

Geoinformacijska podpora umeščanju rastlinskih čistilnih naprav v občini Črnomelj

IZVLEČEK

Eden od najpomembnejših ukrepov pri ohranjanju čistih in neonesnaženih vodnih virov je čiščenje komunalnih odpadnih voda. Skladno s slovensko zakonodajo bo v pristojnosti občin, da uredijo odvajanje in čiščenje odpadnih voda v naseljih, ki dosegajo predpisane pogoje. V naši raziskavi smo z geoinformacijsko podporo izdelali zemljevid primernosti za umestitev rastlinskih čistilnih naprav na območju občine Črnomelj. V drugem delu vrednotenja smo podrobneje analizirali območja naselij v občini, ki še nimajo urejenega čiščenja komunalnih odpadnih voda.

Ključne besede: geoinformacijska podpora odločanju, večkriterijsko vrednotenje, odpadne vode, rastlinske čistilne naprave, občina Črnomelj, Bela krajina.

ABSTRACT

The geoinformational support of the placement of the wetlands in the municipality of Črnomelj. One of the most important measures in maintaining clean and unpolluted water resources is the wastewater treatment. According to the Slovenian legislation, the municipalities will regulate the collection and treatment of the wastewater in the settlements that meet the prescribed conditions. In our research, we made maps of suitability for the placement of the constructed wetlands in the area of the municipality of Črnomelj, with geoinformational support. In second part of evaluation, we in detail analysed areas of the settlements, which do not have completed wastewater-cleaning plant.

Key words: Geoinformational support of decision-making, multi-criteria evaluation, wastewater, constructed wetlands, municipality of Črnomelj, White Carniola.

Voda je bistvenega pomena za našo družbo in naravno okolje. Zavedanje, da lahko narava sprejme omejene količine človekovih odpadnih snovi, je spodbudilo strožje predpise v Evropski uniji na področju varovanja vodnih virov (Stoerring 2016). Tem sledi tudi slovenska zakonodaja. Občine bodo tako skladno s predpisi in postavljenimi roki morale zagotoviti potrebno čiščenje v določenih naseljih, ki dosegajo predpisane pogoje in so tako opredeljena kot aglomeracije (Zakon o varstvu okolja 2004). Ena od možnih rešitev problematike odpadnih komunalnih voda je čiščenje z rastlinskimi čistilnimi napravami, ki so jih razvili na podlagi posnemanja naravnega čiščenja vode. Tehnika čiščenja se je uveljavila v tujini in domovini. Metoda je učinkovita, hkrati pa ima nekatere prednosti, na podlagi katerih smo se odločili za vrednotenje primernosti zemljišč za umestitev rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim podpovršinskim tokom.

Na izbor primerne lokacije rastlinske čistilne naprave vpliva več različno pomembnih kriterijev. S primernim načrtovanjem umeščanja v prostor lahko prihranimo sredstva, saj nam ni treba dodatno urejati terena, prečrpavati vode ... Za vrednotenje primernih območij smo uporabili geoinformacijska orodja.

Za območje analize smo izbrali občino Črnomelj, ki zadnjih letih čiščenju odpadnih voda namenja večjo pozornost. V sklopu nedavnega projekta, s katerim so večini občanov omogočili dostop do pitne vode, so sredstva namenili tudi za projekte urejanja odvajanja in čiščenja odpadnih voda. Stanje se torej izboljšuje, a bodo v nadaljnjih nekaj letih za ureditev čiščenja komunalne odpadne vode potrebni dodatni napor (Projekt trajnostne oskrbe z vodo ... 2016). Razpršena poselitev znotraj občinskih meja zahteva skrbno in premišljeno načrtovanje izgradnje kanalizacijskega omrežja in čistilnih naprav. Rezultat naše raziskave je predlog za ureditev čiščenja odpadne komunalne vode v občini Črnomelj.



Na začetku raziskave smo postavili delovno hipotezo, da ima vsako naselje v občini, v katerem bo skladno z *Uredbo o odvajanju in čiščenju odpadne vode* (Uradni list RS 98/15) treba urediti ustrezno odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode, primerno lokacijo in je zato rastlinsko čistilno napravo tja smiselno umestiti.

Možnost uporabe rastlinskih čistilnih naprav v občini Črnomelj

Onesnažena voda se lahko prečiščuje v različnih čistilnih napravah. Ena od možnosti je rastlinska čistilna naprava. Gre za umetno jezero ali močvirje, kjer se na naraven in ekološki način čisti odpadne vode ali padavinski odtok. Sestavljajo jo grede s posajenimi močvirskimi rastlinami, ki so v vodi postavljene ena za drugo. Naprava iz odpadne vode odstranjuje organske snovi, spojine dušika, fosforja, težke kovine in druge strupene snovi. Princip čiščenja posnema čiščenje vode v močvirjih (Kaj je rastlinska čistilna naprava 2011; Roš in Panjan 2012).

Avtor besedila in fotografij:

KLEMEN BELIČIČ

Metliška cesta 8, 8340 Črnomelj

E-pošta: klemen.belicic@gmail.com

COBISS 1.04 strokovni članek

Zmogljivost rastlinskih čistilnih naprav je primerna za večino naselij v občini Črnomelj, saj imajo naselja s še neurejenim čiščenjem odpadne vode od 50 do 400 prebivalcev. Uporabljajo se za čiščenje vode s skupno obremenitvijo pod 50 populacijskih ekvivalentov (PE), primerne pa so tudi za poselitvena območja s skupno obremenitvijo do 500 PE in celo več. Na sliki 1 so predstavljene prednosti in slabosti rastlinske čistilne naprave, ki jih je treba upoštevati pred odločitvijo za izbor te vrste čistilne naprave. Med glavnimi prednostmi velja omeniti njihovo cenovno dostopnost, nizko porabo energije (električna energija ni potrebna) in zadovoljivo stopnjo čiščenja. Glavni slabosti sta možnost mašenja in nepredvidljivo delovanje. Rastlinske čistilne naprave za čiščenje

vode iz gospodinjstev so uveljavljene marsikje v Evropi, denimo v Nemčiji, Avstriji, na Češkem, Danskem, Poljskem in drugod. Imamo jih tudi v Sloveniji, tri večje (za čiščenje odpadne vode iz naselij z več kot 50 PE) so tudi v Beli krajini (Vrhovšek 2016; Kadlec s sodelavci 2000).

