

INDICATORI DI DESERTIFICAZIONE: APPROCCIO INTEGRATO E SUPPORTO ALLE DECISIONI

Veronica Colombo, Claudio Zucca, Giuseppe Enne



INDICATORI DI DESERTIFICAZIONE
Approccio integrato e supporto alle decisioni

Il presente lavoro è stato realizzato da:

NRD
Centro Interdipartimentale di Ateneo
Nucleo di Ricerca sulla Desertificazione
c/o Dip. Struttura Servizi Generali
Facoltà di Agraria
Università degli Studi di Sassari

Via Enrico De Nicola, 9
07100 Sassari

INDICATORI DI DESERTIFICAZIONE
Approccio integrato e supporto alle decisioni

Veronica Colombo, Claudio Zucca, Giuseppe Enne

2006 ENEA
Ente per le Nuove tecnologie
l'Energia e l'Ambiente

Lungotevere Thaon di Revel, 76
00196 Roma

ISBN 88-8286-152-X

INDICATORI DI DESERTIFICAZIONE

Approccio integrato e supporto alle decisioni

VERONICA COLOMBO

CLAUDIO ZUCCA

GIUSEPPE ENNE



ELENCO DELLE MONOGRAFIE

RIADE “Ricerca Integrata per l’Applicazione di tecnologie e processi innovativi per la lotta alla DEsertificazione” ha proposto e realizzato un avanzamento non solo nelle conoscenze settoriali, ma nell’approccio integrato e multidisciplinare, indispensabile per una tematica così complessa come la desertificazione. Di seguito sono riportate le 12 monografie prodotte nel corso delle attività di progetto, che documentano il lavoro svolto ed i risultati conseguiti.

1. La Desertificazione in Italia e il progetto RIADE
2. Caratterizzazione tipologica dei fenomeni di desertificazione nell’Italia meridionale ed insulare
3. Indicatori di desertificazione: approccio integrato e supporto alle decisioni
4. Tecnologie innovative per l’analisi di variabili climatiche
5. Nuove tecnologie per lo studio della vegetazione in relazione ai cambiamenti climatici
6. Ricerca di metodi innovativi per l’analisi e la valutazione dell’erosione dei suoli mediante analisi isotopiche
7. La sostanza organica e la desertificazione: aspetti sperimentali e modellistica
8. Salinizzazione e qualità delle acque: impatti e ipotesi di mitigazione
9. Studio sulla gestione sostenibile delle risorse idriche: dall’analisi conoscitiva alle strategie di salvaguardia e tutela
10. Lettura dinamica delle relazioni tra territorio, insediamenti umani ed utilizzo delle risorse naturali: sistematizzazione e riproposizione in chiave innovativa delle conoscenze e tecniche tradizionali
11. Modellistica ambientale e sistemi di supporto alle decisioni per la lotta alla desertificazione
12. Appunti da un viaggio di studio...ciò che abbiamo imparato e che non avremmo altrimenti appreso (dal Master F-RIADE)

<http://www.riade.net>

Ricerca Integrata per l’Applicazione di tecnologie e processi innovativi per la lotta alla DEsertificazione



INDICE

Premessa		7
Parte Prima	Inquadramento e implicazioni delle problematiche di desertificazione nei Paesi della riva nord del Mediterraneo	9
1 ~	Le principali problematiche della desertificazione nei Paesi della riva nord del Mediterraneo	11
1.1 ~	Introduzione	11
1.2 ~	Le grandi questioni della desertificazione nei Paesi della riva Nord del Mediterraneo: proposta di raggruppamento in 6 Macrocategorie	13
1.2.1 ~	Pratiche non sostenibili di gestione agricola e agroforestale	16
1.2.2 ~	Espansione dei sistemi di irrigazione intensiva	16
1.2.3 ~	Deforestazione e incendi	17
1.2.4 ~	Abbandono delle terre	18
1.2.5 ~	Litoralizzazione	19
1.2.6 ~	Dinamiche delle attività economiche e della struttura sociale	21
2 ~	I principali processi biofisici di desertificazione	23
2.1 ~	Introduzione	23
2.1.1 ~	Erosione dei suoli	25
2.1.2 ~	Salinizzazione dei suoli e acque	26
2.1.3 ~	Impermeabilizzazione e asportazione di suoli	28
2.1.4 ~	Alterazione degli ecosistemi forestali	29
2.1.5 ~	Cambiamenti climatici	31
2.2 ~	Impatti: le conseguenze più diffuse	33
Parte Seconda	Rassegna e analisi di indicatori di desertificazione sviluppati e/o proposti in Italia e all'estero	35
3 ~	Gli Indicatori del rischio di desertificazione	37
3.1 ~	Introduzione	37
3.2 ~	Le Aree a Rischio	38
3.3 ~	Individuazione delle aree a rischio: ESA, PESERA e altri approcci legati ai PAN	44
3.3.1 ~	Portogallo	48
3.3.2 ~	Grecia	48
3.3.3 ~	Spagna	50
3.3.4 ~	Italia	52
3.3.5 ~	Turchia	54
3.4 ~	Difficoltà e divergenze metodologiche	55
3.5 ~	Affinità tra i Paesi del Mediterraneo del Nord	56

4 ~	Indicatori per il monitoraggio della desertificazione	59
4.1 ~	Indicatori di gestione forestale	59
4.2 ~	Indicatori di degradazione degli agroecosistemi	64
4.3 ~	Indicatori di biodiversità	66
4.4 ~	Indicatori di qualità delle acque	69
4.5 ~	Indicatori di qualità del suolo	72
4.6 ~	Indicatori climatici	85
4.7 ~	Indicatori da Remote Sensing	89
4.8 ~	Indicatori socioeconomici	91
Parte	Organizzazione dei sistemi di indicatori.	95
Terza		
5 ~	Framework logici e loro applicazione	97
5.1 ~	Schemi concettuali di riferimento più utilizzati	97
5.2 ~	Considerazioni sull'applicabilità e sui limiti del modello DPSIR	99
5.3 ~	Applicazione di modelli concettuali: casi di studio	100
5.3.1 ~	Egitto	101
5.3.2 ~	Malta	105
5.3.3 ~	Giordania	108
5.3.4 ~	Palestina	110
5.3.5 ~	Marocco	114
5.3.6 ~	Italia: Puglia	118
5.3.7 ~	Italia: Sardegna	121
5.4 ~	Esempi di Sistemi di Indicatori	123
5.4.1 ~	Il Progetto Desertlinks	123
5.4.2 ~	Il Sistema "Lada" proposto dalla FAO	124
5.4.3 ~	Early Warning System per la desertificazione	137
6 ~	Una proposta metodologica	143
6.1 ~	Le esigenze di rappresentazione dinamica degli indicatori	143
6.2 ~	Possibili approcci e risposte	144
6.3 ~	Considerazioni conclusive	149
	Bibliografia	153

PREMESSA

Il presente lavoro si inserisce nel quadro delle attività di ricerca del progetto RIADE e più precisamente costituisce un prodotto del pacchetto di lavoro 3. 1, interamente dedicato agli indicatori di desertificazione. Il progetto RIADE, finanziato dal Ministero della Ricerca e realizzato da ACS, ENEA e NRD-UNISS, costituisce il contributo di maggior rilievo della ricerca italiana nell'ambito delle problematiche della desertificazione. Il progetto è in gran parte dedicato allo sviluppo di metodologie avanzate per il monitoraggio e la modellizzazione dei fenomeni di desertificazione e comprende sia attività di sviluppo concettuale metodologico e modellistico che attività di sperimentazione in aree pilota.

Lo studio qui presentato costituisce il completamento di una delle fasi più importanti di approfondimento concettuale, iniziato ad opera di NRD-UNISS con uno studio tipologico delle problematiche di desertificazione che interessano il territorio italiano insulare e peninsulare, il quale rappresenta il primo lavoro di sistematizzazione realizzato in tale senso nel nostro paese. Il presente contributo affronta invece il problema della definizione di indicatori atti a descrivere e a rappresentare le problematiche individuate. A tale scopo, seppure senza pretesa di esaustività, si è fatto un tentativo di riordinamento delle conoscenze fin qui disponibili, proponendo: i) una sistematizzazione delle problematiche stesse e dei processi biofisici di degradazione; ii) una analisi critica dei sistemi di riferimento concettuali più utilizzati per classificare gli indicatori e del modo in cui vengono applicati; iii) una analisi di alcuni tra i principali sistemi di indicatori in uso o in fase di sviluppo. Infine viene formulata una proposta metodologica originale a supporto delle esigenze di organizzazione efficiente e razionale dei sistemi di indicatori.

I contributi scientifici qui proposti costituiscono d'altra parte una naturale continuazione delle ricerche e degli approfondimenti che NRD-UNISS svolge sin dal 1998* in tema di indicatori di desertificazione e che nel 2000 hanno portato alla pubblicazione di un testo** presentato dal Governo Italiano alla Quarta Conferenza delle Parti e divenuto un riferimento a livello internazionale. Successivamente NRD-UNISS ha sviluppato la propria ricerca lavorando in parallelo su due direttrici: lo sviluppo di indicatori specifici per il monitoraggio delle attività in aree pilota (progetto DESERTNET) e lo sviluppo di banche dati e supporti concettuali ed informatici per la organizzazione di grandi sistemi di indicatori a livello continentale (progetto DESERTLINKS). Il presente lavoro si basa dunque in parte anche sui risultati di questi progetti appena conclusi, oltre che sulle precedenti fasi di studio svolte nell'ambito dello stesso progetto RIADE.

Gli indicatori forniscono una rappresentazione dei fenomeni di desertificazione utile a prevenirne e/o a mitigarne gli effetti negativi; dunque tale rappresentazione deve risultare completa ed articolata e comprendere i rapporti causa-effetto che caratterizzano i singoli processi, così da ottenere un'immagine complessiva della situazione e dei possibili livelli di intervento.

* NRD ha organizzato e coordinato il Seminario Internazionale "Indicators for assessing Desertification in the Mediterranean", svoltosi a Porto Torres (SS) dal 18 al 20 settembre 1998. L'obiettivo del *workshop* è stato quello di riunire le conoscenze, sviluppate sugli indicatori di desertificazione per le Regioni del Nord Mediterraneo.

** Indicatori di Desertificazione per il Mediterraneo Europeo. Stato dell'arte e proposte di metodo. Enne G., Zucca C., 2000. ANPA, Roma. Pp. 121.

Per conseguire questo obiettivo è necessario selezionare ed inquadrare opportuni indicatori all'interno di uno schema razionale e ciò richiede che si considerino alcuni concetti fondamentali. Innanzi tutto la desertificazione è un fenomeno dinamico, causato da processi complessi e per il quale non esistono indicatori globalmente validi e confrontabili. Inoltre, per una lettura attenta e completa della degradazione di un sistema ambientale un solo indicatore non è generalmente sufficiente, ma ne sono necessari diversi.

Non ultimo, nell'ambito scientifico italiano l'approccio olistico è tuttora poco diffuso nella pratica ed è ancora dominante la frammentarietà delle conoscenze. Dunque, nell'ambito degli studi finalizzati alla lotta alla desertificazione, si pone in termini sempre più urgenti la necessità di un riferimento non a singoli indicatori, ma a insiemi strutturati e specifici per determinati contesti e obiettivi, basati su una sistematizzazione tipologica. Lo schema di riferimento concettuale attualmente più utilizzato è il DPSIR, che però risulta statico, non considera l'esigenza di monitoraggio in termini dinamici e non integra la molteplicità delle scale spaziali e temporali.

Alla luce di tali considerazioni, l'obiettivo del presente lavoro è quello di sintetizzare, senza pretesa di esaustività, le attuali conoscenze in tema di indicatori e di proporre uno schema concettuale integrato, come possibile alternativa rispetto ai sistemi esistenti. Lo studio è stato articolato in tre parti che costituiscono i tre filoni dello studio già condotto da NRD nell'ambito di una precedente fase del progetto RIADE.

I. Inquadramento e implicazioni delle problematiche di desertificazione nella sponda Nord del bacino del Mediterraneo.

Sono state analizzate le principali problematiche comuni ai paesi e alle regioni affette da fenomeni di desertificazione nella riva nord del Mediterraneo, a partire da una lettura dei Piani d'Azione Nazionali e sub-nazionali, oltre che attraverso l'interazione con vari progetti nazionali ed internazionali. Queste conoscenze hanno contribuito ad individuare le tematiche di desertificazione prioritarie al fine di evidenziare gli ambiti su cui è auspicabile vertano gli indicatori di desertificazione e dunque su cui è necessario focalizzare gli studi per il loro sviluppo e la loro implementazione.

II. Rassegna e analisi di indicatori di desertificazione già sviluppati e/o proposti in Italia e all'estero.

È stata attuata una rassegna dei principali indicatori di desertificazione già in uso, sviluppati o proposti da enti nazionali ed internazionali nella sponda settentrionale del Mediterraneo, con particolare attenzione a:

- indicatori di rischio e carte della vulnerabilità utilizzati nell'ambito di piani d'azione nazionali;
- indicatori utilizzati a diverso titolo nei Piani d'Azione Nazionali;
- programmi nazionali ed internazionali dedicati allo sviluppo di indicatori di desertificazione o ad essi attinenti.

III. Contributo alla organizzazione dei sistemi di indicatori

Sulla base delle conoscenze contenute nelle prime due parti del lavoro, è stato proposto un nuovo schema di sistematizzazione, nel quale sono stati inquadrati gli indicatori riferiti alle aree pilota del progetto RIADE.

Parte Prima

Inquadramento e implicazioni delle problematiche di desertificazione
nei Paesi della riva nord del Mediterraneo

1. LE PRINCIPALI PROBLEMATICHE DELLA DESERTIFICAZIONE NEI PAESI DELLA RIVA NORD DEL MEDITERRANEO

1.1 Introduzione

Per una completa ed efficace comprensione della necessità e dell'utilità di individuare ed implementare indicatori dei processi di desertificazione in atto nei Paesi della riva nord del bacino del Mediterraneo, risulta utile una analisi delle problematiche economiche ed ambientali da cui quest'ultimo è interessato.

Gran parte dell'Europa mediterranea è stata investita, soprattutto nel corso degli ultimi 40 anni, da rapidi cambiamenti d'uso del suolo (Thornes, 1999; Yassoglou, 1998), dal momento che l'innovazione tecnologica - che ha investito molte delle attività economiche dei Paesi mediterranei - ha contribuito ad un incremento di pratiche agricole intensive. A questo fattore si è affiancata l'introduzione di Politiche Agricole Comuni e sussidi, che hanno comportato cambiamenti della produzione comunitaria (Luise et al., 2004). Dall'analisi delle principali problematiche comuni è evidente come ciascuna di esse sia inevitabilmente riconducibile ad aspetti prettamente biofisici e ad implicazioni economiche, sociali e politiche. Per tale motivo è opportuno che gli indicatori selezionati dovranno includere tutti questi aspetti, al fine di una efficace e completa descrizione del fenomeno in atto.

A tal proposito, il progetto DESERTLINKS¹ costituisce un fondamentale contributo di sistematizzazione delle principali problematiche legate alla desertificazione nei Paesi europei del Mediterraneo, avvenuta anche grazie all'interazione con i *Focal Points* e gli utilizzatori finali di alcuni paesi mediterranei (Portogallo, Spagna, Italia, Grecia) seguendo un approccio "dal basso". Il progetto propone 11 grandi "categorie" o problematiche territoriali: abbandono delle terre, irrigazione intensiva, sovrappascolamento, deforestazione, litoralizzazione, pratiche agricole, attività economiche, *land degradation*, risorse idriche, struttura sociale, organizzazioni istituzionali.

