



# VREDNOTENJE INTENZIVNOSTI OKOLJSKIH PRITISKOV KMETIJSTVA NA PODZEMNO VODO V SLOVENIJI

*Izvirni znanstveni članek*  
COBISS 1.01  
DOI: 10.4321/dela.51.5-26

## Izvleček

S sestavljenim okoljskim indeksom smo ocenili stopnjo okoljske trajnosti kmetijstva po vodnih telesih podzemne vode (VTPodV) Slovenije. Poleg prepoznanih razlik med 21 VTPodV smo analizirali in prikazali pritiske kmetijske dejavnosti še po različnih tipih poroznosti vodonosnikov. Ugotavljamo, da so najbolj obremenjena VTPodV medzrnskega tipa poroznosti. Kmetijstvo je na prav vseh 5 aluvialnih ravninah Slovenije z medzrnskimi vodonosniki z okoljskega vidika manj trajnostno. Najnižji indeks smo izračunali na območju VTPodV Dravska kotlina (−0,54), sledita Murska (−0,34) in Savska kotlina z Ljubljanskim barjem (−0,24). Za boljšo ilustracijo odzivov smo z analizo prostorske zastopanosti ekološko obdelanih površin vrednotili zastopanost najbolj trajnostne kmetijske prakse ter ugotovili, da je ekološko kmetijstvo bolj zastopano na vodnih telesih s prevladujočim kraškimi tipom poroznosti (17,1 % ekološko obdelanih kmetijskih zemljišč) in najmanj na aluvialnih ravninah z medzrnskimi vodonosniki (komaj 3,7 % ekološko obdelanih kmetijskih zemljišč). Izračun indeksa trajnosti kmetijstva na ravni VTPodV se je za ugotavljanja okoljske trajnosti izkazal kot zelo primeren.

**Ključne besede:** kmetijstvo, vodni viri, vodna telesa podzemne vode, indeks okoljske trajnosti, ekološko obdelana kmetijska zemljišča, Slovenija

- ⋮ \* Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana
- ⋮ \*\* Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Dunajska 22, 2, SI-1000 Ljubljana
- ⋮ e-pošta: barbara.lampic@ff.uni-lj.si, andrejka.rutar@gov.si

## EVALUATION OF THE INTENSITY OF ENVIRONMENTAL PRESSURES FROM AGRICULTURE ON GROUNDWATER IN SLOVENIA

### Abstract

Using a composite environmental index, we assessed how environmentally sustainable agriculture is by examining water bodies of groundwater (WBG) in Slovenia. Apart from studying identifiable differences among 21 WBG, we also analysed and detailed the pressures of agricultural activities including by different types of aquifer porosity. We found that the most heavily burdened WBG have an intergranular type of porosity. From the standpoint of environmental sustainability agriculture is ill-suited on all five of the alluvial plains with intergranular aquifers in Slovenia. The lowest index was calculated in the area of the WBG in the Drava basin (-0.54), followed by the Mura (-0.34) and Sava basin together with the Ljubljana Marshes (-0.24). In order to better illustrate responsiveness, through analysis of spatial patterns of ecologically cultivated areas, we evaluated the distribution of the most sustainable agricultural practices and found that organic farming is more prevalent on water bodies with predominantly karst type of porosity (17.1% of organically cultivated agricultural land) and it occurs least on alluvial plains with intergranular aquifers (barely 3.7% of organically cultivated agricultural land). Calculations of the sustainability index of agriculture at the level of WBG proved to be very suitable approach for determining environmental sustainability.

**Keywords:** agriculture, water resources, water bodies of groundwater, environmental sustainability index, organic cultivated agricultural land, Slovenia

---

### 1 UVOD

Načini globalne rabe naravnih virov povzročajo velike pritiske na okolje, ki se kažejo v njihovem izčrpanju in onesnaženju okolja. Kmetijstvo, kot prostorsko najbolj razširjena dejavnost, ima pri razpršenem obremenjevanju podzemnih voda izjemno pomembno vlogo, kolikšno pa lahko ocenimo s pomočjo izračuna skupnega indeksa okoljske trajnosti kmetijstva.

Okoljski vidik trajnosti kmetijstva izhaja prav iz konfliktnosti med izkoriščanjem naravnih virov na eni strani in varovanjem okolja na drugi (Cunder in sod., 2012). Učinki kmetijstva na podzemne vode pa niso odvisni le od intenzivnosti pridelovanja in posledično večjega onesnaževanja in obremenjevanja, temveč tudi od občutljivosti okolja in posameznih okoljskih sestavin (Lampič, 2000; Špes in sod., 2002).

Intenzivnejša kmetijska dejavnost v kombinaciji z naravnimi danostmi (struktura tal, količina padavin, značilnosti vodonosnika itd.) je velikokrat vzrok za slabo stanje podzemnih voda in njihovo onesnaženje. Problem predstavlja predvsem spiranje hranil in fitofarmaceutskih sredstev (pesticidi) kot posledica intenzivnejšega izvajanja kmetijske dejavnosti (raba živinskih in mineralnih gnojil, gnojilne gošče iz živinskih obratov ipd.) (Načrt upravljanja voda na vodnem območju (v nadaljevanju VO) Jadranskega morja ..., 2016).

Zavedanje o pomembnosti ustrezne opredelitve okoljske trajnosti se kaže v številnih raziskavah ter razvitih orodjih za odločanje in ozaveščanje o okoljski trajnosti. Kljub nekaterim kvantitativnim podatkom, ki kažejo na pritiske kmetijstva na podzemne vode (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016; Načrt upravljanja voda na VO Jadranskega morja ..., 2016), pa sintezne ocene vplivov kmetijstva po ključnih parametrih okoljske trajnosti (ohranjanje naravnih virov in ekološkega ravnovesja, varovanje biotske raznovrstnosti, uporaba okolju prijaznih tehnologij) na prostorskem nivoju podzemnih voda za strateško načrtovanje in ukrepanje še nimamo. Namen prispevka je torej podati oceno okoljske trajnosti kmetijstva po upravljaljskih prostorskih enotah podzemnih voda, t. i. vodnih telesih podzemne vode (v nadaljevanju VTPodV) v Sloveniji (skupaj jih je 21), kot jih opredeljuje Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemne vode (Ur. l., št. 63/05 in 8/18) in nato še po treh glavnih tipih poroznosti vodonosnikov, z namenom strateškega spremljanje stanja in bolj ciljno naravnanih ukrepov za trajnostno upravljanje območij podzemnih voda. Zadnji podatki (in eni redkih dostopnih na ravni 21 VTPodV) o kemijskem stanju podzemnih voda v letu 2018 kažejo, da so zaradi intenzivnih človekovih dejavnosti (predvsem kmetijstva) najbolj obremenjena vodna telesa v severovzhodnem delu Slovenije, in sicer v vodonosnikih s pretežno medzrnsko poroznostjo (Kemijsko stanje ..., 2019). Dodatni podatki ter izračunan skupni indeks okoljske trajnosti pa bodo razmere na ravni posameznega vodnega telesa osvetlili še podrobneje.

Tako smo s pomočjo celovitega pristopa za vsa VTPodV izračunali vrednosti indeksa okoljske trajnosti kmetijstva (Rutar, 2016), ki predstavljajo izhodiščno stanje za nadaljnje spremljanje trendov okoljske trajnosti kmetijstva v Sloveniji ter za vrednotenje različnih ukrepov aktualnega načrta upravljanja voda za obdobje 2016–2021. Ocena in interpretacija okoljske trajnosti kmetijstva na območjih podzemne vode pa prispevata tudi k:

- razvoju metodoloških pristopov za vrednotenje različnih pritiskov človekovih dejavnosti;
- nadaljnjemu usmerjanju in delovanju slovenske kmetijske in vodne politike, strateškemu usmerjanju ukrepov za trajnostno upravljanje, gospodarjenje in spremljanje stanja na prostorskem nivoju podzemnih voda;
- načrtovanju izvajanja kmetijske dejavnosti na način, da se ohranja dobro stanje (podzemnih) voda, naravne procese in naravno ravnovesje vodnih ter obvodnih ekosistemov, kar je tudi eden izmed poudarkov v načrtih upravljanja voda

(za obdobje 2016–2021 (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016; Načrt upravljanja voda na VO Jadranskega morja ..., 2016) ter

- sistemski evalvaciji izvajanja ukrepov kmetijske politike.

