

Program čezmejnega sodelovanja
Slovenija - Italija 2007-2013

PROJEKT GEP

SMERNICE ZA RAZVOJ SISTEMOV ZA PODORO PROSTORSKEMU ODLOČANJU (SDSS)

UPORABNIH PRI NAČRTOVANJU ZMANJŠEVANJA ČLOVEKOVIH VPLIVOV NA KAKOVOST VODONOSNIKOV

NIJZ Nacionalni inštitut
za javno zdravje

 **NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO**



**UPRAVA
REPUBLIKE
SLOVENIJE**  **ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE**

 **UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE**

DMG **dipartimento
di matematica
e geoscienze**

 **DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA VITA**


 **REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA**
PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE


 **DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DI FERRARA**

 **UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

*Progetto GEP finanziato nell'ambito del Programma per la Cooperazione Transfrontaliera Italia-Slovenia 2007-2013, dal Fondo europeo di sviluppo regionale e dai fondi nazionali.
Projekt GEP Sofinanciran v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev.*


2007-2013 **cooperazione territoriale europea
programma per la cooperazione
transfrontaliera
Italia-Slovenia**
evropsko teritorialno sodelovanje
program čezmejnega sodelovanja
Slovenija-Italija

 **Ministero dell'Economia
e delle Finanze**

 **REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ
IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO**


**Investiamo nel
vostro futuro!
Naložba v vašo
prihodnost!**
www.ita-slo.eu
Progetto cofinanziato dal Fondo europeo di
sviluppo regionale
Projekt sofinancira Evropski sklad
za regionalni razvoj

1 UVOD

Namen projekta GEP (*Skupni geoinformacijski sistem za varovanje virov pitne vode v izrednih dogodkih*), Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013, je bil vzpostavitev enotnega čezmejnega sistema ukrepanja Civilne zaščite v primeru ogroženosti virov pitne vode zaradi tehnološkega tveganja in naravnih nesreč. Projekt je pripomogel k razvoju novih informacijsko-komunikacijskih tehnologij, sistemov za varovanje okolja in na splošno k izboljšanju čezmejnega sodelovanja na področju ravnanja z okoljem.

Oddelek za Življenjske vede, Univerze v Trstu, se je kot partner projekta GEP, posvetil predvsem obravnavi študije primera na čezmejnem območju, v kateri so bile s pomočjo sistemov za podporo prostorskemu odločanju (SDSS), pripravljene simulacije različnih scenarijev rabe tal, ki lahko pripomorejo k zmanjšanju vpliva človekovih dejavnosti in z njimi povezanega tveganja onesnaževanja vodonosnikov.

V tem dokumentu so predstavljene splošne smernice za upravljanje z okoljem, ki vsebujejo priporočila za pridobitev in strukturiranje prostorskih podatkov ter za razvoj sistemov za podporo prostorskemu odločanju (SDSS) z namenom varovanja vodonosnikov.

2 IZBIRA KAZALNIKOV IN MERILA ZA UPORABO

2.1 Temeljni sklop kazalnikov

Za pripravo temeljnega sklopa kazalnikov je najprej potrebno sistematično poiskati ter zbrati okoljske podatke in kazalnike objavljene v literaturi, znanstvenih člankih, študijah ter javnih uradnih poročilih. Pomembno pri zbiranju podatkov je njihova razpoložljivost, časovna in teritorialna razširjenost ter nenazadnje metodologija zbiranja in klasifikacije; podatki, ki jih zbirajo različni uradi namreč niso vedno samodejno primerljivi.

Tabela 1 - Primer temeljnega sklopa kazalnikov obremenitve okolja razvrščenih glede na tipologijo rabe tal.

TIPOLOGIJA	KAZALNIK / INDEKS	MERSKA ENOTA
KMETIJSTVO	Kmetijsko Zemljišče v Uporabi (KZU)	ha ali km ² (po občinah)
	Poraba mineralnih gnojil	kg/ha [podatek se oceni glede na kulturno rastlino]
	Število glav živine	št./ha ali GVŽ/ha
INDUSTRIJA	Industrijski obrati	km/km ² [glede na industrijsko panogo]
	Industrijske cone	km/km ² (določeno območje)
	Število zaposlenih v industriji	št. zaposlenih/km ² (določeno območje)
URBANO	Prebivalci	št. prebivalcev ali št. prebivalcev/km ²
	Populacijski ekvivalent	populacijski ekvivalent/km ²
	Infrastruktura (ceste, železnice)	km/km ² (določeno območje)
	Komunalne odpadne vode	m ³ /leto
	Število turistov	št. turistov/leto
	Ustrezni kanalizacijski sistemi	št./km ² (urbano naselje) ali % urbanih naselij, ki imajo urejen kanalizacijski sistem
	Ustrezne čistilne naprave	št./km ² (urbano naselje) ali % urbanih naselij, ki imajo ustrezne čistilne naprave
Odlagališča	km/km ² (določeno območje)	

