

Programma per la Cooperazione Transfrontaliera
Italia - Slovenia 2007-2013

PROGETTO GEP

LINEE GUIDA

PER LO SVILUPPO DI SISTEMI DI SUPPORTO DECISIONALE SPAZIALE (SDSS) PER LA RIDUZIONE DELL'IMPATTO ANTROPICO SULLA QUALITA' DEGLI ACQUIFERI

NIJZ Nacionalni inštitut
za javno zdravje

 NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO



 U PRAVA
REPUBLIKE
SLOVENIJE ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE

 **DMG** dipartimento
di matematica
e geoscienze

 UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

 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*



Ministero dell'Economia
e delle Finanze



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



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


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 INTRODUZIONE

Il progetto GEP (*Sistema informativo territoriale congiunto per la protezione delle risorse d'acqua potabile in casi di emergenza*), finanziato dal Programma per la Cooperazione Transfrontaliera Italia-Slovenia 2007-2013, ha avuto come obiettivo principale lo sviluppo di un sistema transfrontaliero di gestione degli interventi della Protezione civile nel caso di emergenze dell'acqua potabile, provocate da rischi tecnologici o naturali. Il progetto ha implicazioni sullo sviluppo di tecnologie dell'informazione e di salvaguardia ambientale, nonché in generale sulla migliore cooperazione transfrontaliera in tema di gestione ambientale.

Il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste (UNITS-DSV), come partner di GEP, ha operato principalmente nello sviluppo di un caso di studio transfrontaliero con l'applicazione di un Sistema di Supporto Decisionale Spaziale (SDSS) che ha consentito di simulare diversi scenari di uso del suolo nell'area oggetto di studio, in funzione della riduzione dell'impatto antropico sulla qualità degli acquiferi e la prevenzione di fattori di rischio di inquinamento connesso a tali attività.

In questo documento vengono proposte delle linee guida di indirizzo generale per l'acquisizione e la strutturazione di dati territoriali e lo sviluppo di SDSS, rivolti in particolare alla tutela degli acquiferi.

2 SCELTA DEGLI INDICATORI E CRITERI DI APPLICAZIONE

2.1 Core set di indicatori

Nella prima fase è necessaria una sistematica ricerca e acquisizione di dati e indicatori territoriali, da letteratura, articoli scientifici, studi e rapporti ufficiali pubblici, con particolare attenzione alla loro disponibilità, copertura spazio/temporale e metodologia di raccolta e di classificazione (dati raccolti da enti diversi non sono sempre automaticamente comparabili).

Questa operazione produce dapprima un inventario di indicatori, con l'indicazione di unità di misura, copertura spaziale, riferimento e disponibilità. Gli indicatori sono poi ulteriormente selezionati per definire un "core set" (Tab. 1) e possono venire raggruppati in tre tematiche (agricolo, industriale e urbano) che servono successivamente per lo sviluppo della mappa di pericolo di inquinamento per l'acquifero e per il Sistema di Supporto Decisionale Spaziale. I dati territoriali acquisiti vengono quindi strutturati in un GIS database dove ad ogni indicatore corrisponde un GIS layer.

Tabella 1 - Esempio di *Core set* di indicatori di pressione per tipologia di uso del suolo.

TIPOLOGIA	INDICATORE / INDICE	UNITA' DI MISURA
AGRICOLTURA	Superficie Agricola Utilizzata (SAU)	ha o km ² (per comune)
	Uso di fertilizzanti	kg/ha totali (da stimare per coefficienti colturali)
	Capi allevati	N/ha o UBA/ha
INDUSTRIA	Impianti industriali	N/km ² (per tipologia industriale)
	Aree industriali	km ² /km ² area totale
	Addetti	N addetti/km ² area
URBANIZZAZIONE	Abitanti	N abitanti o densità (N abitanti/km ²)
	Abitanti equivalenti	N abitanti equivalenti/km ²
	Sviluppo di strade e ferrovie	km/km ² area
	Acque reflue urbane	m ³ /anno
	Presenze turistiche	N presenze/anno
	Sistemi di fognatura conformi	N/km ² area urbana o % aree urbane con fognatura
	Sistemi di depurazione conformi	N/km ² area urbana o % aree urbane con fognatura
Discariche	km ² /km ² area totale	

