



**Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora
pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda
(Direktiva 2000/60/EC)**

**Ukrep DUDDS 21: Ciljno vodenje aktivnosti za optimizacijo PRP
2014-2020 – prednostna podpora ukrepov, ki imajo pozitivne
učinke na stanje voda**

**Model za pomoč pri odločanju o učinkovitosti ukrepov za
izboljšanje kemijskega stanja podzemne vode na območjih
VTPodV**

Končno poročilo

Datum:	November 2014
Arh. št:	K-II-30d/c-41/1394-17
Nosilec:	dr. Jure Krivic, univ. dipl. inž. geol.
Vodja Oddelka za hidrogeologijo:	dr. Nina Mali, univ. dipl. inž. geol.
Direktor GeoZS:	dr. Miloš Bavec, univ. dipl. inž. geol.

Podnalog	Model za pomoč pri odločanju o učinkovitosti ukrepov za izboljšanje kemijskega stanja podzemne vode na območjih VTPodV
Naročnik	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje Dunajska cesta 22 1000 Ljubljana
Naloga	Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC)
Pogodba	2330-13-830474 (MKO) 1160-98/13 (GeoZS)
Pripravila	dr. Mitja Janža, univ. dipl. inž. geol. Dejan Šram, univ. dipl. inž. geol.

Ključne besede: Vodna direktiva, podzemna voda, hidrogeologija, Načrt upravljanja voda, kemijsko stanje, ukrepi, model

Kazalo

1.	Uvod	1
2.	Opis modela.....	1
2.1	Ukrepi.....	2
2.2	Sredstva	3
3.	Obravnavano območje.....	4
4.	Model južnega dela Dravskega polja	7
4.1	Navodila za uporabo modela	7
5.	Zaključek.....	8
6.	Viri	9

Kazalo slik

Slika 1: Shematski prikaz modela (Žibret et al., 2012).	2
Slika 2: Povprečne vrednosti nitrata v podzemni in površinskih vodah Dravskega polja (Urbanc et al., 2013).	5
Slika 3: Območja Dravskega polja (sever, osrednji del in jug).	5
Slika 4: Viri dušika upoštevani v hidrokemijskem bilančnem modelu (Urbanc et al., 2013).	6
Slika 5: Uporabniški vmesnik modela.....	8

Tabela

Tabela 1: Nabor kmetijskih ukrepov v za zmanjšanje presežkov dušika.	3
---	---

1. Uvod

V okviru naloge »Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC)« v sklopu ukrepa DUDDS 21 smo pripravili model za podporo pri odločanju o učinkovitosti ukrepov za izboljšanje kemijskega stanja podzemne vode na območjih VTPodV.

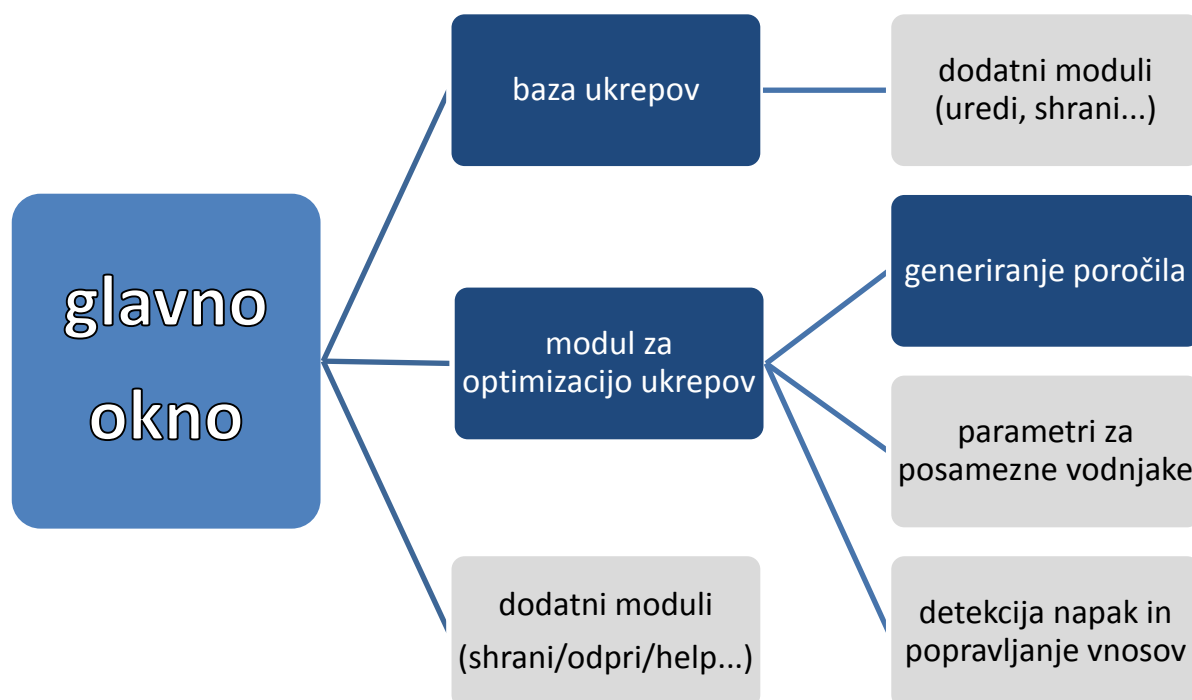
Osnova modela je bila izdelana v okviru projekta INCOME (<http://www.life-income.si>). V okviru naloge je bila predvidena prireditev modela na izbrano območje, kjer je kemijsko stanje podzemne vode slabo. Za območje obravnave smo izbrali VTPodV Dravska kotlina oziroma njegov najbolj obremenjeni južni del.