Prvi rezultat iskanja in zbiranja podatkov je torej popis ustreznih kazalcev, ki vsebujejo informacije o merski enoti, prostorskem obsegu, lastništvu ter razpoložljivosti. Najustreznejše se izbere v temeljni sklop kazalnikov (Tabela 1), ki bodo naknadno služil za pripravo karte nevarnosti onesnaževanja vodonosnikov ter za pripravo sistema za podporo prostorskemu odločanju. Zbrane prostorske podatke, se torej strukturira v bazo podatkov GIS, kjer vsakemu kazalniku ustreza določen sloj. Za lažje razumevanje stanja okolja na obravnavanem območju kazalnike lahko razdelimo v tri tematske sklope (kmetijstvo, industrija in urbano).

2.2 Pripisovanje teže obremenitve posameznim kazalnikom

Vsak kazalnik je prostorsko predstavljen v ustreznem sloju GIS-a. Vrednostim vsakega posameznega kazalnika se nato pripiše teža, ki izraža potencialno obremenitev oz. nevarnost za kakovost vodonosnika (npr.: od 1-zelo nizka do 5-zelo visoka). Sistem točkovanja se določi iz literature ali z upoštevanjem mnenj strokovnjakov.

2.3 Kmetijska, industrijska ali urbana obremenitev

Obremenitev oz. teža posameznih kazalnikov (S) se nanaša na izbrane teritorialne enote (TE), izbira le teh pa se določi glede na splošno oceno baze podatkov v GIS strukturi, npr.:

- razdelitev obravnavanega področja na mrežo teritorialnih enot (TE) enakih velikosti;
- razdelitev obravnavanega področja na nehomogene teritorialne enote (TE), glede na različne kriterije (npr. pripadnost točke določenemu porečju).

Pri kazalnikih, sestavljenih iz nominalnih kategorij, ki so različno porazdeljene v vsaki teritorialni enoti TE (npr. kategorije KZU: njive, gozdovi, vinske trte, itd.), se upošteva vrednost teže posamezne kategorije ter pokrovnost le-te za vsako TE. Obremenitev za posamezno TE je torej podana z izračunom:

$$S_i = \sum_{j=1,c} (S_j * A_j)$$

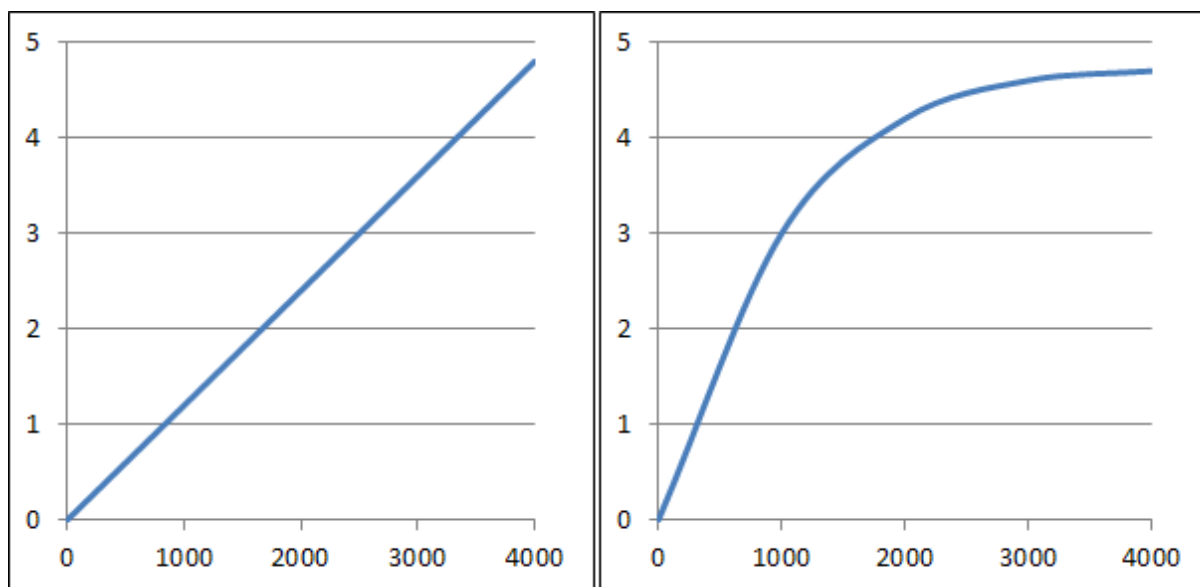
kjer je:

S_i = teža i-tega kazalnika

c = število kategorij, ki sestavljajo kazalnik

S_j = teža j-te kategorije

A_j = pokrovnost (%) j-te kategorije v obravnavani TE



Slika 1 - Primer pripisovanja teže (od 1 do 5), vrednostim numeričnega kazalnika (npr. število glav živine na teritorialno enoto), v skladu z linearno oziroma asimptotično funkcijo.

Pri kazalnikih, izraženih s številčno vrednostjo (npr. število prebivalcev, število glav živine, itd.), pa je obremenitev (od 1 do 5) za vsako TE neposredno povezana z razdelitvijo številčnih vrednosti v razrede, ki se določijo na podlagi različnih numeričnih funkcij (Slika 1).

Karte (i) kmetijske, (ii) industrijske ali (iii) urbane obremenitve se pridobijo z upoštevanjem vseh kazalnikov, ki predstavljajo izbrano kategorijo. Obremenitev za vsako teritorialno enoto (TE) se izračuna po enačbi:

$$IP_t = (\sum_{i=1, n} S_i) / S_{max}$$

kjer je:

IP_t = indeks obremenitve/nevarnosti onesnaževanja (normaliziran med 0 in 1)

n = število kazalnikov, ki predstavljajo določeno obremenitev

S_i = teža posameznega kazalnika

S_{max} = teoretično najvišja teža (= št. kazalnikov * 5)

2.4 Skupna karta človekovih obremenitev oziroma karta nevarnosti

Skupna karta človekovih obremenitev ali karta nevarnosti je podana v vrednostih indeksa nevarnosti (IP) za vsako teritorialno enoto. IP lahko izračunamo na dva različna načina:

$$[1] \quad IP = (\sum_{i=1, n} IP_i) / IP_{max}$$

ali

$$[2] \quad IP = \text{Max} (IP_i)$$

kje je:

n = število kategorij, na katere razdelimo človekove obremenitve (npr. 3: kmetijstvo, industrija, urbano)

IP_i = vrednost IP i-te kategorije

IP_{max} = teoretično najvišja vrednost IP (= n)

$\text{Max} (IP_i)$ = najvišja vrednost IP med vrednostmi IP različnih kategorij

Pri metodi [1] se za izračun indeksa nevarnosti (IP) upošteva vsota obremenitev vseh kategorij prisotnih v teritorialni enoti, v metodi [2] pa se za vsako teritorialno enoto upošteva obremenitev najvplivnejše kategorije, oziroma najvišjo vrednost IP med vsemi vrednostmi IP različnih kategorij. Katera metoda je ustrežnejša se oceni v naslednjih fazah. Vrednosti IP se nato razdelijo v 5 stopenj nevarnosti (Tabela 2).

Tabela 2 - Stopnje nevarnosti in razredi vrednosti indeksa IP.

VREDNOST INDEKSA NEVARNOSTI (IP)	STOPNJA NEVARNOSTI
$IP \leq 0.2$	Zelo nizka
$0.2 < IP < 0.4$	Nizka
$0.4 < IP < 0.6$	Srednja
$0.6 < IP < 0.8$	Visoka
$0.8 < IP < 1$	Zelo visoka

2.5 Karta ocene tveganja za onesnaženje vodonosnika

Za pripravo karte tveganja za onesnaženje moramo upoštevati tako karto hidrogeološke ranljivosti kot karto človekovih obremenitev oz. karto nevarnosti. Pri tem se poslužujemo tabele (Tabela 3), kjer za vsako kombinacijo stopnje ranljivosti (V_i) ter stopnje nevarnosti (IP_j) razberemo oceno tveganja od 1 do 5. Ocena tveganja se poda za vsako TE v obravnavanem območju.

Tabela 3 - Opredelitev ocene tveganja na podlagi kombinacije stopnje nevarnosti in stopnje hidrogeološke ranljivosti.