2.2 Criteri di applicazione degli indicatori: attribuzione di punteggi e pesi

Ogni indicatore di pressione viene rappresentato spazialmente in un GIS layer. Ai valori di ogni indicatore vengono associati dei punteggi o pesi che esprimono l'intensità crescente di pressione potenziale o indice di pericolo per la qualità dell'acquifero (es. da 1: molto basso a 5: molto alto). Tali punteggi vengono ricavati da letteratura o determinati mediante confronto fra esperti.

2.3 Pressione antropica per tipologia di uso del suolo

L'elaborazione delle mappe di tipologia di pressione antropica o pericolosità, relative a (i) uso agricolo, (ii) uso urbano, (iii) uso industriale del suolo, sono ricavate dall'intersezione dei singoli indicatori che le compongono, per generare un punteggio (S) composto di pressione a livello dell'unità territoriale scelta (UT). Le unità territoriali a cui riferire le analisi sono identificate in base alla valutazione complessiva del GIS database strutturato, ad es.:

- UT di eguale estensione, per sovrapposizione di una griglia all'area di studio;
- UT di estensione disomogenea, per divisione dell'area di studio secondo criteri differenti (es. afferenza di un punto ad un sottobacino).

Nel caso di indicatore composto da categorie nominali variamente distribuite nella UT, ognuna con un punteggio di pressione (es. categorie SAU: seminativi, bosco, vitigno, ecc.) il calcolo del punteggio è dato da:

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

dove:

S_i = punteggio dell'i-esimo indicatore

c = numero di categorie che compongono l'indicatore

S_j = peso (punteggio) della j-esima categoria

A_j = estensione (%) della j-esima categoria nella UT considerata

Nel caso di indicatore rappresentato da valori numerici per UT (es. numero di abitanti, numero di capi animali, ecc.), tale valore viene direttamente associato ad un punteggio di pressione (da 1 a 5) corrispondente a classi di valori dell'indicatore, secondo funzioni numeriche diverse (Fig. 1).