## 2 KONCEPT TRAJNOSTI S POUČENJEM NA OKOLJSKI TRAJNOSTI KMETIJSTVA

Večdimenzionalni koncept trajnosti predpostavlja smotrno rabo naravnih virov ob hkratnem izboljšanju kakovosti življenja v sedanosti in prihodnosti (Hagget, 2001) ter je sestavljen iz okoljske, ekonomske in socialne komponente trajnosti (Allen in sod., 1991; Von Wirén-Lehr, 2001). Med slovenskimi avtorji je koncept trajnost(nost)i/sonaravnosti s teoretičnega in terminološkega vidika podrobneje razdelal Plut (2002; 2005; 2014), konkretnije pa so o regionalnih razlikah pri doseganju trajnosti, potrebi prilagajanja človekovih dejavnosti nosilnim zmogljivostim okolja in posledicah netrajnostnih praks, ki se v okolju kažejo kot izčrpavanje naravnih virov in onesnaževanje, pisali Vintar Mallyjeva in Lampičeva s sodelavci (Vintar Mally, 2011; Vintar Mally, 2018; Lampič in sod., 2016). Sonaravni razvoj (tudi kmetijstva) upošteva nosilne zmogljivosti okolja (regeneracijske, samočistilne), teži k ohranjanju ekosistemske stabilnosti, pestrosti narave ter zmanjšanju izčrpavanja neobnovljivih naravnih virov (Špes in sod., 2002). Plut (2014) sonaravni razvoj opredeljuje z rabo prostora, naravnih virov itd. v okviru zmogljivosti okolja in narave, kar pomeni, da sonaravni razvoj označuje le doseganje okoljske (in prostorske) trajnosti in ne vseh treh dimenzij koncepta trajnosti.

Kompleksnost koncepta kmetijske trajnosti ter merjenja le-te, težave pri spremljanju trajnosti zaradi njene večplastnosti (okoljski, socialni in ekonomski vidik) ter vloge kazalnikov in kriterijev so predstavljene v prispevku *Measuring Agricultural Sustainability* (Hayati in sod., 2011). Med vsemi tremi vidiki trajnosti je na področju kmetijstva prednostni prav okoljski (Gaetano, 2010; Cunder in sod., 2012; Lampič in sod., 2016). Kmetijstvo in z njim najbolj neposredno povezana raba zemljišč imata namreč lahko koristen (ekstenzivne oblike rabe kmetijskih zemljišč) ali škodljiv (na primer intenzivne rabe z večjimi vnosi hranil in uporabo sredstev za varstvo rastlin) vpliv na posamezne sestavine okolja (Bedrač, 2016).

V slovenski zakonodaji je trajnostno kmetijstvo definirano kot kmetijstvo, s katerim se vzdržuje biotska raznovrstnost živalskih in rastlinskih vrst, ohranja tla ter njihovo rodovitnost ob varovanju naravnih razmer za življenje v tleh, vodi in zraku (Zakon o kmetijstvu, 2008). Okoljska trajnost temelji na ohranjanju naravnega kapitala in širše vključuje tudi ekosistemske storitve in biotsko raznovrstnost (Plut, 2005), ki je bistven element okolja (Moldan, Janouškova, Hak, 2012). Pretty kot ključno okoljsko načelo trajnosti kmetijstva poudarja integracijo bioloških in ekoloških procesov (kroženje hranil, vezava dušika, regeneracija tal itd.) v sam proces proizvodnje

hrane (Pretty, 2008). Z okoljsko trajnostno naravnanim kmetijstvom prispevamo k zmanjšanju vplivov kmetijstva na okolje. Rešitve pri omejevanju razpršenega onesnaževanja iz kmetijstva so med drugim ustrezni načini upravljanja s kmetijskimi zemljišči (Chin, 2013), kot je na primer ekološko kmetovanje. Upoštevajoč načela močne trajnosti se ekološko kmetijstvo najbolj približa vsem trem dimenzijam trajnosti ter predstavlja minimalne negativne vplive na okolje v primerjavi s kmetijskimi praksami konvencionalne in integrirane pridelave (Cunder in sod., 2012; Slabe Erker in sod., 2015). Nadgradnja kvalitativne opredelitve koncepta trajnosti je vprašanje merjenja (kvantitativne opredelitve) trajnosti. Sestavljeni indeksi okoljske trajnosti so pomembno orodje za oblikovanje politik, javnih komunikacij in informacij o proučevanih območjih. Z vidika konceptualizacije pojavov in poudarjanja trendov številni trajnostni indeksi poenostavljajo, analizirajo in sporočajo kompleksne in zapletene informacije (Singh in sod., 2012; Hak, Moldan, Dahl, 2012). Namen kazalnikov je poenostaviti sistem v smislu uporabe informacij pri sprejemanju odločitev in so nekakšen kompromis med znanstvenimi dognanji, preprostostjo uporabe in razpoložljivostjo podatkov. Kazalniki so ali merjeni, ocenjeni ali izračunani z agregacijo podatkov (Mitchell, May, McDonald, 1995; Girardin, Bockstaller, Van der Werf, 2000).

Podrobnejši kritičen pregled strokovne in znanstvene literature, teoretična izhodišča ter pregled metodoloških raziskav merjenja trajnostne ravni kmetijstva so predstavljeni v knjigi *Opredelitev in merjenje trajnosti v kmetijstvu* (Slabe Erker in sod., 2015). Precej pogosta metoda merjenje s kazalniki in njihovo agregiranje v indekse je bila namreč uporabljena tudi v Sloveniji (Slabe Erker in sod., 2015; Lampič in sod., 2016; Bedrač, 2016; Rutar, 2016). V okviru projekta *Parametri trajnostnega razvoja kmetijstva* (Slabe Erker in sod., 2012a, Cunder in sod., 2012; Lampič in sod., 2012) so bili opredeljeni parametri trajnostnega razvoja kmetijstva in izvedene analize trajnosti na nacionalni (primerjava Slovenije z državami EU 15) in regionalni ravni (primerjava med statističnimi regijami Slovenije), ločeno pa tudi na ravni proizvodnih usmeritev. V analizi na nacionalni ravni je bilo ugotovljeno, da je Slovenija, upoštevajoč vse tri vidike trajnosti, na področju okoljske trajnosti v dokaj ugodnem položaju, v segmentu družbene in ekonomske trajnosti pa zaostajamo za drugimi državami EU-15 (Slabe Erker in sod., 2015). Podobne raziskave trajnosti kmetijstva v tujini so bile praviloma prostorsko omejene na manjša območja (Lopez-Baldovin, Gutierrez-Martin, Berbel, 2006; Walter, Stuetzel, 2009; Van Cauwenbergh in sod., 2007; Geatano, 2010 idr.). Poskus opredelitve samo okoljskega vidika trajnosti v kmetijstvu, ki ni integriran z družbenim in ekonomskim vidikom, je na primer *Environmental Sustainability Index* (ESI). Predstavlja orodje za merjenje okoljske trajnosti značilnih kmetijskih sistemov in je opredeljen kot zmogljivost vzdrževanja in izboljševanja tal in vodnih virov. Kmetijski sistem je okoljsko trajnosten tam, kjer ne prihaja do izpiranja razgradnih sestavin (hranil, kemikalij, sedimentov) (Sands, Podmore, 2000).

### 3 UPRAVLJANJE S PODZEMNO VODO V SLOVENIJI

Podzemna voda se pojavlja skoraj povsod pod zemeljskim površjem in predstavlja najboljčutljivejšo in največjo razpoložljivo zalogo sladke vode v tekočem stanju na Zemlji (Quevauviller, 2008; Lerner, Harris, 2009; Alley, La Baugh, Reilly, 2005). Zaradi velikih zalog, geografske razširjenosti, kakovosti ter neobčutljivosti na sezonska nihanja predstavlja podzemna voda razpoložljiv, varen in obnovljiv vodni vir. V primeru pravilnega upravljanja zagotavlja dolgoročno zalogo za zadovoljitev povečanega povpraševanja in ublažitev posledic pričakovanih podnebnih sprememb (Kresić, 2009).