2. Opis modela

Model za podporo odločanju pri izbiri ukrepov za izboljšanje kemijskega stanja podzemne vode je orodje, namenjeno ocenjevanju učinkovitosti ukrepov za znižanje koncentracij onesnaževal v podzemni vodi oziroma vodonosniku (Janža et al., 2014; Žibret et al., 2012). Glavna prednost sistema je, da omogoča hitro oceno, ali bodo izbrani ukrepi in vložena sredstva za ukrepe omogočila doseganje dobrega kemijskega stanja podzemne vode oziroma v kakšni meri njeno izboljšanje.

Model zahteva predhodno določitev parametrov vodonosnika ter nabor in ovrednotenje ukrepov ter maksimalnih površin, kjer se določeni ukrepi lahko izvajajo. Ocena koncentracije onesnaževala v podzemni vodi temelji na bilančnem modelu in linearni interpolaciji. Vodonosnik je obravnavan kot sistem, ki ima dotok v obliki napajanja (iz padavin ali drugi dotoki) in iztok. Dotok je dolgoročno enak iztoku. Ocenjena koncentracija onesnaževala v vodonosniku je odvisna od mase vnesenega onesnaževala (na primer presežki dušika iz kmetijstva), količine napajanja in obstoječe koncentracije onesnaževala v vodonosniku. Model je enovit in ne upošteva prostorske spremenljivosti. Prav tako ni vključena časovna spremenljivost.

Model je sestavljen iz treh glavnih delov (Slika 1). Prvi del je urejevalnik ukrepov, drugi del je modul za optimizacijo ukrepov in tretji del modul za generiranje poročila. Ostale funkcije sistema so podporne. Osnovni gradniki oz. objekti, s katerimi uporabnik upravlja so ukrepi, parametri vodonosnikov in sredstva, s katerimi izvajamo ukrepe za izboljšanje kemijskega stanja podzemne vode.



Slika 1: Shematski prikaz modela (Žibret et al., 2012).

2.1 Ukrepi

Ukrepi, vključeni v model morajo vsebovati naslednje parametre:

- ceno ukrepa na enoto; po navadi je to hektar, model pa dopušča katerokoli enoto, tudi metre (npr. za kanalizacijo);
- učinek, ki ga ukrep povzroči na prej omenjeno enoto; učinek mora biti merljiv, in sicer kot zmanjšanje mase onesnaževala na enoto (ha, m...);
- maksimalno območje, kjer se lahko izvaja določeni ukrep na območju vodonosnika (primera: na travnikih ne moremo izvajati ukrepa "vmesni posevek s poznim oranjem", na njivah pa ne moremo izvajati ekstenzivne paše), zato je pri izboru in vpeljavi ukrepov, kateri bodo optimizirani v naslednji fazi, potrebna strokovna presoja;
- soodvisnost med ukrepi; vedeti moramo, kateri ukrepi se medsebojno izključujejo; kjer lahko izvajamo le en ukrep in ne več hkrati.