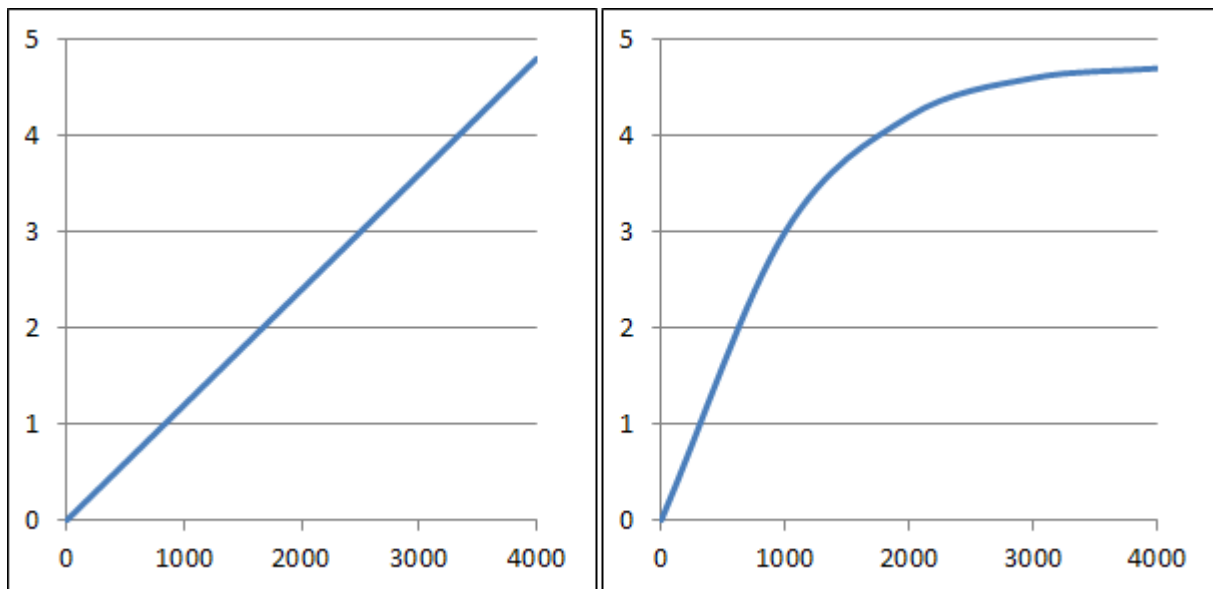


Figura 1 - Esempio di attribuzione di punteggi di pressione (da 1 a 5) ai valori di un indicatore numerico (es. numero di capi animali per unità territoriale) secondo una funzione lineare e una funzione asintotica.

Ogni tipologia di pressione antropica viene quindi rappresentata spazialmente da una mappa dell'indice di pressione/pericolosità per tipologia (IP_t), normalizzato (fra 0 e 1), calcolato per ogni UT mediante:

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

dove:

n = numero di indicatori che compongono la tipologia di pressione (agricola, urbana, industriale)

S_i = punteggio del singolo indicatore

S_{max} = punteggio massimo teorico (= n indicatori * 5)

2.4 Mappa di pressione antropica o pericolosità generale

La mappa di pressione antropica o pericolosità generale viene quindi rappresentata spazialmente da un indice composito (IP) calcolato in due modi alternativi:

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

oppure

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

dove:

n = numero di tipologie di pressione antropica considerate

IP_i = punteggio dell'indice dell' i -esima tipologia (agricola, urbana, industriale)

IP_{max} = IP massimo teorico (= n)

$\text{Max} (IP_i)$ = valore massimo riscontrato fra tutti i valori di IP per tipologia calcolati precedentemente

Il primo metodo assume la pressione antropica come una somma di tutte le tipologie di pressione esistenti in un'area; il secondo considera la pressione antropica determinata dal fattore più forte sull'unità territoriale analizzata. La scelta del metodo viene effettuata mediante valutazione in fasi successive. Il valore di IP viene quindi associato a classi di pericolosità generale secondo la seguente classificazione (Tab. 2).

Tabella 2 - Attribuzione di livelli di pericolosità generale associati a classi di valori dell'indice di IP.

VALORE	CLASSE DI PERICOLOSITÀ
$IP \leq 0.2$	Molto bassa
$0.2 < IP < 0.4$	Bassa
$0.4 < IP < 0.6$	Media
$0.6 < IP < 0.8$	Alta
$0.8 < IP < 1$	Molto alta

2.5 Mappa di rischio sulla qualità dell'acquifero

La mappa di rischio viene generata combinando le mappe di vulnerabilità idrogeologica con la mappa di pressione antropica/pericolosità generale. L'intersezione delle due mappe è elaborata mediante una tabella a doppia entrata che combina ogni classe di punteggio di vulnerabilità (V_i) e di pericolosità (IP_j) sulle stesse unità territoriali. Ad ogni combinazione viene quindi attribuito un punteggio di rischio per la qualità dell'acquifero (da 1 a 5), secondo l'esempio presentato in Tab. 3. Il punteggio viene calcolato su ogni UT per creare la mappa di rischio o pressione totale sull'acquifero nell'area di studio.

Tabella 3 - Esempio di definizione del punteggio di rischio per la qualità dell'acquifero nell'area di studio in base alla combinazione fra classi di pericolosità e di vulnerabilità idrogeologica.

