

BEST
Tutela e conservazione
della biodiversità



LA NATURA
NON HA CONFINI

ITERAS Centro di ricerca per la sostenibilità e l'innovazione territoriale Via Cristoforo Colombo, 40 (Torre a Mare) 70126 Bari (BA)
info@iteras.org | www.iteras.org

SERVIZIO DI ELABORAZIONE DI TEMATISMI
CARTOGRAFICI IN AMBIENTE GIS RELATIVI ALLE
PRESSIONI SULLE AREE AGRICOLE, SULLE ACQUE
E SULL'AMBIENTE MARINO COSTIERO
NELL'AMBITO DEL PROGETTO INTERREG
V-A GRECIA-ITALIA 2014/2020 - BEST",
CUP B38H19005670006 - CIG 8451826B72

RELAZIONE CONCLUSIVA

Sommario

1 METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE	3
1.1 - SCREENING DEI PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE	3
1.1.1 Fattori di pressione e minacce di riferimento per la Valutazione d'Incidenza Ambientale	4
1.1.2 Fattori di pressione sulle acque interne e costiere	8
1.2 - SCREENING DEGLI INDICATORI DI PRESSIONE IN USO	12
1.2.1 Indicatori ambientali del Ministero della Transizione Ecologica	12
1.2.2 Indicatori per l'analisi delle pressioni sui corpi idrici, ai sensi della Direttiva 2000/60/CE	16
1.2.3 Indicatori per misurare la sostenibilità dell'agricoltura italiana	18
1.2.4 Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile	19
1.2.5 Indicatori di Contesto e di Impatto per la Politica Agricola Comune 2014 -2020	22
1.2.6 Indicatori della Strategia Nazionale per la Biodiversità	24
1.2.7 Indicatori del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Puglia	26
1.2.8 Indicatori dei Programmi di Sviluppo Rurale 2014-20 della Puglia e della Lombardia	30
1.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI PRESSIONE: VALUTAZIONE, SELEZIONE, E ADATTAMENTO	33
1.3.1 Valutazione dell'adeguatezza degli indicatori	33
1.3.2 Orientamenti per l'uso degli indicatori di pressione	36
2 REPERTORIO DEGLI INDICATORI DI PRESSIONE PROPOSTI.....	38
2.1 AREA TEMATICA: URBANIZZAZIONE	38
2.1.1 Ricognizione degli indicatori in uso	43
2.1.2 Verifica di disponibilità dei dati territoriali	46
2.1.3 Selezione degli indicatori	49
2.2 AREA TEMATICA: CLIMA	50
2.3 AREA TEMATICA: AGROECOSISTEMI	52
2.4 AREA TEMATICA: PAESAGGIO	53

1 METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE

1.1 - SCREENING DEI PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE

La prima fase del lavoro è consistita nell'identificazione dei principali fattori di pressione sugli agroecosistemi, sui corpi idrici e sugli ambienti marino-costieri nel territorio regionale.

In prima istanza, i fattori di pressione sono identificati a partire da una selezione riferita a due significativi riferimenti:

- il primo riferimento è rappresentato dalla dgr 2018-1362 della Regione Puglia, relativa alla valutazione di incidenza e comprensiva dell'elenco di pressioni, minacce e attività da utilizzare per uniformare tutte le informazioni pertinenti al grado di conservazione di habitat e specie nei siti della Rete Natura 2000, con riferimento agli esiti degli studi per la valutazione di incidenza svolte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 92/43 /CEE;
- il secondo riferimento, utile ad integrare la metodologia rispetto alle pressioni sui corpi idrici e gli ambienti marino-costieri, è invece rappresentato dalle Linee Guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (approvate con Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 22.02.2018).

Fra gli indicatori di pressione che agiscono sull'intero territorio regionale si è prestata attenzione, oltre ai fattori di pressione più comunemente analizzati (ad es. emissioni di inquinanti in atmosfera, consumi energetici, ecc.) anche ai fattori riferibili al cambiamento climatico, che più possono impattare sulle aree agricole e sul comparto idrico, quali quelli relativi alla fenologia, rischio di carenza idrica, siccità, cambiamenti nella lunghezza della stagione di crescita.

La procedura selettiva ha assunto come criteri principali:

- la rilevanza del fattore di pressione per le dinamiche socioecologiche in atto nel territorio pugliese e nelle aree target per le applicazioni del progetto BEST in particolare;
- la parsimonia, intesa come preferibilità operativa di un numero non eccessivo di fattori di pressione che rivestano un ruolo di elevata centralità nelle reti di interazione che sovrintendono agli effetti complessi sulle matrici ambientali investigate;
- la pertinenza delle pressioni alle competenze territoriali e settoriali dei piani o programmi di interesse regionale, individuati di concerto con la stazione appaltante come casi d'uso.

1.1.1 Fattori di pressione e minacce di riferimento per la Valutazione d'Incidenza Ambientale

Il riferimento espressamente previsto nella lettera d'invito alla procedura negoziata è rappresentato dall'elenco delle pressioni e delle minacce pubblicato sul Portale comunitario di supporto alla redazione delle relazioni sull'attuazione della Direttiva Habitat, sviluppato dallo European Environment Information and Observation Network.

A partire dall'elenco completo di minacce e pressioni, nella versione in italiano allegata alla d.g.r. della Regione Puglia n. 1362/2018, nella **Tabella 1** sono riportati i fattori di pressione preliminarmente ritenuti di maggiore rilevanza rispetto alle caratteristiche del territorio regionale e agli obiettivi specifici del progetto - anche in ragione di indicazioni provenienti dal quadro regolatorio e di pianificazione (es. d.g.r. 29 marzo 2021, n. 495, Quadro di Azioni Prioritarie per Natura 2000 In Puglia); un'ulteriore selezione è fatta in funzione della effettiva disponibilità dei dati, della scale delle elaborazioni proposte e della pertinenza con gli specifici casi d'uso presi in considerazione. In sede di redazione della relazione finale, è stato possibile associare alla maggior parte delle pressioni uno o più indicatori fra quelli oggetto di studio e sperimentazione da parte del gruppo di lavoro (si veda l'ultima colonna).

4

Tabella 1: Selezione preliminari dei fattori di pressione prioritari, a partire dalla lista delle minacce e delle pressioni sviluppato dallo European Environment Information and Observation Network e riportato nella d.g.r. della Puglia n. 1362/2018.

Codice	Pressione/minaccia	Indicatori pertinenti
A	A - Agricoltura	
A01	Conversione di terreni ad uso agricolo (con l'esclusione dei drenaggi/bonifiche) e uso del fuoco	8-13
A02	Conversione da un tipo di uso del suolo agricolo ad un altro (con l'esclusione dei drenaggi/bonifiche) e uso del fuoco	11, 13
A04	Lavorazioni dei terreni (sistemazione delle pendici, terrazzamenti, livellamenti, spietramenti, ecc.)	16
A05	Rimozione dei piccoli elementi del paesaggio del paesaggio agricolo (siepi, muretti a secco, canali, sorgenti, alberi isolati) ai fini della ricomposizione fondiaria.	16
A06	Abbandono della gestione dei pascoli (es. fine della pratica del pascolo o dello sfalcio dei prati)	13
A09	Pascolo intensivo o sovrapascolamento del bestiame	11



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



**PUGLIA
REGION**

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

Codice	Pressione/minaccia	Indicatori pertinenti
A10	Pascolo estensivo o sottopascolamento del bestiame	11
A13	Risemina dei pascoli e di altri habitat semi-naturali	9, 11
A18	Irrigazione dei campi agricoli	6, 11
A20	Uso dei fertilizzanti sintetici (minerali) sui terreni agricoli. Questa pressione deve essere usta anche laddove la fonte (naturale (A18) ovvero artificiale (A20) è sconosciuta	11
A21	Uso degli antiparassitari chimici in agricoltura	10
A29	Attività agricole che generano inquinamento del suolo	9, 11
A30	Prelievo dalle falde acquifere, dalle acque di superficie per l'agricoltura	6, 7, 11
B	B - Selvicoltura	
B01	Conversione di superfici boscate ad altri tipi di uso del suolo o forestazione	9, 12, 13
B02	Conversioni ad altri tipi di foreste compresa la costituzione di boschi monospecifici	9, 12, 13
B03	Riforestazione con l'introduzione di specie alloctone o non tipiche	9, 12, 13
C	C - Miniere, estrazione di materiali e produzione di energia	
C01	Estrazione di minerali (pietra, metalli, ghiaia, sabbia, conchiglie)	1
D	D – Infrastrutture per la produzione e il trasporto dell'energia	
D01	Impianti per la produzione di energia eolica, marina e tidiale, comprese le infrastrutture	1, 2, 3
D03	Centrali ad energia solare, comprese le infrastrutture	14
D07	Oleodotti e gasdotti	
E	E - Realizzazione ed esercizio delle infrastrutture di trasporto	
E01	Strade, percorsi, ferrovie e relative infrastrutture	1, 2, 3, 17
F	F - Urbanizzazione, sviluppo residenziale e commerciale	
F01	Conversione da altre forme di uso del suolo a insediamenti residenziali, aree ricreative (eccetto bonifiche e modifiche della linea di costa, estuari e condizioni della costa)	1, 2, 3
F02	Costruzioni o modifiche (di insediamenti edilizi) all'interno di aree urbane o ricreative	1, 2, 3
F03	Conversione da altre forme di uso del suolo a insediamenti commerciali/industriali aree ricreative (eccetto bonifiche e modifiche della	1, 2, 3

Codice	Pressione/minaccia	Indicatori pertinenti
	linea di costa, estuari e condizioni della costa)	
F04	Costruzioni o modifiche di infrastrutture commerciali/industriali all'interno di aree commerciali/industriali Comprende gli effetti negativi dei lavori di ricostruzione e di demolizione degli edifici	1, 2, 3
F05	Creazione o sviluppo delle infrastrutture per lo sport, il turismo e il tempo libero (all'esterno delle aree urbane o ricreative	1, 2, 3
F06	Sviluppo e manutenzione delle spiagge per il turismo e la ricreazione incluso il ripascimento e la pulizia delle spiagge	17
F07	Attività sportive, turistiche e del tempo libero	
F08	Modifiche della linea di costa degli estuari e delle condizioni della costa per lo sviluppo, l'uso e la protezione delle infrastrutture residenziali, commerciali e ricreative (comprese le opere e le infrastrutture di difesa della costa dall'erosione marina)	1, 17
F28	Modifiche del regime idrico dei corsi d'acqua, opere di regimazione idraulica per lo sviluppo residenziale o ricreativo	8, 9
F33	Prelievo di acqua di falda e di superficie (incluso quella marina) per usi pubblici e ricreativi	6, 7
F34	Prelievo di acqua di falda e di superficie (incluso quella marina) per usi commerciali/industriali (escluso produzione di energia)	6, 7
G	G - Utilizzo delle risorse biologiche diverso dall'agricoltura e selvicoltura	
G01	Pesca e raccolta di mitili (professionale, amatoriale) che causa riduzione di specie/popolazioni di prede e disturbo delle specie	
H	H - Attività militari, misure di pubblica sicurezza, altre attività antropiche	
H01	Esercitazioni e operazioni militari, paramilitari o di polizia a terra	
M	M – Fenomeni geologici, catastrofi naturali	
M05	Frane	
M06	Crollo di cavità sotterranee	
M08	Alluvioni	8
M09	Incendi	
N	N - Cambiamenti climatici	
N01	Cambiamenti della temperatura (es. innalzamento della temperatura o estremi termici) causati da cambiamenti climatici	4

Codice	Pressione/minaccia	Indicatori pertinenti
N02	Siccità e diminuzione delle precipitazioni causate dai cambiamenti climatici	6, 7
N03	Aumento o variazioni delle precipitazioni causate dai cambiamenti climatici	5, 6, 7

1.1.2 Fattori di pressione sulle acque interne e costiere

Il secondo riferimento assunto è stato individuato per rafforzare la coerenza metodologica rispetto all'altro focus tematico del progetto, le acque interne (superficiali e sotterranee) e le acque costiere. La scelta è caduta sulle Linee Guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, approvate con Delibera del Consiglio del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nella Seduta del 22/02/2018¹.

Le Linee Guida operano innanzitutto un'armonizzazione a scala nazionale dell'analisi delle pressioni procedendo alla condivisione della tipologia di pressioni da considerare, definito seguendo le indicazioni della *"Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – Guidance Document n. 3 – Analysis of Pressures and Impacts"*. Le pressioni, classificate in "tipologie", sono articolate su diversi livelli di dettaglio.

Il primo livello di dettaglio prevede la distinzione delle pressioni nei seguenti gruppi:

- 1) Pressioni puntuali
- 2) Pressioni diffuse
- 3) Prelievi idrici (alterazioni delle caratteristiche idrauliche dei corpi idrici attraverso prelievi di acqua - pressioni quantitative)
- 4) Alterazioni morfologiche e regolazioni di portata (alterazioni idromorfologiche dei corpi idrici, includendo anche le fasce riparie)
- 5) Altre pressioni (introduzione di specie e malattie, sfruttamento/rimozione di piante e animali, rifiuti/discardie abusive)
- 6) Cambiamenti del livello e del flusso idrico delle acque sotterranee
- 7) Altre pressioni antropiche
- 8) Pressioni sconosciute
- 9) Inquinamento remoto/storico.

Le linee guida forniscono due importanti contributi alla caratterizzazione delle pressioni: il primo riguarda la definizione, per ciascun gruppo di pressioni, di criteri di priorità rispetto alla categoria di acque da monitorare (fiumi, laghi, ecc.). Limitatamente ai primi tre gruppi di pressioni, la **Tabella 2** illustra i relativi criteri di priorità.

¹ https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/manuali-linee-guida/MLG_177_18.pdf.

Tabella 2: Criterio di priorità assegnato alle tipologie di pressione per categoria di acque (Fonte: SNPA, 2018).

Elenco tipologie pressione	Fiumi	Laghi	Marino-costiere	Transizione	Sotterranee
1.1 Puntuali - scarichi urbani	PC	PC	PC	PC	
1.2 Puntuali - sfioratori di piena	PC	PC	PC	PC	
1.3 Puntuali - impianti IED	PC	PC	PC	PC	
1.4 Puntuali - impianti non IED	PC	PC	PC	PC	
1.5 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati	PC	PC	PC	PC	PC
1.6 Puntuali - discariche	PC	PC	PC	PC	PC
1.7 Puntuali - acque di miniera	PC				
1.8 Puntuali - impianti di acquacoltura	PC	PC	PC	PC	
1.9 Puntuali - altre pressioni					
2.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	PC	PC	*(PC)	PC	PC
2.2 Diffuse - agricoltura	PC	PC	*(PC)	PC	PC
2.3 Diffuse - selvicoltura					
2.4 Diffuse - trasporti	PC	PC	PC	PC	
2.5 Diffuse - siti contaminati/siti industriali abbandonati	PC	PC		PC	PC
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura	PC	PC	PC	PC	PC
2.7 Diffuse - deposizioni atmosferiche		PC			
2.8 Diffuse - attività minerarie					
2.9 Diffuse - impianti di acquacoltura			PC	PC	
2.10 Diffuse - altre pressioni					
3.1 Prelievi/diversioni - uso agricolo	PC	PC			PC
3.2 Prelievi/diversioni - uso civile potabile	PC	PC			PC
3.3 Prelievi/diversioni - uso industriale	PC	PC			PC
3.4 Prelievi/diversioni - raffreddamento	PC	PC			PC
3.5 Prelievi/diversioni - uso idroelettrico	PC	PC			
3.6 Prelievi/diversioni - piscicoltura	PC	PC		PC	PC
3.7 Prelievi/diversioni - altri usi					



Tipologia di pressione da non considerare a priori

Tipologia di pressione di secondaria priorità

PC Tipologia di pressione da considerare prioritariamente

* la pressione è considerata PC per gli indicatori cumulativi nel bacino totale

Il secondo contributo che appare di sicuro rilievo per l'analisi delle pressioni consiste nella definizione dell'unità di riferimento per lo studio degli indicatori e delle relative soglie di significatività, ovvero in una articolazione di dettaglio del "corpo idrico", che rappresenta l'unità di gestione ai sensi della Direttiva quadro sulle acque (Direttiva 2000/60/CE). In particolare, muovendo da un'analisi delle differenti definizioni vigenti a livello regionale, le Linee Guida identificano i seguenti ambiti di applicazione:

- **corpo idrico (CI)**, unità di gestione per la Direttiva Acque;

- **bacino totale del CI:** il bacino imbrifero chiuso alla sezione di valle del CI nel caso di corpo idrico fluviale; è il bacino imbrifero dato dalla somma dei bacini idrografici che versano nel corpo idrico nel caso di corpo idrico lacustre o marino-costiero;
- **bacino a monte del corpo idrico fluviale:** è il bacino imbrifero chiuso alla sezione di monte del CI - questo ambito territoriale non è utilizzato nelle tabelle ma è necessario per definire il bacino afferente di un corpo idrico fluviale;
- **bacino afferente al corpo idrico:** nel caso di corpo idrico fluviale è l'areale ottenuto dalla differenza tra il bacino totale e il bacino a monte del CI, escludendo le eventuali aree drenate di CI tipizzati affluenti del CI in esame; nel caso di corpo idrico lacustre o marino-costiero è dato dalla differenza tra bacino totale e bacini dei corpi idrici affluenti tipizzati;
- **buffer:** area adiacente alle sponde del corpo idrico di una certa ampiezza che si è concordato, in questo contesto, essere pari a 500 metri dalla sponda (su entrambe le sponde per i CI fluviali) per tutti i tipi di acque superficiali (il buffer non è previsto per le acque sotterranee);
- **area del corpo idrico:** corrisponde alla superficie del CI sotterraneo (non prevista per gli altri CI).