		NEVARNOST				
		1	2	3	4	5
HIDROGEOLOŠKA RANLJIVOST	1	1	2	3	3	5
	2	2	2	3	4	5
	3	3	3	3	4	5
	4	3	4	4	4	5
	5	4	4	5	5	5

3 RAZVOJ SISTEMOV ZA PODORO PROSTORSKEMU ODLOČANJU (SDSS) TER OCENA ALTERNATIVNIH SCENARIJEV

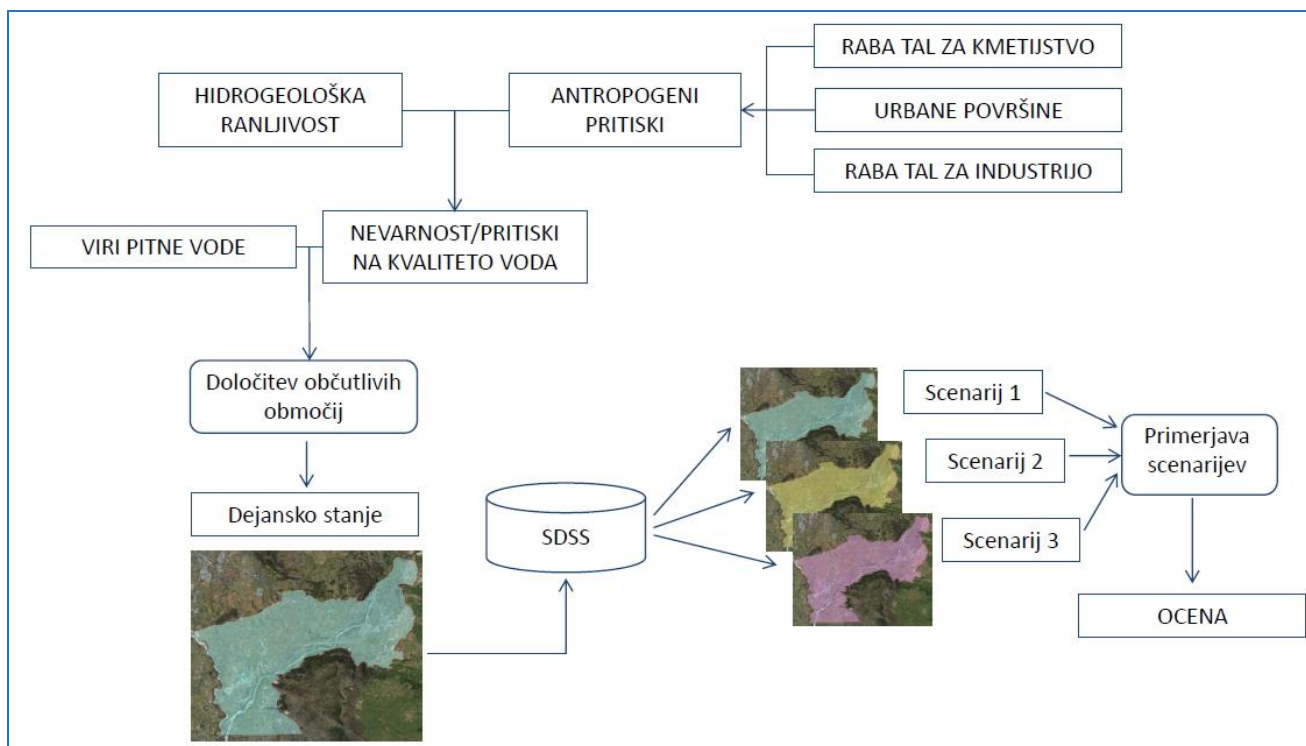
Sistem za podporo prostorskemu odločanju (SDSS) nam v tej študiji pomaga pri pripravi in oceni alternativne rabe tal, z namenom zmanjšanja ali omejitve tveganja onesnaženja za kakovost vodonosnika. Analiza vključuje vsakodnevne človekove dejavnosti in ne obravnava ekstremnih situacij kot je npr. nesreča z razlitjem onesnaževal ali strupenih snovi. Koncept osnutka SDSS (Slika 2) lahko razdelimo v dve glavni fazi:

- 1) Priprava karte tveganja za onesnaževanje vodonosnika, ki izhaja iz kombinacije karte *hidrogeološke ranljivosti* in *karte človekovih obremenitev oz. karte nevarnosti*, kot je bilo opisano v prejšnjem poglavju.
- 2) Priprava in analiza simuliranih scenarijev. Ocenjuje se učinkovitost spremembe rabe tal v razmerju z zmanjšanjem obremenitev in posledično manjšim tveganjem za onesnaženje vodonosnika.