*Preglednica 1: Razdelitev VTPodV v Sloveniji po prevladujočih tipih poroznosti vodonosnikov.*

Prevladujoč tip poroznosti vodonosnikov	Vodna telesa podzemne vode	Površina območja (km <sup>2</sup> )	% ozemlja Slovenije
<b>Medzrnski</b>	Savinjska kotlina	109,1	0,5
	Dravska kotlina	429,3	2,1
	Savska kotlina in Ljubljansko barje	773,5	3,8
	Murska kotlina	591,3	2,9
	Krška kotlina	96,8	0,5
	Goričko	493,5	2,4
	Zahodne Slovenske gorice	756,1	3,7
	Vzhodne Slovenske gorice	307,8	1,5
	Haloze in Dravinjske gorice	597,1	2,9
<b>Kraški</b>	Julijske Alpe v porečju Soče	817,6	4,0
	Julijske Alpe v porečju Save	782,8	3,9
	Karavanke	403,8	2,0
	Kamniško-Savinjske Alpe	1112,2	5,5
	Goriška brda in Trnovsko-Banjška planota	1443,3	7,1
	Obala in Kras z Brkini	1589,4	7,8
	Kraška Ljubljana	1306,9	6,4
	Dolenjski kras	3354,7	16,5
<b>Razpoklinski</b>	Vzhodne Alpe	1268,8	6,3
	Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	850,0	4,2
	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	1791,6	8,8
	Spodnji del Savinje ob Sotli	1397,1	6,9

*Vir: Načrt upravljanja voda za vodni ..., 2010.*

Za zanesljivo ugotavljanje stanja voda, doseganja okoljskih ciljev ter oblikovanje ukrepov za zmanjšanje večjih pritiskov na podzemne vode so se na podlagi hidrogeoloških mej opredelila VTPodV, ki predstavljajo razločen volumen podzemne vode v vodonosnikih in (razmeroma) enoten sistem za upravljanja s podzemnimi vodami (Kodre, Stanič Racman, 2013). Podzemna voda v Sloveniji je s predpisom, ki ureja določitev VTPodV, združena v 21 VTPodV. Na vodnem območju (v nadaljevanju VO) Donave je določenih 18 vodnih teles podzemne vode, na VO Jadranskega morja pa 3 (preglednica 1).

Kljub ugotovitvam, da je segment okoljske trajnosti v primerjavi z ekonomskim in socialnim v Sloveniji manj pereč (Slabe Erker in sod., 2015; Lampič in sod., 2016), pa dolgoletni podatki o kemijskem stanju podzemnih voda na posameznih območjih kažejo na akutno prisotnost onesnažil, ki so povezana s kmetijsko dejavnostjo. Rezultati monitoringa podzemne vode v letu 2018 so zopet pokazali, da so najbolj obremenjena vodna telesa v severovzhodnem delu Slovenije, in sicer z nitrati, v Dravski kotlini pa tudi z atrazinom in njegovim razpadnim produktom desetil-atrazinom (Kemijsko stanje ..., 2019).

Za analizo okoljske trajnosti kmetijstva po prevladujočih tipih vodonosnikov smo tudi v tej študiji uporabili prostorsko razdelitev vodonosnih sistemov v Sloveniji iz Načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2009–2015 (2010). Pri oceni velikosti vpliva obremenitev na stanje podzemne vode so namreč pomembne značilnosti vrhnjih plasti vodonosnika. Vodonosnik je kamninski sloj ali druge geološke plasti pod zemeljsko površino, ki so dovolj porozne ali prepustne, da omogočajo pomemben tok podzemne vode ali odvzem pomembnih količin podzemne vode (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016). Disperzija in transport onesnaževal v podzemno vodo sta v večji meri posledica razlik v poroznosti vodonosnika (Chin, 2013). Vodonosniki v Sloveniji so precej heterogeni, prevladujoč tip pa je odvisen od prostorske razporeditve značilnih sedimentov, ki so nastajali v določenih prostorsko in časovno spreminjajočih se sedimentacijskih okoljih in imajo posledično značilne hidrogeološke lastnosti (Janža, 2009).

Od sestave poroznega prostora v kamninah so odvisne zaloge in gibanje podzemne vode. V nevezanih aluvialnih sedimentih prevladujejo t. i. vodonosniki z medzrnsko poroznostjo, kjer se zbirajo zelo velike količine vode, ki se pretaka počasi. Nasprotno je v vodonosnikih z razpoklinsko ter kraško poroznostjo v apnenčastih, dolomitnih kamninah, peščenjakih in laporjih pretakanje vode hitro, akumulacijska sposobnost poroznega prostora pa manjša (Brečko Grubar, 2006; Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016). V splošnem pa so medzrnski vodonosniki manj heterogeni kot kraški in razpoklinski (Janža, 2009). Mehanizem toka podzemne vode v vodonosniku in posledično ranljivost podzemne vode pri enakih antropogenih pritiskih sta torej odvisna od tipa poroznosti. Plitvi medzrnski vodonosniki v prodno-peščenih rečnih naplavinah so zaradi dobre prepustnosti posledično tudi zelo ranljivi. Podobno so zelo ranljivi tudi tipično kraški vodonosniki s kanalsko poroznostjo, a za razliko od



medzrnskih, praviloma manj izpostavljeni antropogenim vplivom (poselitev, kmetijstvo itd.) (Prestor, Rikanovič, Janža, 2002).

Prevladujoči medzrnski vodonosniki zavzemajo četrtno ozemlja Slovenije in so praviloma najbolj izpostavljeni obremenitvam. Na ravninskih območjih VTPodV Murske, Dravske, Savinjske, Krške in Savske kotline z Ljubljanskim Barjem so največja območja poselitve in hkrati najpomembnejša sklenjena kmetijska območja v državi. Omenjena VTPodV na medzrnskih vodonosnikih se izkoriščajo za oskrbo večine prebivalstva in njihovih dejavnosti. Globlji deli prevladujočih medzrnskih vodonosnikov (VTPodV Murske, Dravske in Krške kotline, Vzhodnih in Zahodnih Slovenskih goric ter Goričkega) predstavljajo danes najpomembnejše zaloge termalne in mineralne vode v Sloveniji, ki so hkrati tudi pomemben obnovljiv vir energije za ogrevanje in hlajenje ter za turistično dejavnost (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016).

VTPodV v tipičnih kraških vodonosnikih s kanalsko poroznostjo, ki v Sloveniji prevladujejo (skoraj polovica države), so sicer izredno visoko ranljiva, vendar pa sta na teh območjih razmeroma redka poselitev in ekstenzivna kmetijska dejavnost. Najbolj značilna kraška VTPodV so na primer Obala in Kras z Brkini, Kraška Ljubljanka in Dolenjski kras. Kraške podzemne vode se pretakajo v odprtih razpokah in kraških kanalih, kjer je horizontalni podzemni tok marsikje podoben toku površinske vode, naravne samočistilne sposobnosti pa so majhne. Poleg tega so kraške podzemne vode velikokrat v neposrednem stiku s površinskimi vodami (ponikalnice).

Manj kot tretjino ozemlja Slovenije zavzemajo vodonosniki s prevladujočo razpoklinsko poroznostjo v večinoma flišnih kamninah (peščenjaki in laporji), dolomitu, manjši del pa predstavljajo magmatske in metamorfne kamnine (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016).

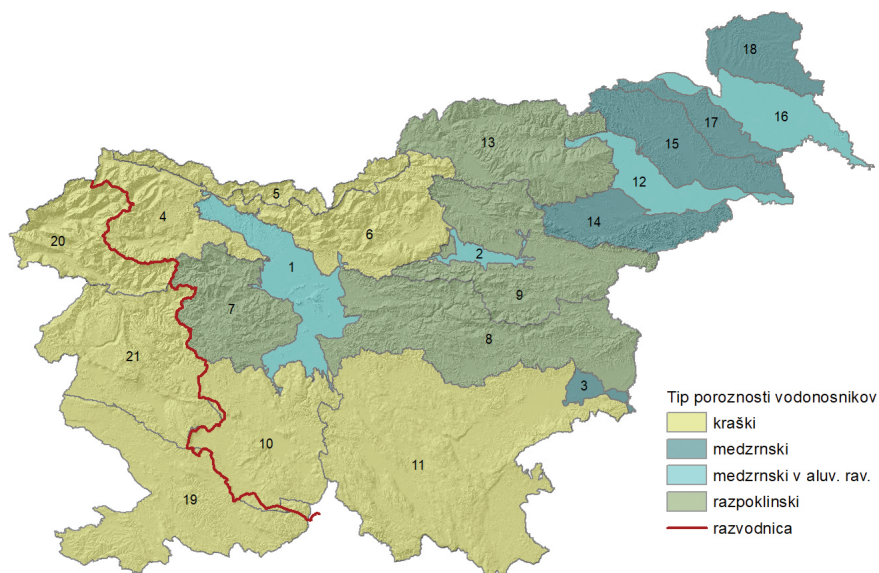
## 4 UPORABLJENI METODOLOŠKI PRISTOPI

Raziskava temelji na celovitem modelu določanja trajnosti v kmetijstvu, ki je bil vzpostavljen v okviru projekta Parametri trajnostnega razvoja kmetijstva (Cunder in sod, 2012; Lampič in sod., 2012; Slabe Erker in sod., 2012a). Poleg socialnega in ekonomskega vidika je tudi segment vrednotenja okoljske trajnosti jasno strukturiran in zasnovan za spremljanje sprememb. Pri določitvi okoljskega vidika trajnosti kmetijstva po VTPodV smo izhajali iz že definiranih treh parametrov in desetih kazalnikov, upoštevali pa smo tudi že določene uteži za posamezne kazalnike in parametre (preglednica 2). Sistem za vrednotenje okoljskega vidika trajnosti je namreč opredeljen na treh ravneh: na ravni kazalnikov, parametrov in na ravni končnega indeksa okoljske trajnosti (slika 2).