Un altro importante contributo più specifico e focalizzato sui fenomeni di degradazione dei suoli e delle risorse idriche è emerso dal primo convegno (Atene, 15-17 dicembre 2001) svoltosi nell'ambito del progetto MEDRAP², che ha individuato 6 principali questioni legate alla degradazione di suoli ed acque: erosione dei suoli, incrostamento superficiale dei suoli, impermeabilizzazione dei suoli, controllo di salinizzazione secondaria e inquinamento da nitrati, conservazione delle acque, incremento della domanda idrica, crisi di carenza idrica.

¹ DESERTLINKS – Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders.

Il progetto, finanziato dalla unione Europea, ha attuato nelle regioni affette dalla desertificazione una collaborazione con gli attori locali e i Comitati Nazionali di Lotta per l'identificazione di prototipi di sistemi di indicatori a differenti scale per l'Europa Mediterranea.

² MEDRAP - Concerted Action to Support the Northern Mediterranean Regional Action Programme to Combat Desertification

Il progetto, concluso nel 2004, ha supportato i processi di elaborazione del Programma d'Azione Sub-Regionale dell'UNCCD, Annesso IV per Portogallo, Spagna, Italia, Grecia e Turchia, attraverso 5 Workshop tematici che hanno coinvolto la comunità scientifica e i maggiori attori istituzionali, contribuendo sia nella fase di definizione delle problematiche sia nella fase di elaborazione delle metodologie e delle misure di mitigazione della desertificazione.

I risultati del seminario indicano che i due obiettivi principali della gestione sostenibile della risorsa “suolo” sono il mantenimento ed il miglioramento delle sue funzioni di base, oltre che l’applicazione di metodologie, misure e azioni atte a prevenire il deterioramento delle sue proprietà. La gestione sostenibile delle acque è invece fundamentalmente connessa alla disponibilità di acqua dolce, la cui domanda è significativamente aumentata negli ultimi 50 anni, in funzione dell’intenso sviluppo delle attività agricole ed industriali, oltre che delle aree urbane nei paesi in via di sviluppo.

Un fondamentale contributo alla raccolta e alla organizzazione delle conoscenze in tema di desertificazione è venuto, per le Regioni meridionali italiane, dallo studio svolto da NRD nel corso della prima fase del progetto RIADE, rivolto alla “Caratterizzazione tipologica dei fenomeni di desertificazione nell’Italia meridionale e insulare”. Tale studio ha prodotto una analisi molto approfondita, organizzata secondo tre filoni principali (acque, foreste, suoli), che evidenzia come alcune problematiche di desertificazione sono più diffuse (Tabella 1.1). Il lavoro citato è discusso più avanti. Infine, i primi risultati prodotti dal progetto MEDCOASTLAND.NET³ hanno offerto la possibilità di inquadrare quanto emerso dalle analisi svolte per la riva settentrionale del Mediterraneo nel più ampio contesto dell’intero bacino geografico, come si discuterà nel capitolo 5.

Tabella 1.1 – Alcuni tra i principali fenomeni di degradazione diffusi nelle regioni italiane ricadenti nell’Obiettivo 1 dell’Unione Europea, riferiti alle tre componenti Acque, Foreste, Suoli, come evidenziato dallo studio RIADE

Acque	Foreste	Suoli
Attività agricole	Incendi boschivi	Lavorazioni non razionali
Attività zootecniche	Degrado e deperimento della vegetazione costiera	Forestazione ad eucalpti
Attività industriali	Arboricoltura da legno e rimboschimenti non sostenibili	Interventi di miglioramento dei pascoli
Discariche di rifiuti	Espansione delle attività pastorali a scala territoriale	Sovrasfruttamento degli acquiferi costieri
Attività minerarie	Deperimento delle specie quercine	Uso eccessivo di fertilizzanti
Trattamento dei reflui civili	Degrado dei boschi di sughera	Discariche di prodotti industriali
Insedimenti urbani		Apertura di cave
Altre opere antropiche		Costruzioni di edifici e strade
		Deforestazione
		Apertura di strade
		Incendi
		Discariche di materiali di cava e di miniera
		Sovrapascolamento

³ MEDCOASTLAND.NET - Mediterranean coordination and dissemination of land conservation management to combat land degradation for the sustainable use of natural resources in the Mediterranean coastal zones.

Il progetto, finanziato dall’Unione Europea, costituisce un Network tematico per contribuire ad una pianificazione e gestione sostenibile delle risorse naturali nelle aree mediterranee costiere. Il progetto prevede l’integrazione di precedenti attività di ricerca dei *partners* e una ampia partecipazione dei Paesi del Mediterraneo del sud. I risultati prodotti sono analizzati con tutti gli utenti locali.

1.2 Le grandi questioni della desertificazione nei Paesi della riva nord del Mediterraneo: proposta di raggruppamento in 6 Macrocategorie

Qui di seguito si propone una schematizzazione sintetica delle principali problematiche di desertificazione che interessano i paesi della riva nord del Mediterraneo ed i processi di degradazione che ad esse possono essere ricondotte, dove per “problematica” si intende un sistema di fattori socioeconomici e naturali e dinamiche territoriali (come l’invecchiamento della popolazione rurale o l’abbandono delle campagne e l’intensificazione dell’urbanizzazione costiera) che non necessariamente possiede un significato intrinsecamente negativo, ma al quale è riconducibile l’origine di alcuni processi di degradazione fisica e desertificazione del territorio, agevolati da un sistema di gestione non sostenibile.

Le grandi categorie proposte sono 6, ma è importante sottolineare l’impossibilità di una lettura univoca, in cui ciascuna problematica risulti avulsa dalle altre, poiché esse risultano spesso vicendevolmente intercorrelate. Allo stesso modo, anche i processi di degradazione rappresentano in più casi l’effetto che scaturisce da problematiche differenti e agenti sinergicamente sul territorio. Ad esempio, il processo di salinazione delle acque sotterranee, che in molti casi è causato da una progressiva intrusione delle acque marine nella falda costiera, è correlato ad emungimenti eccessivi di tale risorsa. La causa di queste estrazioni è rappresentata dai diversi usi competitivi della risorsa acqua, in particolare l’irrigazione intensiva e gli insediamenti turistici sorti sui litorali che rappresentano proprio due delle principali problematiche che affliggono il bacino del Mediterraneo. Ugualmente, la perdita di varietà biologica degli ecosistemi è un processo di degrado che può colpire, ad esempio, un sistema forestale in seguito a incendio, ma può anche essere causata da una gestione non sostenibile. La connessione fra alcune delle problematiche più comuni è evidente in casi come quello dell’utilizzo di errate pratiche agricole e dell’abbandono delle campagne laddove il primo fenomeno, compromettendo la produttività dei terreni, a lungo termine può condurre all’abbandono delle stesse e a dinamiche migratorie.

In particolare, le due macrocategorie “Espansione dei sistemi di irrigazione intensiva” e “Pratiche agronomiche non sostenibili” possono essere considerate l’una il sotto-insieme dell’altra, dal momento che l’irrigazione è la tecnica agronomica che consente di fornire acqua alle colture nei volumi e nei momenti più opportuni per consentirne la crescita e lo sviluppo. L’esigenza di utilizzare sistemi intensivi di irrigazione si rende necessaria in ambiente mediterraneo per garantire alti livelli produttivi, spesso dettati da esigenze di mercato, anche durante i periodi più secchi dell’anno. Tuttavia, il sovrasfruttamento delle risorse idriche che ne consegue spesso assume caratteri di insostenibilità legati al degrado delle acque, sia in termini quantitativi (scarsità idrica) che qualitativi (salinizzazione) oltre che al degrado del suolo. Dunque in questi termini, le pratiche di irrigazione intensiva costituiscono una pratica agronomica insostenibile; tuttavia, dato che il deterioramento delle risorse idriche costituisce uno dei principali impatti negativi sul territorio nella Riva Nord del bacino del Mediterraneo, si è scelto di considerare le problematiche connesse alle pratiche irrigue in maniera distinta dalle altre per l’influenza che esse esercitano sull’evoluzione dei fenomeni di desertificazione (sia in termini di degrado ambientale che di sviluppo socioeconomico) rispetto alle altre pratiche agronomiche e dunque di considerarle come una macrocategoria a sé.

Di seguito viene proposta una tabella che potrà servire da schematizzazione delle problematiche più incidenti per i Paesi della sponda settentrionale del Mediterraneo, ma si sottolinea come sia essenziale una lettura biunivoca dei fattori analizzati, poiché una problematica può essere in rapporto causale con un'altra e viceversa, in funzione del contesto, oppure rappresentarne un sotto-insieme. La rappresentazione orizzontale adottata ha quindi la funzione di facilitare la lettura e consentire il collegamento degli indicatori a fenomeni territoriali che tutti conosciamo. Le problematiche in questo contesto rappresentano “*macrocategorie*” a cui possono essere collegati insieme di indicatori di desertificazione, che non necessariamente coincidono con un singolo “anello” del modello DPSIR, ma possono invece essere inquadrati in diversi livelli di tale *framework*.

Le problematiche identificate che corrispondono ai grandi ambiti o “macrocategorie” sono 6 (non in ordine di importanza):

1. pratiche agronomiche non sostenibili;
2. espansione dei sistemi di irrigazione intensiva;
3. deforestazione e incendi;
4. abbandono delle terre;
5. litoralizzazione;
6. dinamiche delle attività economiche e della struttura sociale.

Per rappresentare quanto appena esposto in maniera più chiara e sintetica, nella tabella 1.2 viene proposta una “schematizzazione a gradini” che parte dall’individuazione delle problematiche generali, fino ad arrivare ai possibili indicatori ad esse associabili. La tabella proposta costituisce la rielaborazione di un documento di lavoro svolto per il progetto DESERTLINKS, successivamente modificato e sviluppato da NRD. Essa non è esaustiva e tocca solo una macrocategoria (*abbandono delle terre*) allo scopo di illustrare il percorso metodologico proposto per collegare gli indicatori alle problematiche.

Gli step in essa contenuti sono:

<i>Problematica (Macrocategoria):</i>	da intendersi secondo la definizione già fornita.
<i>Ambito specifico:</i>	rappresenta i sottotemi cui ogni problematica può riferirsi, ossia i diversi ambiti che pervade e le possibili questioni ad essa connesse. Ogni microcategoria può essere riferita ai contesti o fattori specifici, ai danni (conseguenze negative della problematica), o alla gestione (possibili interventi per mitigare/prevenire il fenomeno).
<i>Oggetto di indagine:</i>	indica il fenomeno che gli indicatori devono essere in grado di descrivere/misurare al fine di rappresentare gli aspetti salienti della problematica.
<i>DPSIR:</i>	ogni oggetto di indagine è inquadrato nel modello DPSIR.
<i>Fabbisogno potenziale di informazione:</i>	include tutte le informazioni idealmente interessanti o rappresenta i fenomeni nei diversi ambiti, eventualmente distinti per contesti specifici.
<i>Indicatori candidati:</i>	parametri o indici già monitorati o realisticamente monitorabili, che soddisfano almeno in parte i fabbisogni di informazioni. Nella tabella sono presenti solo alcuni esempi di indicatori.

Tabella 1.2 – Schematizzazione a gradini proposta per Macrocategoria “Abbandono delle Terre”

MACRO-CATEGORIA	AMBITO SPECIFICO	OGGETTO DI INDAGINE	DPSIR	FABBISOGNO POTENZIALE DI INFORMAZIONE	INDICATORI CANDIDATI
ABANDONO DELLE TERRE	Aree agricole: abbandono e degradazione	Caratteristiche della popolazione che lascia le campagne ed eventualmente il territorio. Caratteristiche della popolazione che resta.	P/D or I S	Età, sesso, grado di istruzione, attività economica precedente, destinazione scelta. Età, sesso, grado di istruzione, attività economica, reddito.	Indice di migrazione; indice di vecchiaia; altri. % Impiegati nel settore agricolo; densità di popolazione; indice di vecchiaia; altri.
	Cambiamenti del territorio correlati con l'abbandono delle terre.		P/D or I	Incidenza degli incendi; livello di rinaturalizzazione delle foreste; incremento dinamiche/instabilità del paesaggio (cicli di frammentazione-deframmentazione); evoluzione verso macchia; danni alle colture arboree (densità eccessiva); vegetazione secondaria regressiva (<i>Rubus</i> , <i>Pteridium</i> , <i>Prunus</i>) o specie invasive.	Parametri basati su dati statistici o telerilevati, atti a fornire l'informazione richiesta.
	Insedimenti storici: abbandono di insediamenti storici.	Tipologia degli insediamenti storici abbandonati.	P/D or I	Numero, ubicazione, tipologia degli insediamenti abbandonati; relazioni con caratteristiche del paesaggio e della popolazione residente.	Parametri basati su dati statistici o telerilevati, atti a fornire l'informazione richiesta.
Conservazione suolo e acque: abbandono di sistemi aziendali marginali, con degradazione di sistemi tradizionali di conservazione.	Esistenza e mantenimento di strutture di conservazione; investimenti in tale senso.	P/D or I	Degrado di acque e suoli; stato di conservazione delle strutture; ricostruzione/mantenimento dei terrazzamenti; carenza di investimenti in sistemi per la conservazione; costruzione di dighe/riserve artificiali per controllare la disponibilità di acque.	Densità delle strutture di conservazione; % di strutture non funzionanti; esistenza di legislazione specifica; presenza di finanziamenti relativi all'implementazione di legislazione.	

1.2.1 *Pratiche non sostenibili di gestione agricola e agroforestale*

Le ragioni che conducono all'utilizzo di *pratiche agricole improprie* sono spesso connesse ai cambiamenti sociali ed economici delle aree rurali. Ad esempio, quando i prezzi bassi e la competizione con i prodotti di altri paesi rendono difficile il mantenimento di redditi adeguati, gli agricoltori possono essere indotti ad introdurre metodi di coltivazione inadeguati al solo scopo di ricevere sussidi o di ottenere guadagni a breve termine. In altri casi sono legate alla maggiore disponibilità di mezzi meccanici presenti ed all'abuso di questi da parte degli operatori, spesso a causa di una inadeguata assistenza tecnica. Un fenomeno tipico dei contesti pastorali è il *sovrapascolamento*: esso ostacola la rigenerazione delle piante, è in grado di cambiare la composizione floristica delle piante o di disturbare importanti processi ecologici. Può provocare un'alterazione di biodiversità nei sistemi ad alta produttività, eliminando i competitori più forti e dando spazio alle specie meno competitive (Papanastasis, 1998) e può condurre a desertificazione in funzione dell'intensità e della durata. Il processo è accelerato quando le pratiche sono mantenute anche nei periodi più secchi o nei periodi di crescita in cui le piante sono più vulnerabili.

Altri esempi di pratiche o di condizioni inadeguate sono legate a (Garcia Gomez, 2004):

- *frammentazione delle terre*: il fenomeno, sempre più accentuato nel passaggio di proprietà di generazione in generazione, conduce il nuovo agricoltore a utilizzare l'agricoltura come attività secondaria, che, nei casi più estremi, viene abbandonata, soprattutto da parte della popolazione più giovane, richiamata dalle maggiori opportunità derivanti da altre attività economiche;
- *pratiche irrigue*: le lavorazioni praticate nelle *drylands* per preparare il suolo ad accumulare acqua piovana, possono comportare degradazione che si esplica in termini di perdita di copertura vegetale e di suolo, ad esempio quando il territorio presenta una elevata pendenza e le lavorazioni non sono eseguite parallelamente alle curve di livello. D'altro canto, anche il ricorso alle pratiche irrigue quando le condizioni pedologiche non risultano adeguate, possono innescare *land degradation*;
- *incendi*: utilizzati per preparare il suolo alla stagione successiva ("prodiserbo"), hanno in alcuni casi almeno due principali conseguenze negative:
 - o perdita di biomassa e selezione di pirofite;
 - o rimozione della protezione vegetale per il suolo, esposto così all'erosione.