Poznamo dve vrsti rastlinskih čistilnih naprav. V rastlinski čistilni napravi s površinskim vodnim tokom je voda, ki se čisti, nad substratom. Substrat lahko vsebuje prst, pesek, grušč, gramoz, organski material in podobno. Omogoča filtracijo suspendiranih delcev in patogenih bakterij, sedimentacijo suspendiranih delcev v praznih prostorih substrata ter sorpcijo (vezavo) raztopljenih organskih snovi, dušika, fosforja in kovin. V napravi s podpovršinskim to-

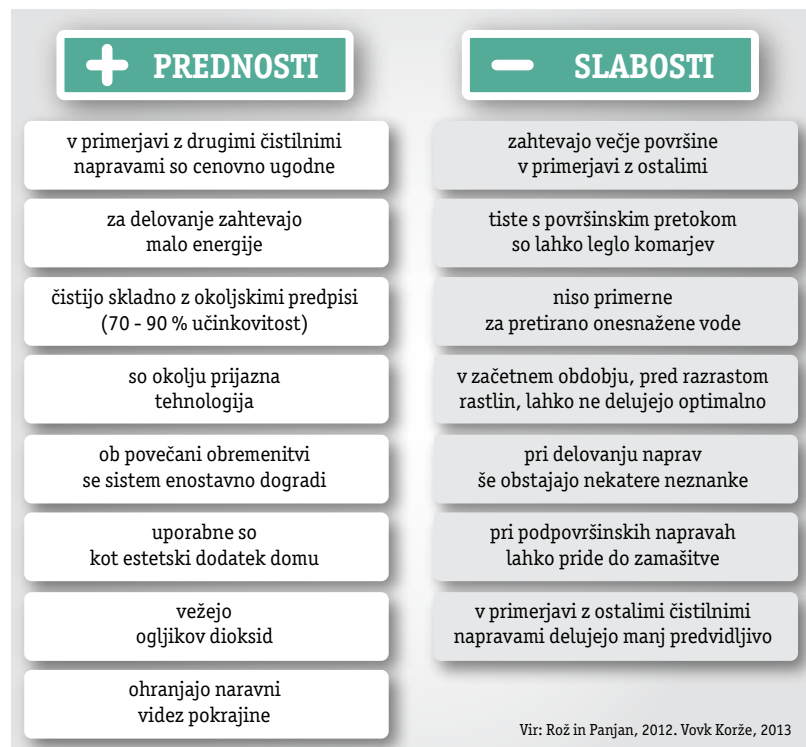
kom pa se voda pretaka skozi porozen substrat. Naprave s podpovršinskim tokom se nadalje delijo na naprave z vodoravnim tokom – odpadna voda teče vzporedno s površino – in vertikalnim odtokom – odpadna voda od zgornje plasti proti dnu teče skozi substrat (Crites s sodelavci 2014).

Ugotovili smo, da so za čiščenje komunalne odpadne vode v občini Črnomelj ustreznejše naprave s podpovršinskim tokom, saj so po mnenju Critesa in sodelavcev (2014, 333) primernejše za čiščenje odpadne vode iz gospodinjstev, kjer je dotok vode konstanten. Poleg tega naprave s površinskim tokom okrnjeno delujejo pozimi, lahko so leglo komarjev in zavzemajo večjo površino na enoto PE (Roš in Panjan 2012). V rastlinskih čistilnih napravah s podpovršinskim tokom je boljši učinek čiščenja na površino naprave, kar omogoča porozni medij z večjo površino, ter manjša možnost, da ljudje pridejo v stik z odpadno vodo.

Stanje na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda v občini Črnomelj

Izvajalec javne službe odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode ter padavinske vode v občini Črnomelj je javno podjetje Komunala Črnomelj, d. o. o., ki je zadolženo tudi za območje sosednje občine Semič. Skrbi za vzdrževanje kanalizacijskega omrežja in pripadajočih naprav ter upravljanje s čistilnimi napravami. Javno podjetje upravlja s šestimi čistilnimi napravami v občini Črnomelj (preglednica 1) in štirimi v semiški občini (Odvajanje in čiščenje ... 2013).

Slika 1: Shema prednosti in slabosti uporabe rastlinske čistilne naprave.



Preglednica 1: Čistilne naprave v občini Črnomelj in njihova kapaciteta čiščenja odpadne vode. (Vir: Operativni program ... 2010).

ČISTILNA NAPRAVA	KAPACITETA (PE)
Centralna čistilna naprava Črnomelj	9600
Čistilna naprava Radenci	150
Čistilna naprava Dragatuš	500
Čistilna naprava Kanižarica	1000
Čistilna naprava Stari trg	240
Čistilna naprava Vinica	1800

Slovenske občine so zadolžene, da uredijo odvajanje komunalne odpadne vode za aglomeracije, ki so v zakonodaji opredeljene kot območja poselitve, kjer je poseljenost dovolj zgoščena, da je mogoče zbiranje in čiščenje komunalne odpadne vode. Kriteriji za opredelitev aglomeracije so v stari *Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav* (Uradni list RS 45/07 in 63/09) in novi *Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode* (Uradni list RS 98/15) različni.

V občini Črnomelj je ob koncu leta 2015 stalno prebivalo 14.523 prebivalcev (SURs 2016). Odpadna voda iz gospodinjstev se je v komunalne čistilne naprave odvajala v sedmih naseljih, med katerimi jih je pet opredeljenih kot sedem aglomeracij (zato, ker je naselje Kanižarica razdeljeno na tri aglomeracije). Ta naselja so Črnomelj, Kanižarica (vsi trije deli), Dragatuš, Vinica in Griblje. Čeprav naselji Srednji Radenci in Stari trg ob Kolpi nista opredeljeni kot aglomeraciji, imata prav tako ure-

jeno kanalizacijsko omrežje (Poročilo o izvajanju javne službe odvajanja in čiščenja odpadnih voda 2015).

Po predhodni uredbi je bilo v občini Črnomelj opredeljenih 29 aglomeracij. Torej je bila naloga občine, da uredi kanalizacijsko omrežje še za ostalih 22 aglomeracij (Operativni program ... 2010). Vendar so se s spremembo uredbe spremenili tudi pogoji, ki določajo aglomeracije. Po novih kriterijih se bo po naših izračunih število aglomeracij zmanjšalo na 18., od katerih jih 11 odpadnih voda ne odvaja v čistilne naprave. Po načrtih naj bi se ta naselja opremilo z kanalizacijskim omrežjem in čistilno napravo do leta 2024 (Uredba o odvajanju ... 2015).