Tabela 1 prikazuje osnovni nabor kmetijskih ukrepov za zmanjšanje presežkov dušika, vključenih v model. Zaradi pomanjkanja razpoložljivih podatkov za obravnavano območje Dravskega polja je uporabljen nabor ukrepov, ki so bili na voljo v dostopni literaturi.

Tabela 1: Nabor kmetijskih ukrepov v za zmanjšanje presežkov dušika.

UKREP	Cena (€/ha)	Zmanjšanje N (kg/ha)
Vmesni posevek po vrtninah, sledijo jari posevki, ki niso zelenjava (1)	200	60
Zmanjšanje oz. preureditev dreniranih (melioracijskih) površin (1)	400	50
Dvoletna praha, ozelenjevanje brez leguminoz, brez oranja v jesenskem času (1)	120	50
Vmesni posevek po ogrščici, sledijo jari posevki (1)	150	50
Vmesni posevek, ki je odporen na zimo, pozno oranje (1)	100	40
Enoletna praha, ozelenjevanje brez leguminoz, brez oranja v jesenskem času (1)	100	40
Vmesni posevek po krompirju, sledijo jari posevki (1)	150	40
Vmesni posevek s poznim oranjem (1)	90	35
Ekološko kmetovanje (2)	727	20
Zimska ogrščica kot vmesni posevek pred ozimnimi žiti (1)	60	20
Vmesni posevek z običajnim (zgodnjim) oranjem (1)	70	20
Uporaba gnojilnih načrtov za vsa kmetijska zemljišča (1)	16	20
Kolobarjenje, letno menjavanje jarih in ozimnih posevkov (4-letno) (1)	200	20
Vmesna setev (1)	80	10
Ekstenzivna raba zelenih površin (povpr. letno st. GVz/ha: 1,4; ni uporabe mineral. gnojil) (1)	100	10
Ekstenzivna raba pašnikov (ni paše po 15. oktobru; st. GVz/ha: največ 2; brez dodajanja krme na pašniku) (1)	77	10
Čas mineralnega gnojenja (N) na njivah (ni gnojenja pozno poleti/jeseni; brez dodajanja organskega N) (1)	20	10
Uporaba podzemni vodi prijaznih tehnik trošenja gnojevke in fermentiranih substratov (proizv. biogoriva) (1)	25	10
Ni nanašanja organskih gnojil po pravilu pridelka (1)	20	10
Podaljšanje rokov za prepoved gnojenja z organskimi gnojili (1)	25	10
Zmanjšanje gnojenja z mineral. gnojili (N) na njivah, vklj. z opustitvijo poznega gnojenja žit (1)	80	5
Uporaba izboljšanih in podzemni vodi prijaznih tehnik trošenja gnoja - nadomestitev mineralnih gnojil (1)	35	5

(1) FAL Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (2007)

(2) Program razvoja podeželja RS za obdobje 2007-2013

2.2 Sredstva

Eden ključnih prednosti uporabe modela je možnost razporeditve sredstev po ukrepih tako, da s čim nižjimi sredstvi dosežemo čim večji učinek, kar je tudi temeljna predpostavka, ki jo uporablja modul za optimizacijo ukrepov.

Sredstva so v procesu modeliranja upoštevana v dveh fazah. V prvi fazi uporabnik določi sredstva s katerimi razpolaga oz. katera so namenjena izvajanju ukrepov. Nato lahko določena sredstva nameni izvajanju izbranih ukrepov na določeni površini.

Program nato po optimizaciji ukrepov poleg tabelaričnega pregleda cene po ukrepih izračuna različne podatke glede sredstev:

- koliko sredstev je bilo na voljo ter koliko sredstev smo določili za določene ukrepe;

- koliko sredstev bi porabili, če bi izvajali vse ukrepe, ki smo jih predvideli ter podrejeno, ali in koliko sredstev smo namenili preveč;
- na podlagi pričakovanega znižanja koncentracij onesnaževala v podzemni vodi program tudi izračuna, koliko sredstev bi predvidoma še morali vložiti, če bi hoteli doseči ciljno koncentracijo onesnaževala
- v primeru, da bomo z ukrepi glede na model dosegli ciljno koncentracijo onesnaževala, koliko sredstev smo vložili preveč oz. za koliko bi lahko zmanjšali vložek.