In Val d'Agri (Quaranta e Salvia, 2004) l'attività agricola, ed in particolare la coltivazione dei cereali, implica la continua rimozione di macchia mediterranea e il rimodellamento delle pendenze collinari per rendere più efficienti le lavorazioni meccaniche. Tuttavia, l'adozione di pratiche sostenibili è ancora carente e il trasferimento dell'informazione verso chi gestisce le aziende è molto scarso. In Sardegna, la diffusa pratica di miglioramento dei pascoli tramite spietramenti, lavorazioni e semine ha causato estesissimi fenomeni erosivi (D'Angelo et al., 2000; Enne et al., 2000; D'Angelo et al., 2001b). Molti altri esempi interessano la gran parte delle aree aride globali.

1.2.2 *Espansione dei sistemi di irrigazione intensiva*

Gli apporti irrigui praticati per aumentare la produttività dei raccolti, in condizioni climatiche come quelle mediterranee, caratterizzate da lunghi periodi secchi, costituiscono un contributo

fondamentale per ovviare all'effetto della scarsità delle precipitazioni, e soddisfare la domanda dei mercati su vasta scala.

L'irrigazione è frequentemente associata al sovrasfruttamento delle acque superficiali e sotterranee, con conseguente degrado qualitativo e quantitativo di tali risorse e con ripercussioni negative per gli ecosistemi. Lo sfruttamento eccessivo delle acque sotterranee è l'effetto di uno squilibrio tra domanda e disponibilità (Angelakis e Kosmas, 1998) e si manifesta attraverso variazioni della profondità della tavola d'acqua, del rapporto tra emungimento e ricarica e dell'estensione dell'area salinizzata, nei casi più estremi attraverso la formazione di un cuneo salino costiero. L'espansione delle superfici irrigue basata sull'uso di acque di bassa qualità e la contemporanea assenza di misure di conservazione dei suoli provocano il deterioramento della copertura pedologica, attraverso processi di salinizzazione che determinano perdita di produttività dei suoli.

Problematiche associate a pratiche irrigue intensive sono state riscontrate in Spagna nel bacino di Guadalentín (Gonzalez Barbera, 2004), dove, nel corso degli ultimi 50 anni, le terre irrigate sono aumentate più del 150% e il tasso di emungimento è quattro volte superiore rispetto a quello di ricarica della falda, con conseguente salinazione delle acque sotterranee, dovuta alla progressiva intrusione delle acque marine nell'acquifero.

In Italia, la piana costiera lucana è stata interessata da una notevole intensificazione delle attività agricole, e dunque delle pratiche irrigue, rese possibili dalla costruzione di invasi (Quaranta e Salvia, 2004), che hanno consentito l'irrigazione di notevoli porzioni di territorio, e dunque la produzione di raccolti proficui. Tuttavia la disponibilità idrica del sistema è attualmente limitata dagli usi competitivi delle acque da parte di altri settori (come quello turistico e industriale). In Val d'Agri, la carenza idrica è stata accentuata dalla considerevole riduzione delle precipitazioni autunnali e invernali che ha caratterizzato gli anni più recenti e da un cattiva gestione delle acque, a causa delle perdite del sistema di distribuzione. Tali situazioni costituiscono il motivo principale per cui un numero crescente di agricoltori utilizza modalità di raccolta private, attraverso la captazione delle acque dei propri pozzi piuttosto che di quelle fornite dai Consorzi di Bonifica, che provocano abbassamento della tavola d'acqua e intrusione marina negli acquiferi costieri. L'effetto combinato di una elevata quantità di sali nell'acqua irrigua, gli ingenti volumi necessari durante la stagione secca e il *deficit* idrico contribuiscono ad aumentare il rischio di degradazione dei suoli.

1.2.3 Deforestazione e Incendi

Le azioni di *deforestazione* sono principalmente causate dalla competizione esistente tra diversi usi del territorio e quindi costituiscono il risultato dell'interazione tra le forze ambientali, sociali, politiche e culturali presenti su un certo territorio. Il carattere spesso insostenibile di tali attività è legato alla necessità di soddisfare diverse esigenze economiche: in particolare, si stima che il settore agricolo (Ferrara, 2004), nel corso dei prossimi 25 anni richiederà dai 250 ai 300 milioni di ettari (pari a dieci volte la superficie dell'Italia!) di nuove terre per soddisfare la domanda delle aziende, delle colture di sussistenza e della pastorizia, a spese delle foreste tropicali. La deforestazione inoltre può determinare conseguenze negative in termini di riscaldamento climatico globale dovuto all'aumento di CO₂ in atmosfera e può provocare anche drastici cambiamenti microclimatici che comportano alterazioni in termini di produttività e di funzionalità degli ecosistemi, oltre che accelerare l'erosione del suolo.

Ogni anno l'intero bacino del Mediterraneo è interessato da numerosi *incendi* che colpiscono milioni di ettari di bosco e che sono favoriti dalle condizioni climatiche estive. Gli impatti negativi si manifestano inoltre attraverso degrado qualitativo della vegetazione, perdita di biodiversità, danni alla salute degli ecosistemi, perdita di habitat (Barbati e Corona, 2003). Inoltre, il calore generato in un incendio può causare la formazione di uno strato idrorepellente alla superficie del suolo (Giovannini, 1995) che ostacola l'infiltrazione dell'acqua e che facilita l'erosione.

In termini economici i danni possono essere diretti o indiretti e interessano il bosco nelle sue differenti funzioni (Bernetti, 1995). I danni diretti sono legati al valore del legname distrutto, ai costi di prevenzione, di estinzione e di bonifica delle aree percorse ed alle spese necessarie per il ripristino. I danni indiretti sono invece subiti dalle funzioni che le aree boscate forniscono e sono difficilmente quantificabili. Gli incendi rappresentano la principale causa di perdita delle risorse boschive in gran parte del bacino del Mediterraneo (Pulina et al., 1999) e in molte regioni italiane, in particolare Sardegna e Calabria, sia in termini di frequenza che di estensione areale.

1.2.4 Abbandono delle terre

In generale, con il termine "terre abbandonate" sono indicate le terre in cui l'attività agricola è cessata così che alla vegetazione naturale è permessa la ricolonizzazione. Il fenomeno può avere cause diverse. Ad esempio, le terre agricole irrigate possono essere abbandonate in presenza di condizioni climatiche avverse o se la disponibilità idrica è ridotta (Kosmas, 2004). Gli ultimi 4000 anni hanno visto nell'Europa mediterranea un drammatico incremento di terre agricole in sostituzione degli ecosistemi forestali ma, a causa di insufficienti misure di conservazione del suolo, queste aree hanno spesso subito fasi di impoverimento così intenso da essere conseguentemente abbandonate, per poi essere di nuovo utilizzate. Nella storia, queste fasi sono state a volte concomitanti con fasi di esplosione e/o contrazione demografica. Il processo si è intensificato nel '900 col risultato che, in molte regioni, terre fino a 50 anni fa coltivate a cereali, vite e olivi, sono quasi del tutto improduttive e attualmente abbandonate. In altri casi, sovrappascolamento e incendi hanno distrutto la vegetazione naturale, impedendone la rigenerazione

Va segnalato che le terre a pascolo nella sponda nord della regione mediterranea sono considerate da diversi autori "abbandonate" quando la produttività del suolo si riduce per quasi tutte le colture, tanto da determinare la conversione dell'uso del territorio da agricolo a pastorale, inteso come uso marginale o aleatorio.

Il processo di abbandono delle terre agricole può essere connesso a fattori legati all'ambiente fisico, alla gestione territoriale e al contesto socioeconomico. Per quanto riguarda i fattori ambientali, nelle aree semiaride, il principale fattore limitante è la disponibilità idrica, che dipende dalle condizioni climatiche e dalla capacità di immagazzinamento idrico del suolo e che quindi limita la crescita delle piante. Diversi possono essere i contesti territoriali e socioeconomici che portano all'abbandono delle terre. Il rapido sviluppo delle attività turistiche e l'intensificazione dell'agricoltura nelle aree costiere del Mediterraneo (vedi anche par. 1.2.5), ha determinato migrazione dalle zone più interne e, parallelamente, l'abbandono ed il collasso dei territori terrazzati, dato anche il notevole costo di mantenimento di queste sistemazioni.

In altre situazioni, i sussidi dell'Unione Europea, forniti in base al numero di capi di bestiame, hanno contribuito a creare sovrappascolamento, a cui degradazione del territorio e, in casi estremi, abbandono delle terre, conseguono specialmente se una condizione di questo tipo è associata a dimensioni aziendali modeste.

L'abbandono delle terre può essere quindi inteso come “sintomo” di *land degradation*, oppure come fattore scatenante quando ne conseguono dissesto idrogeologico o incendi incontrollabili.

In sintesi, le dinamiche di abbandono delle terre possono essere predette dalla valutazione di indicatori legati a:

- fattori ambientali (in larga parte dipendenti dalle condizioni locali);
- produttività della terra;
- reddito degli agricoltori.

I cambiamenti d'uso del suolo da vegetazione naturale a colture cerealicole, avvenuti nella prima metà del '900 e incoraggiati da divisioni di terre e donazioni, hanno trasformato l'Alentejo (Portogallo) in un territorio privo di alberi e a monocoltura, esposto ad erosione. Tra il 1950 e il 1985, per il settore agricolo è iniziato un declino con conseguente emigrazione della popolazione locale verso le città principali e all'estero, innescando fenomeni di abbandono delle terre (Roxo e Casmiro, 2004).

1.2.5 Litoralizzazione

La litoralizzazione, definita come “concentrazione delle attività economiche nelle aree costiere in conseguenza della crescita urbana, delle attività industriali, del turismo e dell'irrigazione”, costituisce uno degli elementi di vulnerabilità specifica descritti nell'Annesso IV della CCD per il Nord Mediterraneo. Più in generale, la litoralizzazione è il processo di concentrazione di attività economiche, popolazione ed insediamenti nelle aree costiere. In alcuni casi, tale processo può essere associato all'abbandono degli insediamenti delle zone più interne, e quindi ad un flusso di popolazione e di risorse dall'interno verso la costa; in altri casi esso può dipendere da uno sviluppo socioeconomico differenziale o preferenziale.

Nel primo caso, la litoralizzazione e l'abbandono delle terre costituiscono due aspetti della medesima problematica, tipica di molte aree del Mediterraneo del Nord e in particolare della penisola iberica. Questo problema può causare un profondo squilibrio sociale ed un crescente sfruttamento delle risorse naturali, sia nelle zone interne sia nelle aree costiere.

Nel secondo caso, ossia quello di uno sviluppo preferenziale, il processo di litoralizzazione può essere legato alle attività turistiche, che a volte si sviluppano in parallelo con le altre attività economiche, ma altre si trovano in competizione con esse. La conseguenza più frequente ed evidente dello sviluppo turistico è rappresentato dall'urbanizzazione costiera, la quale si può sviluppare anche in seguito alla concentrazione di attività agricole intensive nelle piane costiere, come accade nella Spagna sud-orientale e in diverse regioni dell'Italia e della Grecia meridionali

L'urbanizzazione delle zone litoranee può risultare particolarmente rischiosa per il contesto ambientale costiero, che presenta diversi elementi già caratterizzati da notevole vulnerabilità:

- scarsità e vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e superficiali;

- perdita intensa di suolo di buona qualità (dovuta alla ristrettezza delle aree pianeggianti presenti lungo le coste mediterranee e incentivata dalla competizione con le attività agricole) e conseguente perdita dei tradizionali usi del territorio;
- crescente occupazione dei territori posti nelle valli e nei letti dei corsi d'acqua temporanei, causata dall'espansione degli insediamenti urbani;
- crescente minaccia per i fragili ecosistemi costieri, ad esempio le aree umide e i sistemi dunali, che costituiscono aree di riposo, migrazione e ripopolamento degli uccelli migratori.

Tale dinamica di urbanizzazione può essere considerata come una causa di desertificazione quando provoca una serie di effetti, diretti e indiretti:

- perdita irreversibile di suoli (in particolare quelli più produttivi e dunque adatti alle coltivazioni) dovuta alla impermeabilizzazione della coltre pedologica necessaria per la costruzione di nuove strutture ed infrastrutture, per gli scavi per lo smaltimento dei rifiuti ecc. ;
- perdita irreversibile di vegetazione e siti naturali e dei loro fragili ecosistemi;
- alterazione del regime idrologico e aumento della frequenza delle inondazioni;
- progressivo impoverimento quantitativo e qualitativo delle risorse idriche, dovuto a sovrasfruttamento (che consegue all'aumento della domanda idrica), a salinizzazione e ad inquinamento;
- inquinamento urbano e industriale;
- crescente competizione tra fabbisogno idrico agricolo e quello urbano, che accentua la crisi nelle aree rurali;
- degrado del paesaggio, cambiamenti microclimatici ecc.

Questi problemi ambientali diffusi nel Mediterraneo del nord, sono più intensi in quelle aree dove le politiche di sviluppo economico hanno favorito il *turismo di massa* nel periodo estivo, introducendo nuovi schemi di urbanizzazione, caratterizzati da alti consumi di terra pro capite e standard di qualità di vita più esigenti. La pressione esercitata da questi movimenti di massa stagionali causa un impatto sul contesto ambientale, economico, culturale, naturale, che in alcuni casi può favorire lo sviluppo, ma in molti altri favorisce l'alterazione dei fragili equilibri.

Alla littoralizzazione non sostenibile di molte delle coste dell'Italia meridionale, contribuiscono, da oltre quarant'anni, i fenomeni di *abuso edilizio* che hanno dato forma ai numerosi "ecomostri" illegalmente costruiti lungo i litorali e che purtroppo non sono mai stati adeguatamente contrastati. Tipico esempio del fenomeno nella regione del Mediterraneo del nord è anche la penisola iberica, dove il turismo costituisce un'importante forza trainante dell'economia. Nella provincia di Alicante, in Spagna, l'urbanizzazione incontrollata lungo il litorale è riconosciuta come causa di perdita dei fragili ecosistemi costieri e di erosione costiera accelerata.

Dal 1996 al 2001 la presenza turistica sulla costa ionica lucana, caratterizzata dalla concentrazione delle attività economiche e da forti squilibri territoriali rispetto alle aree interne, è aumentata del 60% (Quaranta e Salvia, 2004). Tale crescita è principalmente attribuibile all'apertura di strutture balneari che hanno fortemente aumentato l'attrazione verso questa costa, in cui la pressione turistica, concentrata in brevi periodi dell'anno, determina un'impennata di richiesta idrica e di produzione di rifiuti.