Anche in questo caso, la **Tabella 3** illustra gli incroci tra tipologia di pressione-categoria di acque-ambito territoriale di riferimento, limitatamente ai primi due gruppi di pressioni.



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY



Tabella 3: Matrice di connessione fra tipologia di pressione, categoria di corpi idrici e ambito territoriale di riferimento (Fonte: SNPA, 2018).

Elenco tipologie pressione	Fiumi	Laghi	Marino-costiere	Transizione	Sotterranee
1.1 Puntuali - scarichi urbani	Ba Bt	Ba Bf Bt	Ba Bt	Ba Bt	
1.2 Puntuali - sfioratori di piena	Ba	Ba Bf Bt	Ba Bt	Ba Bt	
1.3 Puntuali - impianti IED	Ba Bt	Ba Bf Bt	Ba Bt	Ba Bt	
1.4 Puntuali - impianti non IED	Ba Bt	Ba Bf Bt	Ba Bt	Ba Bt	
1.5 Puntuali - siti contaminati/siti industriali abbandonati	Ba Bf	Ba Bf	Ba Bf	Ba Bf	A
1.6 Puntuali - discariche	Ba Bf	Ba Bf	Ba Bf	Ba Bf	A
1.7 Puntuali - acque di miniera	Ba	Ba Bf	Ba	Ba	A
1.8 Puntuali - impianti di acquacoltura	Ba	Ba Bf	Ba CI	Ba CI	
1.9 Puntuali - altre pressioni	Ba	Ba Bf	CI	CI	A
2.1 Diffuse - dilavamento superfici urbane	Ba Bf Bt	Ba Bf Bt	Ba Bf Bt	Ba Bf Bt	A
2.2 Diffuse - agricoltura	Ba Bf Bt	Ba Bf Bt	Ba Bf Bt	Ba Bf Bt	A
2.3 Diffuse - selvicoltura					
2.4 Diffuse - trasporti	Ba CI	Ba CI	CI	Ba Bf CI	
2.5 Diffuse - siti contaminati/siti industriali abbandonati	Ba	Ba	Ba CI	Ba	A
2.6 Diffuse - scarichi non allacciati alla fognatura	Ba	Ba CI	Ba Bf	Ba	A
2.7 Diffuse - deposizioni atmosferiche	Ba	Ba	Ba CI	Ba	
2.8 Diffuse - attività minerarie	Ba	Ba	Ba CI	Ba	A
2.9 Diffuse - impianti di acquacoltura	CI	CI	CI	CI	
2.10 Diffuse - altre pressioni	Ba	Ba	Ba CI	Ba CI	A

Tipologia di pressione da non considerare a priori
 Tipologia di pressione di secondaria priorità

PC

 Tipologia di pressione da considerare prioritariamente

Bt: bacino totale
Ba: bacino afferente
Bf: buffer
CI: corpo idrico
A: area del corpo idrico

1.2 - SCREENING DEGLI INDICATORI DI PRESSIONE IN USO

L'elaborazione e la sperimentazione di indicatori ambientali e territoriali non ha conosciuto sosta negli ultimi decenni, sull'onda della diffusione del pensiero sistemico e degli approcci di valutazione *evidence-based* delle politiche pubbliche. La quantità e la diversità degli indicatori oggi disponibili impone pertanto un'attenta considerazione degli strumenti esistenti prima di procedere eventualmente a proporre degli adattamenti o delle effettive innovazioni.

A tale scopo, sono quindi stati vagliati i set di indicatori maggiormente rappresentativi, operando una selezione preventiva basata su criteri di pertinenza, di esaustività e di parsimonia.

I set di indicatori individuati, presentati sinteticamente nei paragrafi seguenti, sono:

1. Indicatori ambientali nazionali (Ministero della Transizione Ecologica);
2. Indicatori per l'analisi delle pressioni sui corpi idrici (SNPA);
3. Indicatori per misurare la sostenibilità dell'agricoltura italiana (CREA, ex INEA);
4. Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile (Istat);
5. Indicatori di Contesto e di Impatto della Politica Agricola Comune (Rete Rurale Nazionale);
6. Indicatori della Strategia Nazionale per la Biodiversità;
7. Indicatori del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) della Puglia;
8. Indicatori dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) 2014-20 della Puglia e della Lombardia;

Gli ultimi due set, con ogni evidenza, sono ripresi da esperienze concrete di valutazione e monitoraggio svolte nel territorio regionale e pertinenti ai temi del progetto, con l'affiancamento, per quanto concerne il PSR della Puglia 2014-20, dell'analoga esperienza lombarda che spicca nel panorama nazionale per il rigore dell'approccio metodologico.

1.2.1 Indicatori ambientali del Ministero della Transizione Ecologica

Il set di indicatori, conservato dal Ministero della Transizione ecologica, aggiornato a gennaio 2019 e accessibile all'indirizzo <https://www.minambiente.it/pagina/nazionali-1>, copre i temi riportati in **Tabella 4**.



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

Tabella 4: Temi coperti dai set di indicatori ambientali del Ministero della Transizione ecologica (già Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare).

Agenti chimici	Agricoltura e selvicoltura	Ambiente e benessere
Atmosfera	Attività nucleare radioattività	Biosfera
Certificazione ambientale	Conti ambientali	Eco-management
Eco-reati	Energia	Geosfera
Idrosfera	Industria	Mobilità urbana
Opinioni	Pericolosità geologiche	Pesca e acquacoltura
Pianificazione ambientale	Promozione cultura ambientale	Radiazioni non ionizzanti
Rifiuti e flussi di materiali	Rumore	Trasporti
Turismo	Valutazioni e autorizzazioni ambientali	Verde pubblico

Per ciascuna delle aree tematiche prioritarie si procederà alla selezione degli indicatori più rappresentativi. Si riporta di seguito (**Tabella 5**) una selezione degli indicatori relativi ad alcune aree tematiche (Agricoltura e selvicoltura, Idrosfera, Geosfera). La Tabella riporta solo tre degli attributi con cui ciascun indicatore è caratterizzato (Denominazione, Descrizione, dimensione DPSIR, Accessibilità dati di input, Metodologia raccolta dati, Periodicità, Fonte dei dati, Copertura spaziale, Copertura temporale).

Tabella 5: Selezione preliminare di indicatori ambientali del Ministero della Transizione ecologica, relativamente alle categorie "Agricoltura e selvicoltura", "Geosfera" e "Idrosfera".

AGRICOLTURA E SELVICOLTURA		
Indicatore	Descrizione	DPSIR
Aziende agricole che aderiscono a misure ecocompatibili e che praticano agricoltura biologica	L'indicatore descrive il numero di operatori che praticano agricoltura biologica e la corrispondente superficie agricola utilizzata	Determinante, Risposta
Aziende e superficie agricola utilizzata	L'indicatore stima la dimensione del settore agricolo e del suo potenziale impatto attraverso il numero delle aziende agricole e zootecniche e la Superficie Agricola Utilizzata (SAU)	Determinante, Stato
Contributo delle foreste nazionali al ciclo globale del carbonio	L'indicatore fa riferimento al carbon stock, vale a dire alla quantità di carbonio fissata in Italia nei diversi serbatoi forestali, e alla variazione di stock di carbonio (carbon sink), che tiene conto del carbonio assorbito e alla quantità rilasciata (emissioni) per effetto di incendi, prelievi e mortalità naturale degli ecosistemi forestali nazionali	Stato
Distribuzione per uso agricolo	L'indicatore consente di valutare i quantitativi di prodotti	Pressione

dei prodotti fitosanitari (erbicidi, fungicidi, insetticidi, acaricidi vari)	fitosanitari immessi annualmente al consumo per uso agricolo, nonché di confrontare gli orientamenti di distribuzione nel tempo e su base territoriale	
Emissioni di gas-serra dall'agricoltura	L'indicatore descrive le emissioni di gas serra (CH ₄ , N ₂ O, CO ₂) in atmosfera prodotte dal settore agricolo, dovute principalmente alla gestione degli allevamenti e all'uso dei fertilizzanti e permette di valutare il peso del settore rispetto al totale di emissione nazionale e il raggiungimento degli obiettivi di riduzione	Pressione
Gestione delle risorse idriche	L'indicatore fornisce informazioni circa la superficie irrigata e i metodi d'irrigazione a livello regionale e nazionale	Determinante, Pressione

IDROSFERA		
Indicatore	Descrizione	DPSIR
Acque marino costiere: elemento di qualità biologica Angiosperme Posidonia Oceanica Indice PREI	L'indicatore è finalizzato a formulare un giudizio di qualità ecologica per gli ambienti marino costieri, attraverso l'utilizzo dell'Elemento di Qualità Biologica (EQB) Angiosperme, integrando nel tempo gli effetti di differenti cause di alterazioni fisiche, chimiche e biologiche, indotte da agenti inquinanti nelle acque e nei sedimenti, o da significative alterazioni fisico-morfologiche del tratto costiero	Stato
Classificazione delle acque di balneazione	L'indicatore valuta lo stato di qualità delle acque di balneazione, in relazione ai fattori di contaminazione fecale e, quindi, igienico-sanitari	Stato
Dinamica litoranea	L'indicatore misura il trend evolutivo delle spiagge, in termini di perdita e acquisizione di suolo per effetto di tutte le cause dirette e indirette che agiscono in prossimità della costa	Impatto, Pressione, Stato
Evapotraspirazione reale	L'indicatore fornisce, nell'ambito della stima della risorsa idrica disponibile o potenziale, una valutazione della quantità di acqua che passa in atmosfera attraverso i processi di evaporazione e traspirazione della vegetazione	Stato
Indice di qualità stato chimico delle acque sotterranee (SCAS)	L'indicatore evidenzia i corpi idrici nei quali sono presenti sostanze chimiche contaminanti derivanti dalle attività antropiche e, insieme allo stato quantitativo (disponibilità della risorsa idrica), permette la definizione dello stato complessivo del corpo idrico	Stato

Indice di qualità stato chimico delle acque superficiali	L'indicatore deriva la classe di qualità per gli inquinanti specifici necessaria a definire lo stato chimico delle diverse tipologie di corpo idrico	Stato
Urbanizzazione costiera nei 300 metri dalla riva	L'indicatore fornisce una misura sia dell'impatto dell'urbanizzazione sulla naturale evoluzione della fascia costiera e sulla tutela del paesaggio, sia dei beni sottoposti a rischio dal fenomeno dell'erosione dei litorali	Pressione, Stato

GEOSFERA		
Indicatore	Descrizione	DPSIR
Consumo di suolo in area costiera	L'indicatore quantifica le superfici di suolo consumato entro specifiche distanze dalle linee di costa e l'evoluzione temporale del fenomeno	Pressione
Desertificazione	L'indicatore individua le aree sensibili alla desertificazione	Impatto
Erosione idrica	L'indicatore stima la perdita di suolo per erosione idrica espressa in tonnellate/ettaro per anno	Stato
Impermeabilizzazione e consumo di suolo	L'indicatore quantifica il suolo consumato a seguito di una variazione da una copertura non artificiale a una copertura artificiale	Pressione
Percentuale di carbonio organico (CO) presente negli orizzonti superficiali (30 cm) dei suoli	L'indicatore descrive la quantità di carbonio organico (CO) presente nei primi 30 centimetri dei suoli italiani	Stato
Potenziale utilizzo della risorsa idrica sotterranea	L'indicatore fornisce indicazioni sulla distribuzione degli scavi/pozzi/perforazioni di profondità superiore a 30m, sulla tipologia d'uso delle acque emunte e sulle falde acquifere maggiormente sfruttate	Pressione, Stato

1.2.2 Indicatori per l'analisi delle pressioni sui corpi idrici, ai sensi della Direttiva 2000/60/CE

Questo set di indicatori è tratto dalle Linee Guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, approvate con Delibera del Consiglio del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nella Seduta del 22/02/2018 e già illustrate nel paragrafo 1.1.b a proposito dell'individuazione dei fattori di pressione sui corpi idrici e della definizione degli ambiti di applicazione.

Per ogni tipologia di pressione sono stati definiti i relativi indicatori per la valutazione della significatività: almeno un indicatore a medio-alta complessità (MAC) e uno a medio-bassa complessità (MBC). L'indicatore MAC è ritenuto lo strumento migliore per valutare la significatività della pressione ed è pertanto da preferire; tuttavia, l'applicazione dell'indicatore MAC richiede il reperimento di dati piuttosto articolati, strutturati e complessi (es. portata o volume degli scarichi e prelievi, portata media naturale annuale o stagionale del corpo idrico fluviale, censimento delle opere per la difesa del suolo, ecc). Nel caso non siano disponibili informazioni con il livello di dettaglio adeguato, si può adoperare l'indicatore MBC, in generale di più semplice applicazione ma anche di minore affidabilità nel determinare il grado di rischio associato alla pressione di cui si intende valutare la significatività.

Nella **Tabella 6**, a titolo esemplificativo, sono riportati alcuni indicatori corrispondenti a specifiche combinazioni fra corpo idrico interessato e tipologia di pressione.



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

Tabella 6: Selezione preliminare di indicatori per l'analisi delle pressioni sui corpi idrici, tratti dalle Linee Guida per l'analisi delle pressioni ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (SNPA, 2018).