3. Obravnavano območje

Dravsko polje je ravninsko območje ki se razteza od Maribora proti vzhodu in jugovzhodu do Ptuja, na jugozahodu do Pragerskega, na jugu je omejeno s Halozami. Zgornje plasti Dravskega polja so sestavljene iz holocenskih in pleistocenskih prodnih ter glinastih naplavin (Žlebnik, 1982).

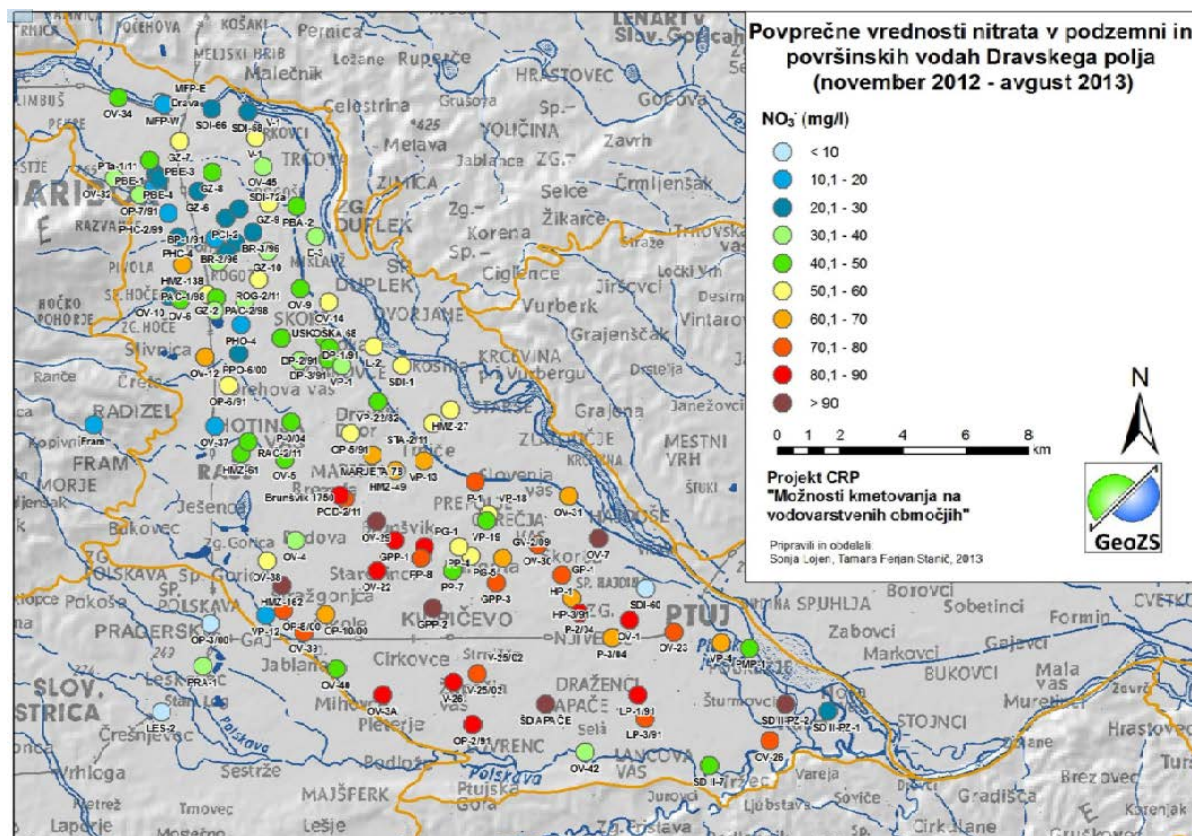
Nadmorska višina na Dravskem polju se giblje med 200 in 250 m n.v. na jugu ter 250 do 300 m n.v. na severnem delu polja. Glavni vodotok na polju je Drava, ki teče v smeri severozahodu – jugovzhod. Ostala večja vodotoka sta Dravinja in Polskava na jugu.

Vodonosnik Dravskega polja je pomemben vir podzemne pitne vode za regionalno vodooskrbo. Podzemna pitna voda se na območju Dravskega polja črpa v šestih črpališčih javne oskrbe s pitno vodo (Betnava, Bohova, Dobrovce, Šikole, Skorba in Lancova vas) in številnih zasebnih vodnjakih. Črpališča so varovana z vodovarstvenimi območji, ki pokrivajo velik del Dravskega polja.