1.2.6 Dinamiche delle attività economiche e della struttura sociale

Per comprendere come le scelte economiche possano influenzare le dinamiche di degradazione delle terre, si può considerare ad esempio la Politica Agraria Comunitaria (PAC) introdotta dall'Unione Europea che, attraverso varie forme di sostegno, ha assicurato agli agricoltori un reddito e ha contribuito allo sviluppo delle economie nelle zone meno favorite. Tuttavia, questo supporto ha accelerato i processi di intensificazione della produzione e di specializzazione del settore agricolo, anche attraverso l'utilizzo di input esterni, favorendo sistemi che generano stress ambientali. Contemporaneamente, nelle ultime decine d'anni il paesaggio del Mediterraneo del nord ha esperito un progressivo declino dell'agricoltura tradizionale a causa dell'esplosione simultanea di molte nuove attività (turismo, urbanizzazione, intensificazione delle attività agricole irrigue), che competono per l'utilizzo di acqua, suolo e altre risorse naturali, producendo effetti sulla stabilità e sulla degradazione del paesaggio e del sistema sociale in termini di inquinamento e di degradazione fisica e biologica di acque e suoli, di scarsità idrica, di erosione e dissesto idrogeologico.

Altre dinamiche economiche di grande impatto sono correlate alle politiche industriali ed ai cicli di espansione/contrazione delle aree produttive che hanno prodotto, ad esempio nel Mezzogiorno d'Italia, vasti siti dismessi ed inquinati. La globalizzazione economica contribuisce all'uscita repentina dai mercati di alcuni distretti produttivi, contribuendo a creare situazioni di disoccupazione e povertà, dove mancano le risorse per ripristini ambientali indispensabili, come ad esempio per i siti minerari della Sardegna, fonti di contaminazione per suoli e falde. Il cambiamento degli stili di vita ha a sua volta aumentato a dismisura la produzione di rifiuti, quasi sempre nel sud Europa smaltiti in discarica, con consumi enormi di suoli e grandi rischi ambientali. Molti altri esempi si potrebbero citare.

I cambiamenti della struttura sociale nei Paesi del Mediterraneo del nord costituiscono sia una causa sia un effetto della degradazione delle terre, data la forte interdipendenza tra povertà e degradazione delle risorse naturali. La povertà è infatti un fenomeno innescato da molteplici fattori (ad esempio reddito insufficiente, carenza di diritti umani, carenza di informazioni e conoscenze, mancanza di partecipazione ai processi politici decisionali) e si sviluppa quando il contesto locale è incapace di soddisfare i bisogni della popolazione locale. Il rapido ed intenso depopolamento che ne consegue spesso scoraggia la classe politica ad applicare misure per contrastare tali dinamiche, accentuando ulteriormente questi fenomeni. La popolazione che abbandona queste terre si muove verso le aree urbane o sulla costa, dove si genera un'enorme pressione sia in termini demografici che ambientali.

Alcuni fattori che hanno influenzato le dinamiche della struttura sociale sono, ad esempio:

- *Reddito*: definisce le strategie di lavorazione adottate dagli agricoltori che, se guadagnano abbastanza, si adoperano per conservare il suolo e tutelare l'ambiente (fonte di guadagno). Il supporto da parte della PAC ha assicurato un reddito adeguato agli agricoltori; tuttavia, dal momento che le sovvenzioni incoraggiano gli agricoltori a produrre di più, implicano una maggiore intensificazione della produzione e l'utilizzo di *input* esterni.
- *Età*: l'entrata nel sistema agricolo di agricoltori più giovani può fornire indicazioni sulla praticabilità a lungo termine dell'agricoltura, dato che una forza lavoro più giovane può rispondere rapidamente ai cambiamenti economici e ambientali.

- *Proprietà* dell'azienda: gli agricoltori che non possiedono una percezione di proprietà dell'azienda non sono incoraggiati ad investire in misure di conservazione del suolo o nel fare investimenti a lungo termine.

I cambiamenti della struttura sociale sono collegati alle dinamiche demografiche.

2. I PRINCIPALI PROCESSI BIOFISICI DI DESERTIFICAZIONE

2.1 Introduzione

In questo capitolo sono descritti i principali processi che concorrono alla degradazione delle terre sul territorio del Mediterraneo del nord. I processi sono indicati come principali in quanto più diffusi in termini di estensione, perché sono implicati in molte delle problematiche analizzate, e soprattutto perché sono particolarmente influenti in termini ambientali, sociali ed economici.

I processi sono stati schematizzati separatamente dalle problematiche, dato l'inevitabile coinvolgimento dei medesimi in molte delle macrocategorie individuate. Lo schema proposto (Tabella 2.1) rappresenta anche una sintesi dello studio realizzato da NRD nella prima fase del progetto RIADE – cui si fa cenno nel cap. 1 e che ha prodotto una schematizzazione dei processi di degradazione che interessano le regioni dell'Italia meridionale – e ne segue in parte la struttura, organizzata secondo tre filoni (suolo, acque, foreste). Solo 4 di questi, ritenuti preponderanti e in parte modificati, sono di seguito delineati, evidenziando – più che gli aspetti puramente tecnici delle dinamiche che li contraddistinguono – le condizioni che ne favoriscono l'insorgere, l'estensione delle aree da essi interessate nel bacino del Mediterraneo e in Italia e il peso che essi hanno sul territorio in termini ambientali e sociali. Infine (Tabella 2.2), come per le problematiche, per uno di questi processi (*Erosione del suolo*) è proposto uno schema “a gradini”, che possiede analoga impostazione e che illustra un possibile percorso metodologico per il monitoraggio per i processi anziché per le problematiche.

Tabella 2.1 - Principali processi di desertificazione relativi alle componenti “Acque”, “Foreste”, “Suoli” osservati nelle Regioni italiane ricadenti nell’Obiettivo 1 della UE, secondo quanto emerso dallo studio elaborato nel contesto del progetto RIADE

Acque	Foreste	Suoli
Inquinamento chimico organico	Riduzione della copertura forestale	Erosione
Inquinamento chimico inorganico non metallico	Declino e frammentazione della vegetazione forestale dunale a scala territoriale	Salinizzazione e alcalinizzazione
Salinazione da commistione con acque fortemente salate Eutrofizzazione	Variazione della biodiversità Riduzione della produttività biologica	Inquinamento agricolo e industriale Compattazione
Inquinamento da agenti non meglio definiti	Riduzione della disponibilità dell'habitat	Diminuzione di sostanza organica
Inquinamento da metalli pesanti	Riduzione della complessità “strutturale e compositiva” Riduzione di biomassa	Distruzione dell'attività biologica
Inquinamento da batteri e virus Degrado quantitativo	Alterazione dell'attività biologica Riduzione dello spessore degli orizzonti organici del suolo Prevalenza delle specie xerofile	Consumo di suoli agricoli

Tabella 2.2 – Esempio di schematizzazione a gradini relativa al processo “Erosione dei Suoli”

PROCESSO	AMBITO SPECIFICO	OGGETTO SI STUDIO	DPSIR	INDICATORI CANDIDATI
EROSIONE DEL SUOLO	Intensità e tipo di processo	Tipo di processo (ad esempio sheet, rill, gully), intensità del processo (stime quantitative o qualitative) incidenza spaziale.	S	EROSIONE IDRICA: presenza e frequenza rills, densità e forma dei gully, troncamento dei profili pedologici, profondità dei suoli, pietrosità superficiale ecc.
	Erodibilità (vulnerabilità al processo)	Fattori dell'erodibilità del suolo	S	EROSIONE EOLICA: velocità del vento, forme di erosione/deposizione eolica.
	Conseguenze sui suoli	Diminuzione del contenuto di materia organica Riduzione dell'approfondimento radicale Perdita quantitativa di suolo Degradazione della struttura	S S S S	indice di dispersione, % del contenuto in limo ed argilla, contenuto di sostanza organica, ritenzione idrica, % della copertura vegetale ecc. contenuto di sostanza organica profondità utile dei suoli profondità dei suoli indice di dispersione, % del contenuto in limo ed argilla, contenuto di sostanza organica, indici di stabilità strutturale.
	Conseguenze “off-site”	Sedimentazione e copertura di suoli a valle, interrimento degli invasi, danni meccanici alle infrastrutture causati da trasporto solido.	I	Produzione e trasporto di sedimenti a valle di bacini; costo del ripristino della capacità degli invasi, danni da alluvione causati da eccessivo trasporto solido ecc.
	Fattori predisponenti del territorio	Erosione accelerata da incendi forestali, precipitazioni brevi ed intense, pendii acclivi, clima semi-arido che sfavorisce il ripristino naturale della vegetazione.	P	Frequenza e violenza degli incendi; velocità di ricopertura vegetale in relazione al clima; Erosività delle piogge in relazione ai periodi di suolo nudo; ecc.
		Risorsa pedologica non propriamente valutata e gestita, pratiche agricole che determinano rimozione della copertura vegetale e degrado fisico del suolo.	P	Usi del suolo inadeguati (incrocio land use-land suitability), lavorazioni a ritocchino, % dei pendii coltivati oltre soglie critiche di pendenza ecc.

Anche se non costituiscono in senso stretto un processo di degrado, tra di essi sono stati inseriti i cambiamenti climatici perché costituiscono un fondamentale fattore che predispone ai fenomeni di desertificazione nel bacino del Mediterraneo e in alcuni casi possono essere determinanti nell'innescare o intensificare certi processi di degrado (per esempio gli aumenti di temperatura nel processo di salinizzazione, gli aumenti di intensità degli eventi piovosi nei processi erosivi).

I processi identificati sono:

- a. erosione del suolo;
- b. salinizzazione del suolo;
- c. asportazione/impermeabilizzazione dei suoli;
- d. alterazione degli ecosistemi forestali;
- e. cambiamenti climatici.

2.1.1 Erosione dei suoli

L'erosione è uno dei principali processi di degradazione delle terre sia in termini di ripercussioni economiche sia di estensione delle aree affette. L'erosione dei suoli rimuove progressivamente l'orizzonte superficiale del suolo, che contiene la maggior parte della sostanza organica e dei nutrienti. Il processo può ridurre il valore delle terre agricole, comportando, in casi estremi, la perdita totale del suolo.

I processi erosivi in senso lato, intesi come perdita di massa, sono causati dall'azione dello scorrimento idrico superficiale, del vento e delle lavorazioni agricole improprie ("tillage erosion") e costituiscono una seria minaccia per la qualità del suolo e per la sua produttività.

L'effetto dipende dalla natura e dalla qualità del suolo, infatti la produttività di un suolo profondo e con buone proprietà può rimanere a lungo relativamente inalterata, mentre può venire compromessa per un suolo duttile o in presenza di fattori limitanti quali la presenza di un orizzonte petrocalcico.

L'erosione idrica è considerata il principale processo di degradazione del suolo nelle *drylands* a scala globale, oltre che il principale nell'Europa mediterranea (Kirkby, 2004), dove i meccanismi (quindi le cause dirette) sono fundamentalmente simili. Infatti, l'intensificarsi dei processi erosivi a scala regionale è generato da attività che provocano l'eliminazione della copertura vegetale, che costituisce il principale fattore di controllo erosivo a livello mediterraneo (Thornes, 2001) poiché smorza sia l'energia cinetica delle gocce di pioggia, che il deflusso superficiale. Inoltre la biomassa vegetale contribuisce a conservare la stabilità strutturale del suolo.

Le cause più diffuse di questo denudamento sono (Le Houérou, 1990):

- deforestazione dovuta a sovrasfruttamento delle coperture forestali;
- sovrapascolamento a lungo termine e sistemi di pascolamento inadeguati;
- incendi forestali;
- eliminazione della vegetazione a scopo di coltivazione in aree marginali;
- lavorazioni eseguite con tecniche improprie;
- pratiche agricole, rotazioni o distribuzione delle colture inadeguate;
- impoverimento di nutrienti nel suolo;
- schemi di irrigazione inappropriati.

Come espresso da Aru et al. (2006), fenomeni erosivi, a volte anche di intensità rilevante, interessano numerose zone dell'Italia meridionale. In Campania, nelle zone di Sarno, Quindici, Campi Flegrei, Ischia e Roccamonfina, i suoli privi di copertura vegetale sono estremamente vulnerabili nei confronti dell'erosione idrica accelerata, innescata dal ruscellamento proveniente da strade o aree con roccia nuda, mentre in Puglia l'erosione è causata da livellamenti della superficie – praticati nelle Murge baresi e salentine e sul tavoliere di Foggia per arginare la degradazione della struttura – che predispongono il terreno ai processi di erosione. È stato stimato che con tali lavorazioni non razionali circa 100.000 ha di superficie potrebbero essere interessati dai processi di desertificazione. In Val d'Agri fenomeni erosivi particolarmente intensi sono innescati a causa dell'influenza climatica e della predisposizione naturale di queste aree, soprattutto nei pendii privi di copertura vegetale.

Il versante ionico calabrese e la Piana di Sibari sono caratterizzati dalla presenza di suoli originati da substrati argillo-limosi, su cui le tecniche di coltivazione che privano il territorio di protezione ed il clima mediterraneo esercitano una forte influenza nei processi erosivi idrici. Inoltre nelle aree della regione in cui sono stati realizzati impianti di eucalipti sono in atto processi di erosione diffusa di tipo calanchivo. Le condizioni descritte hanno diffuso, soprattutto nella provincia di Crotona, le *badlands* che occupano il 50,8% del territorio con conseguente impoverimento ambientale, economico e sociale della regione.

In Sicilia i cambiamenti degli ordinamenti colturali (seminativi e mandorleti sono passati ad agrumeti, vigneti e colture ortive) causano grossi squilibri nel territorio, in termini di desertificazione.

Per quanto riguarda la Sardegna, fenomeni di erosione accelerata particolarmente intensi sono stati rilevati in vasti comprensori collinari interni, su litologie prevalentemente granitiche e metamorfiche, dove l'intervento antropico ha eliminato la vegetazione naturale, mentre nelle aree con vegetazione ad eucalipto il trasporto solido è quasi doppio rispetto alle aree attigue ricoperte da vegetazione naturale arbustiva ed erbacea.

2.1.2 Salinizzazione dei suoli e acque

La salinizzazione dei suoli costituisce uno dei più vecchi e seri problemi ambientali per la produttività agricola. Nelle zone costiere la diminuita disponibilità di acqua dolce, per riduzione di piovosità, per il progressivo peggioramento qualitativo dei corpi idrici superficiali e profondi, per crescita demografica ed industriale, per l'ampliarsi del degrado dei terreni coltivati, ricade all'interno di una sorta di "circolo vizioso". La mancanza di acque di buona qualità, soprattutto nei periodi più secchi, costringe gli operatori a far uso di acque provenienti da falde più o meno profonde.

A seconda dell'origine della salinità dei suoli è possibile distinguere (Fierotti, 1999) una salinizzazione primaria, che è un fenomeno naturale, ed una salinizzazione secondaria di origine antropica, che deriva principalmente da una cattiva gestione dell'irrigazione. Il problema diviene particolarmente gravoso nelle aree costiere dove si fa uso di acque salmastre. Questo fenomeno è frequente nei terreni irrigati, a causa dell'apporto diretto dei sali contenuti nell'acqua, che si concentrano in seguito all'evapotraspirazione, oppure a causa dell'innalzamento del livello delle falde acquifere. Le falde possono così rifornire di sali il terreno, o direttamente (nel caso si tratti di falde sub-superficiali) o attraverso la risalita capillare (Lovelli et al., 2001).

Questo implica un'irrigazione con acque sempre più salate, soprattutto se un drenaggio rallentato del suolo non consente una spontanea perdita di sali verso gli strati più profondi. Fra le cause antropiche, possono creare condizioni di salinità anche l'uso eccessivo di concimi chimici, delle acque invase in serbatoi artificiali, di quelle utilizzate nelle coltivazioni sotto serra, di quelle reflue urbane (Fierotti, 1999) o anche sovrappascolamento e deforestazione in ambienti semi-aridi (Postiglione, 2002).