CORPI IDRICI FLUVIALI	
Pressione	Indicatore - Descrizione
2.2 Pressione diffuse - Agricoltura	<i>Indicatore 1:</i> Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I. <i>Indicatore 2:</i> Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m del C.I rispetto alla linea di riva. <i>Indicatore 3:</i> Valore di surplus di azoto calcolato nell'area del bacino afferente al C.I. in kgN/ha/anno
Pressioni diffuse - Indicatori cumulativi	<i>Indicatore 1:</i> Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli nell'area del bacino totale del C.I. <i>Indicatore 2:</i> Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino totale del C.I.
4.1 Alterazione fisica dei canali / alveo / fascia riparia / sponde	<i>Indicatore 1:</i> Valutazione congiunta di a) numero di opere trasversali /Lunghezza del C.I.; b) lunghezza del C.I. interessata da opere longitudinali 100/Lunghezza del C.I.; c) lunghezza tratti rivestiti del C.I. • 100/Lunghezza del C.I. <i>Indicatore a bassa complessità 1:</i> valutazione congiunta di: a) Indice di Modificazione dell'Alveo (IMA) scelto tra 5 classi definite; b) Lunghezza sponda urbanizzata*100/Lunghezza totale sponde del C.I., considerando un buffer di 500 m (inclusando strade di grande traffico).
CORPI IDRICI MARINO COSTIERI	
Pressione	Indicatore - Descrizione
2.1 Pressioni diffuse - dilavamento superfici urbane	<i>Indicatore 1:</i> Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I oppure al posto del bacino afferente utilizzo di un buffer di 500 m dalla linea di costa
2.1 Pressioni diffuse - dilavamento superfici urbane	Indicatore a bassa complessità: Estensione percentuale di lunghezza di costa che presenta aree ad uso urbano dei suoli in un buffer di 500 m dalla linea di costa.
2.2 Pressioni diffuse - agricoltura	<i>Indicatore 1:</i> Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area del bacino afferente al C.I. <i>Indicatore a bassa complessità:</i> Rapporto tra aree ad uso agricolo dei suoli in un buffer di 500 m dalla linea di costa del C.I. e lunghezza della costa

Pressioni diffuse - Indicatori cumulativi	<i>Indicatore 1:</i> Estensione percentuale di aree ad uso urbano dei suoli nell'area dei bacini a monte del CI tributari <i>Indicatore 2:</i> Estensione percentuale di aree ad uso agricolo dei suoli nell'area dei bacini a monte del CI tributari <i>Indicatore a bassa complessità 1:</i> percentuale di C.I. con pressione 2.1 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I. <i>Indicatore a bassa complessità 2:</i> percentuale di C.I. con pressione 2.2 significativa nel bacino totale sul totale dei C.I.
4.1 Alterazione fisica dei canali / alveo / fascia riparia / sponde	<i>Indicatore 1:</i> Lunghezza del tratto di costa interessato da infrastrutture (radenti e/o trasversali)*100/lunghezza totale costa del C.I. <i>Indicatore a bassa complessità 1:</i> Lunghezza del tratto di costa urbanizzato*100/lunghezza totale costa del C.I., considerando un buffer di 500 m dalla linea di riva.

1.2.3 Indicatori per misurare la sostenibilità dell'agricoltura italiana

Gli indicatori confluiti nel rapporto redatto da INEA nel 2004 “Misurare la sostenibilità: Indicatori per l'agricoltura italiana” sono frutto di un accurato lavoro di approfondimento e selezione che ha preso in considerazione le principali fonti istituzionali a livello comunitario e internazionale – tra cui la Commissione Europea², l'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), l'AEA (Agenzia Europea per l'Ambiente) e l'ECNC (European Centre for Nature Conservation).

Il rapporto presenta un set di indicatori distinti nelle tre dimensioni della sostenibilità (ecologica, economica e sociale). Tra gli indicatori compresi nella “dimensione ambientale”, relativi alla gestione e alla conservazione delle risorse naturali, rientrano gli indicatori riferiti alle componenti suolo, atmosfera, risorse idriche, biodiversità e paesaggio. Ai fini del presente studio appaiono particolarmente significativi gli indicatori riportati nella tabella di seguito allegata, tutti riferiti alla componente “paesaggio”. Ciascun indicatore è caratterizzato con un numero limitato di attributi, fra i quali figura la collocazione all'interno del modello logico DPSIR. In **Tabella 7** ne riportata una selezione preliminare.

² Con particolare riguardo agli studi “A Framework for Indicators for the Economic and Social Dimensions of Sustainable Agriculture and Rural Development” (European Commission, 2001) per gli indicatori della dimensione socioeconomica e “Indicators for the Integration of Environmental Concerns into the Common Agricultural Policy” (Commission of European Communities, 2000) per la dimensione ambientale.

Tabella 7: Selezione preliminare di indicatori per la sostenibilità dell'agricoltura italiana (INEA, 2004).

Indicatore	Descrizione	DPSIR
34 – Superficie Agricola Utilizzata	% della superficie territoriale occupata dalla SAU Questo indicatore si riferisce alla struttura del paesaggio e riguarda la porzione di territorio destinata all'agricoltura.	R
35 – Indice di boscosità	% della superficie coperta da foreste Le foreste rappresentano uno degli elementi fondamentali della struttura del paesaggio, sono importanti per lo svolgimento di attività economiche, turistico-ricreative e residenziali.	S
36 – Intensificazione	% SAU destinata a colture intensive Le modalità di gestione dell'attività agricola influiscono sulle caratteristiche degli agro-ecosistemi e, dunque, sul paesaggio agrario.	P
37 – Concentrazione	Espresso come diminuzione della numerosità delle aziende. La diminuzione della numerosità delle aziende è spesso accompagnata da un lato ad un aumento della dimensione media e dall'altro alla riduzione del numero di aziende di piccole dimensioni, con il conseguente abbandono delle campagne e la perdita di paesaggio agrario.	P
38 – Manufatti ed elementi di naturalità	Espresso come metri lineari per unità di superficie (m/ha) Gli elementi di naturalità, quali i filari, le siepi, i boschetti e le macchie di campo, e i manufatti, quali i fossi e i canali, contribuiscono alla diversità del paesaggio e, in alcuni casi, alla sua identità culturale. Le piccole formazioni forestali (boschetti, macchie di campo), i filari e le siepi svolgono, inoltre, una funzione di conservazione della biodiversità.	P

1.2.4 Indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile

L'Istat presenta un aggiornamento e un ampliamento delle disaggregazioni delle misure statistiche utili al monitoraggio degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 e ogni anno pubblica il Rapporto sui Sustainable Development Goals (SDGs). La selezione degli indicatori è frutto di un'analisi effettuata a partire dagli indicatori suggeriti dall'Inter Agency Expert Group on SDGs delle Nazioni Unite e proseguita in seno al Sistan e in parallelo ai lavori dei diversi organi ed enti coinvolti nell'attuazione della Strategia Nazionale per lo Sviluppo

Sostenibile³. L'importanza di ancorare gli indicatori del progetto BEST ai SDGs, oltre che dal ruolo guida che l'Agenda 2030 assume nel panorama degli obiettivi di sostenibilità, discende dalle previsioni dell'art. 34 del d.lgs. n. 152/2006, secondo il quale la filiera delle strategie di sviluppo sostenibile (che comprende quella regionale della Puglia in corso di elaborazione⁴ ed eventuali strategie locali) definisce "il quadro di riferimento per le valutazioni ambientali".

Nella **Tabella 8** è riportata una prima selezione, riferita ad alcuni fra gli SDGs di maggiore rilievo per il progetto BEST, dei principali indicatori di monitoraggio. I dati, aggiornati a maggio 2020 relativamente alla Puglia, sono aggregati a livello regionale.

Tabella 8: Selezione preliminare di indicatori per gli obiettivi di sviluppo sostenibile pertinenti ai temi trattati nel progetto BEST (Istat, 2020).

SDG 2 – Porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare, migliorare la nutrizione e promuovere un'agricoltura sostenibile	
2.4.1 - Quota di superficie agricola destinata all'agricoltura sostenibile e produttiva	Quota di superficie agricola utilizzata investita da coltivazioni biologiche (Mipaaf-Sinab, 2018, %) Tasso di crescita delle coltivazioni biologiche (Mipaaf-Sinab, 2018, %) Emissioni di ammoniaca prodotte dal settore agricolo (ISPRA, 2018, t x 1000) Fertilizzanti distribuiti in agricoltura (Istat, 2018, kg/ha) Prodotti fitosanitari distribuiti in agricoltura (Istat, 2018, kg/ha)
SDG 6 – Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico sanitarie	
6.3.2 - Percentuale di corpi idrici con una buona qualità ambientale	<i>Indicatore 1:</i> Coste marine balneabili (Istat, Elaborazione su dati Ministero della salute, 2018, %) <i>Indicatore 2:</i> Qualità di stato ecologico e di stato chimico delle acque superficiali (Ispra, 2010-2015) <i>Indicatore 3:</i> Qualità di stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee (Ispra, 2010-2015) <i>Indicatore 4:</i> Qualità di stato ecologico e di stato chimico delle acque di transizione (Ispra, 2010-2015) <i>Indicatore 5:</i> Qualità di stato ecologico e di stato chimico delle acque marino costiere (Ispra, 2010-2015) <i>Indicatore 6:</i> Percentuale di corpi idrici che hanno raggiunto l'obiettivo di qualità ecologica elevata o buona sul totale dei corpi idrici delle acque

³ Approvata dal Consiglio dei Ministri (il 2 ottobre 2017) e in via definitiva dal CIPE (il 22 dicembre 2017).

⁴ <https://www.regione.puglia.it/web/strategia-regionale-sviluppo-sostenibile>.

	superficiali (fiumi e laghi) (Ispra, 2010-2015, %)
6.4.2 Livello di stress idrico: prelievo di acqua dolce in proporzione alle risorse di acqua dolce disponibili	<i>Indicatore 1:</i> Prelievi di acqua per uso potabile (Istat, 2018, 10 ⁶ m ³)
6.6.1 Variazione nel tempo dell'estensione degli ecosistemi legati all'acqua	<i>Indicatore 1:</i> Zone umide di importanza internazionale (Ispra, 2018, ettari)
SDG 11 – Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili	
11.3.1 - Rapporto tra tasso di consumo di suolo per tasso di crescita della popolazione	<i>Indicatore 1:</i> Impermeabilizzazione e consumo di suolo pro capite (Ispra, 2018, m ² /ab) <i>Indicatore 2:</i> Abusivismo edilizio (Cresme, 2018, costruzioni abusive ogni 100 autorizzate)
SDG 13 – Adottare misure urgenti per combattere il cambiamento climatico e le sue conseguenze	
13.1 Rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali	<i>Indicatore 1:</i> Impatto degli incendi boschivi (Istat, Comando Carabinieri Tutela forestale, Nucleo Informativo Antincendio Boschivo, 2018, per 1.000 kmq)
SDG 14 – Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile	
14.5.1 Percentuale delle aree marine protette	<i>Indicatore 1:</i> Coste marine balneabili (Istat elaborazione su dati Ministero della salute, 2018, %) <i>Indicatore 2:</i> Aree marine protette EUAP (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2013, km ²) <i>Indicatore 3:</i> Aree marine comprese nella rete Natura 2000 (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2019, km ²)
SDG 15 – Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire in modo sostenibile le foreste, combattere la desertificazione, arrestare e invertire il degrado del territorio e arrestare la perdita di biodiversità	
15.1.1 Aree forestali in rapporto alla superficie terrestre	<i>Indicatore 1:</i> Aree forestali in rapporto alla superficie terrestre (Istat e FAO, 2015, %) <i>Indicatore 2:</i> Coefficiente di boscosità (ISPRA e FAO, 2015, %)

15.1.2 Proporzione di siti importanti per la biodiversità degli ecosistemi terrestri e d'acqua dolce inclusi in aree protette, per tipo di ecosistema	<i>Indicatore 1:</i> Copertura media da aree protette delle Aree chiave per la biodiversità in ambienti terrestri (BirdLife International, IUCN e UNEP-WCMC, 2019, %) <i>Indicatore 2:</i> Copertura media da aree protette delle Aree chiave per la biodiversità in ambienti d'acqua dolce (BirdLife International, IUCN e UNEP-WCMC, 2019, %) <i>Indicatore 3:</i> Territorio coperto da aree protette terrestri (Istat e MATTM, 2017, %)
15.2.1 Progresso verso la gestione sostenibile delle foreste	<i>Indicatore 1:</i> Tasso d'incremento annuo delle aree forestali (FAO, 2010-2015, %) <i>Indicatore 2:</i> Biomassa forestale nel soprassuolo (FAO, 2015, t/ha) <i>Indicatore 3:</i> Quota di superficie forestale coperta da aree protette istituite per legge (FAO, 2015, %) <i>Indicatore 4:</i> Superficie forestale certificata con schema di certificazione verificato in modo indipendente (Istat e ISPRA, 2018, ha x 1000)
15.3.1 - Quota di territorio degradato sul totale della superficie terrestre	<i>Indicatore 1:</i> Impermeabilizzazione del suolo da copertura artificiale (ISPRA, 2018, %) <i>Indicatore 2:</i> Frammentazione del territorio naturale e agricolo (ISPRA, 2018, %)
15.5.1 Indice Red List	<i>Indicatore 1:</i> Specie animali per livello di minaccia di estinzione: Vertebrati, specie terrestri (ISPRA e IUCN, 2013, %)

1.2.5 Indicatori di Contesto e di Impatto per la Politica Agricola Comune 2014 -2020

La PAC 2014-2020 definisce gli indicatori di contesto per riflettere lo stato della situazione sociale, economica ed ambientale del territorio in cui attuare gli interventi dei programmi di sviluppo rurale. A partire dai primi mesi del 2013, la Commissione Europea ha definito un set di 45 indicatori di contesto, articolati tra indicatori socioeconomici, indicatori settoriali e indicatori ambientali. Gli indicatori di contesto sono compresi nel Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione, introdotto dalla Commissione Europea per armonizzare la valutazione dell'efficacia della politica agricola comune (PAC) e migliorare l'efficienza delle procedure di attuazione⁵.

In Italia, la Rete Rurale Nazionale, in collaborazione con il CREA, ha valorizzato gli indicatori attingendo da fonti Istat ed Eurostat e ricorrendo a fonti complementari dove necessario. Gli

⁵ Le informazioni sul Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione della PAC, che comprende anche indicatori d'impatto, sono accessibili al seguente indirizzo web: https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cmef_it.

indicatori sono pubblicati online all'indirizzo: <https://www.reterurale.it/indicatoricontesto> e, oltre che su base regionale, sono forniti disaggregati per tipologia di area, seguendo la classificazione del Piano Strategico Nazionale per lo Sviluppo Rurale 2014-20:

- A. Poli urbani;
- B. Aree rurali ad agricoltura intensiva e specializzata;
- C. Aree rurali intermedie;
- D. Aree rurali con problemi complessivi di sviluppo.

I 45 indicatori sono suddivisi in Socio-Economici, di Settore (relativi alle attività agricole) e Ambientali: tra gli indicatori ambientali appaiono particolarmente significativi quelli riportati nella **Tabella 9**.

Tabella 9: Selezione preliminare degli indicatori di contesto per la Politica Agricola Comune (Rete Rurale Nazionale, 2020, ultimo aggiornamento).

Indicatore Ambientale	Descrizione
CI 31 - Copertura del suolo	Percentuale di aree agricole, forestali, naturali, artificiali.
CI 33 – Area ad Agricoltura intensiva	Espressa come l'area agricola utilizzata (SAU) gestita da aziende con intensità di input bassa, media e alta, in percentuale della SAU totale. Gli input considerati sono fertilizzanti, pesticidi, altri prodotti fitosanitari e mangimi acquistati.
CI 35 – Indice degli uccelli agricoli	Espressa come tendenze di indice di popolazione di uccelli agricoli (anno base 2000 = 100) Il FBI (Farmland Bird Index) e il WBI (Woodland Bird Index) individuano lo stato di conservazione rispettivamente degli ambienti agricoli e forestali attraverso la descrizione degli andamenti delle popolazioni di uccelli che in questi vivono. Per poter essere calcolati necessitano di una serie di dati raccolti a lungo termine e su scala nazionale.
CI 36 – Stato di conservazione degli habitat agricoli	Espresso come valutazione dello stato di conservazione degli habitat agricoli (pascoli).
CI 37 – Aree agricole ad Alto Valore Naturale	Espresso come SAU che genera aree ad alto valore naturale
CI 41 – Dotazione di carbonio organico nei suoli agricoli	Stima il contenuto di carbonio organico totale nei terreni arabili.

