trava	oljka	melona	čebula
žafranika	pšenica	lubenica	jajčevcevec
	proso	špinača	korenje
	sončnica	zelje	fižol
	oves	zelena	redkev
		bob	repa
		krompir	sliva
		sladkorni trs	hruška
		lan	jablana
		koruza	malina
			jagode
			robide
			soja
			oreh

PRILOGA C

Anketna vprašanja

- 1 Koliko po vašem mnenju ljudje v vašem okolju cenijo pitno vodo?
 - 1 zelo cenijo
 - 2 cenijo
 - 3 niti cenijo niti ne cenijo
 - 4 ne cenijo
 - 5 zelo necenijo

2. To vprašanje je odveč, če bodo anketirani le kmetje.2 Ali imate na svoji kmetiji tudi obdelovalne površine?
 - 1 Da
 - 2 Ne
- 3 Koliko hektarjev obdelovalnih površin imate na vaši kmetiji?
 - 1 Manj kot 1 ha
 - 2 Med 1 in 3 ha
 - 3 Med 3 in 5 ha
 - 4 Več kot 5 ha

- 4 Ali svoje obdelovalne površine tudi namakate?
 - 1 Da, vse obdelovalne površine
 - 2 Da, vendar le del obdelovalnih površin
 - 3 Ne

- 5 Od kje dobivate vodo za namakanje?
 - 1 Iz vodotoka
 - 2 Iz podtalnice
 - 3 Iz akumulacije
 - 4 Z zbiranjem deževnice
 - 5 Drugo, navedi: _____

- 6 Ali veste, iz katerih različnih virov je možno pridobiti vodo za namakanje?
Odgovor: ___da; iz podtalnice preko vrtine, reke _____

- 7 Ali poznate čistilno napravo Zarjica?
 - 1 Da
 - 2 Ne

- 8 Ali je po vašem mnenju vodo iz čistilne naprave možno uporabiti za namakanje?
 - 1 Da
 - 2 Ne

- 9 Ali bi vi koristili vodo iz čistilne naprave za namakanje svojih obdelovalnih površin?
 - 1 Da
 - 2 Ne

- 10 Ali imate morda možnost skladiščenja vode v času, ko namakanje ni potrebno?
 - 1 Da
 - 2 Ne