		PERICOLOSITÀ				
		1	2	3	4	5
VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA	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 ELABORAZIONE SDSS E ANALISI DI SCENARI ALTERNATIVI

L'obiettivo del Sistema di Supporto Decisionale Spaziale (SDSS) consiste nell'analisi e nella valutazione di alternative nell'uso del suolo (agricolo, urbano, industriale) in grado di ridurre o limitare il rischio per la qualità dell'acquifero nell'area di studio. L'analisi comprende le attività antropiche di uso corrente, e non le situazioni estreme (es. incidenti con sversamenti di sostanze inquinanti o tossiche). Lo sviluppo del SDSS (Fig. 2) si articola secondo due fasi principali:

- 1) Mappatura di *rischio per la qualità dell'acquifero*, generata dall'interazione fra le mappe di *vulnerabilità idrogeologica* e di *pressione antropica/pericolosità*, secondo quanto descritto nel capitolo precedente.
- 2) Elaborazione e analisi di alcuni scenari di simulazione, che consentano di valutare modifiche dell'uso del suolo in funzione della riduzione della pressione sulla qualità dell'acquifero.

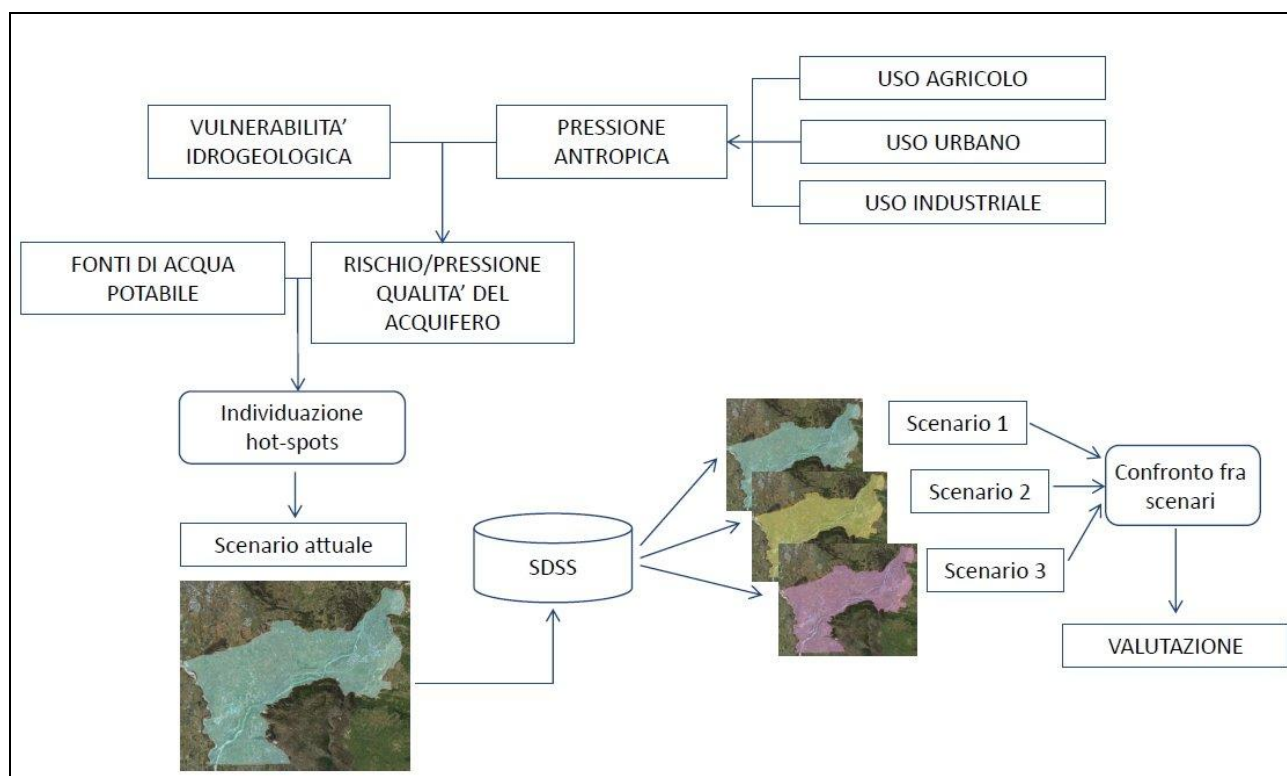


Figura 2 - Schema logico del SDSS per la valutazione del rischio antropico e la definizione di scenari alternativi.