Za izračun indeksa okoljske trajnosti kmetijstva, ki temelji na izračunu posameznih kazalnikov, smo uporabili zbirke podatkov Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (v nadaljevanju MKGP), javno dostopne podatke uradnih spletnih strani MKGP in Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Natančen shematski prikaz



Slika 1: Vodna telesa podzemne vode glede na prevladujoč tip poroznosti vodonosnika.



1 Savska kotlina in Ljubljansko Barje  
 2 Savinjska kotlina  
 3 Krška kotlina  
 4 Julijske Alpe v porečju Save  
 5 Karavanke  
 6 Kamniško-Savinjske Alpe  
 7 Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje

8 Posavsko hribovje do osrednje Sotle  
 9 Spodnji del Savinje do Sotle  
 10 Kraška Ljubljana  
 11 Dolenjski kras  
 12 Dravska kotlina  
 13 Vzhodne Alpe  
 14 Haloze in Dravinjske gorice

15 Zahodne Slovenske gorice  
 16 Murska kotlina  
 17 Vzhodne Slovenske gorice  
 18 Goričko  
 19 Obala in Kras z Brkini  
 20 Julijske Alpe v porečju Soče  
 21 Goriška brda in Trnovsko-Banjska planota

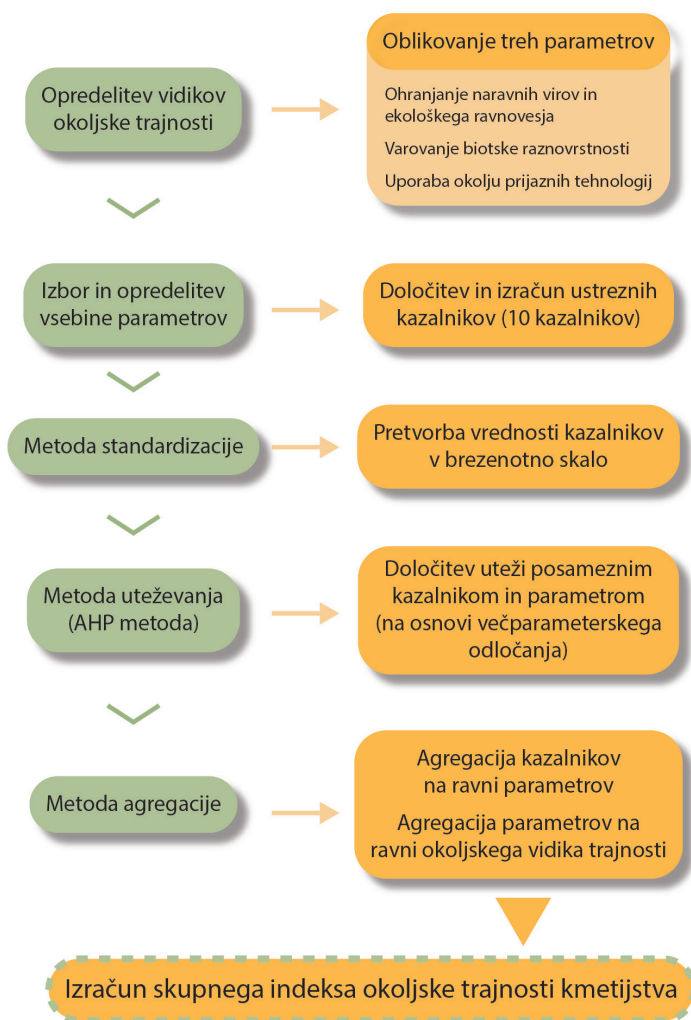
Vr: ARSO, 2018.  
 Kartografija: Ana Štefani Barba,  
 Oddelek za geografijo, FF, UL, 2019.

postopka za ocenjevanje okoljske trajnosti kmetijstva je prikazan na sliki 2, podrobneje pa opisan tudi v monografiji Slabe Erkerjeve s sodelavci (2015) in magistrskem delu Rutarjeve (2016).

Vse izračunane vrednosti kazalnikov, ki so vključevali heterogene merske enote, smo standardizirali. Primerjavo doseganja okoljske trajnosti kmetijstva po VTPodV smo najprej izpeljali preko indeksov na ravni treh parametrov, ki smo jih izračunali z agregacijo in uteževanjem posameznih kazalcev (preglednica 2).

Z metodo standardizacije in metodo uteževanja so kazalniki torej najprej združeni na ravni parametrov. Uteži za posamezne parametre in kazalnike so bile določene v postopku razvoja metode za opredelitev trajnosti v kmetijstvu (Slabe Erker in sod., 2015; Lampič in sod., 2016,.) in sicer z analitično hierarhičnim postopkom medsebojne primerjave (metoda AHP). Z AHP metodo je interdisciplinarna raziskovalna skupina udeležencev (s področja agronomije, geografije, ekonomije itd.) s primerjanjem parov kazalnikov znotraj posameznega parametra določila, kateri kazalnik vsebinsko bolj prispeva k okoljski trajnosti kmetijstva (Slabe Erker in sod., 2015).

Slika 2: Postopek ocenjevanja okoljske trajnosti kmetijstva.



Prirejeno po: Slabe Erker in sod., 2015; Rutar, 2016.

Indeksi parametrov so nato izračunani kot vsota uteženih okoljskih kazalnikov. Končni sestavljeni indeks okoljske trajnosti je torej vsota uteženih treh parametrov okoljske trajnosti kmetijstva: (1) ohranjanje naravnih virov in ekološkega ravnovesja, (2) ohranjanje biotske raznovrstnosti in (3) uporaba okolju prijaznih tehnologij.

Preglednica 2: Parametri in kazalniki za merjenje okoljske trajnosti kmetijstva, viri podatkov in določene uteži.

Parametri in kazalniki	Vir	Vrsta vpliva	Utež
<b>P1: Ohranjanje naravnih virov in ekološkega ravnovesja</b>			<b>0,6000</b>
Delež KZ* v vseh zemljiščih	MKGP	+	0,3277
Delež pozidanih površin	MKGP	-	0,0655
Razmerje med površinami njiv in travinja	MKGP	-	0,1120
Delež KZU** na OMD	MKGP	+	0,0947
<b>P2: Varovanje biotske raznovrstnosti</b>			<b>0,2000</b>
Delež KZU na območjih NATURA 2000	MKGP, ARSO	+	0,0212
Delež KZU na območjih visoke naravne vrednosti	MKGP	+	0,1267
Delež območij zaraščanja	MKGP	-	0,0521
<b>P3: Uporaba okolju prijaznih tehnologij</b>			<b>0,2000</b>
Delež ekološko obdelanih kmetijskih zemljišč	MKGP	+	0,0857
Delež njiv na VVO	MKGP, ARSO	-	0,0286
Obremenitev z GVŽ/ha	MKGP	-	0,0857

Vir: Slabe Erker in sod., 2012b.