Klastični kvartarni sedimenti Dravskega polja imajo zelo raznolike prepustnosti. Prevladujejo prodi dobre prepustnosti, glede na sedimentacijsko okolje pa je možno tudi pojavljanje peskov in meljev. V nekaterih predelih Dravskega polja, predvsem na robovih teras, je prod tudi konglomeriran. V odprtih gramoznicah so vidne različne sedimentne teksture, ki kažejo predvsem na sedimentacijo v koritih (verjetno gre za sedimente prepletajočih rek) in deloma tudi za deltno sedimentacijo v jezerih. Poleg kremenovih prodnikov v pleistocenskemrodu zasledimo tudi prodnike amfibolita, tonalita in gnajsa, zelo redko pa apnenčeve prodnike. Pleistocenski prod vsebuje do 6 % melja in od 35 do 57 % peska (Žlebnik, 1982).

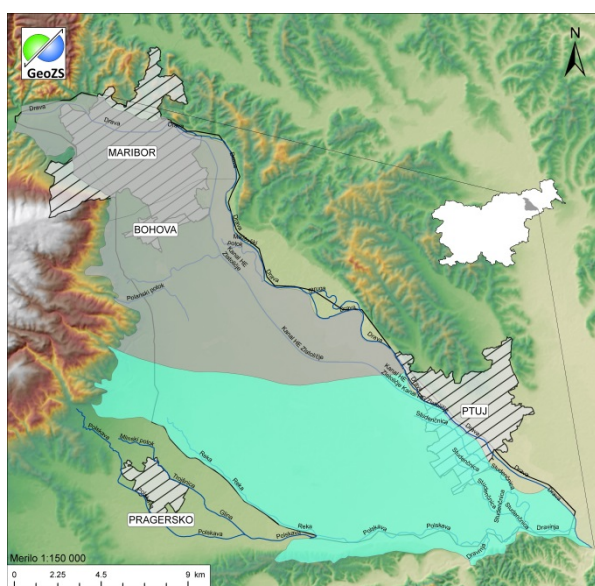
Vodonosnik Dravskega polja je dobro prepusten in izdaten, koeficient prepustnosti je v intervalu od $5 \cdot 10^{-4}$ do $6 \cdot 10^{-3}$ m/s. Splošna smer toka podzemne vode poteka proti reki Dravi, ki na območju Dravskega polja nikjer ne napaja vodonosnika. Na pretežnem delu Dravskega polja, ki leži med desnim bregom Drave, Pohorjem in Pragerskim, je tok podzemne vode v splošnem usmerjen od zahoda proti vzhodu.

Analiza kemijskih značilnosti površinskih in podzemnih vod Dravskega polja kaže veliko obremenjenost podzemne vode z nitrati. Predpisane mejne vrednosti za nitrat so presežene na celotnem osrednjem ter južnem delu Dravskega polja. Glavni vir nitrata je kmetijska dejavnost, ki močno vpliva na stanje podzemne vode. Najvišje koncentracije nitratov v podzemni vodi so izmerjene na južnem delu Dravskega polja in v povprečju znašajo 75 mg/L (Slika 2) (Urbanc et al., 2013).



Slika 2: Povprečne vrednosti nitrata v podzemni in površinskih vodah Dravskega polja (Urbanc et al., 2013).