CI 42 – Erosione idrica del suolo	Espressa come tasso stimato di perdita di suolo per erosione idrica (t / ha / a) e come superficie agricola stimata colpita da un determinato tasso di erosione del suolo (ha, %).
CI 45- Emissioni di gas serra in agricoltura	Totale emissione netta dall'agricoltura, incluso il suolo, espresse come tonnellate annue di CO2 equivalente

1.2.6 Indicatori della Strategia Nazionale per la Biodiversità

Gli Indicatori di stato e di “valutazione” della **Strategia Nazionale per la Biodiversità** (riferibili a indicatori di risposta secondo il modello DPSIR o di performance), sono stati individuati dal Comitato paritetico per la Biodiversità (con il supporto tecnico-scientifico dell'Osservatorio Nazionale per la Biodiversità) nell'ambito del processo di attuazione della **Strategia Nazionale per la Biodiversità**, approvata nel 2010 e soggetta a revisione nel 2016⁶.

Di particolare interesse la possibilità di calibrare la rilevanza delle pressioni e il conseguente uso degli indicatori sulla base della valutazione di rischio per gli ecosistemi contenuta nella Lista Rossa degli Ecosistemi d'Italia, disponibile dal 2021 e redatta sulla base dei criteri stabiliti dall'IUCN⁷. La carta fornisce valutazioni sintetiche sullo stato di 85 tipi di ecosistemi (44 forestali, 8 arbustivi, 8 prati, 7 erbacei radi o privi di vegetazione, 11 acquatici, 7 igrofilici) in ognuna delle cinque ecoregioni pertinenti, compresa l'Ecoregione Mediterranea Adriatica in cui è completamente compresa la Puglia.

Gli indicatori sono stati distinti fra quelli di *stato* (categoria interpretata in modo estensivo come comprensiva di tutte le necessità informative non connesse alle risposte, secondo il modello DPSIR) e quelli di *valutazione*, tutti riconducibili alle *risposte* – pubbliche o private – volte a perseguire gli obiettivi della Strategia. La **Tabella 10** include i 13 indicatori di stato.

⁶ Il set di indicatori è disponibile all'indirizzo https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/snb_set_preliminare_indicatori_strategia.pdf, mentre il più recente rapporto sull'attuazione della Strategia si può leggere a questo indirizzo: https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/iv_report_snb_2017-2018_p9-csr-atto-rep-n-106-9lug2020.pdf.

⁷ Si veda il Quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia: <https://www.minambiente.it/pagina/quarto-rapporto-sullo-stato-del-capitale-naturale-italia-2021>.

Tabella 10: Selezione preliminare di Indicatori di stato tratti dalla Strategia Nazionale per la Biodiversità.

Indicatore	Descrizione	DPSIR
1 - SPECIE		
S01. CONSISTENZA E LIVELLO DI MINACCIA DI SPECIE ANIMALI	L'indicatore fornisce un quadro sintetico dell'attuale stato delle conoscenze sulla composizione tassonomica della fauna italiana. Descrive inoltre il grado di minaccia per la biodiversità animale sul territorio nazionale.	S/I
S02. CONSISTENZA E LIVELLO DI MINACCIA DI SPECIE VEGETALI	L'indicatore mette in evidenza sia la ricchezza floristica sia il grado di minaccia a cui le specie sono soggette.	S/I
S03. DIFFUSIONE DI SPECIE ALLOCTONE ANIMALI E VEGETALI	L'indicatore fornisce un quadro dell'attuale presenza delle specie alloctone in Italia.	P
2 - HABITAT		
S04. DISTRIBUZIONE DEL VALORE ECOLOGICO SECONDO CARTA DELLA NATURA	L'indicatore descrive la distribuzione del Valore Ecologico per il territorio italiano.	S
S05. SUPERFICIE FORESTALE: STATO E VARIAZIONI	Indicatore che rappresenta la porzione di territorio occupata dalle foreste e descrive le variazioni della copertura boscata nel tempo.	S
S06. ENTITÀ DEGLI INCENDI BOSCHIVI	Indicatore che esprime i valori annui della superficie percorsa dal fuoco (boscata, non boscata, totale e media) e il numero totale di incendi.	I
S07. RAPPORTO INCREMENTO / UTILIZZAZIONI FORESTALI	Indicatore che rappresenta il bilancio tra accrescimento delle foreste ed entità dei prelievi legnosi.	P
S08. EROSIONE IDRICA	L'indicatore fornisce una stima della possibile perdita di suolo per erosione tramite la comparazione tra due modelli, uno empirico (USLE - Universal Soil Loss Equation) e uno fisicamente basato (PESERA - Pan-European Soil Erosion Risk Assessment).	I
S09. STATO ECOLOGICO DEL CORPO IDRICO	Lo stato ecologico di un corpo idrico (acque superficiali interne) è definito in base alla classe più bassa risultante dai dati di monitoraggio relativa agli: - elementi biologici	S

	- elementi fisico-chimici - elementi chimici a sostegno	
S10. PREI - CW	Il PREI (Posidonia Rapid Easy Index) è un indice multimetrico basato su statistica univariata. Si basa sull'analisi di cinque differenti descrittori della prateria di Posidonia oceanica	S
3 - HABITAT E PAESAGGIO		
S11. URBANIZZAZIONE IN AREA COSTIERA	L'indicatore fornisce un quadro delle variazioni di superficie di urbanizzato nelle aree costiere italiane tra il 1946 e il 2006.	P
S12. IMPERMEABILIZZAZIONE E CONSUMO DI SUOLO	L'indicatore evidenzia il fenomeno dell'impermeabilizzazione di suolo, strettamente collegato a quello del suo consumo.	P
S13. USO DEL SUOLO	L'indicatore descrive la variazione quantitativa dei vari tipi di aree individuate come omogenee al loro interno (agricole, urbane, industriali o commerciali, infrastrutture, ricreative, naturali e seminaturali, corpi idrici, etc.).	P

1.2.7 Indicatori del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Puglia

Il sistema di indicatori proposto nel Rapporto Ambientale (RA) del PPTR della Puglia offre un'esperienza concreta di applicazione di alcune delle tendenze metodologico/processuali maggiormente attestate nel campo della valutazione ambientale di piani e programmi. Nel RA, gli indicatori sono introdotti in prima battuta nella ricostruzione dell'*environmental baseline*, lo stato dell'ambiente nel periodo di formazione del piano. Questi indicatori sono raggruppati in base a quattro "matrici" ambientali prioritarie (acqua, suolo, aria e clima, natura e biodiversità), oltre a una sezione specifica dedicata specificamente alla valutazione del paesaggio.

Vale la pena di sottolineare che il primo gruppo di indicatori è frutto di una ricognizione delle attività di monitoraggio esistenti da parte di altri enti e che, di conseguenza, il livello minimo di disaggregazione dei dati non è necessariamente coerente con le esigenze del PPTR, coincidendo in alcuni casi con l'intero territorio regionale (ad esempio, Emissioni di CO2 per settore). Gli indicatori di paesaggio, al contrario, sono presentati come strumenti specifici per il monitoraggio del PPTR e popolati attraverso elaborazioni proprie del gruppo di lavoro

(Allegato 1 al RA), adottando come unità di analisi quella degli 11 Ambiti di Paesaggio individuati nel piano.

Tabella 11: Gli 8 indicatori di paesaggio inclusi nel programma di monitoraggio proposto dalla VAS del PPTR della Puglia.

INDICATORE 1: DIVERSITA' MOSAICO AGROPAESISTICO	L'indicatore è calcolato attraverso la determinazione dell'indice di Shannon e di alcune metriche spaziali tipiche dell'ecologia del paesaggio rispetto ad una "scena" costruita attraverso l'estrazione dei codici 2 e 3 del livello 1 di CLC e suddivisa secondo i confini degli ambiti di paesaggio.
INDICATORE 2: FRAMMENTAZIONE DEL PAESAGGIO	Attraverso una intersezione tra la superficie territoriale della Regione e le geometrie lineari dei percorsi stradali e ferroviari sono delineati i poligoni corrispondenti a patch non frammentate da infrastrutture.
INDICATORE 3: PROLIFERAZIONE INSEDIAMENTI IN AREE EXTRAURBANE	Le aree extra urbane sono state individuate attraverso una estrazione dei codici 2,3,4,5 livello 1 del CLC delle geometrie dell'uso del suolo della carta tecnica; all'interno delle superfici artificiali (codici 1), tuttavia, sono state considerate come facenti parte delle aree extraurbane, le superfici individuate dai codici 112 – insediamenti discontinui – e le superfici individuate dai codici 121 – insediamenti produttivi – per un'area inferiore o uguale ai 2 ha, ad una distanza maggiore di 50 m dagli insediamenti continui (codici 111). La misura degli edifici presenti in aree extraurbane viene ottenuta computando gli elementi presenti nella cartografia tecnica relativi agli edifici depurati da elementi sovrapposti (atri, cavedi e lucernai) ricadenti all'interno dell'estrazione dell'uso del suolo effettuata. È stato infine calcolato il rapporto percentuale tra gli edifici presenti in aree extraurbane ed il numero complessivo degli edifici.
INDICATORE 4: CONSUMO DI SUOLO	Si confrontano le coperture del suolo CLC e si attribuisce al consumo di suolo il passaggio da codici 2,3,4,5, (livello 1 CLC) al codice 1 (superfici artificializzate). L'affidabilità del dato è assolutamente modesta a causa della fonte Corine 2000 che soffre evidentemente di errori di fotointerpretazione; questa condizione si traduce nell'anomala assenza di crescita di superficie artificializzata in alcuni ambiti.
INDICATORE 5: DINAMICHE NEGLI USI DEL SUOLO AGROFORESTALE	Sono state confrontate mediante sovrapposizione le due coperture di uso del suolo CLC. Per le transizioni di ogni classe e livello CLC, nell'intervallo diacronico di riferimento, si evidenziano superfici e incidenze relative per ciascun ambito.

INDICATORE 6: ESPERIENZA DEL PAESAGGIO RURALE	Sono stati individuati gli elementi di disturbo all'esperienza del paesaggio rurale articolandoli in otto classi di disturbo, a ciascuna delle quali viene attribuito un fattore di moltiplicazione (da 2 a 10) che ne esprima il peso relativo: - disturbo di classe 2: ferrovie minori, viabilità minore, insediamenti discontinui; - disturbo di classe 3: insediamenti commerciali, ospedali, attrezzature ricreative e per lo sport; - disturbo di classe 4: insediamenti continui, porti, viabilità principale; - disturbo di classe 5: insediamenti produttivi, cave, discariche e depositi; - disturbo di classe 6: ferrovie elettrificate; - disturbo di classe 7: aerogeneratori e strade statali; - disturbo di classe 8: autostrade; - disturbo di classe 10: aeroporti. Sono stati esclusi dall'elenco degli elementi di disturbo gli elementi edificati a servizio della produzione agricola e le strade non asfaltate. L'indicatore viene calcolato costruendo otto griglie a passo 100 metri, una per ogni classe di disturbo, in cui ogni singolo pixel riporta la distanza dall'elemento di disturbo più vicino. Successivamente le griglie sono state sommate attraverso operazioni di Map Algebra pesando le distanze in funzione della classe di disturbo; è stata quindi realizzata una copertura inversa del risultato finale in modo che ogni pixel riporti un indice (il cui valore possibile va da zero a infinito) che esprime il disturbo progressivamente crescente rispetto all'esperienza del paesaggio rurale.
INDICATORE 7: ARTIFICIALIZZAZIONE DEL PAESAGGIO RURALE	L'indicatore esprime il rapporto percentuale tra superficie coperta da serre ed aree rurali. Le aree rurali sono individuate attraverso una estrazione dei codici 2 del livello 1 del Corine Land Cover delle geometrie dell'uso del suolo della carta tecnica; il risultato è intersecato con una estrazione delle serre, unico elemento documentato in carta tecnica. Alle serre possono essere aggiunti altri elementi di artificializzazione quali i tendoni per vigneti e frutteti e gli impianti fotovoltaici a terra.
INDICATORE 8: DENSITÀ' DI BENI STORICO-CULTURALI PUNTUALI O AREALI IN AREE EXTRAURBANE	L'indicatore è ottenuto computando gli elementi presenti nella Carta dei Beni Culturali ricadenti all'interno delle aree extraurbane così come definite in precedenza per l'indicatore 3: "Proliferazione insediamenti in aree extraurbane". E' stato inoltre calcolato il rapporto percentuale tra i beni presenti in aree extraurbane ed il numero complessivo dei beni all'interno dell'ambito.

Dalla descrizione dei singoli indicatori riportata in tabella si evince che alcuni di essi risentono della scarsa accuratezza tematica e geometrica delle fonti utilizzate: Pertanto, uno dei contributi di questo studio è stato quello di adattarli ogni volta che sono stati resi disponibili

nuovi set di dati o sono state stabilite metodologie migliori. Si veda, a questo riguardo, il rapporto fra gli indicatori 7 e 8 del PPTR e, rispettivamente, gli indicatori 14 e 15, e l'indicatore 16, proposti in questo studio.

In seguito, il programma di monitoraggio del PPTR riprende gli indicatori baseline - che, rispetto al modello DPSIR non sono necessariamente classificabili come indicatori di Stato - e li inserisce in un quadro logico che riflettendo le tendenze metodologiche prevalenti nella VAS e nella valutazione socioeconomica di piani e programmi in ambito comunitario individua tre tipi di indicatori:

- **realizzazione** (volti a misurare lo stato di attuazione dei diversi interventi previsti dal PPTR) e parzialmente sovrapponibile alla classe delle Risposte)
- **risultato ambientale** (aventi ad oggetto l'efficacia nel perseguimento degli obiettivi ambientali e di sostenibilità, in generica connessione con gli indicatori di Impatto anche se raramente attribuibili secondo un nesso causale e la determinazione quantitativa dell'effetto)
- **contesto** (sostanzialmente coincidenti con gli indicatori di Stato).

Inoltre, il programma di monitoraggio esplicita il collegamento fra gli indicatori e gli obiettivi generali del PPTR, proponendo delle schede in cui a ogni obiettivo sono associati cluster di indicatori di ciascuno dei tre tipi, come nell'esempio fornito di seguito in forma di elenco puntato.

Obiettivo generale: Riqualificare i paesaggi degradati delle urbanizzazioni contemporanee

- **Indicatori di realizzazione**
 - PUG redatti o adeguati al PPTR che hanno perimetrato i rispettivi "ristretti" rispettando i relativi indici contenuti nelle Linee guida per il patto città-campagna (n° e % rispetto al totale dei Comuni per i quali le cartografie del PPTR hanno individuato questa categoria)
 - progetti di parchi agricoli e di parchi CO₂ attivati (n°)
 - progetti di riqualificazione della campagna urbanizzata in attuazione delle "Linee guida per il patto città campagna: riqualificazione paesaggistica delle periferie, degli insediamenti degradati e delle aree agricole perturbane" (n° e % rispetto al totale dei Comuni per i quali le cartografie del PPTR hanno individuato questa categoria);
- **Indicatori di risultato ambientale**
 - Indicatore 3.2.2.3 Proliferazione di insediamenti in aree extraurbane
- **Indicatori di contesto**



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

- Indicatore 3.2.2.4 Consumo di suolo a opera di nuove urbanizzazioni.

1.2.8 Indicatori dei Programmi di Sviluppo Rurale 2014-20 della Puglia e della Lombardia

Nella **Tabella 12** è compresa una selezione degli indicatori di contesto definiti nel PSR della Regione Puglia, individuati sulla base dell'analisi di contesto effettuata e degli Obiettivi regionali di Sostenibilità Ambientale assunti nel Programma, con specifico riferimento alle componenti Suolo, Biodiversità e Qualità dell'ambiente marino.

Tabella 12: Alcuni indicatori di contesto previsti dalla VAS del PSR della Puglia 2014-2020.