\* kmetijska zemljišča

\*\* kmetijska zemljišča v uporabi

Osnovni vir za prostorsko analizo in izračun kazalnikov je Evidenca dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (v nadaljevanju: dejanska raba). Podatki zagotavljajo relativno visoko stopnjo relevantnosti za izračune na ravni različnih prostorskih enot. Pomembno je tudi dejstvo, da je, poleg dejanske rabe, večina ostalih podatkov za izračun kazalnikov javnih v okviru spletnih storitev (WMS) ARSO in MKGP. Večina uporabljenih podatkov se nanaša na leto 2015. Za osnovno prostorsko enoto vrednotenja okoljske trajnosti kmetijstva smo uporabili VTPodV. Z uporabo prostorskih slojev kot na primer dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč, grafične enote rabe kmetijskih zemljišč (v nadaljevanju: GERK), sloj Natura 2000, sloj območij visoke naravne vrednosti, sloj območij z omejenimi dejavniki za kmetijstvo (v nadaljevanju OMD), vodovarstvena območja (v nadaljevanju VVO), smo s pomočjo geoprostorskih analiz pripravili večino podatkov za izračune posameznih kazalnikov. Del podatkov smo pridobili še iz Registra kmetijskih gospodarstev (število glav velike živine (v nadaljevanju: GVŽ) in površine ekološko obdelanih kmetijskih zemljišč). Za izvedbo vseh računalniških postopkov (pripravo podatkovnih slojev, prostorske analize in oblikovanje kart) smo uporabili programsko opremo ArcGIS. S prekrivanjem izbranih podatkovnih slojev in uporabo ustreznih prostorskih operacij smo določili kazalnike okoljske trajnosti. Izhodiščne podatke smo dokončno obdelali (standardizirali in utežili) v Excelu in s tem določili brezenotno vrednost kazalnikov po posameznih VTPodV glede na njihov pozitivni oziroma negativni vpliv na okolje.

## 5 ANALIZA REZULTATOV IN RAZPRAVA

Skupni indeks okoljske trajnosti kmetijstva na VTPodV in po prevladujočih tipih poroznosti vodonosnikov opozarja na pomemben negativni vpliv kmetijstva na podzemne vode. Če upoštevamo tri osnovne tipe poroznosti vodonosnikov, je v splošnem v Sloveniji kmetijstvo okoljsko najbolj trajnostno na najboljšejših območjih s prevladujočim kraškim tipom poroznosti (indeks 0,29), okoljsko najmanj trajnostno pa je na območjih z medzrnskim tipom poroznosti na aluvialnih ravninah, ki na ravni VTPodV skupno obsegajo desetino ozemlja Slovenije in so strateško pomembna območja podzemnih vodnih virov (slika 4). Indeks okoljske trajnosti za prevladujoče medzrnske vodonosnike (aluvialne ravnine in gričevja vzhodne Slovenije) je negativen in znaša  $-0,37$ .

*Preglednica 3: Okoljska trajnost po posameznih parametrih in skupni indeks okoljske trajnosti (IOT) glede na prevladujoč tip poroznosti vodonosnikov.*

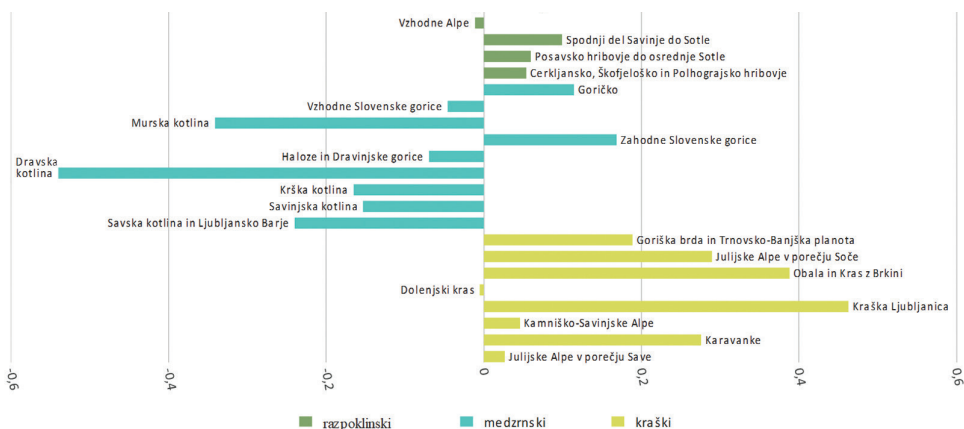
Št.	Tip poroznosti vodonosnika	P1: Ohranjanje naravnih virov	P2: Ohranjanje biotske raznovrstnosti	P 3: Uporaba okolju prijaznih tehnologij	IOT
1	kraška	-0,16	0,69	1,24	0,29
2	medzrnska	0,08	-1,29	-0,78	-0,37
3	razpoklinska	0,08	0,60	-0,46	0,08

Zanimivo je, da se se pokazale razmeroma majhne razlike med glavnimi tipi poroznosti vodonosnikov pri izračunih vrednosti parametra ohranjanje naravnih virov, medtem ko so očitne razlike pri preostalih dveh parametrih – ohranjanju biotske raznovrstnosti in uporabi okolju prijaznih tehnologij (preglednica 3). Kazalniki, ki opredeljujejo parameter ohranjanje naravnih virov, so namreč vezani na rabo zemljišč, razmerja med posameznimi kategorijami rabe ter zastopanost kmetijske rabe na območjih z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost. Prednost območij prevladujočih medzrnskih vodonosnikov tako predstavlja velik delež kmetijskih zemljišč v strukturi rabe zemljišč, na prevladujočih kraških vodonosnikih pa je ugodnejše razmerje med površinami njiv in travinjem (v prid travinju).

Pri vrednotenju vplivov kmetijstva na podzemne vode moramo biti najbolj pozorni na vrednost parametra uporaba okolju prijaznih tehnologij, saj kazalniki znotraj tega parametra (K1 delež ekološko obdelanih kmetijskih zemljišč, K2 delež njiv na VVO in K3 obremenitev z GVŽ/ha) najboljše opredeljujejo njegove negativne vplive. Pri slednjem ugotavljamo, da so najmanj ugodni rezultati prav na VTPodV z medzrnsko poroznostjo (vrednost  $-0,78$ ), torej okoljsko najbolj ranljivih. Tudi z vidika ohranjanja biotske raznovrstnosti in ekološke stabilnosti imajo ti vodonosniki izrazito slabo izhodišče (vrednost  $-1,29$ ) za doseg ciljev obeh veljavnih NUV, ki poudarjata

potrebo po izvajanju kmetijske dejavnosti na način, da se ohranja tudi naravne procese in naravno ravnovesje vodnih ter obvodnih ekosistemov (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016; Načrt upravljanja voda na VO Jadranskega morja ..., 2016).

Slika 3: Skupni indeks okoljske trajnosti kmetijstva po vseh VTPodV v Sloveniji.

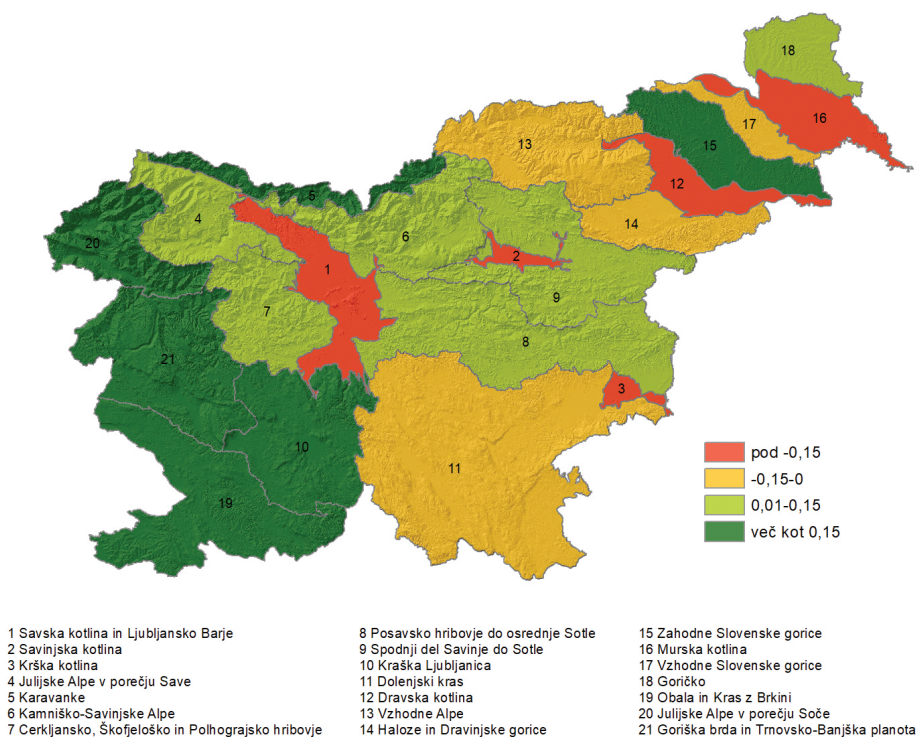


Na ravni posameznih VTPodV je najnižja ocena okoljske trajnosti izračunana na VTPodV Dravska, Murska, Savska kotlina z Ljubljanskim barjem, Krška in Savinjska kotlina, Haloze in Dravinjske gorice ter Vzhodne Slovenske gorice (slika 3 in slika 4). Vsa VTPodV na aluvialnih ravninah Slovenije so, za razliko od VTPodV v gričevjih, v pretežnem delu zelo visoko ranljiva. Med območji prevladujočih medzrnskih vodonosnikov s pozitivnimi vrednostmi indeksa izstopata le VTPodV Zahodne Slovenske gorice (na račun obsežnih območij kmetijskih zemljišč kot naravnega vira, deleža kmetijskih zemljišč v uporabi na OMD in relativno ugodnega razmerja med njivskimi in travniškimi površinami) in Goričko (predvsem na račun obsežnih kmetijskih zemljišč v uporabi na območjih Natura 2000).