Metode dela

Raziskavo je sestavljalo kabinetno in terensko delo, Kabinetno je bilo sestavljeno iz študija literature, dveh intervjujev, analiz z geoinformacijskimi orodji (Idrisi Selva in ArcMap), s terenskim smo preverjali rezultate.

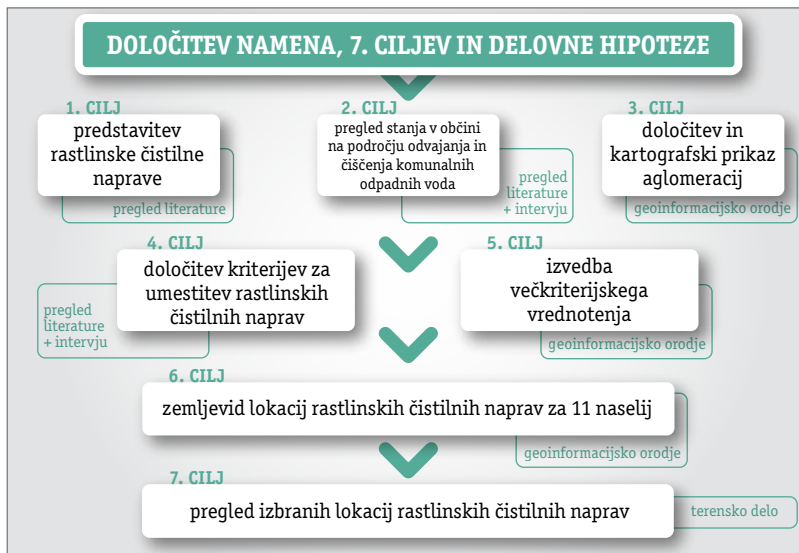
V teoretičnem delu raziskave smo pregledali literaturo o rastlinskih čistilnih napravah. Predstavili smo način delovanja, različne vrste in sestavo rastlinskih čistilnih naprav. Odločili smo se, da v nadaljnjem delu zaradi večje primernosti obravnavamo le čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom vode.

Pred izvedbo večkriterijskega vrednotenja smo pregledali stanje v občini Črnomelj ter zakonodajo na področju odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. Poleg pregleda zakonodaje in operativnih programov smo izvedli

tudi intervju z zaposlenim na Občini Črnomelj, Vinkom Kuničem. Zaradi spremembe uredb, ki določajo območja (aglomeracije), za katera bo morala občina skladno z roki urediti čiščenje komunalne odpadne vode, in še neizdelanega novega operativnega programa (kjer bodo ta območja določena) smo se odločili za izdelavo zemljevida aglomeracij. S programskim orodjem ArcMap 10.2.2. smo ga izdelali skladno s predpisi za opredeljevanje aglomeracij, zapisanimi v novi uredbi.

Nato smo na podlagi literature, intervjuja z gospodom Vrhovškom, zaposlenim v podjetju Limnos, d. o. o., in zakonodaje izbrali kriterije, ki vplivajo na izbor primernosti lokacije za umestitev rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim podpovršinskim tokom vode.

Prvi del vrednotenja smo izvedli z geoinformacijskimi programskimi orodji. Kriterije smo razčlenili na dejavnike in omejitve. Dejavniki so kriteriji, ki kažejo stopnjo primernosti lokacije. Omejitve imajo samo možnosti, da je lokacija primerna ali neprimerna (Eastman 2012). V programu ArcMap smo zbrali ustrezne podatkovne sloje in jih pripravili za nadaljnjo analizo. V programu IDRISI Selva smo kriterije zaradi lažje primerjave standardizirali (s standardizacijo v), dejavnike na vrednosti od 0 do 255 ter omejitve na vrednosti 0 in 1. Nato smo dejavnike obtežili s Saatyvevo metodo, tako da so pomembnejši dobili večjo utež. Sledila je izvedba večkriterijskega vrednotenja z uporabo tehnike obteženega linearnega kombiniranja (*Weighted linear combination*) v programu IDRISI Selva. Rezultat je zemljevid primernih ob-



Slika 2: Potek dela.

močij za postavitev rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim podpovršinskim tokom vode.

Naselja, ki so bila opredeljena kot aglomeracije in še nimajo urejenega čiščenja komunalne odpadne vode, smo po izvedbi večkriterijskega vrednotenja v nadaljevanju vrednotenja podrobneje analizirali. To je bilo potrebno, saj je bila analiza določenih kriterijev zaradi različnih značilnosti območja vsakega naselja na ravni celotne občine Črnomelj nemogoča. Tako smo s programskim orodjem ArcMap na ravni naselij podrobneje prikazali natančne lokacije postavitve čistilnih naprav glede na njihovo velikost (ta se razlikuje glede na število prebivalcev), gravitacijsko odtekanje odpadne vode (pomagali smo si z orodjem smer vodnega toka), oddaljenost od virov onesnaženja in možen iztok prečiščene odpadne vode. Po izboru natančnih lokacij rastlinskih čistilnih naprav za 11 naselij smo rezultate analize preverili s terenskim ogledom.

Kriteriji za umestitev rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim podpovršinskim tokom vode

Na izbor primerne lokacije za umestitev rastlinske čistilne naprave vpliva več kriterijev. Smernice izdelave in izbire ustreznega prostora se razlikujejo. Razlike so posledica različnih podjetij in raziskovalcev, ki se ukvarjajo z izdelovanjem sistemov rastlinskih čistilnih naprav, različnih razmer v posameznih državah ter različnih načinov izdelovanja rastlinskih čistilnih naprav. Poenotena pravila še niso izdelana (Davis 2010). V naši raziskavi smo se osredotočili na kriterije, pomembne za izbiro primerne območja za postavitev rastlinske čistilne naprave. Izbor substrata, rastlin in drugih sestavnih delov rastlinske čistilne naprave nas ni zanimal, pač pa so nas zanimali kriteriji za izbor lokacije. Treba je poudariti, da smo se osredotočili na rastlinske čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom. Opredelili smo sedem omejitev in deset dejavnikov (preglednica 3).

OMEJITVE

Prvi dve omejitvi sta **poplavna območja** in **vodotoki**. Na območju poplav in v neposredni bližini vodotokov gradnja čistilne naprave ni mogoča, saj vdor vode v napravo onemogoči njeno ustrezno delovanje (Davis 2010; Zheng, Dunets in Rozema; White s sodelavci 2011). Kot podatkovni sloj za vodotoke smo uporabili že izdelan sloj Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2012). Sloj poplavnih območij smo izdelali na podlagi Plutove raziskave poplav (Plut 1986; cv: Komac, Natek in Zorn 2008) potoka Podturnščica, levega pritoka Lahinje.