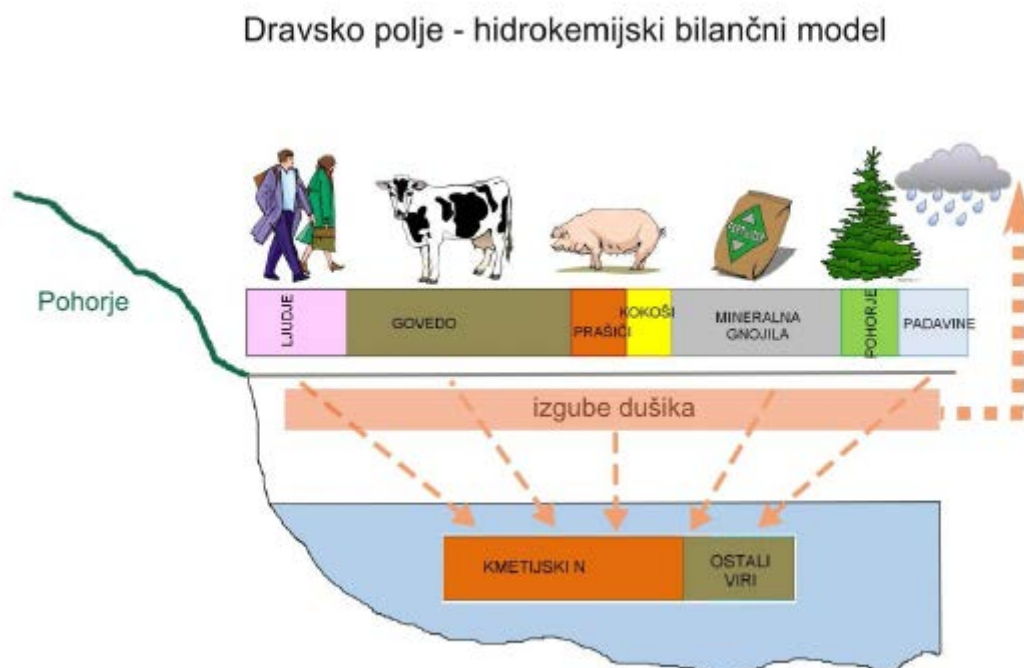
Zaradi povečane koncentracije nitratov v podzemni vodi na južnem delu je Urbanc s sodelavci (2013) razdelil Dravsko polje na tri obravnavana območja (sever, osrednji del in jug) (Slika 3). Kmetijsko in živinorejsko je najbolj obremenjen južni del Dravskega polja saj je na tem območju več kot 65 % glav goveje živine, 73 % prašičev, 64 % glav drobnice in 97 % perutnine, od celotnega polja (Urbanc et al., 2013).



Slika 3: Območja Dravskega polja (sever, osrednji del in jug).

Površina kmetijskih zemljišč je 8,746 ha, kar je 58 % vseh kmetijskih zemljišč na Dravskem polju.

Urbanc in sodelavci (2013) so izdelali hidrokemijski bilančni model vodonosnika Dravsko polje s katerim so podrobneje kvantificirali masni tok dušika v vodonosniku. Upoštevali so različne vnose dušika v vodonosnik (Slika 4).



Slika 4: Viri dušika upoštevani v hidrokemijskem bilančnem modelu (Urbanc et al., 2013).

Izgubo dušika v nezasičenem delu vodonosnika je zelo težko oceniti, zato je so Urbanc s sodelavci (2013) izdelal dodaten reverzni hidrokemijski model, pri katerem je iz merjenih koncentracij nitratov v podzemni vodi izračunal letno količino vnesenega dušika. Pri izračunu so upoštevali različne faktorje, ki vplivajo na koncentracijo nitratov v podzemni vodi.

Iz združenih modelov so nato ocenili potencialne vnose dušika iz posameznih virov, izgube dušika na poti od virov do podzemne vode in količine dušika v podzemni vodi. Iz modela je razvidno, da skupna količina dušika od živali, ljudi, mineralnih gnojil in depozicije na obravnavanem območju znaša 1391799 kg/leto, kar predstavlja 50 % obremenitve celotnega polja (Urbanc, 2013).

4. Model južnega dela Dravskega polja

Za obravnavano območje južnega dela Dravskega polja smo priredili model s podatki za :

- Površino vodnega telesa,
- Površino kmetijskih zemljišč,
- Volumen vodonosnika,
- Poroznost vodonosnika,
- Povprečno vrednost nitratov v podzemni vodi in
- Skupno obremenitev dušika.