Na območjih s prevladujočim kraškim tipom poroznosti vodonosnikov so za kmetijstvo manj ugodna območja, razen nekaterih izjem (flišne pokrajine Goriška brda, Koprška brda, Vipavska dolina), ki so klasificirana znotraj tipa VTPodV s prevladujočim kraškim tipom poroznosti vodonosnikov (Goriška brda in Trnovsko-Banjška planota ter Obala in Kras z Brkini). Na sicer okoljsko najbolj trajnostnih območjih kraških vodonosnikov je kmetijstvo okoljsko manj trajnostno (z negativnim indeksom okoljske trajnosti) le na območju VTPodV Dolenjski kras. Slednji obsega največji delež ozemlja Slovenije in je posledično pokrajinsko zelo pester, kar se odraža tudi v naravnih razmerah za kmetovanje, saj so nekateri predeli primerni tudi za intenzivnejše kmetijstvo (na primer naravno primernejše Dolenjsko podolje). Med štirimi

VTPodV s prevladujočim razpoklinskim tipom poroznosti je negativna ocena okoljske trajnosti samo na območju VTPodV Vzhodne Alpe, za katero tudi ARSO ocenjuje relativno nizko stopnjo ranljivosti (Gacin, Mihorko, Kranjc, 2009). Podobno kot na ostalih hribovitih območjih s prevlado živinoreje je na območju VTPodV Vzhodne Alpe okoljsko nekoliko sporna relativno visoka živinorejska gostota.

Slika 4: Prostorski prikaz doseženega indeksa okoljske trajnosti kmetijstva na območjih VTPodV v Sloveniji.



Vr: ARSO, 2018  
Kartografija: Ana Seferit Barba  
Osodelek za geografijo, FF, UL, 2019.

Okoljsko trajnostno naravnano kmetijstvo, posebej na območjih, pomembnih z vidika varstva narave in vodnih virov, pomeni pomemben prispevek k varovanju biotske raznovrstnosti in zdravstveno neoporečnih vodnih virov. Nekatera območja VTPodV na aluvialnih ravninah, na primer območje Dravske kotline (66 % VVO, 43 % ekološko pomembnih območij (v nadaljevanju: EPO), 22 % Nature 2000) in Savske kotline z Ljubljanskim barjem (26 % VVO, 30 % EPO, 24 % Nature 2000), imajo relativno visok delež okoljsko pomembnih območij, ki so v večjem delu tudi v kmetijski rabi. Kmetijstvo je na teh območjih, po izračunu indeksa, okoljsko manj trajnostno, kar potrjuje



na primer zastopanost ekološko obdelanih KZ, ki jih je na VTPodV Savska kotlina in Ljubljansko Barje 4,7 %, na VTPodV Dravska kotlina pa le 1,6 %, kar je najmanj med vsemi VTPodV v Sloveniji.

Indeks parametra ohranjanja okolju prijaznih tehnologij, ki je z vidika varovanja vodnih virov najpomembnejši pokazatelj trajnostno naravnane kmetijstva na upravljaljskih enotah podzemnih voda, je problematičen na vseh VTPodV prevladujočih medzrnskih in razpoklinskih vodonosnikov. Izjema med medzrnskimi vodonosniki sta VTPodV Murska kotlina in Goričko (nizek GVŽ/ha, več ekološko obdelanih kmetijskih zemljišč, manj njiv na VVO). Na vseh ostalih VTPodV z medzrnskim tipom poroznosti vodonosnikov v aluvialnih ravninah (Savska kotlina in Ljubljansko barje, Dravska, Savinjska, Krška kotlina), na gričevjih (Haloze in Dravinjske gorice, Vzhodne Slovenske gorice, Zahodne Slovenske gorice) ter na vseh VTPodV z razpoklinskim tipom poroznosti vodonosnikov je indeks parametra uporaba okolju prijaznih tehnologij negativen, najnižji na območju Savske kotline z Ljubljanskim Barjem. Na okoljsko občutljivejših območjih omenjenih VTPodV bi bila smiselna izboljšava razmerja med trajnim travinjem in njivskimi površinami na VVO (v prid travinja) ter spodbujanje kmetovanja v smislu večje okoljske naravnosti (večja zastopanost ekološkega kmetovanja, bolj usmerjeni kmetijsko okoljski ukrepi).

Sestavljeni indeks okoljske trajnosti nakazuje, da so izbrani kazalniki primerni za vrednotenje okoljske trajnosti kmetijstva tudi na nivoju VTPodV, saj se je kot okoljsko najmanj trajnostno izkazalo prav območje VTPodV, kjer je ocena kakovosti podzemne vode najslabša, a je hkrati zelo pomembno za vodno oskrbo.

## 6 SKLEP

Kmetijstvo v Sloveniji pod okriljem skupne kmetijske politike Evropske unije, poleg proizvodnje hrane in zagotavljanja osnovne ravni dohodkovne varnosti kmetovalcev, vključuje tudi načela varovanja okolja in trajnostnega gospodarjenja z naravnimi viri (Kus Veenvliet, 2012). Prav zaradi poudarjene vloge varovanja okolja v ciljnih kmetijske politike je postal okoljski vidik trajnosti pomembnejši (Cunder in sod., 2012).

Čeprav dosedanje raziskave doseganja trajnostnega razvoja v Sloveniji na različnih ravneh kažejo, da dosegamo najboljše rezultate na področju okoljskega segmenta trajnosti (Slabe Erker in sod., 2015; Lampič in sod., 2016; Vintar Mally, 2011), pa izsledki kmetijskega obremenjevanja in rezultati kemijskega stanja voda opozarjajo, da je prav vidik okoljske trajnosti v povezavi z vodami treba podrobneje in bolj ciljno proučevati in spremljati.

Prenos vzpostavljene metode izračuna indeksa trajnosti kmetijstva na nivo VTPodV se je za segment ugotavljanja okoljske trajnosti izkazal kot zelo primeren. Potrdili so se pomisleki, da je preračunavanje indeksov trajnosti na ravni statističnih regij za področje okolja najmanj primerno in da je bolj smiselno uporabiti izbrane



naravnogeografske enote, katerim se VTPodV v veliki meri približajo. Tudi uporabljen nabor kazalnikov za izračun okoljske trajnosti kmetijstva je tak, da v celoti omogoča prilagajanje različnim naravnim enotam (na primer porečjem, pokrajinskoekološkim enotam ipd.).

Pomembna je tudi dostopnost in ažurnost podatkov. Vsi uporabljeni in dostopni podatki: o dejanski rabi (ta podatek je vključen v različne kazalnike: delež pozidanih površin, delež kmetijskih zemljišč, razmerja med različnimi kategorijami kmetijske rabe (njive-travinje)), zastopanosti ekološkega kmetovanja (površine ekološko obdelanih KZ) in obremenitvah z GVŽ, se redno spremljajo na letni ravni. To nam omogoča, da procese in spremembe dejansko ažurno spremljamo ter sproti vrednotimo izvajanje različnih ukrepov kmetijske, pa tudi drugih politik.

Raziskava in rezultati so pokazali, da prizadevanja za doseganje okoljske trajnosti kmetijstva z vidika varovanja podzemnih voda niso učinkovita. Območja bolj občutljivih medzrnskih vodonosnikov so ob vseh antropogenih pritiskih tudi s strani kmetijske dejavnosti najbolj obremenjena, vodni viri pa ogroženi. Med tremi parametri je z vidika voda posebej pomembna vrednost parametra uporaba okolju prijaznih tehnologij.