INDICATORI DI CONTESTO: SUOLO	
Consumo di suolo	Definisce la superficie di aree urbanizzate. <i>Fonte ISPRA/ARPA Puglia</i>
Uso del suolo	L'indicatore definisce la distribuzione delle diverse classi di uso del suolo nel territorio regionale. <i>Fonte: Corine Land Cover; CTR</i>
Aziende e Superficie Agricola Utilizzata (SAU)	La Superficie Agricola Utilizzata (SAU) rappresenta la superficie delle aziende agricole occupata da seminativi, orti familiari, arboreti e colture permanenti, prati e pascoli. <i>Fonte: ARPA Puglia su dati Istat</i>
Siti di estrazione di minerali di II categoria (Cave)	L'indicatore quantifica il numero e l'estensione delle cave attive sul territorio regionale. <i>Fonte: ARPA Puglia su dati Regione Puglia</i>
Desertificazione	L'indicatore individua le aree sensibili alla desertificazione. <i>Fonte: ARPA Puglia su dati Ministero dell'Ambiente</i>
Erosione idrica	L'indicatore valuta il rischio di erosione del suolo, dovuto all'azione delle acque meteoriche e di scorrimento superficiale. <i>Fonte: ARPA Puglia su elaborazione dati dell'Autorità di Bacino della Puglia</i>
INDICATORI DI CONTESTO: BIODIVERSITÀ	

Valore Ecologico	Descrive la distribuzione del Valore Ecologico per il territorio regionale. <i>Fonte: ARPA Puglia, ISPRA</i>
Densità venatoria	Misura la pressione indotta dall'attività venatoria sul territorio regionale. <i>Fonte: Regione Puglia</i>
Entità degli incendi boschivi	Analizza i valori annui del numero e della superficie percorsa dal fuoco di incendi boschivi. <i>Fonte: Corpo Forestale dello Stato</i>
INDICATORI DI CONTESTO: QUALITA' DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO	
Balneabilità	Incidenza costa balneabile (%) . <i>Fonte: ARPA Puglia</i>
Erosione costiera	<i>Fonte: Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Piano Regionale delle Coste (rapporti di monitoraggio)</i>

Non sono stati presi in considerazione gli indicatori di output, connessi all'attuazione delle singole misure del PSR, né gli indicatori obiettivo, relazionati al raggiungimento degli obiettivi prefissati del Programma.

Al PSR della Puglia si è ritenuto di affiancare nella ricognizione anche quello della Lombardia che, nel panorama nazionale, è apparso uno dei più rigorosi e originali dal punto di vista metodologico. Il programma di monitoraggio del PSR Lombardia 2014-20 infatti, coerentemente con le indicazioni metodologiche prevalenti, organizza il set di indicatori in tre aree (contesto, processo, risultato ambientale) che, senza precludere il mantenimento del modello DPSIR come riferimento, si adattano meglio alla logica e alla governance del programma. In particolare:

1. gli **indicatori di contesto** sono volti al controllo del cambiamento del contesto regionale nel corso dell'attuazione del programma, inteso come evoluzione sia dello stato dell'ambiente sia delle politiche/normative di settore che determinano un cambiamento nello scenario di riferimento del PSR;
2. gli **indicatori di realizzazione** (o di **processo**) che descrivono il grado di attuazione delle operazioni previste del PSR nonché il grado di recepimento degli orientamenti per la sostenibilità nei criteri di selezione inseriti nei bandi e negli altri strumenti di attuazione;



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

3. gli **indicatori di risultato** (o di **contributo**) descrivono dunque gli effetti positivi e negativi sul contesto ambientale attribuibili (in termini quantitativi o qualitativi) all'attuazione del Programma; sono elaborati a partire dagli indicatori di realizzazione e, ove possibile, sono espressi in termini di variazione degli indicatori di contesto.

Nella **Tabella 13** si riporta un esempio di connessione logica tra le tre categorie di indicatori che potrebbe essere perseguito anche per i temi più attinenti all'oggetto del servizio.

Tabella 13: esempio di applicazione del framework logico semplificato per gli indicatori del PSR della Lombardia 2014-20.

Indicatori di contesto	Indicatori di risultato	Unità di misura	Indicatori di realizzazione utilizzati
Carbonio immagazzinato nei suoli	Stoccaggio di carbonio nelle foreste	ktCO ₂ eq	a partire dall'indicatore "Superficie soggetta a nuovi imboschimenti"
Emissioni di gas serra totali, per gas serra e per macrosettore	Riduzione delle emissioni di CO ₂ eq per interventi di efficienza energetica	ktCO ₂ eq	a partire dagli indicatori: - "Riduzione consumi energetici di edifici", - "Riduzione del consumo energetico da impianti e attrezzature"
	CO ₂ evitata con produzione energetica da FER	ktCO ₂ eq	a partire dagli indicatori: - "Energia prodotta elettrica per tipologia di impianto da Fonti Energetiche Rinnovabili"

1.3 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI PRESSIONE: VALUTAZIONE, SELEZIONE, E ADATTAMENTO

In linea generale, ciascun fattore di pressione può essere descritto da uno o più indicatori specifici, espressi in differenti unità di misura. Inoltre, la descrizione dei fattori di pressione può evolversi indipendentemente dalla puntuale associazione ai relativi indicatori, lasciando dei gap metodologici che devono essere colmati. Infine, la letteratura tecnico-scientifica discute criticamente gli strumenti di valutazione, indicando sovente la necessità di procedere a una rielaborazione di alcuni indicatori o alla loro sostituzione.

Di conseguenza, è stato necessario procedere a una valutazione sistematica dell'adeguatezza degli indicatori individuati come strumenti di monitoraggio dei fattori di pressione prioritari.

1.3.1 Valutazione dell'adeguatezza degli indicatori

Sono stati presi in considerazione diversi metodi di valutazione degli indicatori a condizione che fossero stati applicati anche ai sistemi socioecologici e che contemplassero esplicitamente l'uso degli indicatori a supporto della progettazione, programmazione o pianificazione e non solo dell'analisi di contesto.

A titolo di esempio, si citano i criteri per la selezione di indicatori ecologici adottati dalla US Environmental Protection Agency⁸ e il modello RACER, inizialmente proposto dalla Commissione Europea nelle Linee guida sulla valutazione d'impatto delle nuove proposte legislative e successivamente adattato a molteplici usi e settori⁹. I due metodi di valutazione citati mettono in risalto criteri simili e propongono procedure simili, come si evince dalla

Tabella

14.

⁸ Jackson, Laura E., Janis C. Kurtz, e William S. Fisher (a cura di). 2000. Evaluation Guidelines for Ecological Indicators. EPA/620/R-99/005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC. 107 p.

⁹ Eisenmenger, N.; Giljum, S.; Lutter, S.; Marques, A.; Theurl, M. C.; Pereira, H. M.; Tukker, A. Towards a Conceptual Framework for Social-Ecological Systems Integrating Biodiversity and Ecosystem Services with Resource Efficiency Indicators. Sustain. 2016, 8.

Tabella 14: confronto fra i criteri di valutazione degli indicatori adottati, rispettivamente, a sinistra dalla US Environmental Protection Agency e, a destra, dalla Commissione Europea (nelle Linee guida sulla Valutazione d’Impatto delle proposte legislative).

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Evaluation Guidelines for Ecological Indicators	EC RACER CRITERIA (RESOURCE EFFICIENCY) Impact Assessment Guidelines
Phase 1 - CONCEPTUAL RELEVANCE: Is the indicator relevant to the assessment question (management concern) and to the ecological resource or function at risk?	RELEVANT - closely linked to the objectives to be reached
<i>The proposed indicator is responsive to an identified assessment question and will provide information useful to a management decision</i>	<i>Is the indicator available for the relevant levels of economic activity, i.e. countries and sectors? Does the indicator allow disaggregation of environmental information in the required detail?</i>
<i>If the link is indirect or if the indicator itself is particularly complex, ecological relevance should be clarified with a description, or conceptual model</i>	<i>Does the indicator capture rebound effects? Is the indicator robust against burden shifting from one country/region to another? Does the indicator link resource use and issues such as scarcity or environmental impacts?</i>
Phase 2 - FEASIBILITY OF IMPLEMENTATION: Are the methods for sampling and measuring the environmental variables technically feasible, appropriate, and efficient for use in a monitoring program?	ACCEPTED - by policy makers and civil society
<i>Standard, well-documented methods are preferred. Novel methods should be defended with evidence of effective performance and, if applicable, with comparisons to standard methods</i>	<i>Is the indicator known, accepted and used by policy makers, statisticians (also part of official statistics?), corporate and business actors, researchers and experts, NGOs and civil society organizations?</i>
<i>The logistical requirements of an indicator can be costly and time-consuming and must be evaluated to ensure the practicality of indicator implementation</i>	CREDIBLE - regarding methodological transparency
<i>Information management requirements should be identified for data processing, analysis, storage, and retrieval, and data documentation standards should be developed</i>	<i>Are clear specifications of the underlying methodology available (e.g. protocols, standards, technical descriptions), and can the results be easily reproduced?</i>
<i>For accurate interpretation of indicator results, it is necessary to understand their degree of validity, by means of standards of quality assurance</i>	EASY - to compile e.g. with readily available data
<i>Estimates of all monetary costs should be evaluated,</i>	<i>How easily can data be obtained to calculate the</i>

<i>including economies of scale</i>	<i>indicator?</i>
Phase 3 - RESPONSE VARIABILITY: Are human errors of measurement and natural variability over time and space sufficiently understood and documented?	<i>How easily can the calculated indicator be obtained for various users?</i>
The process of collecting, transporting, and analyzing ecological data generates errors that can obscure the discriminatory ability of an indicator: all error components should be estimated (including temporal and spatial) and the ensuing variability taken into account	<i>Do time series exist? (And thus allow analysis of historical trends as well as provide input for models of future scenarios)</i>
Phase 4 - INTERPRETATION AND UTILITY: Will the indicator convey information on ecological condition that is meaningful to environmental decision-making?	<i>Can the indicator be calculated using standard software or does its calculation require specific programmes and technical expertise?</i>
<i>It should be demonstrated how sample size, monitoring duration, and other variables affect the precision and confidence levels of reported results</i>	ROBUST - e.g. in terms of data quality
<i>Threshold values or ranges of values should be proposed that delineate acceptable from unacceptable ecological condition, based on regulatory criteria, historical records, experimental studies, or observed responses</i>	<i>How solid is the data quality of the basic data underlying the indicator?</i>
<i>An indicator with practical application should display one or more of the following characteristics: responsiveness to a specific stressor, linkage to policy indicators, utility in cost-benefit assessments, limitations and boundaries of application, and public understanding and acceptance</i>	<i>Are the used data and the methodology in accordance with official statistical/accounting standards? Are the used data to a larger extent real or estimated?</i>

Tuttavia, poiché gli indicatori sono stati selezionati a partire da set già in uso nei più qualificati contesti istituzionali e scientifici, l'applicazione di criteri di valutazione desunti dalla due fonti citate nella **Tabella 14** è stata attivata solo in esito a una valutazione preliminare condotta secondo i criteri adottati (al medesimo fine e con approcci largamente coerenti) da Ispra per la redazione dell'Annuario dei dati ambientali¹⁰ (**Tabella 15**) - debitamente adattati alla scala regionale.

¹⁰ L'Annuario è accessibile all'indirizzo web <https://annuario.isprambiente.it/>, mentre la metodologia adottata è riassunta nella Guida all'Annuario (https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/stato-ambiente/annuario-2018/01_Guida_annuario.pdf).

Tabella 15: Criteri di valutazione degli indicatori da selezionare per l'Annuario dei dati ambientali (ISPRA, 2018).

ISPRA - CRITERI DI SELEZIONE DEGLI INDICATORI PER L'ANNUARIO DEI DATI AMBIENTALI	
MISURABILITÀ	
<i>I dati utilizzati per la costruzione dell'indicatore sono/hanno:</i> • Una "buona" copertura spaziale (i dati coprono le diverse entità territoriali o che la loro distribuzione territoriale è rappresentativa del fenomeno in studio). • Una "buona" copertura temporale (almeno 5 anni). • Adeguatamente documentati e di qualità nota. • Aggiornati a intervalli regolari secondo fonti e procedure affidabili. • Facilmente disponibili o resi disponibili a fronte di un ragionevole rapporto costi/benefici.	
RILEVANZA E UTILITÀ	
<i>L'indicatore:</i> • È di portata nazionale oppure applicabile a temi ambientali a livello regionale ma di significato nazionale. • È in grado di descrivere il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale. • È semplice, facile da interpretare. • È sensibile ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente e collegato alle attività antropiche. • Fornisce un quadro rappresentativo delle condizioni ambientali, delle pressioni sull'ambiente o delle risposte della società, anche in relazione agli obiettivi di specifiche normative. • Fornisce una base per confronti a livello internazionale. • Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo si possa valutare la sua significatività.	
SOLIDITÀ SCIENTIFICA	
<i>L'indicatore:</i> • È basato su standard nazionali/internazionali e sul consenso nazionale/internazionale circa la sua validità. • È ben fondato in termini tecnici e scientifici. • Possiede elementi che consentono di correlarlo a modelli economici, previsioni e sistemi di informazione. • Presenta attendibilità e affidabilità dei metodi di misura e raccolta dati. • Comparabilità nel tempo. • Comparabilità nello spazio.	

1.3.2 Orientamenti per l'uso degli indicatori di pressione

In considerazione della portata limitata delle attività applicative del presente studio, se rapportata all'ampio utilizzo potenziale del set di indicatori nelle attività tecnico-amministrative di routine, le Schede redatte per ciascun gruppo di indicatori riferiti al

medesimo ambito tematico includono degli orientamenti per l'uso di ogni indicatore che ne facilitino l'adozione e l'adattamento in autonomia.

Fra le informazioni prioritariamente considerate, si annoverano il legame agli obiettivi di sostenibilità, la pertinenza alle aree del territorio o alle matrici ambientali caratterizzate da particolari sensibilità e i riferimenti bibliografici a esempi di applicazioni già realizzate o a documenti di approfondimento metodologico.

Particolare cura è stata, inoltre, posta all'inclusione di elementi utili per la determinazione delle soglie di significatività degli indicatori, secondo gli approcci illustrati nel **BOX 1**.

BOX 1: Determinazione delle soglie di significatività

Le soglie di significatività per ciascun indicatore saranno determinate ricorrendo, in ordine di priorità, ai seguenti metodi:

- **Valori di riferimento stabiliti dalla legislazione:** in molti casi la legislazione comunitaria e/o nazionale prevede dei valori di soglia specifici, ad esempio per le concentrazioni di inquinanti nei corpi idrici o in atmosfera, che potranno essere quindi presi a riferimento per la definizione di classi di merito di ciascun indicatore. In altri casi valori di riferimento sono forniti da regolamenti specifici o disciplinari tecnici, ad es. un carico di bestiame di 2 UBA/ha è la soglia massima per gli allevamenti biologici e tale valore può essere usato per distinguere conduzioni intensive ed estensive. Analogamente, i disciplinari di produzione integrata e biologica definiscono valori di riferimento per gli apporti di fertilizzanti azotati per diverse tipologie colturali.
- **Esame della letteratura scientifica di riferimento:** in alcuni casi, pur in assenza di legislazione, la letteratura scientifica fornisce valori di riferimento o relazioni funzionali per determinare soglie critiche di pressione. Ad esempio, per le deposizioni di azoto atmosferico e sostanze acidificanti sono state definiti dei "carichi critici" dalla comunità scientifica. Similmente, la letteratura di settore indica che nei prati/pascoli seminaturali si registra una drastica perdita di diversità floristica già a partire da apporti di azoto superiori ai 30 kg/ha/anno.
- **Esame della distribuzione statistica** dell'indicatore osservato in un determinato ambito territoriale. Nel caso non vi siano riferimenti legislativi o sufficienti studi in letteratura per definire soglie di significatività, si può ricorrere all'esame della distribuzione delle dei valori osservati per un determinato indicatore entro un certo ambito spaziale. Valori di riferimento possono quindi essere determinati calcolando gli intervalli percentili, ad esempio definendo tre classi – basso, medio, alto – per valori compresi rispettivamente fra il minimo e il 33° percentile, fra il 33° e il 66° percentile e fra il 66° e il valore massimo.