Tretja naravnogeografska omejitev je **naklon površja**. Tam, kjer je naklon večji od 10 %, gradnja rastlinske čistilne naprave ni smiselna (Vrhovšek 2016).

Na območju **prvega vodovarstvenega pasu** po *Pravilniku o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja* ((Uradni list RS 64/04) gradnja čistilnih naprav ni dovoljena. Prav tako je stalen ali začasen objekt prepovedano umestiti na **kopalno območje** (Zakon o vodah 2002).

Kot omejitev smo opredelili tudi vse **nepremičnine** in **varovalni pas ob cestah**. Na območju varovalnega pasu je raba prostora omejena, dovoljena le ob soglasju Direkcije za ceste. Varovalni pas se meri od roba cestišča in je širok:

- 40 m pri avtocestah,
- 35 m pri hitrih cestah,
- 25 m pri glavnih cestah,
- 15 m pri regionalnih cestah (Zakon o javnih cestah 2006),
- 5,5 m pri lokalnih cestah in
- 3 m pri javnih poteh (Vrhovšek 2016).

DEJAVNIKI

Glavni dejavnik, ki vpliva na izbor lokacije rastlinske čistilne naprave, je **lastništvo parcele**. Najbolj ugodno je, da je zemljišče v lasti naročnika del. Tako ni potrebno soglasje za gradnjo in ni stroškov za odkup zemljišča (Vrhovšek 2016).

Drugi dejavnik je **talno število**, ki je na podlagi lastnosti prsti ugotovljeno iz pedološke karte Slovenije, ob upoštevanju geološke podlage ter razvojne stopnje in teksture prsti. Prikazano je na zemljevidu talnih števil, ki smo ga uporabili pri naši analizi (Zakon o kmetijstvu 2008). Prikazuje primernost prsti za kmetijstvo po pedokartografskih enotah. Na lestvici so ocenjene od 7 do 100 točk za njive in od 7 do 88 za travnike (Strokovna podlaga ... 2015). Pri izbiri lokacije rastlinske čistilne naprave smo želeli preprečiti izgubo kakovostnih kmetijskih zemljišč (preglednica 2).

Preglednica 2: Primernost rastlinske čistilne naprave z vidika vrednosti talnega števila. (Vir: Cunder, Rednak in Zagorc 2007.)

talno število	primernost za postavitev rastlinske čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom
95–58	neugodno
58–39	ugodno
39–7	najbolj ugodno
pod 0 (pozidana območja in vodne površine)	ni možnosti postavitve

Preglednica 3: Izbrani kriteriji in njihove standardizirane vrednosti.

KRITERIJ	VRSTA KRITERIJA	VREDNOSTI
poplavna območja	omejitev	0 = območja poplav 1 = ostalo
vodotoki	omejitev	0 = območja vodotokov 1 = ostalo
pas ob cestišču	omejitev	0 = regionalna cesta s pasom 15 m 0 = lokalna cesta s pasom 5,5 m 0 = javna pot s pasom 3 m 0 = ostale ceste 1 = ostalo
nepremičnine	omejitev	0 = vse stavbe katastra stavb 1 = ostalo
vodovarstvena območja	omejitev	0 = prvi vodovarstveni pas 1 = ostali pasovi in ostalo območje
kopalne vode	omejitev	0 = območje kopalnih voda 1 = ostalo
naklon	omejitev	0 = nad 10 % 1 = ostalo
zemljišča v lasti občine	dejavnik	255 = občinska zemljišča 127 = ostalo
talno število	dejavnik	0 = pod 0, pozidano 85 = 59–95 170 = 40–58 255 = 7–39
naklon	dejavnik	0 = nad 10 % 128 = 0–2 % 128 = 5–10 % 255 = 2–5 %
raba tal	dejavnik	kategorije: njiva ali vrt, vinograd ali sadovnjak, kmetijsko zemljišče v zraščanju, trajni travnik, neobdelano kmetijsko zemljišče, zemljišče z negozdno vegetacijo = 255 gozd = 127 kategorije: rastlinjak, pozidano, zamočvirjeno, voda = 0
stopnja erozije prsti	dejavnik	linearno pada od najnižje stopnje erozije k najvišji (0–255)
oddaljenost od hiš	dejavnik	linearno pada od najbližjih območij k najbolj oddaljenim (0–255)
oddaljenost od cest	dejavnik	linearno pada od najbližjih območij k najbolj oddaljenim (0–255)
gravitacijsko odtekanje odpadne vode iz naselja	dejavnik	V večkriterijsko vrednotenje ga nismo vključili. Kot kriterij smo ga uporabili v drugem koraku vrednotenja na ravni 11 izbranih naseljih.
velikost rastlinske čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom vode	dejavnik	V večkriterijsko vrednotenje ga nismo vključili. Kot kriterij smo ga uporabili v drugem koraku vrednotenja na ravni 11 izbranih naseljih.

Na izbiro primerne lokacije za izgradnjo rastlinske čistilne naprave vpliva tudi ustrezna **raba tal**. Izgradnja v gozdu je neprimerna, saj je tamkaj treba očistiti in posekati drevje. Zato se najpogosteje odločajo za izgradnjo na pašnikih, travnikih ali njivah (Vrhovšek 2016). Primernost za gradnjo rastlinskih čistilnih naprav je prikazana v preglednici 3.

Naklon površja smo opredelili tudi kot dejavnik, kjer je mejna vrednost 10 % (preglednica 4).

Preglednica 4: Stopnja ugodnosti naklona površja za postavitev rastlinske čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom vode. (Vir: Vrhovšek 2016.)

0–2 %	zelo primerno
2–5 %	primerno
5–10 %	manj primerno
nad 10 %	neprimerno

Območja, na katerih se pojavljajo sledovi erozije ali plazenja, za postavitev rastlinske čistilne naprave niso primerna (Vrhovšek 2016; Davis 2010). Odločili smo se, da zemljevid dejavnika **stopnje erozije prsti** izdelamo sami, saj na območju občine Črnomelj nismo našli dovolj podrobnega podatkovnega sloja ogroženosti prsti zaradi erozije. Sloj smo izdelali z metodo USLE (*The Universal Soil Loss Equation*). V njej je vključenih šest dejavnikov: dejavnik erozivnosti padavin in površinskega odtoka, dejavnik erodibilnosti prsti, dejavnik dolžine in naklona pobočij, dejavnik pokrovnosti tal in dejavnik obdelovanja. Rezultat te metode je ugotovljena povprečna izguba prsti v

določenem časovnem obdobju (Žabota 2015).