I suoli salinizzati occupano a livello globale una superficie di 954 milioni di ettari, corrispondenti a poco più del 10% delle terre emerse (Szalbolcs, 1989) ed aumentano con un ritmo pari a 2.000.000 di ha l'anno (Perniola e Tarantino, 2001). Dei 227 milioni di ettari di terreni irrigati ben 76,6 milioni presentano i caratteri propri dei suoli salini e di essi il 20% (Szalbolcs, 1989) è interessato da salinità indotta.

Per quanto riguarda i paesi che si affacciano sul mar Mediterraneo (Tabella 2.3), questi suoli occupano una superficie di circa 20 milioni di ettari, di cui 450.000 si trovano in Italia, anche se, secondo Fierotti, (1999), si tratta di un dato sottostimato per il vertiginoso aumento delle aree rese irrigue negli ultimi decenni e per il crescente ricorso ad acque anomale. La situazione più grave si osserva in Egitto, dove una percentuale elevatissima della SAU è affetta da salinità.

In Italia non si conosce in maniera precisa l'estensione delle terre affette da salinità e mappe dettagliate sono disponibili solo per poche aree; inoltre non esiste una cartografia di dettaglio dei suoli affetti da salinità, che tenga conto della loro distribuzione nello spazio, oltre che delle loro caratteristiche chimico-fisiche e della destinazione agricola (Fierotti, 1999).

Secondo quanto riportato da Aru et al. (2006) nello studio elaborato nell'ambito del progetto RIADE, fenomeni di salinizzazione collegati ad ingenti prelievi idrici dai pozzi a scopo prevalentemente agricolo interessano la Puglia nelle Murge baresi e salentine, lungo l'Arco Ionico e nell'area del Tavoliere.

Tabella 2.3 - Distribuzione dei suoli affetti da salinità nelle regioni mediterranee

Paese	Sup. totale km²	Sup. affetta km²	%
Portogallo	92.161	250	0,3
Spagna	490.777	8.400	1,7
Francia	551.208	2.500	0,5
Italia	301.226	4.500	1,5
Jugoslavia	255.804	2.550	1,0
Albania	28.738	25	0,09
Grecia	132.562	35	0,02
Turchia	768.220	25.000	3,3
Siria	184.479	5.320	2,9
Israele	20.678	280	2,8
Egitto	1.000.000	73.600	7,3
Libia	1.759.540	24.570	1,4
Tunisia	164.150	9.900	6,0
Algeria	2.200.000	31.500	1,4
Marocco	444.000	11.480	2,6
Totale	8.394.538	199.910	2,4

(modificata da Fierotti, 1999)

In Calabria (aree di Cariati, Crotone, Stretto di Messina, pianure tirreniche di Gioia Tauro e S. Eufemia, piana di Sibari) i processi di salinizzazione nelle aree costiere sono legati all'ingresso del cuneo salino, alla subsidenza dovuta ad emungimento di acqua da falde in pressione ed alla frequenza di crisi di siccità. Anche la Sardegna, nelle zone di Muravera, Villaputzu, Santa Lucia, Arborea, negli ultimi decenni è stata interessata da un aumento graduale della salinità dei suoli che ne ha compromesso la produttività. Nella fascia meridionale della Sicilia i fenomeni di salinizzazione sono legati ai consistenti emungimenti di acqua di falda che gli operatori agricoli attuano a scopi agricoli, mentre nei territori di Gela e Licata la presenza di sali di sodio delle sciare determina la formazione, a seguito di un utilizzo irriguo delle acque del fiume Salso, di un crostone superficiale che rende i suoli improduttivi. In Basilicata nell'arco ionico metapontino (Perniola e Tarantino, 2001) la salinizzazione dei suoli è principalmente causata dall'utilizzo di acque irrigue ad alto contenuto salino, dato che fenomeni intrusivi si verificano frequentemente negli acquiferi sovrasfruttati delle acque di pozzo o quando la falda non viene ricaricata dalle piogge invernali perché troppo scarse.

2.1.3 Impermeabilizzazione e asportazione di suoli

Il consumo di suoli dovuto ad asportazioni (sbancamenti, movimentazioni ecc.) o impermeabilizzazioni (creazione di superfici artificiali) è generalmente associato allo sviluppo urbano incontrollato che, nel corso degli ultimi decenni, ha interessato vaste aree del bacino del Mediterraneo, spesso caratterizzate da suoli particolarmente fertili, agricoli o seminaturali (Fierotti e Zanchi, 1998; Sommer et al., 1998).

Le asportazioni di suoli implicano l'eliminazione di grandi volumi di materiale pedologico, la cui formazione è avvenuta su scale temporali molto lunghe, per fare posto a costruzioni e/o a reti viarie. Nelle situazioni in cui non esistono strumenti di pianificazione del territorio o di uso del suolo, tali eliminazioni avvengono spesso e volentieri a spese di suoli di pianura particolarmente fertili, che dovrebbero invece essere preservati per la produzione agricola, o di suoli su cui si fondano ecosistemi vegetali caratterizzati da alta biodiversità, come quelli della macchia che caratterizza il paesaggio mediterraneo.

Una delle regioni italiane in cui questo tipo di problematiche ambientali risulta particolarmente evidente è la Sardegna, dove la mancanza di strumenti di pianificazione ha provocato intensi fenomeni di *land degradation*, causati dal notevole consumo di suoli a scapito di aree adatte alle attività agricole nelle principali aree urbane. Ad esempio, il Comune di Alghero ha subito una elevata perdita di suoli, sia in termini qualitativi che quantitativi, principalmente causata dalla crescita urbana avvenuta nel corso degli ultimi 50 anni, a scapito dei suoli potenzialmente più adatti ad una agricoltura intensiva e dunque produttivi anche in termini economici (D'Angelo et al., 2001).

Con i processi di impermeabilizzazione, i suoli naturali sono ricoperti da materiale estraneo, come il catrame o il cemento, per costruire nuove vie di comunicazione e di trasporto o parcheggio o creare altre superfici artificiali. La relazione tra aumento della popolazione e impermeabilizzazione dei suoli è complessa, ma generalmente il processo segue l'andamento della domanda connesso all'aumento della pressione della popolazione sul territorio (Kapur e Akça, 2001).

Oltre alla perdita di suolo, tali modificazioni del territorio, combinate con intrinseca vulnerabilità all'erosione e ad assenza di copertura vegetale, possono contribuire all'innescare di profondi squilibri idrogeologici. Infatti, le interruzioni della copertura pedologica possono innescare processi di ruscellamento superficiale che favoriscono lo slittamento di materiale verso il basso, fino a provocare eventi franosi dalle gravissime conseguenze ambientali e sociali, come si è verificato nel 1997 in Campania nei territori di Sarno e Quindici (Vacca e Marrone, 2003).

Dati dell'ONU indicano che a livello globale 2 miliardi di ettari di terre sono affette da degradazione dei suoli causata da attività antropiche e, in particolare, ogni anno 20 milioni di terre agricole sono degradate come risultato di produzioni colturali inadeguate o perse per espansione urbana (Kapur et al., 2004). Secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente (2000), in Europa l'impermeabilizzazione dei suoli costituisce una delle principali tipologie di desertificazione e la perdita di suoli a causa di una crescita urbana incontrollata e costruzione di infrastrutture per i trasporti si verifica con dinamiche simili anche in diversi paesi dell'Europa settentrionale, come Germania, Svizzera, Belgio, Olanda, Lussemburgo. Nei Paesi del bacino del Mediterraneo (Spagna, Italia, Francia meridionale, Grecia, Turchia, Egitto, Tunisia, Algeria, Libano) l'impermeabilizzazione dei suoli è fortemente legata all'espansione delle attività turistiche concentrate nelle aree costiere ed è probabile che queste pressioni aumentino, a meno che non venga introdotto un programma di gestione sostenibile del territorio per la regione (Kapur et al., 1999).

2.1.4 Alterazione degli ecosistemi forestali

Il degrado degli ecosistemi forestali implica il declino della funzionalità di beni o servizi che il sistema ambientale può soddisfare in relazione alle necessità umane. Nel caso dei sistemi forestali mediterranei, tale degrado può interessare almeno due funzioni (Barbati e Corona, 2006):

- produzione di beni (prodotti legnosi, sughero, ghianda, frasca, frutti di bosco, funghi ecc.) e di servizi (conservazione del suolo, valorizzazione del paesaggio, assorbimento di carbonio, ecc);
- conservazione dei patrimoni genetici e della biodiversità attraverso la struttura e la complessità organizzativa della comunità forestale.

Quando si osserva la perdita di una o più di queste funzioni i fenomeni di degrado dei sistemi forestali possono essere considerati a tutti gli effetti come processi di desertificazione in atto, in linea con il concetto enunciato dalla UNCCD (UNEP, 1994), secondo cui la degradazione delle terre comporta «diminuzione o scomparsa della produttività biologica o economica e della complessità delle terre coltivate non irrigate, delle terre coltivate irrigate, dei percorsi, dei pascoli, delle foreste o delle superfici boschive (...)».

I fattori che contribuiscono alla alterazione dei sistemi forestali nella sponda nord del bacino del Mediterraneo sono originati nella quasi totalità dei casi da pressioni antropiche sulle risorse e, per quanto riguarda l'Italia mediterranea, i principali fattori sono (Barbati e Corona, 2006):

- pressione sulle risorse forestali da parte delle attività pastorali;
- incendi forestali;
- deperimento delle specie quercine e degrado delle sugherete;
- rimboschimenti con specie esotiche;
- degrado e deperimento della vegetazione forestale costiera.

Il fattore determinante nell'innescò e nella propagazione degli incendi boschivi nelle aree mediterranee è l'azione umana. I dati forniti dal WWF (1992), relativi al periodo 1981-1985, indicano che il 32% degli incendi è di origine dolosa, contro il 23% d'origine colposa e più del 40% di causa sconosciuta, in accordo con quanto riportato nelle statistiche UNECE/FAO (1990). In Italia, le punte massime si registrano in Sardegna, Campania e Calabria, con un'incidenza percentuale di incendi volontari superiore al 70%. Inoltre, se i fattori d'origine antropica rappresentano la causa (dolosa o colposa) d'innescò degli incendi forestali, le condizioni d'aridità estiva, di deficit idrico nei suoli e l'elevata infiammabilità della vegetazione forestale mediterranea rappresentano fattori naturali predisponenti la propagazione degli incendi.

La ricostituzione della copertura vegetale può essere molto lenta in presenza di condizioni stazionali fortemente limitanti (ventosità, lunghi periodi aridi, piogge irregolari).

La maggior parte delle Regioni italiane vulnerabili alla desertificazione sono state interessate nel corso del '900 da attività di rimboschimenti con specie esotiche, prevalentemente condotte da un lato con finalità produttive, dall'altro con l'intento di contrastare i processi di erosione attraverso il ripristino di una copertura forestale sui versanti. Tali interventi non sempre si sono dimostrati efficaci, poiché l'impianto su vasta scala in territori a elevata variabilità edafica è stato spesso realizzato in aree non idonee alle esigenze ecologiche di specie a rapido accrescimento, come ad esempio l'eucalipto. Inoltre l'introduzione di specie esotiche negli ecosistemi originari ha a volte causato un peggioramento della qualità ambientale, che si è manifestato mediante variazioni della biodiversità originaria (alterazioni floristiche e riduzione della diversità faunistica), laddove gli impianti sono stati realizzati in seguito ad una eliminazione della vegetazione spontanea (Barbati e Corona, 2006).

L'impianto di specie esotiche sul versante ionico crotonese ha interessato terreni precedentemente destinati a pascolo e alla coltivazione con l'intento di recuperarne in tempi brevi la capacità produttiva, attraverso produzioni legnose a ciclo breve che non sempre hanno prodotto i risultati attesi. Impianti hanno caratterizzato diverse zone della Sicilia per il recupero di suoli argillosi intensamente erosi e successivamente per la produzione di cellulosa per industria cartaria.

Il degrado degli ecosistemi forestali come conseguenza dell'espansione su scala territoriale delle attività pastorali è un fenomeno segnalato in tutte le regioni dell'Italia mediterranea peninsulare e insulare. L'impatto del pascolamento sulla dinamica della vegetazione forestale in Sardegna e Sicilia – le due regioni in cui il fenomeno si manifesta con maggiore evidenza – si esprime sulla “fisionomia della vegetazione forestale, semplificata rispetto ai livelli di complessità strutturale e compositiva potenzialmente raggiungibile in rapporto alle condizioni stazionali” (Barbati e Corona, 2003).

Un'espansione non correttamente pianificata delle attività pastorali nei territori forestali, può avere diversi effetti, che in primo luogo comportano una variazione nella composizione floristica dei pascoli dovuta ad una pressione specifica nei confronti delle specie più appetibili per gli animali. A scala territoriale conseguono diminuzione dei territori forestali e diffusione di superfici forestali con scarso grado di copertura e di tipologie vegetazionali, sintomo di forme di degrado dei sistemi forestali gariga, cespuglieti, macchie degradate). A scala locale conseguono riduzione della produttività biologica, prevalenza delle specie xerofile, fenomeni erosivi, diminuzione dello spessore degli orizzonti organici, alterazione nella attività biologica del suolo e nella struttura della pedofauna.

Il deperimento delle specie quercine è una sindrome complessa causata dall'interazione di fattori abiotici e biotici che agiscono, a seconda dei casi e delle situazioni, in una varietà di combinazioni con tempi e ritmi differenti. In Italia essa colpisce, con incidenza variabile a seconda della stazione e dell'area geografica, la maggior parte delle specie quercine (farnia, farnetto, cerro, roverella, leccio e sughera), ciascuna delle quali manifesta un insieme distintivo di sintomi e di diversi tempi (Ragazzi et al., 2000).

Le foreste di sughere, nelle aree del Mediterraneo svolgono diverse funzioni produttive d'interesse per le attività umane, come la produzione di sughero, di legna e di ghiande per il pascolo e, in alcuni casi, esse fanno parte di veri e propri sistemi integrati agro-silvo-pastorali, noti come *dehesas* (Spagna) o *montados* (Portogallo), dove alle produzioni già citate si aggiunge la coltivazione di cereali o foraggio. La progressiva trasformazione delle foreste di sughera verso sistemi agricoli ha spesso comportato fenomeni di degrado nella struttura e nella funzionalità delle biocenosi e un declino della loro presenza a scala territoriale come in Sardegna (Iglesiente, Gallura, Marghine e Planargia) e in Alentejo (Portogallo).

Il degrado dei boschi di sughera in Sardegna costituisce un serio processo di desertificazione ed è attribuibile all'azione di fattori concomitanti e consequenziali (incendi, lavorazioni del terreno, insetti litofagi, potature, pascolamento) che si manifestano con semplificazione strutturale dei popolamenti, maggiore vulnerabilità agli attacchi patogeni, presenza esclusiva di individui d'origine agamica.

In Campania le forme più gravi del deperimento delle specie quercine nella zona di Sala Consilina, si manifestano durante le annate siccitose con popolamenti densi (in termini di struttura) o situati su suoli scadenti; bilanci idrici più favorevoli non incidono su una regressione del deperimento, se i popolamenti colpiti sono situati nelle condizioni edafiche e colturali più sfavorevoli.