4.1 Navodila za uporabo modela

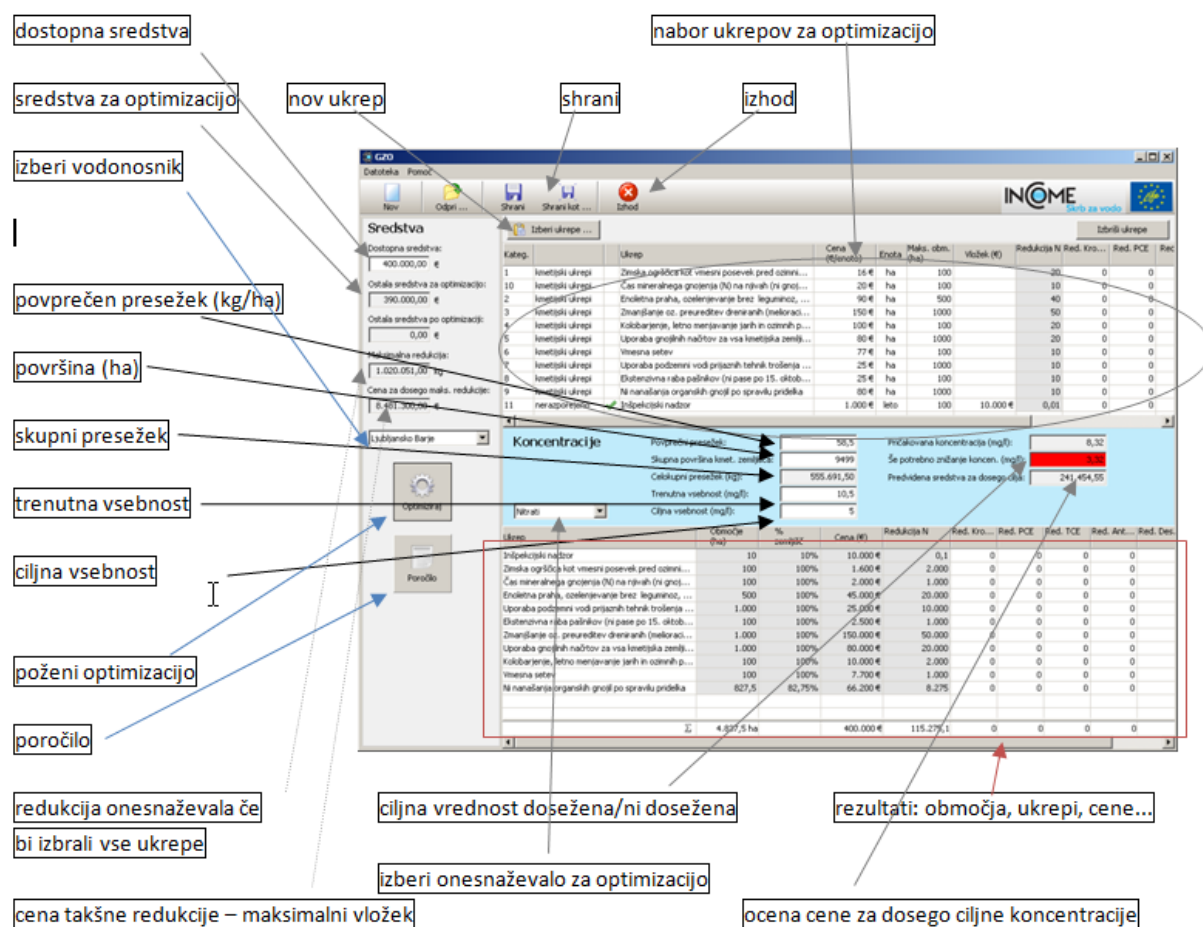
Uporabnik v začetnem koraku izbere ukrepe. Ko imamo določene vhodne podatke in parametre sistema, lahko izvajamo optimizacijo ukrepov (Slika 5). Pri tem sistem nudi hitro oceno vplivov, ki bi jo imeli izbrani ukrepi ob njihovi izvedbi. Optimizacija ukrepov se vrši izključno za eno onesnaževalo. Če izberemo ukrepe, ki povzročijo zmanjšanje vnosa več onesnaževal hkrati, sistem izračuna tudi učinke za ostala onesnaževala, vendar jih ne upošteva pri optimizaciji. Pred zagonom algoritma za optimizacijo sistem izvede preverjanje vnesenih podatkov. Preverjanje zajema ukrepe, površine, koncentracije in vnesene zneske. Pri preverjanju sistem predlaga tudi popravke oz. primerne vrednosti. Rezultat modula optimizacija je predlog nabora ukrepov, površine, na katerih se naj izvajajo ukrepi, predviden učinek na koncentracijo onesnaževala v podzemni vodi ter druge pomožne ocene, ki so uporabniku lahko v pomoč pri odločitvah.

Dodatni moduli (na primer shrani/odpri, urejevalnik ukrepov, generator poročila) pripomorejo k boljši funkcionalnosti in uporabniški izkušnji.