Zaradi nadzora in vzdrževanja je pomembno upoštevati **oddaljenost rastlinske čistilne naprave od ceste**. Na drugi strani je bolje, da je lokacija čistilne naprave v **bližini vira odpadne vode**.

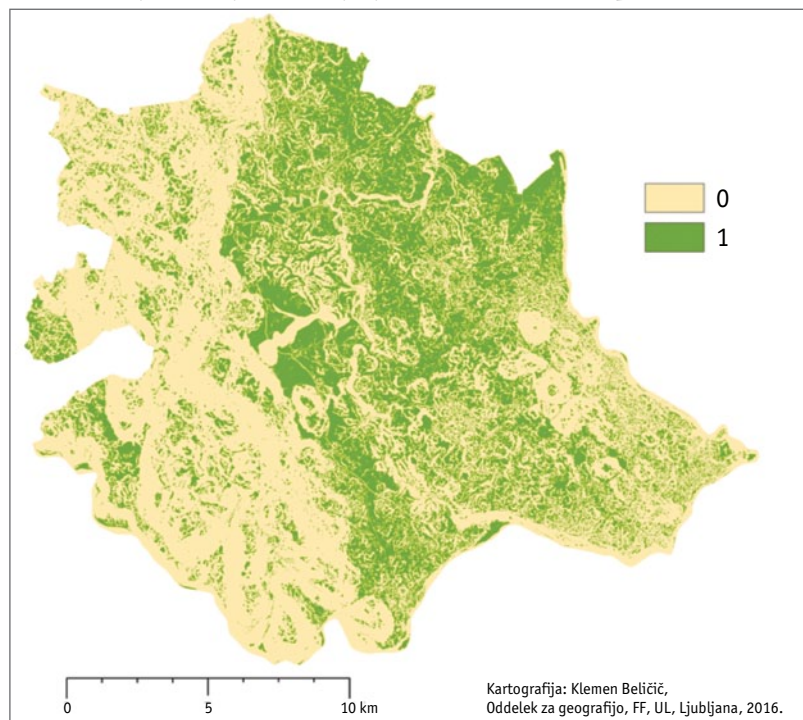
Pomembna dejavnika sta **gravitacijsko odtekanje vode** in **velikost rastlinske čistilne naprave**. Slednja je odvisna od števila prebivalcev v naselju in se giblje med 2 in 2,5 m²/PE (Vrhovšek 2016; Hrast 2012; Vovk Korže 2013). Oba dejavnika smo vključili v drugi del analize, saj se razlikujeta med naselji in ju ni bilo možno vključiti v prvi del analize, ki smo jo izvedli za celotno območje občine Črnomelj.

Rezultati večkriterijskega vrednotenja

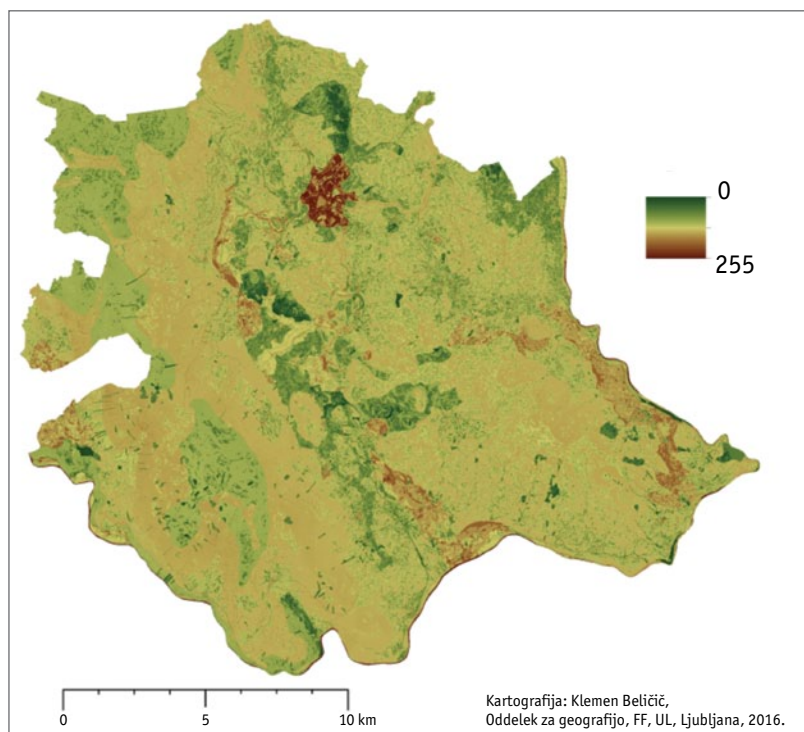
V prvem delu smo z večkriterijskim vrednotenjem na podlagi ugotovljenih kriterijev izdelali zemljevid stopnje ugodnosti za postavitev rastlinske čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom. V analizo smo vključili sedem omejitev in sedem dejavnikov (preglednica 3). Dveh dejavnikov (velikost rastlinske čistilne naprave in gravitacijsko odtekanje vode) v ta del analize nismo vključili. Vključili smo ju v drugi del vrednotenja, kjer smo podrobneje analizirali 11 naselij občine Črnomelj.

Na zemljevidu omejitev (slika 3) so z vrednostjo 0 prikazana območja, kjer ureditev rastlinskih čistilnih naprav ni možna.

Slika 3: Zemljevid omejitev za urejanje rastlinskih čistilnih naprav.



Kartografija: Klemen Beličič, Oddelek za geografijo, FF, UL, Ljubljana, 2016.



Slika 4: Zemljevid dejavnikov za urejanje rastlinskih čistilnih naprav.