Le coste sabbiose e le dune litoranee, costituiscono ambienti tipicamente mediterranei distribuiti anche lungo tutta la penisola italiana, con maggiori concentrazioni sulle coste dell'Adriatico settentrionale, del Tirreno centrale e della Sardegna e che possono ospitare ecosistemi di notevole interesse conservazionistico. Purtroppo, la sopravvivenza di questi ambienti è minacciata da molteplici alterazioni ambientali e pressioni antropiche. Ad esempio, il responsabile del degrado e del deperimento di tali formazioni lungo il litorale pugliese è l'aerosol marino inquinato, trasportato sulle chiome della vegetazione costiera dalle brezze marine. Il degrado della vegetazione diminuisce andando dalla linea di costa verso l'interno e i danni interessano, per una fascia di 100 m a partire dalla linea di costa, anche le specie più adattate all'ambiente marino.

In Sardegna il degrado e il deperimento delle formazioni forestali d'ambiente dunale è principalmente causato da costruzione di tracciati che tagliano perpendicolarmente le dune, favorendo l'azione del vento e quindi l'innescò di processi erosivi delle dune.

2.1.5 Cambiamenti climatici

Il contesto climatico delle ultime annate, caratterizzato da lunghi periodi secchi alternati a brevi periodi di freddo e precipitazioni intensi, anche in zone normalmente non soggette a questi fenomeni, si inserisce, secondo molti ricercatori, nel quadro più ampio dei cambiamenti del clima globale.

Tali variazioni assumono un ruolo importante, in particolare se analizzate nell'ottica delle influenze che esse hanno sui processi di desertificazione poiché favoriscono alcuni processi di degrado, in primo luogo erosione e salinizzazione. Inoltre se i cambiamenti climatici avvengono in un arco temporale così breve da non consentire un adattamento evolutivo alle specie animali e vegetali che popolano il territorio interessato da tali variazioni, alcune specie possono essere destinate all'estinzione.

La desertificazione è connessa a certe caratteristiche climatiche quali l'aridità, la siccità e l'erosività delle precipitazioni. Dunque una variazione di questi fattori in un certo contesto territoriale implica inevitabilmente variazioni dell'intensità con cui i fenomeni di desertificazione si manifestano.

L'aridità è una caratteristica climatica determinata dalla contemporanea scarsità della pioggia e dalla forte evaporazione che sottrae umidità ai terreni.

La siccità è un fenomeno che colpisce anche aree non aride nel caso in cui le precipitazioni periodicamente presentano lunghi periodi nei quali sono inferiori ai livelli medi. La siccità nelle zone aride può rompere il fragile equilibrio fra risorse ambientali ed attività produttive provocando crisi alimentari, abbandono di territori, migrazioni e conflitti.

Simulazioni condotte dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hanno evidenziato che il clima del pianeta sta subendo cambiamenti che potrebbero portare a trasformazioni profonde.

Per il sud europeo e per i Paesi mediterranei in generale gli effetti di maggior rilievo che una variazione del clima potrà determinare in relazione alla desertificazione interesseranno:

- *Sfruttamento delle risorse idriche*

La diminuzione degli apporti meteorici e l'aumento del tasso di evapotraspirazione ridurrà la disponibilità delle acque. Secondo alcuni scenari climatici tenderanno ad aumentare le differenze tra nord Europa, interessata da un eccesso di acqua, e sud Europa dove invece risulterà carenza idrica.

- *Qualità dei suoli*

I suoli tenderanno a deteriorarsi in tutta l'Europa. Nelle zone settentrionali il degrado potrà essere provocato principalmente da fattori antropici come contaminazione, perdita di sostanza organica, destrutturazione o compattazione del suolo, mentre quelle meridionali saranno interessate da accelerazione dei fenomeni di erosione e di salinizzazione già in atto.

- *Aumento della temperatura media*

Le conseguenze più immediate saranno l'incremento di aridità nell'area mediterranea che a sua volta provocherà l'aumento degli incendi boschivi e l'aumento dei rischi di modifica degli ecosistemi e della biodiversità animale e vegetale.

- *Aumento di anidride carbonica in atmosfera*

Questo potrebbe comportare un aumento della produttività agricola soprattutto del nord e del centro Europa, compresa l'Italia settentrionale.

- *Aumento del livello del mare*

Gli effetti più evidenti si manifesteranno con la perdita delle zone umide costiere, l'aumento dell'intrusione di acqua marina nelle falde costiere, compromettendo la qualità delle risorse idriche locali e quindi dell'agricoltura. Infine, potrà avvenire una marcata

erosione e un conseguente arretramento delle coste basse e delle spiagge ottenute con opere di difesa o di zone bonificate.

- *Alterazione delle comunità vegetali*

Conseguenze negative per le specie vegetali in presenza di cambiamenti climatici sono rappresentate da una variazione della loro distribuzione geografica (Huntley, 1991). Tali cambiamenti comporteranno un “riassortimento” delle specie vegetali poiché le specie più adattabili potrebbero ampliare il loro areale di distribuzione formando nuove comunità vegetali, a scala locale, dando origine a mosaici di habitat forestali a scala territoriale. Nelle aree “riscaldate” potrebbe verificarsi una caduta di biodiversità dovuta alla degradazione o alla scomparsa delle foreste originariamente presenti.

2.2 *Impatti: le conseguenze più diffuse*

In relazione alle problematiche e ai processi appena visti, le conseguenze più comuni e in maggior misura legate al tema desertificazione riguardano principalmente fenomeni di:

a) *Degradazione chimico-fisica del suolo*

La manifestazione principale della degradazione fisica del suolo è la perdita di volume, oltre che la diminuzione del contenuto di sostanza organica e l’indebolimento strutturale. La struttura è la proprietà del suolo che determina stabilità, e quindi resistenza alle alterazioni ed influenza alcune funzioni fondamentali, come la possibilità di approfondimento radicale per le piante e la capacità di infiltrazione e di ritenzione idrica. La struttura è a sua volta determinata da una serie di caratteristiche, in primo luogo dalla porosità, che costituisce l’insieme dei “vuoti” che possono contenere soluzione acquosa. Dunque, un suolo ben strutturato possiede una porosità adeguata per la crescita delle piante, poiché è costituita da un rapporto equilibrato tra macroporosità (in cui l’acqua non viene trattenuta nei canali) e microporosità. Perciò, alle variazioni di porosità conseguono alterazioni delle funzioni di approfondimento radicale e di capacità di immagazzinamento d’acqua nel suolo e quindi di crescita delle piante.

Tra le cause più comuni e diffuse dell’alterazione delle strutture figurano:

- l’impiego di lavorazioni agricole meccaniche non sostenibili, responsabili della rottura degli aggregati o dei fenomeni di compattazione delle parti più superficiali del suolo (Yassoglou et al., 2001);
- l’impatto al suolo delle gocce di acqua piovana che può provocare compattazione;
- la perdita di sostanza organica, che funge da cementante per le particelle di suolo;
- deflocculazione delle argille a causa di eccesso di sodio.

Lavorazioni meccaniche ripetute a lungo danneggiano sia la porosità del suolo sia l’attività biologica. L’aratura produce una struttura sciolta ad elevata macroporosità, che risulta molto instabile e che dopo la prima pioggia e i cicli di inumidimento ed essiccazione può evolversi in una struttura compatta, spesso associata a croste superficiali.

L’incrostamento superficiale è la formazione di un sottile strato sulla superficie del suolo, in seguito all’azione battente delle gocce di pioggia sugli aggregati (Kosmas e Tsara, 2004). Esso è caratterizzato da porosità ridotta e alta resistenza alla penetrazione, poiché il collasso degli aggregati che avviene nel periodo umido genera uno strato di fango disperso che causa l’occlusione dei macropori superficiali. Nel periodo secco tale strato si restringe, divenendo una dura e densa crosta che riduce l’infiltrazione idrica nel suolo,

ritarda gli scambi gassosi suolo-atmosfera, inibisce l'emergenza delle piante, favorisce lo scorrimento superficiale di acqua e facilita la perdita di sedimenti.

b) Variazione della disponibilità e della qualità idrica

Le variazioni della disponibilità idrica si possono verificare innanzi tutto in funzione dei cambiamenti climatici: ad esempio, temperature più elevate implicano maggiori perdite per evaporazione, sia reali che potenziali. Ogni cambiamento nell'ammontare delle precipitazioni può alterare la disponibilità idrica per le piante e un aumento di temperatura implica un utilizzo maggiore di acqua nei processi fisiologici degli ecosistemi (Imeson, 2004). La disponibilità d'acqua deve accordarsi con le richieste della coltura stessa, in particolare durante la crescita, periodo in cui le colture sono più sensibili allo stress idrico. Inoltre, spesso le variazioni di disponibilità idrica costituiscono un problema connesso agli usi competitivi delle risorse acqua e l'impiego idrico può variare in base agli stili di vita ed ai comportamenti sociali.

I cambiamenti della disponibilità idrica sono legati a più di una delle problematiche esaminate poiché possono condurre all'abbandono delle terre e quindi alla migrazione verso le aree urbane. Nello specifico, i cambiamenti di *land use* hanno un forte impatto sulla disponibilità idrica poiché ogni tipologia ha un suo specifico profilo d'utilizzo.

c) Perdita di biodiversità

L'alterazione della biodiversità che caratterizza gli ecosistemi del bacino del Mediterraneo comporta una perdita di valore sia in termini scientifici e naturalistici, ma anche culturali, come sottolineato da Sorlini e Amadio (1998).

La perdita di biodiversità su scala globale può essere stimata attraverso degli indici che forniscono una misura quantitativa dei tassi di estinzione delle specie, le cui cause sono da ricercarsi in:

- riduzioni e frammentazioni degli habitat in seguito ad azioni di deforestazione e/o disboscamenti, incendi, opere di bonifica, uso insostenibile o non compatibile delle risorse naturali;
- gestione non sostenibile e conseguente alterazione delle caratteristiche strutturali e funzionali degli ecosistemi (ad esempio la riproduzione);
- introduzione (deliberata o accidentale) di specie alloctone su un territorio che non costituisce l'originale areale distributivo, con conseguente squilibrio degli ecosistemi originari dovuto alla nuova competizione con le specie autoctone;
- cambiamenti climatici nel corso di periodi relativamente brevi;
- inquinamento.

Per quanto riguarda gli habitat e gli ecosistemi vegetazionali, ed in particolare quelli forestali, la degradazione consiste in una temporanea o permanente riduzione della densità della struttura, della composizione delle specie e della produttività della copertura vegetale. Nel bacino del Mediterraneo il lungo periodo di attività antropiche ha fortemente limitato le aree a vegetazione autoctona.

La semplificazione della varietà biologica ha investito anche gli agroecosistemi, in cui la diffusione sempre più ingente delle monocolture di cereali ha ampiamente aggravato i processi di degradazione delle terre, oltre ad aver comportato una perdita di materiale genetico tradizionale a favore di *cultivar* alloctone molto più esigenti. Solo recentemente è stata riscontrata l'adozione di *cultivar* locali tradizionali.

Parte Seconda

Rassegna e analisi di indicatori di desertificazione
sviluppati e/o proposti in Italia e all'estero

3. GLI INDICATORI DEL RISCHIO DI DESERTIFICAZIONE

3.1 Introduzione

Tra gli indicatori già in uso o già sviluppati e/o proposti da enti nazionali ed internazionali in Italia e all'estero gli indicatori del rischio di desertificazione forniscono contributi tecnici e conoscitivi riguardo alle aree affette da desertificazione e possono essere utilizzati nell'ambito dei Piani d'Azione Nazionali.

Infatti l'individuazione delle aree a rischio di desertificazione e la conoscenza delle cause di degradazione delle terre sono i passi preliminari per attuare una strategia di gestione per combattere i fenomeni in atto in territori che non sono desertificati, ma che sono avviati verso la desertificazione. L'identificazione di aree a rischio a livello nazionale dovrebbe essere uno strumento per identificare le priorità di intervento, incluse le politiche di conservazione di tali aree, attraverso il coinvolgimento degli utilizzatori finali a livello subnazionale e l'implementazione di indicatori non disponibili a livello regionale.

Esaurienti fonti di tali informazioni sono i risultati dei lavori dei progetti MEDRAP, AID-CCD⁴, DESERTNET⁵, ed altre o precedenti ricerche condotte da NRD⁶.

Gli indicatori del rischio di desertificazione sono generalmente costruiti attraverso metodologie basate sull'analisi dei valori di alcuni indici biofisici e socio-economici, – principalmente di pressione, di stato e di risposta – che, attraverso una precisa combinazione, portano all'individuazione delle aree a rischio di desertificazione, ossia all'identificazione del grado di risposta e resistenza degli ecosistemi agli stress prodotti da agenti esterni (Luise et al., 2004). Ciascuno dei parametri considerati viene ponderato in relazione alla sua influenza sui processi di desertificazione, così da ottenere una serie di classi.

⁴ AID-CCD - Active exchange of experience on Indicators and Development of Perspectives in the context of UNCCD

Il progetto è stato sviluppato allo scopo di promuovere lo scambio di esperienze a livello globale sulla desertificazione attraverso il coinvolgimento di istituzioni scientifiche. AID-CCD ha previsto l'organizzazione di due seminari (in Cina e in Namibia) nell'ambito degli indicatori di desertificazione e dei relativi fabbisogni di dati.

⁵ DESERTNET - Monitoraggio e azioni per Combattere la Desertificazione nell'Europa Mediterranea

Il progetto mira allo studio e al monitoraggio finalizzati alla gestione sostenibile delle aree minacciate dalla Desertificazione nel Mediterraneo Europeo con il coinvolgimento di dieci regioni italiane e spagnole e partners scientifici. Sono stati creati una Piattaforma di Servizi per le Regioni del Mediterraneo, un network di azioni Pilota e di utilizzatori, un Osservatorio Interregionale per Combattere la Desertificazione.

⁶ NRD ha svolto varie attività di ricerca sulla necessità e sulla disponibilità di dati utili allo studio della desertificazione. Per quanto concerne gli indicatori, NRD ha organizzato i seguenti eventi:

- Seminario Internazionale: "Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean" (Porto Torres, 18-20 September 1998);
- Workshop internazionale "Desertification Convention: data and information requirements for interdisciplinary research" (Alghero, 9-11 October 1999).

Nell'ambito del progetto RIADE è stato elaborato lo studio in merito a "Caratterizzazione dei fenomeni di desertificazione nell'Italia meridionale e insulare", al fine di fornire una visione sistematica delle conoscenze disponibili sulla desertificazione.

I valori ottenuti vengono poi elaborati attraverso Sistemi Informativi Geografici (GIS), per produrre mappe di sensitività e di vulnerabilità, costruite con l'obiettivo di fornire un supporto alle decisioni di gestione e di politica del territorio. Grecia, Italia, Portogallo, Spagna e Turchia hanno selezionato a questo scopo indicatori nazionali (fisici, ecologici, socioeconomici e istituzionali), dei quali i più utilizzati risultano l'Indice di Aridità e gli indicatori relativi alle caratteristiche pedologiche e di perdita del suolo.

In tal senso, il progetto DESERTNET ha messo a punto l'implementazione di indicatori e modelli, sulla base dei quali sarà realizzata la Carta a scala 1:250.000 delle Aree Vulnerabili alla Desertificazione per alcune regioni italiane e spagnole. Nel contesto di tale progetto è emersa l'esigenza di incrementare e favorire lo scambio di informazioni – con riferimento agli aspetti climatici della desertificazione, alla scelta di indicatori e/o indici opportuni e adeguati alle realtà locali, e alla loro elaborazione. Questa attività può costituire un modello per la messa a punto di uno studio organico ed omogeneo su ampia scala delle aree vulnerabili alla desertificazione, in grado di rendere confrontabili i risultati delle ricerche svolte nelle Regioni mediterranee coinvolte.