V prvem koraku vpišemo v podokno »Sredstva« pod »Dostopna sredstva« vsa razpoložljiva sredstva, s katerimi želimo izboljšati stanje podzemnih voda. Pri izbranih ukrepih določimo največjo površino na kateri je mogoče ukrep izvajati. V podoknu »Koncentracije« izberemo za katero onesnaževalo želimo uporabiti v modelu.

Z zagonom optimizacije »Optimiziraj« model izračuna kako lahko optimalno izvedemo izbrane ukrepe. V primeru, da so določene vrednosti vnesene napačno, nas model opozori in ustrezna polja pa obarva rdeče ter po možnosti predlaga nove, ustrezne vrednosti.

Po končani optimizaciji model v podoknu »Koncentracije« izpiše vrednosti za »Pričakovano koncentracijo«, »še potrebno znižanje koncentracije« ter »predvidena sredstva za doseg cilja. Pričakovana koncentracija je ocena koncentracije onesnaževala v podzemni vodi po predvideni izvedbi ukrepov. Še potrebno znižanje koncentracije izračuna razliko med tarčno vrednostjo in doseženo pričakovano koncentracijo. Če je pričakovana koncentracija višja od ciljne, se okno obarva rdeče in obratno, če smo ciljno koncentracijo dosegli, se okno obarva zeleno. Model tudi okvirno oceni, koliko sredstev smo namenili premalo za doseg tarčne koncentracije (če pričakovane koncentracije še nismo dosegli) in obratno, koliko sredstev smo namenili preveč (negativna vrednost), če smo tarčno koncentracijo že dosegli oz. presegli. V tabeli pod podoknom "Koncentracije" model izpiše predlagane ukrepe, območje teh ukrepov, ceno, in posamezno redukcijo, ki jo določen ukrep povzroči.



Slika 5: Uporabniški vmesnik modela.

5. Zaključek

Izdelani model je robustno orodje, ki omogoča hitro in okvirno oceno stroškov in učinkov predvidenih ukrepov na izboljšanje kemijskega stanja podzemne vode. Model ima vključene parametre obravnavanega vodonosnika. Glede na dobro poznavanje hidrogeoloških lastnosti obravnavanega območja je ocena teh parametrov relativno zanesljiva. Večjo negotovost v modelu predstavljajo parametri ukrepov, ki so prevzeti iz literature in ne upoštevajo specifičnih razmer obravnavanega območja. Izboljšanje zanesljivosti in natančnosti ocen modela je moč zagotoviti z natančnejšo opredelitvijo ukrepov za zmanjšanje obremenitev podzemne vode, ki bodo vezani na obravnavano območje in upoštevali značilnosti tal (nezasičene cone) ter možnosti in omejitve izvedb ukrepov.

6. Viri

FAL Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 2007: FAL Katalog. Massnahmen zur Reduzierung von Stickstoffinträgen in Gewässer-eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode – FAL Agricultural Research, Braunschweig, Germany.

Janža, M., Meglič, P., Žibret, G., 2014: Razvoj informacijskih orodij za podporo upravljanju vodnih virov. V: Skrb za pitno vodo, ur.: Kladnik, D., Topole, M., Geografija Slovenije 31, 94-97. Založba ZRC. Ljubljana

Program razvoja podeželja RS za obdobje 2007-2013, podukrep št. 214-I/7, str. 175, Pravilnik o ekološki pridelavi in predelavi kmetijskih pridelkov oziroma živil (Ur.list RS 128/06) (osnovni prostovoljni ukrep)

Urbanc J., Krivic J., Mali N., Ferja stanič T., Koroša A., Šram D., Mezga K., Bizjak M., Medić M., Bole Z., Lojen S., Pintar M., Udivč A., Glavan M., Kacjan-Maršič N., Jamšek A., Valentar V., Zadravec D., Pušenjak M., Klemenčič-Kosi S., 2013. Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih (Ciljni raziskovalni program »Konkurenčnost Slovenije 2006-2013) (Zaključno poročilo projekta). Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 2 zvezka.

Žibret, G., Meglič, P., Janža, M., Šram D., Prestor, J., 2012: Establishment of programme of activities based on Decision Support System (DSS), DSS for improvement of chemical status of the aquifers (project INCOME action report). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

Žlebnik, L., 1982: Hidrogeološke razmere na Dravskem polju. Geologija 25/1 str. 151-164.