3.1 Ocena tveganja za onesnaženje vodonosnika

Kartiranje tveganja za kakovost vodonosnika pripelje do identifikacije občutljivih območij (hot-spot), ki so zaradi specifične rabe tal in obenem velike hidrogeološke ranljivosti, opredeljena kot območja z visokim tveganjem za onesnaženje (npr. območja z indeksom tveganja ≥ 4). Tveganje za določen teritorij se lahko oceni s pomočjo nekaterih statističnih kazalcev, npr.:

- število občutljivih območij (hot-spot) in njihova opredelitev glede na prevladujočo rabo tal (kmetijstvo, industrija ali urbane površine);
- povprečna in skupna površina občutljivih območij;
- frekvenčna porazdelitev teritorialnih enot (TE) v različne razrede glede na njihov indeks tveganja;
- povprečje in koeficient variacije indeksa tveganja na določenem območju.



Slika 2 - Koncept SDSS-ja za oceno tveganja človekovih vplivov in priprave alternativnih scenarijev.

3.2 Alternativni scenariji

Namen alternativnih scenarijev je iskati možnosti za drugačno rabo tal (Tabela 4), ki bi pripeljale do izboljšanja trenutnega stanja (scenarij 0) posebno na občutljivih območjih. V pripravi scenarijev je potrebno upoštevati ne le zaželene ukrepe, temveč tudi verjetne spremembe, ki sledijo razvoju teritorija na podlagi političnih, socialnih in ekonomskih trendov.

Ustreznost spremembe se lahko določi s pravili logično-numeričnega tipa, kot npr.:

[1] IF C_{ij} THEN $S_{ij}=1$ ELSE $S_{ij}=0$

[2] IF $C_{ij} \geq K$ THEN $S_{ij}=1$ ELSE $S_{ij}=0$

Pravilo [1] opredeljuje alternativno raba tal S_{ij} kot ustrezno, če je izpolnjen pogoj C_{ij} (npr. S_{ij} = izgradnja proizvodnega obrata; C_{ij} = 500 m od reke. Kar pomeni: izgradnja proizvodnega obrata je ustrezna, če lokacija zadostuje pogoju "vsaj 500 m od reke"). Pravilo [2] opozarja na potrebo po uporabi alternativnega ukrepa v primeru, ko je vrednost C_{ij} enaka ali večja od mejne vrednosti K (npr. C_{ij} = gnojenje \geq mejna vrednost, S_{ij} = kmetijsko-okoljski ukrepi. Kar pomeni: če intenzivnost gnojenja doseže ali preseže mejne vrednosti, je potrebno uporabiti ustrezne kmetijsko-okoljske ukrepe).

Priprava alternativnih scenarijev privede do novih kart obremenitve in tveganja, ki jih je potrebno primerjati s trenutnim stanjem na sledeče načine:

- priprava karte "razlik" (scenarij i - scenarij 0), ki prikaže območja, kjer je razlika v obremenitvah večja (v pozitivnem ali negativnem smislu);
- analiza spremembe v geografski porazdelitvi občutljivih območij (določitev uspešno odpravljenih ali eventualno novo nastalih občutljivih območij);
- ponoven izračun predhodno opisanih statističnih kazalcev ter analiza razlik med simuliranim in trenutnim scenarijem;
- ocena in določitev najprimernejših scenarijev glede na (i) izboljšave potrjene s statističnimi kazalci in (ii) ustreznost s prostorskimi načrti v veljavi in v pripravi.

Tabela 4 - Primeri alternativnih ukrepov rabe tal z namenom varovanja vodonosnikov.

NAMEN SPREMEMB	ALTERNATIVNI UKREPI
Zmanjšanje intenzivnosti rabe kmetijskih zemljišč	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uvajanje kmetijskih kultur, ki zahtevajo nižji vnos gnojil ali manjšo potrebo po oskrbi z vodo ▪ Zasajanje tal s travo v intenzivnih sadovnjakih in vinogradih ▪ Diverzifikacija kultur: ukinjanje monokultur v prid mešanih kultur in kolobarjenja ▪ Spreminjanje njiv v travnate površine, uvajanje posevkov za zaščito tal v zimskem času ▪ Ohranjanje travnikov, trajnih travnikov in pašnikov ▪ Ohranjanje habitatov in agro-ekoloških infrastruktur: drevoredi in žive meje, sistemi grmičevje-poseka, mlake in manjša jezera, itd.
Bolj trajnostna raba tal za urbane površine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obnova opuščениh in degradiranih površin v korist agro-ekoloških območij ▪ Dograditev kanalizacijske mreže ▪ Zmanjšanje števila malih čistilnih naprav v prid večjih centralnih čistilnih naprav
Prerazporeditev rabe tal v različne namene	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obnova predmestij ▪ Prerazporeditev proizvodnih obratov na bolj primerne lokacije