Glede na dejstvo, da so na aluvialnih ravninah obsežna KZ in razširjeno intenzivno kmetijstvo, hkrati pa so to tudi okoljsko občutljiva območja, je nujen ukrep bolj ciljne preusmeritve v ekološke oblike kmetijskih praks. Priče smo postopnemu povečevanju obsega ekoloških zemljišč, ki so konec leta 2018 v Sloveniji skupaj obsegala 47.830 ha (EKO GERK 2018), na VTPodV z medzrnskimi vodonosniki, ki so zelo ranljivi in hkrati predstavljajo strateško pomembne vodne vire, pa ostajajo ekološko obdelana kmetijska zemljišča le minimalno zastopana. Metode ekološkega kmetovanja so usmerjene v ohranjanje rodovitnosti tal in minimiziranje vplivov na okolje s poudarjenim učinkovitim upravljanjem virov, kroženjem hranil, varovanjem okolja, ohranjanjem biotske raznovrstnosti in živalim prilagojeno rejo (Akcijski načrt ..., 2005).

Spodbujanje in uvajanje sonaravnega kmetijstva (vključevanje v ekološko kmetovanje in druge kmetijsko okoljske in podnebne operacije) v kmetijsko intenzivnejših pokrajinah, posebno na okoljsko občutljivejših območjih (EPO, NATURA, VVO), ostaja vsekakor izziv za prihodnost tako kmetijske in okoljske politike kot tudi drugih akterjev (kmetijskih svetovalcev, kontrolorjev, inšpektorjev), ki so v neposrednem stiku s kmetovalci.

Z izračunanim indeksom okoljske trajnosti na VTPodV smo pridobili novo sintezno informacijo o razmerah in procesih, vezanih na izvajanje kmetijske dejavnosti. Podatek, ki ga je moč spremljati na letni ravni, pa je zaradi omejenega nabora relevantnih informacij po upravljavskih prostorskih enotah podzemnih voda še toliko bolj uporaben.

## Literatura in viri

- Akcijski načrt razvoja ekološkega kmetijstva v Sloveniji do leta 2015. 2005. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 73 str.
- Allen, P., Van Dusen, D., Lundy, J., Gliessman, S., 1991. Integrating social, environmental and economic issues in sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 6, str. 34–39.
- Alley, W. M., La Baugh, J. W., Reilly, T. E., 2005. 145: Groundwater as an element in the hidrological cycle. V: Anderson, M. G. (ur.). *Encyclopedia of hidrological sciences*. Hoboken, John Wiley & Sons, str. 2215–2228.
- Bedrač, M., 2016. Ocena trajnostne naravnosti kmetijstva v Sloveniji v obdobju 2000–2013. Magistrsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, 123 str.
- Brečko Grubar, V., 2006. Trajnostno sonaravno upravljanje z vodnimi viri v porečju Kamniške Bistrice. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, 176 str.
- Chin, D. A., 2013. *Water quality engineering in natural systems. Fate and transport processes in the water enviroment*. 2. ed. Hoboken, John Wiley and Sons, 454 str.
- Cunder, T., Bedrač, M., Slabe Erker, R., Lampič, B., Mrak, I., Klun, M., Rednak, M., 2012. Parametri trajnostnega razvoja kmetijstva. Del 1. Teoretična izhodišča in trajnostna naravnost kmetijske politike. Ljubljana, Inštitut za ekonomska raziskovanja, 55 str.
- EKO GERK 2018. Vektorski podatki. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Pridobljeno 8. 3. 2019.
- Gacin, M., Mihorko, P., Kranjc, M., 2009. Poročilo o kakovosti podzemne vode v Sloveniji za leto 2007 in 2008. Ljubljana, Agencija RS za okolje, 22 str.
- Geatano, V., 2010. EU rural policy: proposal and application of an agricultural sustainability index. Benvenuto, Università del Sannio, 26 str. URL: [https://mpr.a.u-ni-muenchen.de/27032/1/MPRA\\_paper\\_27032.pdf](https://mpr.a.u-ni-muenchen.de/27032/1/MPRA_paper_27032.pdf) (citirano 15. 9. 2015).
- Girardin, P., Bockstaller, C., Van der Werf, H. M. G., 2000. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO\*ECO method. *Environmental Impact Assessment Review*, 20, str. 227–239.
- Hagget, P., 2001. *Geography. A global synthesis*. 4th ed. Harlow, Prentice Hall, 833 str.
- Hak, T., Moldan, B., Dahl, A. L., 2012. Editorial. *Ecological Indicators*, 17, str. 1–3.
- Hayati, D., Ranjbar, Z., Karami, E., 2011. Measuring agricultural sustainability. V: Lichtfouse, E. (ur.). *Biodiversity, biofuels, agroforestry and conservation agriculture*. Dordrecht, Springer Netherlands, str. 73–100. DOI: 10.1007/978-90-481-9513-8\_2.
- Janža, M., 2009. Modeliranje heterogenosti vodonosnika Ljubljanskega polja z uporabo Markovih verig in geostatike. *Geologija*, 52, 2, str. 233–240.
- Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji v letu 2018. 2019. Agencija Republike Slovenije za okolje. URL: [http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/041039-2203\\_kemij-sko%20stanje%20voda%202018\\_fin.pdf](http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/041039-2203_kemij-sko%20stanje%20voda%202018_fin.pdf) (citirano 25. 3. 2019).

- Kodre, N., Stanič Racman, D., 2013. Vodna direktiva – Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. V: Štravs, L. (ur.). Direktive EU s področja upravljanja voda. Ljubljana, Uradni list RS, str. 53–88.
- Kresič, N., 2009. Groundwater resources: sustainability, management and restoration. New York [itd.], McGraw-Hill, 852 str.
- Kus Veenvliet, J., 2012. Analiza doseganja ciljev Strategije ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji. Končno poročilo. Nova vas, Zavod Symbiosis, 235 str.
- Lampič, B., 2000. Izbrani razvojni in okoljevarstveni problemi slovenskega podeželja z vidika sonaravnega razvoja. Pokrajinsko ranljiva območja v Sloveniji. Geographica Slovenica, 33, 1, str. 157–202.
- Lampič, B., Slabe Erker, R., Cunder, T., Bedrač, M., Rednak, M., Mrak, I., Klun, M., 2012. Parametri trajnostnega razvoja kmetijstva. Del 3. Analiza trajnosti na regionalni ravni in ravni proizvodnih usmeritev. Ljubljana, Inštitut za ekonomska raziskovanja, 55 str.
- Lampič, B., Bedrač, M., Cunder, T., Klun, M., Mrak, I., Slabe Erker, R., 2016. Trajnostna naravnost kmetijstva v slovenskih regijah. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 146 str.
- Lerner, D. N., Harris, B., 2009. The relationship between land use and groundwater resources and quality. Land Use Policy, 26, 1, str. 265–273. DOI: 10.1016/j.landusepol.2009.09.005.
- Lopez-Baldovin, M. J., Gutierrez-Martin, C., Berbel, J., 2006. Multicriteria and multi-period programming for scenario analysis in Guadaiquivir river irrigated farming. Journal of The Operational Research Society, 57, 5, str. 499–509.
- Mitchell, G., May, A., McDonald, A., 1995. PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2, 2, str. 104–123.
- Moldan, B., Janouškova, S., Hak, T., 2012. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. Ecological Indicators, 17, str. 4–13.
- Načrt upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2009–2015. 2010. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, 524 str.
- Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. 2016. Ljubljana, Vlada RS, 295 str. URL:[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nuv\\_II/NUV\\_VOD.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nuv_II/NUV_VOD.pdf) (citirano 20. 3. 2019).
- Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016–2021. 2016. Ljubljana, Vlada RS, 266 str. URL: [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nuv\\_II/NUV\\_VOJM.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nuv_II/NUV_VOJM.pdf) (citirano 20. 3. 2019).
- Plut, D., 2002. Teoretični in terminološki vidiki koncepta trajnostnosti/sonaravnosti. Geografski vestnik, 74, 1, str. 73–86.
- Plut, D., 2005. Teoretična in vsebinska zasnova trajnostno sonaravnega napredka. Dela, 23, str. 59–113.