2 REPERTORIO DEGLI INDICATORI DI PRESSIONE PROPOSTI

Sulla scorta della ricognizione dei dataset territoriali disponibili, effettuata secondo le modalità descritte nell'Attività 1.3 del Framework Logico-Procedurale, coniugata con l'interazione intercorsa con la stazione appaltante (grazie alla quale è stato possibile integrare alcuni dataset non accessibili pubblicamente) il gruppo di lavoro ha elaborato una serie di indicatori e indici (e relative varianti) che, al fine di facilitare la lettura, sono stati suddivisi in base ai temi di cui mirano a favorire la comprensione.

A ciascun indicatore è dedicata una scheda specifica, introdotta nei paragrafi successivi da una breve presentazione delle quattro aree tematiche in cui sono stati raggruppati. Si segnala che all'interno di ciascuna Scheda sono reperibili anche i materiali attinenti ai casi d'uso reali concernenti la Valutazione Ambientale Strategica o la Valutazione di Incidenza Ambientale di piani e programmi di interesse regionale.

Gli indicatori sono inoltre affiancati da elaborati cartografici rappresentativi, organizzati secondo le stesse aree tematiche scelte per le Schede, insieme ai dati territoriali utilizzati per realizzarli. Queste due ulteriori serie di contenuti sono raccolte in cartelle dedicate, incluse nella consegna finale. Infine, l'applicativo webGIS per il monitoraggio di piani e programmi (Attività 2.3 del Framework Logico-Procedurale), in cui confluisce una selezione degli indicatori elaborati, è accessibile all'indirizzo: <http://best.maphosting.it>.

Si osserva che la suddivisione in aree tematiche è trasversale agli ambiti su cui si concentrano le attività di progetto, con quasi tutti gli strumenti individuati che appaiono connessi – direttamente o indirettamente – alle aree agricole, e una pluralità di indicatori che riguarda le acque (come lo Standard Precipitation Index, rischio di inondazione nelle aree agricole o, in termini di risposta alla pressione corrispondente, la capacità di depurazione delle acque) o l'ambiente marino costiero (l'indice di artificializzazione del suolo, l'indicatore di valore e integrità del paesaggio costiero).

2.1 AREA TEMATICA: URBANIZZAZIONE

I processi di urbanizzazione costituiscono una delle classi di fattori incluse nella lista delle minacce e delle pressioni sviluppata dallo European Environment Information and Observation Network e riportata nella d.g.r. della Puglia n. 1362/2018 (F - Urbanizzazione, sviluppo residenziale e commerciale). In particolare, le pressioni pertinenti sono così individuate:

- F01 Conversione da altre forme di uso del suolo a insediamenti residenziali, aree ricreative
- F02 Costruzioni o modifiche (di insediamenti edilizi) all'interno di aree urbane o ricreative



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

- F03 Conversione da altre forme di uso del suolo a insediamenti commerciali/industriali aree ricreative
- F04 Costruzioni o modifiche di infrastrutture commerciali/industriali all'interno di aree commerciali/industriali (comprende gli effetti negativi dei lavori di ricostruzione e di demolizione degli edifici)
- F05 Creazione o sviluppo delle infrastrutture per lo sport, il turismo e il tempo libero (all'esterno delle aree urbane o ricreative).

L'urbanizzazione, intesa nella duplice accezione di fenomeno che comporta artificializzazione e impermeabilizzazione dei suoli e insediamento di attività antropiche multifunzionali (residenziali, produttive, commerciali, ecc.) gioca un ruolo di rilievo anche nella ricognizione operata dalle Linee Guida per l'analisi delle pressioni sulle acque interne e costiere, ai sensi della Direttiva 2000/60/CE¹¹, la seconda fonte prioritaria individuata nel Framework Logico Procedurale che è alla base del presente studio. Con il progredire dell'urbanizzazione, infatti, aumentano anche tutte le pressioni antropiche definite seguendo le indicazioni della *"Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – Guidance Document n. 3 – Analysis of Pressures and Impacts"*, e in particolare:

- Pressioni puntuali
- Pressioni diffuse
- Prelievi idrici (alterazioni delle caratteristiche idrauliche dei corpi idrici attraverso prelievi di acqua - pressioni quantitative)
- Alterazioni morfologiche e regolazioni di portata (alterazioni idromorfologiche dei corpi idrici, includendo anche le fasce riparie).

Gli effetti della rimozione (o della copertura permanente con materiali artificiali) del soprassuolo e del suolo sono molteplici, tutti riconducibili alle funzioni ecologiche e socioeconomiche che si organizzano intorno al sistema suolo. In termini generali, il suolo può infatti essere definito come¹²:

- lo strato superiore della crosta terrestre costituito da componenti minerali e organiche, acqua, aria e organismi viventi;
- l'interfaccia tra terra, aria e acqua, che ospita gran parte della biosfera;
- una risorsa sostanzialmente non rinnovabile, visti i tempi estremamente lunghi di formazione (pedogenesi);
- una fonte di cibo, biomassa e materie prime;

¹¹ Approvate con Delibera del Consiglio del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nella Seduta del 22/02/2018, https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/manuali-linee-guida/MLG_177_18.pdf.

¹² Commissione Europea. 2006. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Strategia Tematica per la Protezione del Suolo, Bruxelles, 22.9.2006, COM(2006)231 Definitivo.

- un elemento del paesaggio e del patrimonio culturale, nonché la struttura di base per l'organizzazione degli assetti territoriali;
- un sistema che svolge un ruolo fondamentale come habitat e pool genico;
- una struttura complessa in cui sono immagazzinate, filtrate e trasformate molte sostanze, tra le quali l'acqua, i nutrienti e il carbonio.

Questa ampia definizione contiene già tutti gli elementi strutturali e funzionali che si ritrovano nella trattazione sistematica degli effetti dell'urbanizzazione, ma vale la pena di porre ulteriormente l'accento su due aspetti critici del sistema suolo¹³:

1. i tassi di formazione del suolo variano tra 0,1-1 cm ogni 100 anni, in funzione di una serie di fattori, tra i quali il substrato litologico e le condizioni climatiche degli specifici contesti di studio; di conseguenza, il tasso di degradazione del suolo è molto superiore a quello di formazione¹⁴ e questo spiega perché sia opportuno definire i suoli come risorse "non rinnovabili", al fine di elaborare delle politiche di gestione efficaci;
2. la perdita di sostanza organica dei suoli, un fenomeno che non è connesso unicamente alle trasformazioni che comportano distruzione o impermeabilizzazione, è una delle principali cause di degradazione, in virtù del fatto che essa interferisce con tutti i processi biologici, chimici e fisici che vi si svolgono – a titolo di esempio, il contenuto di C organico nel primo metro di suolo è pari a circa tre volte quello presente nella biomassa sovrastante, e circa il doppio di quello presente in atmosfera.

La sostituzione di suoli agricoli con superfici artificiali, con ogni evidenza, cancella le attività agricole preesistenti o potenziali, rappresentando uno dei fattori di pressione sul suolo di maggiore rilievo¹⁵. Il sistema suolo interagisce tuttavia con i processi ecologici, da un lato, e con quelli socioeconomici, dall'altro lato, secondo dinamiche complesse e strettamente interrelate, in modo che gli effetti delle trasformazioni territoriali possono risultare di volta in volta mitigati, o al contrario amplificati – come nell'esempio illustrato in **Fig. 1**.

¹³ Zaccone, Claudio *et al.* 2017. "Governo del territorio e 'soil conservation': fattori di rischio di perdita di sostanza organica del suolo in Puglia." In, *Il consumo di suolo in Puglia*, a cura di Carmelo M. Torre et al. Roma: INU Edizioni, pp. 279–90.

¹⁴ Montgomery, D. R. 2007. "Soil Erosion and Agricultural Sustainability." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(33): 13268–72.

¹⁵ Ma non l'unico, si pensi all'erosione, alla perdita di sostanza organica o alla compattazione, fra gli otto processi di degradazione elencati in: Pileri P. (2015). *Che cosa c'è sotto – Il suolo, i suoi segreti, le ragioni per difenderlo*. Milano: Altreconomia Edizioni.

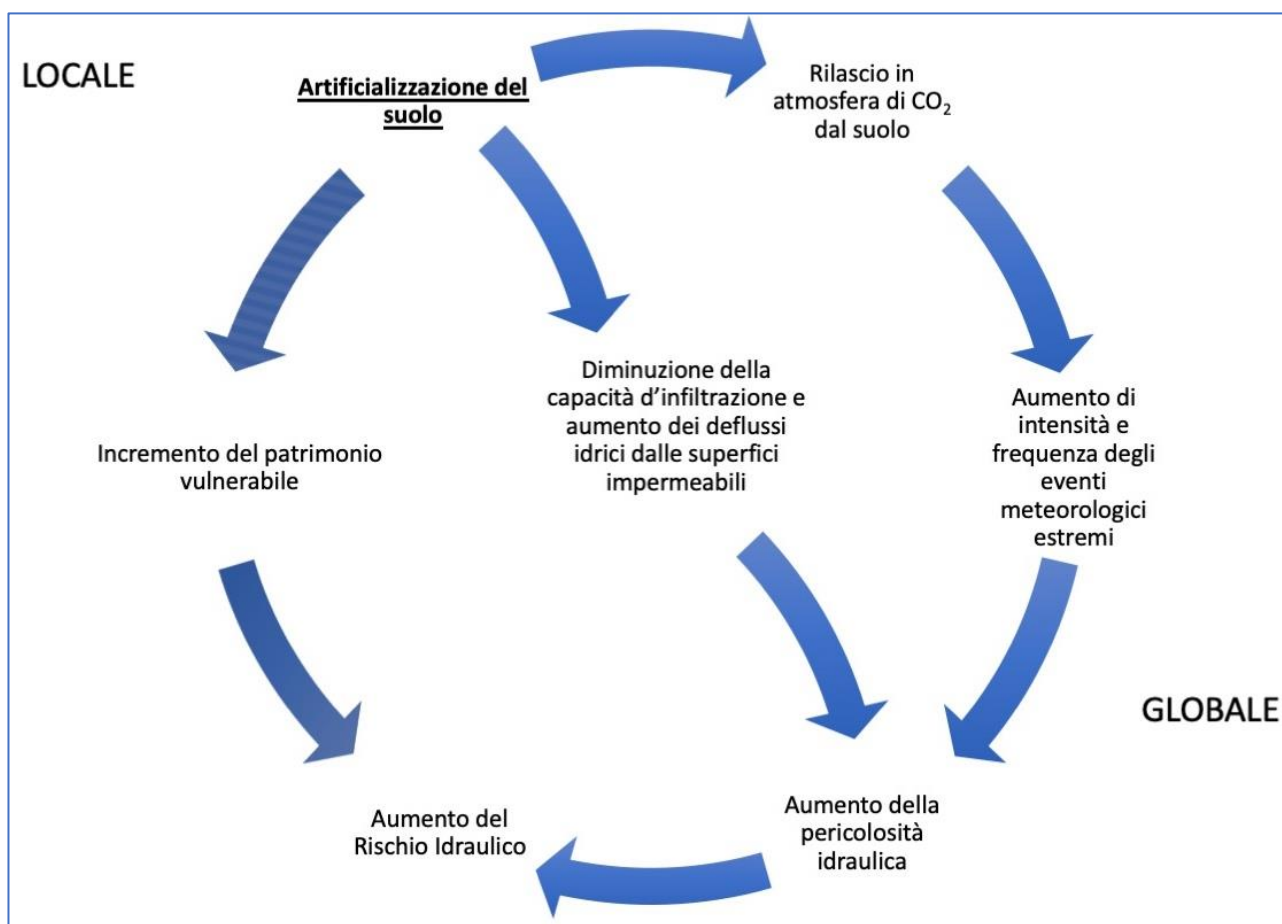


Figura 1: Schema esemplificativo della natura multidimensionale degli effetti ambientali delle trasformazioni del suolo: si mostrano due diversi percorsi attraverso i quali l'artificializzazione del suolo determina un aumento della pericolosità idraulica, e uno dei meccanismi di incremento dell'esposto vulnerabile – con i tre processi che complessivamente concorrono all'aumento del rischio idraulico.

Ne consegue che lo studio – e a maggior ragione, la valutazione – delle pressioni che l'urbanizzazione esercita sul suolo dovrebbe mirare a cogliere le interdipendenze fra i diversi processi ecologici e socioeconomici interessati. In questa direzione, gli sviluppi metodologici più interessanti degli ultimi decenni sono stati rappresentati dalle applicazioni dell'approccio dei *servizi ecosistemici (SE)*. Il concetto di SE si è andato consolidando sul piano scientifico, anche per l'interesse che ha suscitato nei dibattiti pubblici e nelle agende politico/amministrative – sull'onda di un impegno complessivo volto a riconciliare lo sviluppo socioeconomico e la protezione della natura. Nell'accezione di base, i SE sono “*le condizioni e i processi attraverso i quali gli ecosistemi naturali e le specie che li compongono, sostengono e*

*aiutano la vita umana a realizzarsi*¹⁶ o, in altri termini, “[...] *i benefici che le persone ottengono dagli ecosistemi*”¹⁷.

Nel complesso, si può ritenere che si sia consolidato un consenso sul quadro concettuale per la classificazione dei SE¹⁸, che:

- considera come fonti di SE sia gli ecosistemi naturali sia quelli modificati dalle interferenze antropiche
- comprende sia i benefici tangibili (i beni) sia quelli intangibili (i servizi direttamente valutabili) e
- prevede un raggruppamento funzionale di SE, discriminando (per ragioni operative e senza sottovalutare le intersezioni) fra:
 - SE di Approvvigionamento (Provisioning) – che mettono a disposizione cibo, combustibile, acqua dolce, ecc.;
 - SE di Regolazione e Mantenimento (Regulating and Maintenance) – come la regolazione climatica, il controllo dell’erosione, la depurazione delle acque, l’impollinazione;
 - SE Culturali (Cultural) – intesi come i “benefici non materiali che le persone ottengono dagli ecosistemi attraverso l’arricchimento spirituale, lo sviluppo cognitivo, la riflessione, la ricreazione e le esperienze estetiche”¹⁹.

Al netto delle inevitabili controversie e delle successive approssimazioni che i processi di standardizzazione comportano, si può individuare un numero significativo di classi di servizi ecosistemici, secondo la classificazione *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES)²⁰, che sono direttamente connessi al suolo o più in generale influenzati dalle pratiche di gestione delle attività agricole, come illustrato nella **Tab. 16**.

¹⁶ Daily, Gretchen et al. 1997. Ecosystem Service: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* 4(4): 1–12, p. 2.

¹⁷ World Resources Institute. 2003. *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment - Millennium Ecosystem Assessment*. Washington, D.C.: Island Press, p. 38.

¹⁸ Haines-Young R., Potschin, M. 2013. Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003. www.cices.eu.

¹⁹ World Resources Institute, 2003, *Op. cit.*

²⁰ <https://cices.eu>.

Tabella 16: Servizi ecosistemici direttamente connessi al suolo. Ciascun elemento dell'elenco rappresenta una "classe" nella tassonomia CICES (strettamente gerarchica, che contempla sezioni, divisioni e classi, oltre alla separazione a monte fra SE riconducibili a strutture biotiche o abiotiche). Adattata a partire da Carsten et al. (2021)²¹.