Un contributo fondamentale riguardo alle metodologie disponibili per definire, identificare e mappare le aree a rischio di desertificazione nei paesi del Mediterraneo del nord è stato fornito dal progetto MEDRAP. I lavori svolti in tale contesto hanno rilevato l'esigenza di sviluppare indicatori biofisici e socioeconomici attraverso una metodologia che tenga conto dei criteri europei già esistenti.

Il Comitato Scientifico e Tecnologico della UNCCD ha identificato la necessità di ottenere informazioni sullo stato dell'arte di indicatori e *benchmarks* della desertificazione a livello di ciascun paese. In tale contesto si inserisce il progetto AID-CCD, volto allo sviluppo di un sistema di scambio di esperienze tra enti scientifici ed istituzionali coinvolti nell'implementazione di indicatori nei Paesi degli Annessi Regionali definiti dalla Convenzione. Un gruppo di esperti ha ideato un questionario destinato ai *focal points* di tutti i Paesi UNCCD, allo scopo di generare un inventario globale di esperienze istituzionali in tema di applicazione pratica di indicatori nell'implementazione dei Piani d'Azione Nazionali, cercando di determinare le comunanze e le differenze tra paesi e fornire un'analisi critica e sinottica della situazione.

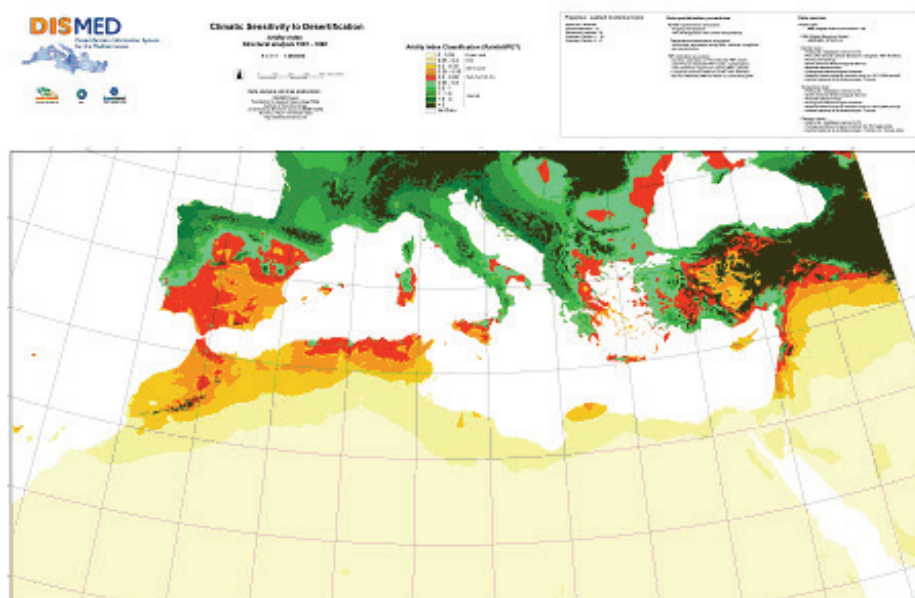
3.2 Le aree a rischio

Il Global World Atlas of Desertification, redatto dall'UNEP nel 1992, contiene la mappatura (1:104.000.000) delle aree a rischio di desertificazione a scala globale, elaborata sulla base dei processi di degradazione dei suoli nelle terre aride. Tale mappatura costituisce la valutazione più consistente ed aggiornata delle aree a rischio di desertificazione a livello mondiale ed evidenzia un quadro alquanto allarmante riguardo alla estensione dei territori interessati da queste problematiche. In Europa, in particolare, le terre aride ammontano a circa 300 milioni di ettari (pari al 31% del continente), dei quali 99,4 milioni sono già interessati da fenomeni di degradazione.

Tali risultati hanno contribuito ad aumentare la consapevolezza nei riguardi della desertificazione di alcuni Paesi della riva nord del Mediterraneo, quali Portogallo, Spagna, Italia, Grecia, che da allora si sono impegnati a produrre valutazioni più dettagliate del rischio di desertificazione attraverso la preparazione e l'implementazione dei rispettivi Piani d'Azione Nazionali.

A livello continentale, una misura dell'estensione delle aree a rischio di desertificazione nel bacino del Mediterraneo è fornita dalle carte prodotte nell'ambito del progetto DISMED⁷. Nel contesto di tale progetto è stata prodotta la cartografia delle *drylands* a rischio di desertificazione nel Mediterraneo del Nord in scala 1: 5.000.000 (Figura 3.1). Tale mappatura è stata elaborata sulla base del solo Indice di Sensibilità Climatica per il Bacino del Mediterraneo che, insieme agli Indici per il Suolo e per la Vegetazione, può essere utilizzato per determinare l'Indice di Sensibilità alla Desertificazione.

Figura 3.1 – Mappa di sensibilità climatica alla desertificazione scala 1: 5.000.000 (Progetto DISMED 2003)



⁷ DISMED – Desertification Information System for Mediterranean

Progetto finanziato dal Ministero degli Affari Esteri italiano, con lo scopo di accrescere la capacità di attuare misure e politiche per combattere la desertificazione e gli effetti della siccità. Uno dei più importanti risultati è l'elaborazione di una metodologia comune per modellizzare e mappare il rischio di desertificazione nella regione mediterranea a partire dalla metodologia MEDALUS/ESA.

DISMED ha redatto una ulteriore mappatura a livello di bacino del Mediterraneo a scala 1:3.000.000 (Figura 3.2), in cui sono stati considerati non solo i fattori climatici, ma anche quelli pedologici (materiale parentale, profondità, pendenza, tessitura) e vegetazionali (protezione dall'erosione, resistenza alla siccità, copertura, resistenza agli incendi), che sono alcuni degli indicatori della Metodologia MEDALUS. Questi fattori, opportunamente combinati mediante metodologia ESI, hanno contribuito a fornire una ulteriore valutazione sulla desertificazione per l'Europa mediterranea basata su tre *data layer* relativi a:

- clima;
- suolo;
- vegetazione.

Figura 3.2 – Mappa del rischio alla desertificazione e alla siccità nel bacino del Mediterraneo (scala 1:3.000.000; Progetto DISMED 2003)



I valori riportati nella tabella 3.1 e riferiti alle mappature sopra citate mostrano che, in base al calcolo degli Indici di Desertificazione, la Spagna risulta il Paese dell'Europa mediterranea con la più vasta estensione areale (8,53% del territorio nazionale) interessata da rischio di desertificazione “alto”, seguita dalla Grecia (5,83%). Quest'ultimo è inoltre il Paese che presenta la maggiore estensione areale interessata da un rischio di desertificazione “medio”.

Tabella 3.1 – Indici di Rischio alla Desertificazione per i paesi europei secondo la classificazione ESI prodotta dal Progetto DISMED

CLASS	class DSI	FRANCE*		GREECE		ITALY		PORTUGAL		SPAIN	
Very low	100 - 120	4,82	4,82	1,02	1,02	0,67	0,67	3,90	3,90	3,25	3,25
Low	120 - 130	65,31	80,79	27,02	56,27	34,55	64,11	29,23	64,70	13,41	39,93
	130 - 140	15,48		29,25		29,56		35,47		26,52	
Medium	140 - 150	14,38	14,39	21,98	36,88	26,63	32,15	21,60	28,88	24,46	48,29
	150 - 160	0,01		14,89		5,51		7,28		23,84	
High	160 - 170	0,00	0,00	4,97	5,83	2,03	3,07	2,50	2,51	7,76	8,53
	170 - 180	0,00		0,87		1,04		0,01		0,77	
Very high	180 - 200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

* risultati relativi solamente alla costa meridionale

Tabella 3.2 - Aree a rischio (%) secondo i risultati del progetto DISMED (scala 1.000.000)

	Portogallo	Spagna	Italia	Grecia
Area (km ²)	91.858	505.988	301.401	131.992
Molto Alto	0	0	0	0
Alto	2,51	8,53	3,07	5,83
Medio	28,88	48,29	32,15	36,88
Basso	64,70	39,93	64,11	56,27
Totale Aree sensibili *	96,10	96,75	99,93	98,98
Molto Basso	3,90	3,25	0,67	1,02

* Somma delle percentuali da “Molto Alto” a “Basso”

(da Sciortino, 2004)

I risultati appena mostrati rappresentano una fase esplorativa utile per orientare studi caratterizzati da un maggior livello di dettaglio. Infatti, sempre nel contesto del progetto DISMED, sono state prodotte valutazioni del rischio di desertificazione a scala 1:1.000.000 (quindi a livello nazionale) in termini di percentuali di aree a rischio (Tabella 3.2). Anche in questo caso sono stati considerati gli indici relativi a suoli, vegetazione e clima ma nella valutazione non sono stati inclusi indicatori socioeconomici. In base ai risultati di tale valutazione, la Spagna appare il paese maggiormente interessato dal rischio di desertificazione in termini di percentuali di aree, in relazione alle classi “Medio” e “Alto” rischio. La variabilità dell’estensione delle aree a rischio per i paesi considerati è piuttosto bassa in relazione alla classe “Alto rischio”, mentre è considerevole per le classi di rischio “Medio” o “Basso”.

Le elaborazioni prodotte nel contesto del progetto DISMED costituiscono un esempio di omogeneità dell’approccio, che è infatti basato sull’applicazione della medesima metodologia in contesti territoriali differenti e sull’utilizzo di legenda e valori limite comuni per tutti i paesi coinvolti.

Valutazioni finalizzate ad individuare l’estensione delle aree a rischio di desertificazione (in percentuali) a livello nazionale sono in continua preparazione ed implementazione, anche nell’ambito di programmi e/o progetti che interessano i singoli paesi. Tuttavia le mappature elaborate sono basate sull’utilizzo di differenti scale, approcci metodologici ed indicatori.

I parametri utilizzati variano di paese in paese (Tabella 3.3), eccetto quelli riferiti a clima e suoli, utilizzati da tutti. I dati relativi ai suoli provengono dal EU Geographical Soil Database (a scala 1:1.000.000), mentre quelli riferiti a clima, siccità, acquiferi, incendi forestali e controllo dell’erosione provengono da database nazionali.

La tabella evidenzia inoltre come le valutazioni a livello nazionale sono state ottenute dalla combinazione di indicatori ambientali con un numero limitato di indicatori socioeconomici.

La Grecia risulta il paese a maggior rischio di desertificazione, sia in termini di estensione sia di sensibilità, (Tabella 3.4) seguita da Spagna e Portogallo.

La valutazione delle aree a rischio a livello sub-nazionale in alcune regioni italiane si è basata sull’applicazione della metodologia MEDALUS. Tuttavia i risultati relativi alle diverse regioni non risultano fra loro comparabili poiché le legende e i valori limite utilizzati per definire le classi di rischio differiscono di regione in regione.

Tabella 3.3 - Parametri utilizzati per le valutazioni di sensibilità a livello nazionale

	Portogallo	Spagna	Italia	Grecia
Area (km ²)	91.858	505.988	301.401	131.992
Scala	1:1.000.000	1:1.000.000	1:1.250.000	1:1.000.000
Clima	X	X	X	X
Siccità	X			X
Suolo	X	X	X	X
Controllo dell'erosione				X
Vegetazione	X		X	X
Demografia			X	
Sovrasfruttamento degli acquiferi		X		
Incendi forestali		X		

(da Sciortino, 2004)

Tabella 3.4 - Aree a rischio (%) a livello nazionale

	Portogallo 1997 2003	Spagna	Italia	Grecia
Area (km ²)	91.858	505.988	301.401	131.992
Alto	11 28	31,49	n.a.	33,25 erosione 1,53 salinità
Medio	60 8	21,68	n.a.	46,76
Basso	29 40	13,98	n.a.	15,17
Totale Aree Sensibili *	100 76	67,14	5,5	99,71
Aree Non Sensibili	0 24	32,86	94,5	0,29

* Somma delle percentuali da "Alto" a "Basso".

(da Sciortino, 2004)

Nonostante allo stato attuale la comparazione dei risultati tra le diverse regioni non sia ancora possibile, l'identificazione delle aree a rischio, che emerge dalla lettura delle Carte elaborate per ciascuna regione, può contribuire alla consapevolezza delle problematiche di desertificazione anche da parte di utilizzatori esterni alla comunità scientifica. La metodologia MEDALUS, che ha rappresentato il primo contributo efficace per l'identificazione di aree a rischio di desertificazione è stata messa a punto a livello di bacino idrografico in quattro aree pilota con il supporto di misure di campo e di analisi che hanno migliorato la comprensione dei processi di desertificazione in atto. Le valutazioni del rischio di desertificazione relative all'Isola di Lesbo, alla Val d'Agri e a Mertola sono disponibili (Tabella 3.5), mentre i risultati relativi al Bacino di Guadalentin hanno prodotto valutazioni tematiche.

I dati e le informazioni sulle aree a rischio di desertificazione allo stato attuale risultano scarsi e poco omogenei. La principale lacuna osservata è la difficoltà della comparazione dei risultati, dal momento che le legende e i valori guida, e in alcuni casi anche le metodologie, su cui si fondano differiscono gli uni dagli altri.

Tabella 3.5 - Aree sensibili a scala di bacino e sub-nazionale (%)

	Lesvos (Grecia)	Val D'Agri (Italia)	Mertola (Portogallo)	Sicilia (Italia)	Sardegna (Italia)	Valencia (Spagna)
Molto Alto			7,2			15
Alto	37	1,4	23,3	6,9	51	9
Medio Alto			5,6	46,5		
Medio	52,4	34,5	31		38	28
Basso	7	64	7,1	32,5	5	30
Totale Aree Sensibili *	96,4	99,9	83,1	85,9	94	82
Aree Non Sensibili	3,6	0,1	14,3	7,2	1	7

* Somma delle percentuali da "Molto Alto" a "Basso".

(da Sciortino, 2004)

Un esempio di tale eterogeneità è mostrato nella Tabella 3.6, dove i risultati relativi alle condizioni climatiche delle regioni risultano differenti a causa dell'utilizzo di indici di aridità differenti.

Inoltre, nonostante la desertificazione non sia solo un problema ambientale, ma anche sociale e politico, e perciò non può essere analizzata e valutata unicamente dal punto di vista tecnico, gli indicatori socioeconomici non sono ancora sufficientemente utilizzati e integrati nella valutazione dei fenomeni insieme a quelli biofisici. Tuttavia, a qualsiasi livello di dettaglio, le valutazioni e le mappe elaborate evidenziano efficacemente le aree che all'interno di un certo territorio sono interessate da suscettibilità ai fenomeni di desertificazione e anche il livello di rischio cui tali aree sono interessate. Questa mancanza caratterizza anche gli elaborati DISMED, i cui risultati, nonostante siano fondati su un'omogeneità metodologica, sono stati elaborati a partire dai soli dati biofisici.

Nei paragrafi che seguono sono analizzati più nel dettaglio i risultati conoscitivi e la redazione di carte di sensibilità alla desertificazione in alcuni Paesi Mediterranei, quali Grecia, Portogallo, Italia, Spagna, Turchia, sia a livello nazionale che sub-nazionale.