Na sliki 4 je prikazan zemljevid dejavnikov. Različni dejavniki so različno pomembni pri načrtovanju in iskanju primerne lokacije. V literaturi se najpogosteje pojavljajo kot pomembnejši dejavniki: velikost in naklon rastlinske čistilne naprave, bližina vira odpadne vode, globina in gravitacijsko odtekanje, izmed omejitev pa odsotnost poplavnih voda. Za bolj relevantno odločitev o pomembnosti katerega od dejavnikov smo se posvetovali z Martinom Vrhovškom (2016), zaposlenim v podjetju Limnos d. o. o., ki se ukvarja s projektiranjem rastlinskih čistilnih naprav, pred tem pa pregledali literaturo in ocenili, kateri od dejavnikov je pomembnejši. Na podlagi tega smo razvrstili dejavnike po pomembnosti. Najpomembnejši so lastništvo parcel, talno število, raba tal, nakloni, erozija, oddaljenost od

hiš. Najmanj pomemben dejavnik pa je oddaljenost od cest. Za obtežitev dejavnikov smo uporabili Saatyev metodo. V postopku pare kriterijev na devet stopenjski lestvici (od 1/9 do 9) primerjamo med seboj po pomembnosti. Rezultat metode so bile obtežitve dejavnikov (preglednica 5), katerih seštevek znaša vrednost 1. Rezultate obtežitve dejavnikov smo preverili z orodjem v programu IDRISI, ki izračuna vrednost konsistenčnega razmerja. Konsistenčno razmerje meri verjetnost, da so bili pari kriterijev med seboj primerjani naključno (Eastman 2012).

Rezultat (slika 5) uporabljene metode večkriterijskega vrednotenja na lestvici od 0 do 255 prikazuje stopnjo ugodnosti za postavitev rastlinske čistilne naprave z vodoravnim pod-

Preglednica 5: Obtežitev dejavnikov.

Dejavnik	Obtežitev
Lastništvo zemljišča	0,3372
Talno število	0,2741
Raba tal	0,1309
Naklon	0,1053
Stopnja erozije	0,0709
Oddaljenost od hiš	0,0536
Oddaljenost od cest	0,0280
Konsistenčno razmerje	0,04

površinskim tokom vode. Stopnje ugodnosti smo uvrstili v pet razredov (preglednica 6) na podlagi klasificiranja podatkov po metodi naravnih meja (*Natural breaks*). Metoda na podlagi algoritma razvrsti najbližje vrednosti v skupine tako, da so med mejami razredov čim večje razlike (Data classification methods 2016).

Preglednica 6: Razredi primernosti.

Vrednost	Razred
0	Neprimerno
0–163	Manj primerno
168–181	Primerno
181–203	Bolj primerno
205–255	Zelo primerno

V zahodnem delu občine je velik del površja neprimeren za izgradnjo rastlinskih čistilnih naprav. Površje se dviga iz razmeroma uravnanih delov Bele krajine proti zahodu, kjer se vzpenjata Kočevski rog in Poljanska gora. Tamkaj v najvišjih delih nadmorske višine presegajo 800 m, medtem ko so te na Črnomaljskem ravniku vsega od 150 do 200 m. Neprimernost zahodnega dela je posledica prestrmega

reliefa. Za velik del manj primernih območij sta značilna povečana erozija prsti ter oddaljenost od cest in hiš. Večje območje neprimernih zemljišč je tudi na jugovzhodu občine. Tu se vzpenja Veliko Bukovje (nad 300 m), kar vpliva na večje naklone površja, ki prav tako onemogočajo gradnjo rastlinske čistilne naprave.

Območja, kjer je stopnja primernosti za rastlinsko čistilno napravo ugodna 2., 3., 4. in 5. razred), so zelo razdrobljena. Na razdrobljenost v največji meri vpliva naklon, ki se zaradi razgibanega kraškega površja spreminja na kratke razdalje in pogosto preseže 10 %. Vzrok za to so poleg vrtač, kopasti vrhovi ter kanjona Lahinje in Kolpe. Na razdrobljenost in manjšo primernost vplivajo tudi ostale omejitve. Tako so zaradi cest in voda na zemljevidu razpoznavni pasovi, kjer gradnja ni mogoča.

Največ zemljišč, primernih za ureditev čistilne naprave, je na območju Dragatuškega podolja ter severovzhodno in severno od Črnomlja (v okolici Vražjega kamna in naselja Lokev). Na tem območju je površje manj razgibano, erodibilnost prsti zelo majhna, blizu pa so tudi viri odpadne vode in cestno omrežje. Sklenjena primerna zemljišča ločujejo pasovi ob prometnicah in poplavna območja. Ta so posledica vodotokov, ki izvirajo v pasu pod Poljansko goro, in bližine kraške podzemne vode. Poleg ugodnih naklonov sta pomembna dejavnika tudi poselitev in bližina cest. Na teh območjih je največ naselij, ob katerih so tudi prometnice. Poleg tega je stopnja erozije precej manjša kot v celotnem zahodnem delu občine.

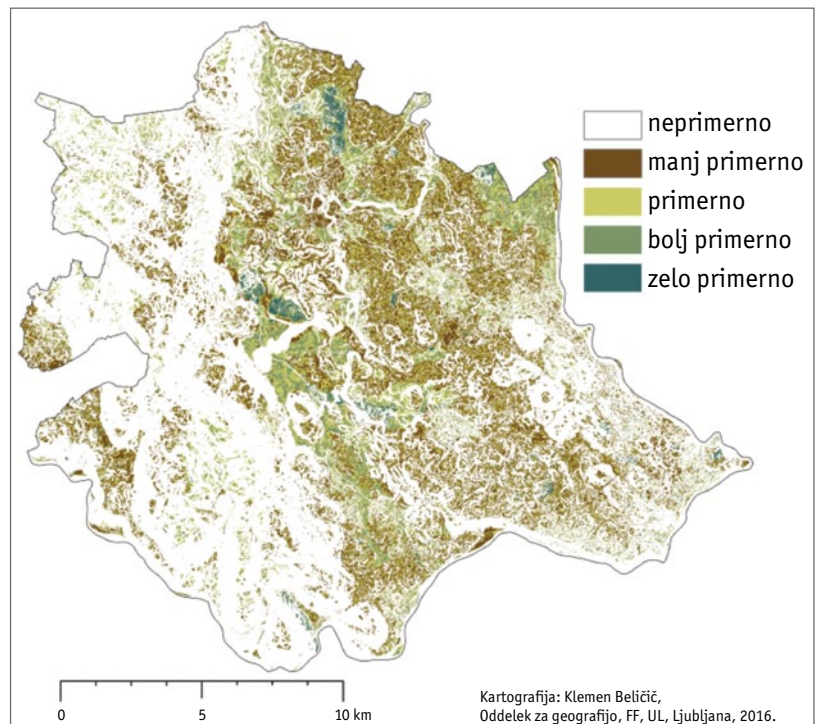
Območja, primerna za rastlinsko čistilno napravo z vodoravnim podpovršinskim tokom po naseljih

Zemljevid ugodnih lokacij smo uporabili kot podlago za nadaljnjo analizo oziroma drugi korak v vrednotenju območij za postavitev rastlinske čistilne naprave z vodoravnim podpovršinskim tokom vode. Osredotočili smo se na pregled primernih območij po naseljih, saj je prvi pogoj za izgradnjo katerekoli čistilne naprave prav vir onesnaževanja vode. V drugi del analize smo dodatno vključili dejavnik velikosti rastlinske čistilne naprave in gravitacijskega otekanja (umeščenost pod virom onesnaževanja in ustrezno nagnjeno površje za otekanje vode). Potrebna površina rastlinske čistilne naprave se od na-

selja do naselja spreminja glede na njegovo število prebivalcev oziroma obremenitev s komunalno odpadno vodo.