CICES code	Biotic provisioning services	CICES code	Biotic regulation & maintenance services
1.1.1.1	Cultivated terrestrial plants for nutrition	2.1.1.1	Biotic remediation of waste
1.1.1.2	Cultivated terrestrial plants for materials	2.1.1.2	Biotic filtration, sequestration and storage of waste
1.1.1.3	Cultivated terrestrial plants for energy	2.2.1.1	Erosion control
1.1.5.1	Wild plants (terrestrial and aquatic) for nutrition	2.2.1.3	Hydrological cycle and flood control
1.1.5.2	Wild plants (terrestrial and aquatic) for materials	2.2.2.3	Nursery populations and habitats
1.1.5.3	Wild plants (terrestrial and aquatic) for energy	2.2.3.1	Pest control (including invasive species)
1.2.1.1	Genetic material from plants to maintain populations	2.2.3.2	Disease control
1.2.1.2	Genetic material from plants for breeding	2.2.4.1	Soil quality by weathering processes
	Abiotic provisioning services	2.2.4.2	Soil quality by decomposition and fixing processes
4.2.1.1	Surface water for drinking	2.2.5.1	Chemical condition of freshwaters
4.2.1.2	Surface water for non-drinking purposes	2.2.5.2	Chemical condition of salt waters
4.2.2.1	Groundwater for drinking	2.2.6.1	Chemical composition of atmosphere and oceans
4.2.2.2	Groundwater for non-drinking purposes	2.2.6.2	Local regulation of air temperature and humidity
4.3.1.1	Mineral substances for nutrition		Abiotic regulation & maintenance services
4.3.1.2	Mineral substances for materials	5.1.1.3	Abiotic filtration, sequestration and storage of waste
		5.2.1.2	Control of liquid flows

2.1.1 Ricognizione degli indicatori in uso

L'ampia letteratura scientifica sugli indicatori che misurano i fenomeni di urbanizzazione e artificializzazione del suolo restituisce una varietà di indicatori che possono essere raggruppati in classi, sulla base degli orientamenti disciplinari e delle finalità del loro utilizzo²²:

- Metriche di paesaggio (*landscape metrics*);
- Metriche geo-spaziali (*geo-spatial metrics*);
- Statistiche spaziali (*spatial statistics*);
- Metriche di accessibilità (*accessibility metrics*).

²¹ Paul, Carsten, Kristin Kuhn, Bastian Steinhoff-Knopp, Peter Weißhuhn, and Katharina Helming. 2021. "Towards a Standardization of Soil-Related Ecosystem Service Assessments." *European Journal of Soil Science* 72 (4): 1543–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ejss.13022>.

²² Reis, José P., Silva, Elisabete A., Pinho, Paulo. 2015. Measuring space - A review of spatial metrics for urban growth and shrinkage. In Silva, Elisabete A., Healey, Patsy, Harris, Neil, Van den Broeck, Pieter, *The Routledge handbook of planning research methods*, New York/London: Routledge, ISBN13: 978-0-415-72795-2, pp. 279-292.

La diffusione delle metriche di paesaggio è riconducibile alle innovazioni introdotte dall'ecologia del paesaggio negli anni '80 del secolo scorso per analizzare in termini quantitativi la forma e i pattern spaziali delle coperture del suolo naturali e seminaturali²³, ma ha successivamente interessato il settore della pianificazione territoriale e degli studi urbani, in parte favorita dal carattere interdisciplinare delle analisi territoriali, in parte per l'effetto di trascinamento operato da alcuni modelli di sviluppo urbano²⁴. Dal punto di vista delle finalità d'uso, le metriche di paesaggio si concentrano su tre caratteristiche – per ognuna delle quali si elencano fra parentesi alcuni degli indicatori più comuni:

- la **regolarità** della forma (Mean shape index, Area-weighted mean patch fractal dimension, Edge density);
- la **frammentazione**, intesa come il grado di aggregazione o dispersione delle singole patch caratterizzate dalle stesse coperture (Contagion index, Mean nearest neighbour distance, Landscape expansion index);
- la **diversità**, in termini di prevalenza di una particolare copertura oppure di distribuzione più o meno omogenea (per superficie occupata) delle diverse classi (Shannon's diversity index, Contrasting edge ratio, Patch size standard deviation).

Le *metriche geo-spaziali* raggruppano invece indicatori prevalentemente morfologici, ispirati alla ricorrenza delle strutture spaziali attraverso i livelli gerarchici e le scale territoriali – riflettendo ad esempio le strutture frattali²⁵. I metodi che ricadono in questo gruppo comprendono sia indicatori indipendenti (come Clark's density gradient) sia approcci complessi (la space syntax o la network analysis)²⁶.

Le *statistiche spaziali* applicano approcci statistici (regressione, autocorrelazione) – a titolo di esempio, il Local Moran coefficient è una statistica descrittiva associata a un dataset territoriale di cui misura l'omogeneità o la diversità, risultando positiva quando valori convergenti (alti o bassi) si trovano vicini e negativa nelle zone in cui valori diversi (alti e bassi) si presentano contestualmente²⁷.

Per quanto presentino una frequenza d'uso nettamente inferiore alle precedenti tre classi, le *metriche di accessibilità* costituiscono importanti indicatori di complemento sia negli studi

²³ McGarigal, Kevin, Marks, Barbara J. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.

²⁴ Forman RTT. 2008. The urban region: natural systems in our place, our nourishment, our home range, our Future, *Landscape Ecology* 23(3): 251–253.

²⁵ Batty M, Longley P. 1994. *Fractal cities: a geometry of form and function*. London: Academic Press.

²⁶ Hillier, B., & Iida, S. 2005. "Network and Psychological Effects in Urban Movement". *Proceedings of International Conference on Spatial Information Theory*, Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 475–490. doi: https://doi.org/10.1007/11556114_30; Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. 1993. "Natural Movement: Or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement". *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20(1), 29–66. doi: <https://doi.org/10.1068/b200029>.

²⁷ O'Sullivan D, Unwin D. 2010. *Geographic information analysis*. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons.

sugli insediamenti urbani (ai quali contribuiscono articolando il rapporto fra gli utenti e le dotazioni infrastrutturali) sia negli studi a fondamento ecologico, in quanto consentono di specificare meglio la pressione antropica potenziale esercitata dagli utenti in funzione dell'effettiva accessibilità di determinate aree. In questo gruppo eterogeneo, possiamo distinguere²⁸:

- le metriche basate sulle infrastrutture che mirano a misurare i tempi di percorrenza o gli areali raggiungibili in un determinato lasso di tempo, prendendo in considerazione i sistemi di trasporto disponibili e gli ostacoli riscontrati nella configurazione spaziale (Network distance);
- le metriche basate sulle attività puntano invece a calcolare il livello di accessibilità ad attività distribuite spazialmente, eventualmente pesandole in base alla distanza da punti di riferimento (Gravity measure, Isochronic measure).

Non è dunque un caso se il più importante progetto di monitoraggio del consumo di suolo e delle dinamiche dell'urbanizzazione in Italia, quello realizzato annualmente dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), attinge ampiamente a questi tipi di metriche²⁹. Tuttavia, nel tempo l'approccio elaborato dal SNPA ha dato sempre maggiore risalto alle altre due dimensioni nelle quali è necessario sviluppare le analisi sulle dinamiche di trasformazione delle coperture e dell'uso del suolo.

La prima riguarda le attività antropiche associate ai suoli (a cominciare dalla densità della popolazione residente), senza cognizione delle quali è impossibile articolare considerazioni sull'efficienza e l'intensità degli usi e individuare con maggiore chiarezza le variazioni che più chiaramente si configurano come spreco di suolo. La seconda concerne invece la caratterizzazione, innanzitutto ecologica, dei diversi tipi di suolo interessati dai fenomeni di artificializzazione. Infatti, sebbene il trend attuale del bilancio atmosferico dei gas climalteranti e la consapevolezza crescente delle molteplici funzioni ecologiche del suolo (non ultime, l'immagazzinamento di carbonio e la produzione di cibo) pongano all'ordine del giorno l'urgenza di azzerare il consumo di suolo, il concetto di consumo di suolo netto inscritto nel Sustainable Development Goal 15 (Target 15.3) dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite implica la capacità di apprezzare le differenze qualitative fra superfici differenti.

Coerentemente con quanto sottolineato nell'inquadramento concettuale, l'approccio scelto dal SNPA è quello della mappatura e della valutazione (in termini biofisici ed economici) di una selezione di servizi ecosistemici del suolo:

- Stoccaggio e sequestro di carbonio
- Qualità degli habitat

²⁸ Talen, E, and L Anselin. 1998. "Assessing Spatial Equity: An Evaluation of Measures of Accessibility to Public Playgrounds." *Environment and Planning A: Economy and Space* 30 (4): 595–613. <https://doi.org/10.1068/a300595>.

²⁹ Nell'edizione del 2021 sono ancora riportati i valori degli indicatori Largest Class Patch Index, Edge Density, e Residual Mean Patch Size, ma negli anni precedenti erano calcolati anche altri indicatori (fra cui Percentage of Like Adjacencies, Shannon Diversity Index, Mean Patch Area e Mean Shape Index).

- Produzione agricola
- Produzione di legname
- Impollinazione
- Regolazione del microclima
- Rimozione particolato e ozono
- Disponibilità di acqua
- Regolazione del regime idrologico
- Purificazione dell'acqua dai contaminanti.

Il riferimento più immediato per il lavoro svolto nell'ambito del progetto BEST, tuttavia, non può che essere costituito dagli indicatori di paesaggio individuati nella VAS del PPTR (Allegato 1 al Rapporto Ambientale), descritti nel paragrafo 1.2.g del Framework Logico Procedurale. Quelli che appaiono più direttamente connessi alla pressione dovuta all'urbanizzazione sono elencati di seguito:

- 3.2.2.1 Diversità del mosaico agropaesistico
- 3.2.2.2 Frammentazione del paesaggio
- 3.2.2.3 Proliferazione insediamenti in aree extraurbane
- 3.2.2.4 "Consumo di suolo" ad opera di nuove urbanizzazioni
- 3.2.2.5 Dinamiche negli usi del suolo agroforestale
- 3.2.2.7 Artificializzazione del paesaggio rurale.

46

Per gli indicatori 1, 2 e 5, le novità nella disponibilità di dati territoriali non hanno messo in discussione né l'impostazione metodologica, né le considerazioni complessive sulla loro utilità. Di conseguenza, si è semplicemente provveduto ad aggiornare il calcolo, disaggregando i risultati a livello di figura territoriale invece che di ambito di paesaggio, dove richiesto. Per quanto riguarda gli indicatori 3, 4 e 7, invece, in virtù della disponibilità dei dati specificati nella seguente **Sezione 4.2** e dell'avvento di programmi annuali di monitoraggio (in particolare, della Carta nazionale del consumo di suolo di ISPRA/SNPA), si ritiene più utile sperimentare la loro sostituzione con il set di indicatori presentati nella **Sezione 4.3**.

2.1.2 Verifica di disponibilità dei dati territoriali

Rispetto alla situazione in cui ha preso forma il programma di monitoraggio scelto come riferimento per gli indicatori di pressione sull'urbanizzazione (quello contenuto nel Rapporto Ambientale della VAS del PPTR), sono oggi disponibili set di dati territoriali più articolati e caratterizzati da una maggiore risoluzione spaziale che, in alcuni casi, hanno anche raggiunto una frequenza di aggiornamento finalmente compatibile con le esigenze dei cicli di attuazione e riorientamento di piani, programmi e progetti. Per chiarezza di esposizione, tali dataset sono raggruppati in base alle fonti principali da cui derivano.



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

Copernicus Land Monitoring Service

Tra i dati rilevati, elaborati e messi a disposizione in modo aperto, libero e gratuito dal programma di osservazione della Terra gestito dalla Commissione Europea e dall'Agenzia Europea per l'Ambiente³⁰, per l'analisi delle pressioni dovute ai processi di urbanizzazione sono stati utilizzati i seguenti set³¹:

- **Corine Land Cover** (CLC) status and change³², serie storica 2000-2006-2012-2018, nomenclatura di riferimento per le carte di copertura e uso del suolo (44 classi), unità minima cartografabile (MMU) di 25 ha (5 ha nelle mappe di variazione) e una larghezza minima di 100 m per gli oggetti territoriali lineari;
- **High Resolution Layer Imperviousness** (HRL-I) status and change³³, serie storica 2006-2009-2012-2015-2018, riporta la distribuzione spaziale delle superfici artificiali (perlopiù anche impermeabili) in termini percentuali, elaborata attraverso una classificazione semi-automatica basata sul Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) calibrato;
- **Urban Atlas**³⁴, serie storica 2006-2012-2018, copre un numero variabile (pari a 788 nel 2018) di Functional Urban Areas (FUAs) come definite a fini statistici nell'Urban Audit – una FUA comprende un centro urbano principale e l'area di origine dei flussi pendolari (secondo una metodologia definita³⁵, si pensi ai criteri di individuazione dei Sistemi Locali del Lavoro da parte di Istat³⁶); in Puglia, sono incluse le FUA di Foggia, Cerignola, Barletta, Andria, Trani, Bisceglie, Bari, Taranto, Brindisi e Lecce; rispetto alla nomenclatura CLC, sono presenti 17 classi urbane di uso/copertura del suolo con MMU=0,25 ha e 10 classi rurali con MMU=1 ha, oltre a stime della popolazione residente;
- **Coastal Zones**, serie storica 2012-2018, la copertura si estende su una striscia profonda 10 km dalla linea di costa, con una MMU= 0,5 ha e una nomenclatura che comprende 60 classi, riflettendo una articolazione di maggiore dettaglio per coperture specifiche delle aree costiere (fra cui sei classi relative ai porti).

Programma SNPA/ISPRA per il monitoraggio del suolo

Vi è una stretta interconnessione fra i dati messi a disposizione dal SNPA e quelli afferenti al Programma Copernicus, illustrati nel paragrafo precedente, in virtù del ruolo svolto da ISPRA

³⁰ <https://land.copernicus.eu>.

³¹ Si preferisce conservare la terminologia ufficiale in inglese per consentire sempre l'individuazione certa delle fonti.

³² <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.

³³ <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness>.

³⁴ <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>.

³⁵ Che, nelle statistiche europee corrisponde all'area in cui risiede una popolazione di lavoratori impiegati per una quota pari o superiore al 15% nella città di riferimento (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Functional_urban_area).

³⁶ <https://www.istat.it/it/informazioni-territoriali-e-cartografiche/sistemi-locali-del-lavoro>.



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



PUGLIA
REGION

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

in qualità di Centro di Riferimento Nazionale della rete EIONET dell'Agenzia Europea dell'Ambiente per le analisi spaziali e la copertura del suolo e di responsabile nazionale della componente di monitoraggio del territorio del medesimo Copernicus Land Monitoring System. Ai fini dello studio sulle pressioni connesse all'urbanizzazione, si sono rivelati di particolare utilità due famiglie di prodotti curati dal SNPA, entrambe presentate come carte nazionali.

La **Carta nazionale di copertura del suolo**³⁷ comprende tre prodotti di copertura del suolo e due di uso del suolo (non utilizzati in questo studio), tutti in formato raster con risoluzione spaziale di 10 metri e sistema di classificazione coerente con le indicazioni europee del Gruppo EAGLE³⁸:

- *Carta di copertura del suolo 2012*, basata su dati Copernicus (Urban Atlas, Riparian Zones, Natura 2000, CORINE Land Cover, High Resolution Layers), dati ISPRA (Carta Nazionale del Consumo di Suolo) e carte regionali di copertura del suolo (per le regioni Puglia, Lazio, Abruzzo, Veneto, Liguria, Basilicata e Lombardia);
- *Carta di copertura del suolo 2012 e 2018*, basata su dati Copernicus (Urban Atlas, Coastal Zones, Natura 2000, CORINE Land Cover, High Resolution Layers) e dati ISPRA (Carta Nazionale del Consumo di Suolo), consente analisi diacroniche;
- *Carta di copertura del suolo 2018* su base dati telerilevati Copernicus (Sentinel-1 e Sentinel-2), con il supporto della Carta Nazionale del Consumo di Suolo 2018.