3.1 Valutazione della pressione sull'acquifero

La mappatura di rischio sulla qualità dell'acquifero porta all'individuazione di zone sensibili (hot-spot), intese come aree caratterizzate da elevato rischio di inquinamento legato all'uso del suolo e alla vulnerabilità idrogeologica dell'area di studio (es. aree con valori dell'indice ≥ 4). La valutazione del rischio sull'area può essere effettuata mediante il calcolo di alcuni indici statistici, ad es.:

- numero di hot-spot e loro caratterizzazione in base all'uso del suolo prevalente (agricolo, urbano, industriale);
- superficie media e totale degli hot-spot;
- distribuzione di frequenza delle UT in classi dell'indice per hot-spot;
- media e coefficiente di variazione dell'indice sull'area indagata.

3.2 Scenari alternativi

In relazione alla situazione attuale (scenario 0), vengono proposti scenari alternativi che possono rappresentare non solo l'analisi di interventi territoriali auspicabili, ma anche lo studio dell'evoluzione del territorio in termini probabili e non necessariamente positivi, definiti dall'attuale tendenza politica, sociale ed economica.

Gli scenari simulati consistono in modificazioni dell'uso corrente del suolo, con particolare riferimento agli hot-spot individuati, come nello schema seguente di Tab. 4.

Tabella 4 - Esempi di misure alternative di uso del suolo per la protezione degli acquiferi e possibili scenari corrispondenti.

MODIFICA	SCENARIO
Intensità di uso agricolo del suolo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Introduzione di colture agricole a minore fabbisogno di fertilizzanti o apporto idrico ▪ Inerbimento di frutteti e vigneti ▪ Diversificazione: conversione da monoculture a policulture in rotazione ▪ Conversione da seminativi a prato, introduzione di colture di coperture invernali ▪ Mantenimento dei prati, dei prati stabili e dei pascoli ▪ Mantenimento di habitat e infrastrutture agro-ecologiche: filari e siepi, sistemi macchia-radura, stagni e laghetti
Destinazione di uso urbano del suolo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recupero di aree abbandonate e degradate ad uso agro-ecologico ▪ Estensione della rete fognaria ▪ Riduzione del numero di piccoli depuratori e costruzione di depuratori centrali
Redistribuzione dell'uso del suolo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riqualificazione delle zone urbane periferiche ▪ Riallocazione di aree produttive in zone più adatte

Le modificazioni sono sottoposte a regole logico-numeriche di tipo vincolativo, ad es.:

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

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

La regola [1] implica che l'applicazione di un'alternativa di uso del suolo ($S_{ij} = 1$) sia ammissibile solo se viene rispettata una condizione C_{ij} (es. S_{ij} = costruire un impianto produttivo; C_{ij} = sviluppare un impianto produttivo ad almeno 500 m dal corso d'acqua; ovvero si può costruire un impianto produttivo solo se si trova ad almeno 500 m dal corso d'acqua). La regola [2] impone che una misura alternativa sia applicabile se la condizione C_{ij} è pari o superiore a un valore di soglia K (ad es. C_{ij} = fertilizzazione \geq valore soglia, S_{ij} = introdurre misure agro-ambientali mitigative; ovvero se la fertilizzazione raggiunge o supera valori soglia si devono applicare adeguate misure agronomiche).

L'elaborazione di scenari alternativi porta alla generazione di nuove mappe di pressione e di statistiche per il confronto con lo stato attuale mediante:

- l'elaborazione di una mappa delle "differenze" (scenario i - scenario 0) con evidenziazione delle aree a maggior differenza (positiva o negativa) in termini dell'indice di pressione totale;
- individuazione di nuovi hot-spot o scomparsa degli attuali;
- nuovo calcolo degli indici statistici precedentemente descritti e analisi delle differenze fra lo scenario simulato e quello attuale;
- identificazione degli scenari più fattibili, in termini (i) di miglioramento degli indici e indicatori usati, (ii) dell'adeguatezza con i piani territoriali in atto e in preparazione.