Z geoinformacijskim orodjem ArcMap smo na podlagi sloja nadmorskih višin (DMNV5 2005) izdelali zemljevid usmerjenosti površja (s tehniko smeri odtekanja vode). Z njim in zemljevidom nadmorskih višin smo poiskali območja, ki so pod najnižje ležečimi hišami, tako da se na ta območja voda steka gravitacijsko. Nato smo na podlagi rezultata večkriterijskega vrednotenja (slika 5) in potrebne velikosti rastlinskih čistilnih naprav za vsako naselje izbrali najprimernejše območje. Pregledali smo tudi zakonsko podlago glede iztoka prečiščene odpadne vode in

Slika 5: Zemljevid stopnje ugodnosti za postavitev rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim podpovršinskim tokom vode v občini Črnomelj.



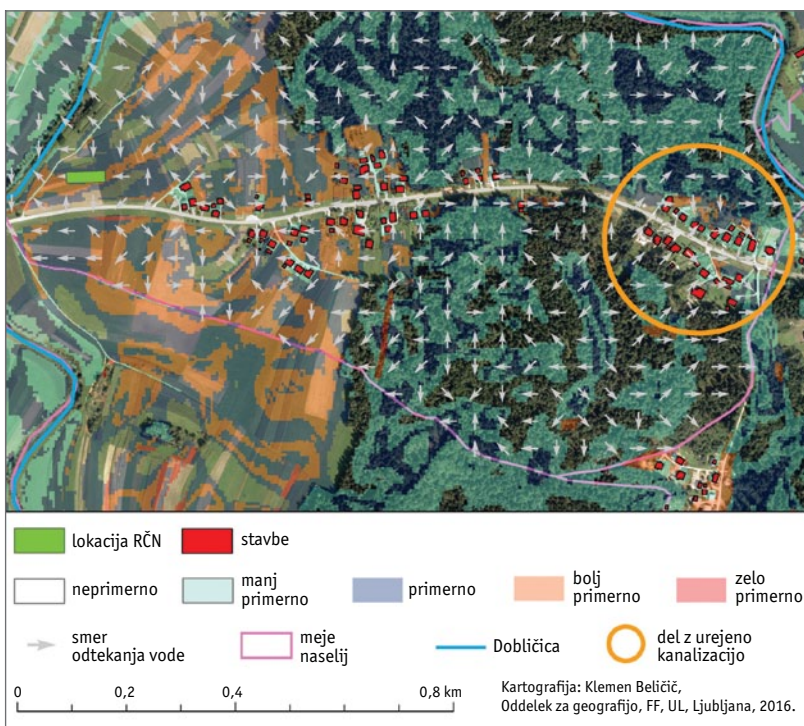
lokacije prilagodili njenim zahtevam. Na sliki 6 je prikazan zemljevid s predlagano lokacijo za naselje Blatnik pri Črnomlju.

Analizirali smo 11 naselij, v katerih bo skladno z uredbo (Uradni list RS98/15) občina morala urediti odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode. V podrobno analizo so bila vključena naselja Belčji Vrh, Blatnik pri Črnomlju, Butoraj, Dobljčice, Dragatuš, Dragovanja vas, Jerneja vas, Lokve, Preloka, Svibnik, Učakovci in Vranoviči ter za vsako izdelali zemljevid s predlagano lokacijo čistilne naprave.

Sklep

Občina Črnomelj je ena od večjih občin v Republiki Sloveniji. V zadnjih letih so večini prebivalcev zagotovili dostop do pitne vode z ureditvijo vodovoda, medtem ko bo na področju odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode treba v prihodnje še marsikaj postoriti. Po pregledu literature smo ocenili, da je za čiščenje komunalne odpadne vode smotrna uporaba rastlinske čistilne naprave z vodoravnim pod površinskim tokom vode.

Z geoinformacijsko podporo smo preverili zastavljeno delovno hipotezo. S pomočjo dvostopenjskega vrednotenja za izbrana naselja smo opredelili natančnejše lokacije. Delovno hipotezo lahko le delno potrdimo. Glede na zemljevid primernosti je postavitve rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim pod površinskim tokom možna v vseh 11-tih naseljih, vendar postavitve v delu naselja Lo-



Slika 6: Zemljevid s predlagano podrobno lokacijo za postavitev rastlinske čistilne naprave v naselju Blatnik pri Črnomlju.

kve zaradi ekonomskih razlogov ni smiselna. Predvidevamo, da je tamkaj primernejša navezava na obstoječe kanalizacijsko omrežje, iz katerega se odpadna voda čisti v čistilni napravi Črnomelj, ki ima na za ta namen zadostno zmogljivost.

Na podlagi terenskega dela ugotovljamo, da so rezultati vrednotenja zadovoljivi. Ocenjujemo pa, da je manj primerno izbrano območje v naselju Jerneja vas, kjer je predlagano območje rastlinske čistilne naprave preblizu manjšega potoka in je tam tudi velika verjetnost poplavljanja Dobljčice in kraške vode. Zato predlagana lokacija ni primerna in bi jo bilo treba izbrati na višji nadmorski višini, v večji oddaljenosti od Dobljčice.

Zavedamo se tudi možne subjektivnosti in morebitne netočnosti rezultatov naloge. Kljub temu želimo nakazati možne rešitve v preučevanih naseljih občine Črnomelj. Pred realizacijo bodo seveda potrebna dodatna načrtovanja.

Z raziskavo smo vsekakor dokazali, da je smiselna uporaba rastlinskih čistilnih naprav z vodoravnim pod površinskim tokom vode, prikazali pa smo tudi območja, kjer bi bila glede na upoštevane kriterije postavitve rastlinskih čistilnih naprav najbolj primerna. Ugotovljamo, da je pred odhodom na teren primerna izdelava zemljevida primernosti območij z geoinformacijskim orodjem, saj prihrani čas, preživet na terenu, in zagotovi objektivne rezultate.