- Plut, D., 2014. Sonaravni razvoj Slovenije – priložnost in pasti. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 244 str.
- Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemne vode. 2018. Uradni list RS, 63/05 in 8/18.
- Prestor, J., Rikanovič, R., Janža, M., 2002. Podzemne vode. V: Ušeničnik, B. (ur.). Neseče in varstvo pred njimi. Ljubljana, Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo, str. 200–205.
- Pretty, J., 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 1491, str. 447–465. DOI: 10.1098/rstb.2007.2163.
- Rutar, A., 2016. Ocena okoljske trajnosti kmetijstva na podzemnih vodnih telesih v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 139 str.
- Quevauviller, P., 2008. Groundwater science and policy: an international overview. Cambridge, Royal society of chemistry, 754 str.
- Sands, G. R., Podmore, T. H., 2000. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79, 1, str. 29–41.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., Dikshit, A. K., 2012. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15, str. 281–299.
- Slabe Erker, R., Lampič, B., Cunder, T., Bedrač, M., Rednak, M., Mrak, I., Klun, M., 2012a. Analiza stanja po ključnih parametrih in opredelitev agregatne trajnostne ravni. Del 2. Ljubljana, Inštitut za ekonomska raziskovanja, 51 str.
- Slabe Erker, R., Bedrač, M., Cunder, T., Klun, M., Lampič, B., Mrak, I., Rednak, M., 2012b. Sinteza empiričnih spoznanj in priporočila za vodenje politike. Del 5. Ljubljana, Inštitut za ekonomska raziskovanja, 62 str.
- Slabe Erker, R., Lampič, B., Cunder, T., Bedrač, M., 2015. Opredelitev in merjenje trajnosti v kmetijstvu. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 154 str.
- Špes, M., Cigale, D., Lampič, B., Natek, K., Plut, D., Smrekar, A., 2002. Študija ranljivosti okolja: metodologija in aplikacija. *Geographica Slovenica*, 35, 1-2, 150 str.
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biielders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Ciudad, V. G., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vancloster, M., Van der Veken, B., Wauters, E., Peeters, A., 2007. SAFE — A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 120, 2–4, str. 229–242.
- Zakon o kmetijstvu, 2008. Uradni list RS, 45/2008.
- Walter, C., Stuetzel, H., 2009. A new method for assessing the sustainability of land-use systems (II): Evaluating impact indicators. *Ecological Economics*, 68, 5, str. 1288–1300.
- Von Wirén-Lehr, S., 2001. Sustainability in agriculture – an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84, 2, str. 115–129.

Vintar Mally, K., 2018. Regional differences in Slovenia from the viewpoint of achieving Europe's sustainable development. *Acta geographica Slovenica*, 58, 2, str. 31–46. DOI: 10.3986/AGS.3309.

Vintar Mally, K., 2011. Measuring progress towards sustainability: the geographer's view. *Hrvatski geografski glasnik*, 73, 2, str. 67–80. URL: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=117526](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=117526) (citirano 3. 1. 2019).

## EVALUATION OF THE INTENSITY OF ENVIRONMENTAL PRESSURES FROM AGRICULTURE ON GROUNDWATER IN SLOVENIA

### Summary

Global natural resource use practices are causing great environmental pressures, resulting in their depletion and environmental pollution. The multidimensional concept of sustainability presupposes the rational use of natural resources, while at the same time improving quality of life in the present and the future (Hagget, 2001). Sustainability consists of environmental, economic and social components (Von Wirén-Lehr, 2001). Within the framework of the common agricultural policy of the European Union, in addition to producing food and ensuring a basic level of income security for farmers, agriculture is also seen to embrace principles of environmental protection and sustainable management of natural resources (Kus Veenvliet, 2012). Out of all three aspects of sustainability, in agriculture the environmental perspective is prioritised (Gaetano, 2010; Cunder et al., 2012; Lampič et al., 2016).

Composite indices (of environmental sustainability) can serve as an important tool for policy-making and public communications as well as providing useful information on studied areas, since they simplify, analyse and communicate complex and complicated information (Singh et al., 2012, Hak, Moldan, Dahl, 2012). In Slovenia, we have previously used indicators and composite indices as methods for evaluating and measuring the sustainability of agriculture (Slabe Erker et al., 2015; Lampič et al., 2016; Bedrač, 2016; Rutar, 2016; Cunder et al., 2012; Lampič et al., 2012). Analysis at the national level considering all three aspects of sustainability, has found that Slovenia is doing relatively well when it comes to environmental sustainability, whereas it lags behind other EU-15 countries when it comes to social and economic aspects of sustainability (Slabe Erker et al., 2015). Although previous studies into sustainable development achievements in Slovenia at various levels have shown that the best outcomes are achieved in the sphere of environmental sustainability (Slabe Erker et al., 2015; Lampič et al., 2016; Vintar Mally, 2011), the findings detailing the burden

of agriculture and chemical status of water highlight the need for more detailed and targeted research and monitoring regarding environmental sustainability in relation to water resources.

As the most spatially widespread activity, agriculture has an extremely important role shaping the footprint of burdens on groundwater. More intensive agricultural activity in combination with natural features (soil structure, volume of precipitation, aquifer characteristics, etc.) is often the cause of poor quality and contaminated groundwater. The main problem is leaching of nutrients and plant protection products (pesticides) as a result of more intensive agricultural activity, while solutions to limit the dispersion of pollutants from agriculture can be found in more appropriate approaches to agricultural land management, such as organic farming.

Apart from some quantitative data indicating the pressures of agriculture on groundwater (Načrt upravljanja voda na VO Donave ..., 2016; Načrt upravljanja voda na VO Jadranskega morja ..., 2016), in Slovenia there have not yet been done any synthesis assessments of the impacts of agriculture incorporating key parameters of environmental sustainability (conservation of natural resources and ecological balance, protection of biodiversity, use of environmentally friendly technologies) at the spatial level of groundwater that could be used for strategic planning and interventions. In the article, we provide the first assessment of the environmental sustainability of agriculture in Slovenia by groundwater management spatial units, i.e. water bodies of groundwater (hereinafter: WBG, total of 21), and additionally by the three main types of aquifer porosity (intergranular, karstic and fissure). Such an assessment facilitates monitoring of conditions and more targeted measures for the sustainable management of groundwater areas. The latest data (and one of the few available at the WBG level) on the chemical status of groundwater reveals that in 2018, due to intensive human activities (particularly agriculture), water bodies in the north-eastern part of Slovenia are the most heavily burdened, and specifically the aquifers with predominantly intergranular porosity (Kemijsko stanje ..., 2019). Additional data and the calculated composite environmental sustainability index provide even more detail on the situation at the level of individual water bodies.

Through an integrated approach, we calculated the values of the index of environmental sustainability of agriculture (Rutar, 2016) for all WBG that can serve as a baseline for further monitoring of trends in environmental sustainability of agriculture in Slovenia as well as in evaluations of different initiatives implemented as part of the current water management plan for the period 2016–2021. The research was based on a holistic model for determining sustainability in agriculture, established within the framework of the Parameters of sustainable development of agriculture project (Cunder et al., 2012; Lampič et al., 2012; Slabe Erker et al., 2012a). In examining the environmental aspect of the sustainability of agriculture by WBG units, we based our research on three parameters and ten indicators that had previously been defined, and additionally we took into account certain already determined weights for individual indicators and parameters.

The research and results show that the achieved level of environmental sustainability in agriculture, from the point of view of protection of groundwater (by WBG and aquifer porosity type), is predictably inadequate. More sensitive intergranular aquifer areas are the most heavily burdened by anthropogenic pressures including agricultural activity, with water resources under threat. From an environmental perspective agriculture is less sustainable in all five alluvial plains in Slovenia (Drava, Mura, Sava basin including the Ljubljana Marshes, Savinja and Krška basin) with intergranular aquifers. Out of the three parameters, use of environmentally friendly technologies is particularly important, when examining water resources.

Given the fact that expansive swathes of agricultural land cover alluvial plains, with widespread intensive agriculture occurring in these environmentally sensitive areas, measures are needed to more strategically steer agricultural practices towards organic approaches. Although we are witnessing a gradual increase in the volume of organic land (a total of 47,830 ha at the country level at the end of 2018, EKO GERK 2018), their distribution is not ideal from a water protection perspective with minimal uptake in WBG with intergranular aquifers that are very vulnerable, though strategically important water resources. Promoting and introducing sustainable agriculture (incorporating organic farming and other environmental and climate friendly agricultural operations) in agri-intensive landscapes, especially in environmentally sensitive areas (ecologically important areas, Natura 2000, water protection areas) remains a challenge for the future of both agricultural and environmental policies as well as for other actors (agricultural advisers, controllers, inspectors) in direct contact with farmers.

By calculating the environmental sustainability index for WBG, we obtained new synthetic information on conditions and processes linked to agricultural activity. The data, which can be monitored on an annual basis, is particularly useful given the limited range of relevant information available at the level of groundwater management units.

*(Translated by James Cosier)*