La **Carta Nazionale del consumo di suolo**³⁹ rappresenta uno dei prodotti chiave messi a disposizione dal SNPA coerentemente con le previsioni della Legge n. 132/2016: basata su dati satellitari (Sentinel 1 e 2) e altri dati ancillari, si sostanzia in una dato raster con griglia regolare di passo pari a 10 m con un sistema di classificazione il cui secondo livello distingue il suolo consumato reversibilmente (impianti fotovoltaici installati a terra, cave non rinaturalizzate, ecc.) da quello irreversibilmente artificializzato (edifici, fabbricati, strade pavimentate, ecc.). È importante sottolineare che è disponibile una serie storica composta dal dato al 2012 e poi dal rilascio di aggiornamenti annuali a partire dal 2015; inoltre, la classificazione della singola cella come "consumata" o "non consumata" segue una regola di attribuzione con una soglia di cut-off del 50% di copertura artificiale⁴⁰.

³⁷ <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/copertura-del-suolo/carta-nazionale-di-copertura-del-suolo>.

³⁸ <https://land.copernicus.eu/eagle>.

³⁹ <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo>.

⁴⁰ Si veda il più recente Rapporto SNPA "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", accessibile all'indirizzo web <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo/il-rapporto-snpa-201cconsumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici201d>.

Sistema Informativo territoriale della Regione Puglia

Le cartografie di inquadramento, tecniche e tematiche sviluppate dalla Regione Puglia e dagli enti che contribuiscono ad alimentarne il Sistema Informativo Territoriale⁴¹ rappresentano un supporto essenziale a qualsiasi attività di analisi del territorio pugliese. Nell'ambito di questo studio, oltre ai perimetri dei diversi territori adottati come unità di analisi (comuni, ambiti di paesaggio o figure territoriali del PPTR), si è fatto ricorso soprattutto ai seguenti dataset:

- Cartografia vettoriale tematica relativa alla distribuzione di habitat e specie animali e vegetali presenti nel territorio della Regione Puglia, approvata con deliberazione della giunta regionale n. 2442/2018⁴²;
- Carte Tematiche di Uso del Suolo (CTUS) della Regione Puglia, in particolare
 - CTUS 2006, scala 1:5.000, con MMU di 2.500 m², derivata per fotointerpretazione dall'Ortofoto 2006 e conforme alle specifiche Corine Land Cover (con ampliamento al IV livello e caratterizzazione in 69 classi);
 - aggiornamento al 2011 della CTUS 2006, derivato dalla fotointerpretazione delle nuove aree presenti sull'Ortofoto 2011.

2.1.3 Selezione degli indicatori

La selezione degli indicatori per misurare le pressioni riconducibili ai fenomeni di urbanizzazione e di artificializzazione dei suoli agricoli e seminaturali è stata improntata su principi di parsimonia (individuare un numero minimo di indicatori che sia comunque efficace nel rendere conto delle variazioni quali-quantitative nei processi di urbanizzazione) e di valorizzazione del patrimonio informativo disponibile. Va dunque letta in questo senso la centralità attribuita alla Carta nazionale del consumo di suolo del SNPA che, per risoluzione geometrica e frequenza di aggiornamento, rappresenta un punto di svolta nei programmi di monitoraggio del consumo di suolo in Italia. Si è così giunti a proporre un indicatore di base e due indici complementari, illustrati nelle Schede dedicate e allegate alla presente Relazione:

- Scheda Indicatore 1: Indicatore di artificializzazione del suolo (IAS)
- Scheda Indicatore 2: Indice di forma dei tessuti urbani (U-LSI)
- Scheda Indicatore 3: Indice di dispersione insediativa (SPX).

Si osserva che, rispetto alle schede afferenti alle altre aree tematiche, una parte consistente delle considerazioni metodologiche sugli indicatori connessi al fattore di pressione urbanizzazione appare comune ed è stata inclusa in questa lunga premessa, rendendo le singole schede estremamente sintetiche.

⁴¹ www.sit.puglia.it.

⁴² http://www.sit.puglia.it/portal/portale_rete_natura_2000/Documenti/habitat.

2.2 AREA TEMATICA: CLIMA

Nel valutare gli effetti del cambiamento climatico (CC), l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) segnala che la temperatura media globale è destinata ad aumentare nei prossimi anni, in tutti gli scenari considerati (*Shared Socioeconomic Pathways*), compresi quelli più ottimistici (IPCC 2022)⁴³.

A causa della combinazione tra pericolosità multiple ed alta vulnerabilità, il mediterraneo è considerato un hotspot di rischi climatici. In questa area geografica, l'aumento di temperatura (rispetto alle temperature pre-industriali) si attesta su livelli superiori rispetto a quello registrato a livello globale (+1,5 °C per il mediterraneo e +1,1°C a livello globale) (Ali et al. 2022)⁴⁴. Il bacino del mediterraneo si trova infatti in una zona di transizione tra il clima arido del nord Africa e il clima temperato e piovoso dell'Europa centrale (Fernandez et al. 1999)⁴⁵. I trend delle temperature sono variabili in base alla specifica localizzazione, ma i periodi di siccità sono diventati più frequenti ed intensi soprattutto nel bacino nord del mediterraneo.

Tra gli effetti più pericolosi del CC si registrano ondate di calore più lunghe e/o più intense, aumento dei periodi di siccità e/o alluvioni (causate da precipitazioni meno frequenti ma più intense), così come acidificazione ed innalzamento del livello dei mari (Ali et al 2022)⁴². Questi effetti, che secondo le proiezioni disponibili sono destinati ad accentuarsi nel futuro prossimo, minacciano la stabilità degli ecosistemi terrestri e marini e la salute umana. Inoltre, anche le attività economiche, soprattutto quelle più vulnerabili al cambiamento delle condizioni ambientali come ad esempio l'agricoltura, sono minacciate dalle pressioni indotte dal CC, mettendo a rischio la sicurezza alimentare ed il sostentamento degli attori dell'intera filiera agro-alimentare.

Le produzioni agricole, infatti, sono particolarmente sensibili al variare delle condizioni climatiche, sia in termini di variazioni delle temperature medie e pattern di precipitazioni, sia

⁴³ IPCC, 2022: Summary for Policymakers [P.R. Shukla, J. Skea, A. Reisinger, R. Slade, R. Fradera, M. Pathak, A. Al Khouradajie, M. Belkacemi, R. van Diemen, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, D. McCollum, S. Some, P. Vyas, (eds.)]. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khouradajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

⁴⁴ Ali, E., W. Cramer, J. Carnicer, E. Georgopoulou, N.J.M. Hilmi, G. Le Cozannet, and P. Lionello, 2022: Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2233–2272, doi:10.1017/9781009325844.021.

⁴⁵ Fernandez J. E. & Moreno F. (2000) Water Use by the Olive Tree, Journal of Crop Production, 2:2, 101-162, DOI: 10.1300/J144v02n02_05.

riguardo l'aumento in frequenza di fenomeni climatici estremi come alluvioni e periodi di siccità (Kurukulasuriya et al 2013⁴⁶). L'incremento della temperatura risultante dal climate change è uno dei fattori di maggiore pressione per le colture agricole (Porter 1999⁴⁷, Ottman 2012⁴⁸). Secondo l'analisi di Zhao et al. (2017)⁴⁹ in assenza di un adattamento efficace e miglioramento genetico ogni aumento di un grado Celsius nella temperatura media globale ridurrebbe in media le rese globali di grano del 6,0%, riso del 3,2%, mais del 7,4% e soia del 3,1%. I cambiamenti nella temperatura e nelle precipitazioni possono alterare la distribuzione delle zone agro-ecologiche⁵⁰ e quindi la possibilità di una "normale" crescita culturale (Hulme 1996⁵¹). Inoltre, temperature maggiori e modifiche al pattern di precipitazione potrebbero portare ad una minore disponibilità di acqua nel suolo, cambiamenti nel timing dei cicli fenologici delle colture e condizioni di aridità persistente (Bezner et al. 2022⁵²).

L'aumento nella frequenza degli eventi estremi come siccità e inondazioni stanno già causando ingenti perdite nella produzione agricola e si prevede che questi eventi, particolarmente per il bacino del mediterraneo, continueranno ad aumentare nel prossimo futuro (Ali et al 2022¹²).

La posizione geografica e le caratteristiche geomorfologiche della regione Puglia favoriscono la sua esposizione ai pericoli climatici collegati all'aumento delle temperature e alla

⁴⁶ Kurukulasuriya, Pradeep; Rosenthal, Shane. 2013. Climate Change and Agriculture : A Review of Impacts and Adaptations. Environment department papers;no. 91. Climate change series. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/16616>.

⁴⁷ Porter JR & Gawith M (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a review, European Journal of Agronomy, Volume 10, Issue 1, 1999, Pages 23-36, ISSN 1161-0301, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(98\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(98)00047-1).

⁴⁸ Ottman MJ, Kimball BA, White JW, Wall GW (2012). Wheat growth response to increased temperature from varied planting dates and supplemental infrared heating. Agron J 104, 7–16 (2012). <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0212>.

⁴⁹ Zhao, C., Liu, B., Piao, S., (+ 25 altri autori)..., Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114(35), 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>.

⁵⁰ La FAO definisce una zona agro-ecologica come un'unità di mappatura del territorio, definita in termini di clima e tipo di suolo e con specifiche potenzialità e vincoli per la crescita delle colture.

⁵¹ Hulme, Mike, ed. 1996. Climate Change and Southern Africa. Norwich, United Kingdom: Climatic Research Unit, University of East Anglia.

⁵² Bezner Kerr, R., T. Hasegawa, R. Lasco, I. Bhatt, D. Deryng, A. Farrell, H. Gurney-Smith, H. Ju, S. Lluch-Cota, F. Meza, G. Nelson, H. Neufeldt, and P. Thornton, 2022: Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 713–906, doi:10.1017/9781009325844.007.

variazione nei pattern delle precipitazioni. La vulnerabilità regionale, inoltre, è accresciuta dagli altri effetti del CC come siccità, alluvioni, incendi ed esaurimento delle falde acquifere. La vulnerabilità dell'agricoltura ai fenomeni siccitosi deriva anche dalla competizione tra il fabbisogno idrico del comparto agricolo e i fabbisogni idrici per altri scopi come quelli domestici ed industriali. I cereali, le olive e l'uva, che sono tra i più importanti prodotti agricoli della Puglia, potrebbero essere minacciati dalle condizioni climatiche più calde e aride, dal degrado del suolo con conseguente perdita di fertilità dei terreni o ancora dall'esposizione delle colture a patologie ed agenti infestanti. Inoltre, nelle aree costiere si aggiunge la vulnerabilità alla risalita del livello del mare e all'intrusione salina negli acquiferi. Le proiezioni climatiche per i prossimi decenni mostrano un accentuarsi dei fattori di pericolosità citati in precedenza, mettendo a rischio le produzioni agricole pugliesi e la relativa filiera connessa. In considerazione di queste vulnerabilità della regione, è importante sviluppare indicatori, approcci e metodologie trasversali che possano essere facilmente integrati nei processi decisionali (Orientgate project 2014⁵³).

Con i quattro indicatori proposti si intende monitorare i principali trend in atto nel territorio regionale (anomalie di temperatura e di precipitazione), rispetto al periodo climatologico di riferimento, e fornire un contributo più specifico alla valutazione degli effetti di tali cambiamenti e, più in generale, della variabilità climatica, sul comparto agricolo e sugli agroecosistemi in Puglia (indice di aridità e standardized precipitation index).

La descrizione dettagliata di ciascun indicatore è riportata nelle rispettive schede, al pari dei relativi elaborati cartografici:

- Scheda Indicatore 4: Indicatore di anomalia delle temperature
- Scheda Indicatore 5: Indicatore di anomalia delle precipitazioni
- Scheda Indicatore 6: Indice di aridità
- Scheda Indicatore 7: Standardized Precipitation Index (SPI).

2.3 AREA TEMATICA: AGROECOSISTEMI

In questa area tematica confluiscono sei indicatori eterogenei che, tuttavia, presentano come denominatore comune un'attenzione alle interdipendenze fra processi ecologici e attività agricole, unita all'obiettivo di non banalizzare la natura complessa degli ambienti rurali in cui prendono forma sia le molteplici pressioni esercitate sull'agricoltura, sia quelle che, al contrario, originano proprio dall'attività economica primaria – specie nelle sue forme intensive – e interessano le diverse matrici ambientali e la biodiversità.

⁵³ OrientGate project (2014). Studio pilota 3.

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/adapting-to-climate-change-integrated-water-and-coastal-management-in-puglia-italy/11258026.pdf>.

Se l'indicatore di pericolosità idraulica delle aree agricole evoca fattori di pressione prevalentemente esterni, l'indicatore di distribuzione per uso agricolo di prodotti fitosanitari e l'indice di intensità della gestione agricola (che mira a costituirne la cornice più articolata) sono rappresentativi delle pressioni esercitate dalle attività agricole. Nei modelli concettuali e di calcolo degli altri indicatori (di capacità degli ecosistemi di depurazione delle acque, di controllo naturale dei parassiti, di capacità di stoccaggio e sequestro di carbonio) emerge con maggiore chiarezza una concezione olistica degli agroecosistemi in cui le attività produttive sono supportate dai processi ecologici, alla cui integrità e capacità di rigenerazione appaiono subordinate sia le condizioni di sostenibilità dell'agricoltura, sia il contributo determinante che le vaste aree impegnate dalle coltivazioni e dalle attività connesse (circa il 42% della superficie territoriale nazionale, che sale al 65% in Puglia) sono chiamate a fornire alla transizione ecologica, e alla mitigazione dei cambiamenti climatici in particolare.

L'elenco completo delle schede comprende:

- Scheda Indicatore 8: Indicatore di pericolosità idraulica nelle aree agricole
- Scheda Indicatore 9: Indicatore di capacità degli ecosistemi di depurazione delle acque
- Scheda Indicatore 10: Indicatore di distribuzione per uso agricolo di prodotti fitosanitari
- Scheda Indicatore 11: Indice di Intensità della gestione agricola
- Scheda Indicatore 12: Indicatore di controllo naturale dei parassiti
- Scheda Indicatore 13: Indicatore di capacità di stoccaggio e sequestro di carbonio.

2.4 AREA TEMATICA: PAESAGGIO

Gli indicatori relativi all'area tematica paesaggio costituiscono, innanzi tutto, un aggiornamento e un approfondimento di quanto elaborato nel Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) della Regione Puglia. Rappresentano inoltre sperimentazione di una modalità di lettura e valutazione della complessità del territorio rurale o del territorio costiero a seconda dei casi.

Molteplici sono i possibili utilizzi dei diversi indicatori elaborati: quale strumento di monitoraggio, per esempio nell'ambito delle attività di monitoraggio VAS degli strumenti urbanistici comunali; quale strumento per la verifica delle previsioni di un piano urbanistico o territoriale o quale strumento di supporto alle scelte di pianificazione; quale ausilio per la valutazione dell'impatto potenziale di eventuali progetti o, ancora, per la valutazione / individuazione di possibili alternative progettuali; quale riferimento per regolamentare e definire un limite a determinate dinamiche, per esempio di artificializzazione.

In ragione della diversità di dati territoriali, procedure di calcolo e ambiti di applicazione dei quattro indicatori, si è preferito rinviare alle singole schede per l'illustrazione concettuale e



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



**PUGLIA
REGION**

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

metodologica, nonché ai relativi elaborati cartografici per una rappresentazione completa dei casi d'uso:

- Scheda Indicatore 14: Indicatore di artificializzazione del paesaggio rurale - impianti fotovoltaici
- Scheda Indicatore 15: Indicatore di artificializzazione del paesaggio rurale - serre
- Scheda Indicatore 16: Indicatore di distribuzione dei beni diffusi del paesaggio rurale
- Scheda Indicatore 17: Indicatore di valore e integrità del paesaggio costiero.