Viri in literatura

1. Crites, R. W., Middlebrooks, E. J., Bastian, K. R., Reed, S. C. 2014: Natural Wastewater Treatment Systems. CRC Press, Boca Raton.
2. Cunder, T., Rednak, M., Zagorc, B. 2007: Vrednotenje težavnostnih razmer v območjih z omejenimi dejavniki za kmetijsko pridelavo = Evaluating of production conditions in less favoured areas for agriculture. Slovensko kmetijstvo in podeželje v Evropi, ki se širi in spreminja. Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije. Ljubljana, 113–127.
3. Data classification methods. ESRI. 2016.
Medmrežje: http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/symbols-and-styles/data-classification-methods.htm#ESRI_SECTION1_B47C458CFF6A4EEC933A8C7612DA558B (23. 8. 2016).
4. Davis, L. (ur.) 2010: A Handbook of constructed wetlands – a guide to creating wetlands for: agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, storm water in the Mid-Atlantic Region. Volume 1. The Pennsylvania State University CiteSeerX Archives.
Medmrežje: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf> (2. 4. 2016).
5. DMNV 5. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana, 2005.
6. Eastman, J. R. 2012: IDRISI Selva Tutorial. Clarck University, Worcester.
7. Hrast, T. 2012: Osnutek smernice za projektiranje rastlinskih čistilnih naprav v Sloveniji na osnovi primerjave praks v Evropi. Diplomsko delo, Oddelek za okoljsko gradbeništvo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
Medmrežje: <http://drugg.fgg.uni-lj.si/4008/> (8. 6. 2016).
8. Kadlec, R., Knight, R., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P., Habert, R. 2000: Constructed Wetlands for Pollution Control. IWA Publishing. London.
9. Kaj je rastlinska čistilna naprava. Bodi eko. 2011. Medmrežje: <http://www.bodieko.si/rastlinska-cistilna-naprava> (25. 3. 2016).
10. Kataster vodotokov. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2012.
11. Komac, B., Natek, K., Zorn, M. 2008: Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Geografija Slovenije 20. Založba ZRC. Ljubljana.
Medmrežje: <http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612540913.pdf> (24. 5. 2016).
12. Odvajanje in čiščenje odpadnih voda. Javno podjetje Komunala Črnomelj d. o. o. Črnomelj, 2013.
Medmrežje: http://www.komunala-crnomelj.si/clanek1.asp?nm_tbl_cate_id=26&id=16&n=Odvajanje%20in%20%20E8i%9A%E8enje%20odpadnih%20voda (10. 5. 2016).
13. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017). Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana, 2010.
Medmrežje: http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf (11. 6. 2016).
14. Poročilo o izvajanju javne službe odvajanja in čiščenja odpadnih voda. Občina Črnomelj. Črnomelj, 2015.
15. Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. Uradni list RS 64/04.
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV1024> (11. 6. 2016).
16. Projekt trajnostne oskrbe s pitno vodo in varovanje vodnih virov Bele Krajine. Občina Metlika, Občina Črnomelj in Občina Semič. Metlika, Črnomelj, Semič, 2016.
Medmrežje: http://www.belokranjski-vodovod.si/brosura_splet.pdf (11. 6. 2016).
17. Roš, M., Panjan, J. 2012: Gospodarjenje z odpadnimi vodami: učbenik za modul Gospodarjenje z odpadnimi vodami v programu Okoljevarstveni tehnik. Fit media. Celje.
18. SURS – Statistični urad Republike Slovenije. Ljubljana, 2016.
Medmrežje: <http://www.stat.si/statweb> (27. 5. 2016).
19. Stoerring, D. 2016: Varstvo voda in gospodarjenje z njimi. Kratki vodnik po Evropski uniji.
Medmrežje: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/sl/displayFru.html?ftulId=FTU_5.4.4.html (21. 8. 2016).
20. Strokovna podlaga za pripravo uredbe, ki bo določala območja za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana, 2015.
Medmrežje: http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/Medijsko_sredisce/2016/03_marec/Uredbe_o_obmocjih_za_kmet_in_pridelavo_hrane/2015_11_19_Strokovna_podlaga_za_pripravo_uredbe_TVKZ_12_FINAL.pdf (22. 5. 2016).
21. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS 45/07 in 63/09.
Medmrežje: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4442> (12. 6. 2016).
22. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Uradni list RS 98/15. Ljubljana, . 2015.
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6951> (10. 6. 2016).
23. Vovk Korže, A. 2013: Ecoremediation (ERM) as a Sustainable Approach to Environmental Protection. Proceeding the Economic Dimension of Land Degradation, Desertification and Increasing the Resilience of Affected Areas in the Region of Central and Eastern Europe. Mendel University in Brno. Brno.
Medmrežje: <http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/edldir13/Korze.pdf> (26. 5. 2016).
24. White, S. A., Milton, D. T., Polomski, R. F., Albano J. P. 2011: Constructed Wetlands: A How to Guide for Nurseries. Environmental Resource Management Research Group, Floriculture and Nursery Research Initiative, Agricultural Research Service of United States Department of Agriculture-, Horticulture Research Institute, Washington.
25. Zakon o javnih cestah. Pravno informacijski sistem. 2006.
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1366> (10. 6. 2016).
26. Zakon o kmetijstvu. Pravno informacijski sistem. 2008.
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4716> (22. 5. 2016).
27. Zakon o varstvu okolja. Pravno informacijski sistem. 2004.
Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1545> (10. 6. 2016).
28. Zheng, Y., Dunets, S., Rozema, E.: Constructed wetlands: Greenhouse and Nursery Water Treatment Information System School of Environmental Sciences University of Guelph, Guelph
Medmrežje: <http://www.ces.uoguelph.ca/water/NCR/ConstructedWetlands.pdf> (27. 5. 2016).
29. Zakon o vodah. Pravno informacijski sistem. 2002.
Medmrežje: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244> (5. 6. 2018).
30. Žabota, B. 2015: Ocenjevanje erozije prsti s pomočjo metode RUSLE. GEOmix 22-1. Društvo mladih geografov Slovenije, Ljubljana, 52–57.
Medmrežje: https://issuu.com/geomix/docs/geomix_dec2015_splet (25. 5. 2016).

Intervjuja

1. Vrhovšek, M. 2016. Projektiranje rastlinske čistilne naprave (osebni vir, 16. 5. 2016). Limnoss, d. o. o. Ljubljana.
2. Kunič, V. 2016. Čistilne naprave (osebni vir, 15. 5. 2016). Občina Črnomelj, Črnomelj.