Tabella 3.6 - Valutazione dell'aridità (%) a scala regionale e di bacino

	Lesvos Grecia	V. D'Agri Italia	Mertola Portogallo	Sicilia Italia	Sardegna Italia	Sardegna Italia	Valencia Spagna
Scala	1:50.000	1:50.000	1:50.000	1:250.000	1:250.000	1:100.000	1:250.000
Indice di Aridità	BGI	BGI		UNEP	UNEP	SHB	TH
Area (km ²)	1.632	1.700	1295	25.700	24.700	2/3 sup.tot.	23.276
Aree Aride	0	0	n.d.	0	n.d.	0	5
Semi-aride	12	1	n.d.	45	n.d.	4,3	46
Secco sub-umide	88	52	n.d.	39	n.d.	27	40
Umide Sub- umide	0	47	n.d.	16	n.d.	68,7	9

BGI: indice di Bagnouls Gaussens

UNEP: Precipitazioni/ Evapotraspirazione Potenziale

SHB: Simplified Hydrologic Balance

TH: Thornthwhite

n.d. dato attualmente non disponibile

(da Sciortino, 2004)

3.3 Individuazione delle Aree a Rischio: ESA, PESERA e altri Approcci legati ai PAN

L'approccio maggiormente utilizzato e condiviso a livello internazionale per la mappatura delle aree sensibili alla desertificazione è stato sviluppato nel contesto del progetto MEDALUS III⁸ (Kosmas et al., 1999). Il sistema è stato applicato per la prima volta nelle quattro aree del progetto in Grecia, Italia, Portogallo, Spagna, anche se il peso assegnato a ciascuno degli indicatori utilizzati è stato in alcuni casi modificato in base alle condizioni locali. La metodologia MEDALUS ha di fatto assunto il ruolo di metodologia standard, condivisa nell'ambito della ricerca sulla desertificazione, e ha visto diverse applicazioni anche in varie regioni italiane.

Il sistema messo a punto identifica tre tipologie generali di ESA (Environmentally Sensitive Areas) in base allo stadio di desertificazione da cui una certa area è interessata:

- Tipo A: aree critiche (aree molto sensibili), già altamente degradate a causa di usi impropri del territorio; costituiscono una minaccia per l'ambiente delle aree circostanti;
- Tipo B: aree fragili (mediamente sensibili), ogni cambiamento del delicato bilancio dell'ambiente e delle attività umane è probabile causa di desertificazione, e può far ricadere l'area nel tipo A;
- Tipo C: aree potenziali (poco sensibili), sono zone minacciate dalla desertificazione se sottoposte a significativi cambiamenti climatici, nel caso in cui venga implementato un particolare uso del suolo, incluso l'abbandono di terre impropriamente gestite.

Sono considerate aree non minacciate dalla desertificazione (aree non sensibili) le altre.

Le tipologie di aree sensibili alla desertificazione possono essere definite e mappate utilizzando indicatori o parametri chiave atti a valutare la vulnerabilità del territorio alla desertificazione o l'idoneità a supportare specifici utilizzi. Infatti le differenti tipologie di ESA sono generalmente analizzate in relazione a parametri, quali drenaggio, pendenza, tessitura e profondità del suolo, copertura vegetale, rischio di incendio, aridità, tipo ed intensità d'uso del suolo, politiche di gestione. A ciascuno dei parametri sono assegnati classi e pesi in base alla influenza esercitata sul processo di desertificazione. Tali parametri sono opportunamente raggruppati per costruire quattro Indici atti a valutare quattro "Qualità" riferite a suolo, clima, vegetazione e gestione del territorio. Attraverso una media geometrica degli Indici di Qualità si ottengono le ESA (Figura 3.3).

- *Indice di Qualità del Suolo.*

È correlato alla disponibilità idrica e alla resistenza all'erosione, che possono essere valutate attraverso semplici proprietà o caratteristiche desunte da indagini pedologiche. L'utilizzo di queste proprietà richiede la definizione di classi distinte in base al livello di protezione del territorio dalla desertificazione.

L'indice è calcolato in base al seguente algoritmo:

⁸ MEDALUS III – Mediterranean Desertification and Land Use

Uno dei maggiori risultati del progetto MEDALUS è il modello ESA (Environmentally Sensitive Areas), per valutare e mappare il rischio desertificazione. Tale modello ha costituito la base metodologica per lo sviluppo di altri progetti. La terza fase del progetto (1996-1999) ha approfondito alcuni aspetti della ricerca già avviati nel corso delle due fasi precedenti:

- consolidamento e applicazione dei modelli elaborati su altre aree pilota;
- sviluppo e applicazione di metodologie, identiche per tutte le aree pilota selezionate
- approccio a larga scala (bacino del Mediterraneo) che integri gli aspetti biofisici e socioeconomici.

$SQI = (\text{tessitura} * \text{materiale parentale} * \text{scheletro} * \text{profondità} * \text{pendenza} * \text{drenaggio})^{1/6}$

La qualità del suolo è poi definita sulla base del risultato numerico, ottenuto utilizzando un'apposita tabella.

- *Indice di Qualità Climatica*

È valutato utilizzando parametri che influenzano la disponibilità di acqua per le piante, come l'ammontare di precipitazioni, la temperatura dell'aria, l'aridità. I tre aspetti che vengono considerati per valutare la qualità climatica mediante il medesimo procedimento utilizzato per il suolo, sono l'Indice di Aridità, le precipitazioni e l'esposizione, che permettono di quantificare:

$CQI = (\text{precipitazioni} * \text{aridità} * \text{esposizione})^{1/3}$

- *Indice di Qualità della Vegetazione*

La qualità della vegetazione viene valutata in termini di rischio di incendio, protezione dall'erosione (variabile in base alle differenti tipologie dominanti di vegetazione mediterranea), resistenza alla siccità e grado di copertura del suolo. L'indice definisce - in base alla classe di appartenenza stabilita attraverso l'apposita tabella - la qualità della vegetazione rispetto alla desertificazione:

$VQI = (\text{rischio incendio} * \text{protezione dell'erosione} * \text{resistenza alla siccità} * \text{copertura vegetale})^{1/4}$

- *Indice di Qualità di Gestione*

Riguarda la tipologia d'utilizzo del suolo, ma anche l'intensità d'uso dello stesso e le politiche attuate per la protezione ambientale, sempre in relazione all'uso. L'intensità d'uso del suolo è riferita a tre classi, in base a rapporti che considerano l'utilizzo attuale e quello idealmente sostenibile. Le informazioni sulle politiche esistenti vengono raccolte per valutare il livello di implementazione. L'indice è valutato come media geometrica tra l'intensità d'uso del suolo e la presenza di politiche per la protezione ambientale:

$MQI: (\text{intensità d'uso del suolo} * \text{politiche adottate})^{1/2}$

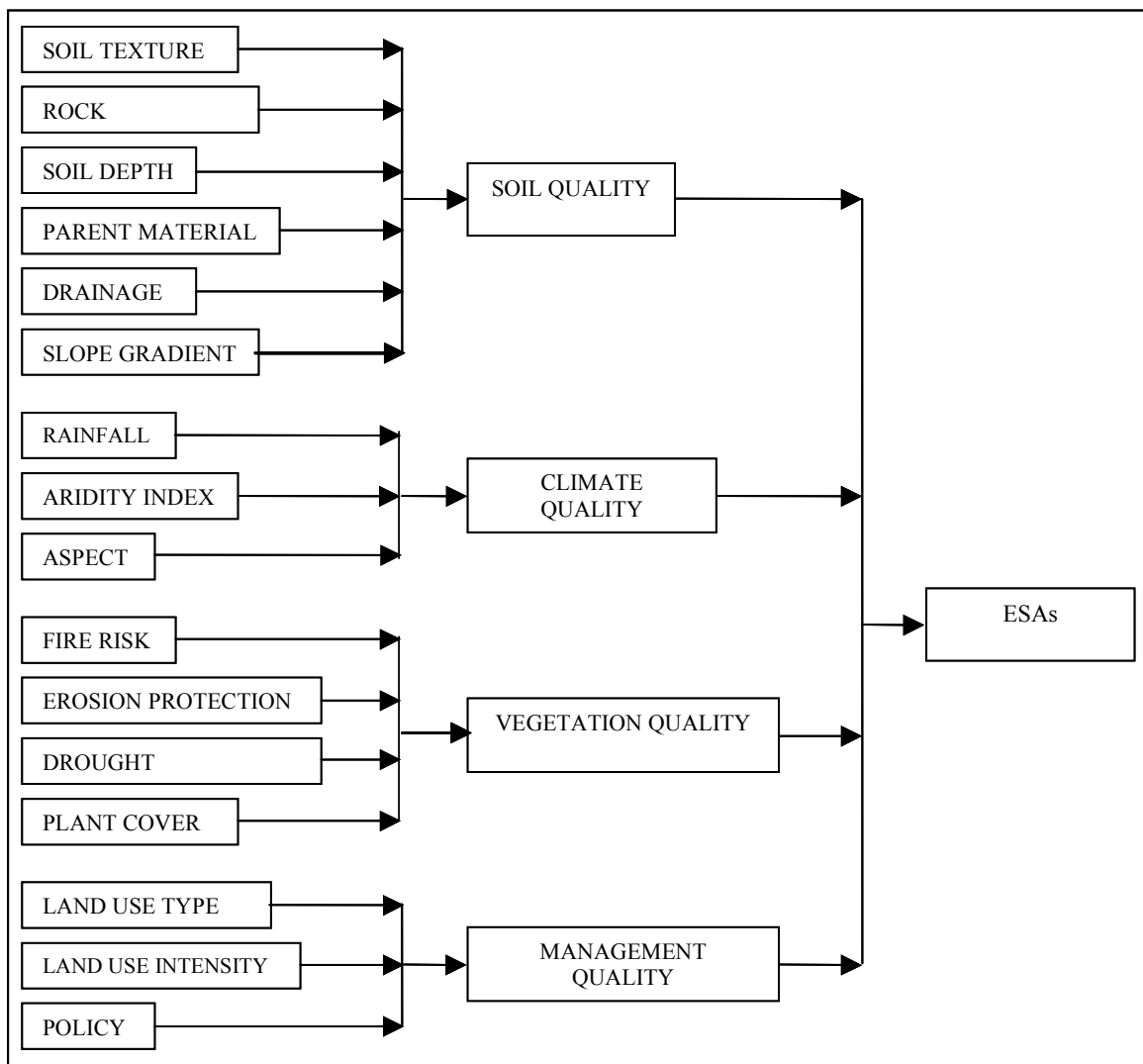
L'ultimo gradino della valutazione prevede l'incrocio di queste quattro qualità dell'ambiente fisico con la qualità della gestione, da cui si ricava un indice finale di sensitività alla desertificazione, spazializzato sul territorio tramite GIS, che valuta le varie tipologie di ESA:

$ESAI = (SQI * CQI * VQI * MQI)^{1/4}$

Il metodo ESI (Environmental Sensitive Index), costituisce una versione aggiornata di quella sviluppata e testata nel progetto MEDALUS III e consente una comprensione più completa ed esauriente dei fattori che causano il rischio di desertificazione. Questo strumento utilizza un'interfaccia interattiva semplificata, costituita da un set di menu a cascata da cui possono essere selezionate le classi di alcuni indicatori fisici, ambientali e socio-economici (vegetazione, precipitazione annuale, profondità del suolo, intensità d'uso del suolo...). Con questo sistema si ottengono:

- una valutazione della qualità dell'ambiente esaminato per le 4 classi principali di vegetazione, clima, suolo e gestione;
- la stima del rischio di desertificazione dell'area;
- una valutazione dei fattori più critici presenti nell'area;
- una valutazione delle interazioni critiche fra i fattori che sono presenti nell'area.

Figura 3.3 – Parametri utilizzati per la definizione e la mappatura delle ESA.



Sulla base del loro utilizzo gli indicatori presenti nel sistema ricadono in tre categorie principali:

- necessari, ossia atti a realizzare un'accurata stima dell'ESI utilizzando un numero minimo di informazioni;
- opzionali, per produrre una stima completa dell'ESI (indice di aridità, drenaggio, tessitura);
- addizionali, per analizzare aspetti particolari dell'area e testare nuovi indicatori.

Uno degli approcci alternativi per definire le aree a rischio di desertificazione è il modello PESERA⁹, che valuta però solo l'erosione dei suoli.

⁹ PESERA - Pan European Soil Erosion Risk Assessment. Il progetto ha visto l'elaborazione di un modello basato su dati fisici per valutare l'erosione dei suoli a livello regionale, identificarne le aree a rischio e analizzare i possibili scenari. L'obiettivo ultimo è la costruzione di un network di utilizzatori finali europei che potranno sostenere eventuali sviluppi della ricerca.

L'approccio PESERA – sviluppato come strumento diagnostico regionale di predizione del tasso di erosione in base a utilizzi del suolo, pedologia, e caratteristiche del paesaggio – è basato su una metodologia oggettiva ed uniforme che può identificare le aree dove il rischio di erosione è più intenso (Kosmas e Kirby, 2004). L'erosione è stimata in base alle componenti che la influenzano, che dipendono da clima, vegetazione, topografia, e fattori pedologici. L'ammontare di sedimenti trasportati dopo ogni episodio piovoso è stimato come perdita media di suolo in t/ha ed è ottenuto dal prodotto dei quattro termini elencati, e necessita la conoscenza di:

- tessiture dell'orizzonte di superficie;
- tipo d'uso del suolo;
- lunghezza del versante;
- grado di pendenza del versante;
- caratteristiche morfologiche del versante (concavità, convessità..);
- precipitazione giornaliera (su una serie storica trentennale);
- evapotraspirazione giornaliera o mensile (su una serie storica trentennale).

Sia il modello PESERA sia l'approccio MEDALUS includono parametri che possono essere reperiti mediante studi condotti su suoli, vegetazione, clima e costituiscono validi strumenti sia per la comunità scientifica sia per i governi locali, regionali, nazionali ed organizzazioni non governative, allo scopo di formulare strategie di gestione del territorio efficaci rispetto alla protezione dell'ambiente contro la desertificazione.

Tabella 3.7 – Scale spaziali e temporali per mappature tematiche e di sensibilità

INDICATORE	SCALA SPAZIALE	SCALA TEMPORALE
Densità di popolazione	Freguesia	Decennale (.../1991/2001)
Pietrosità	1:1.000.000 / (1:25.000)	
Profondità del suolo	1:1.000.000 / (1:25.000)	
Pendenza	1:250.000 - 1:25.000	
Precipitazioni	(1:300.000) / 1:3.000.000	1961 - 90 e fino ad oggi
Aridità	(1:300.000)	1961 - 90 e fino ad oggi
Rischio di incendio	1:25.000 / 1:100.000	.../1985/90/95 e 1990-2001
Protezione dall'erosione	1:25.000 / 1:100.000	.../1985/90/95 e 1990-2001
Resistenza alla siccità	1:25.000 / 1:100.000	.../1985/90/95 e 1990-2001
Copertura vegetale	1:25.000 / 1:100.000	.../1985/90/95 e 1990-2001
Indice di occupazione	Comunale	Mensile (1970 - 2001)
Indice di vecchiaia	Freguesia	Decennale (.../1991/2001)
Indice di Aridità	(1:100.000) / 1:3.000.000	Annuale
Erosività delle piogge	(1:100.000) / 1:3.000.000	Monitoraggio continuo
Indice di Siccità	(1:100.000) / 1:3.000.000	Annuale
Espansione urbana	1:25.000 / 1:100.000	.../1985/90/95 e 1990-2001
Capacità di infiltrazione	1:1.000.000 / (1:25.000)	
Stabilità dell'orizzonte sup.	1:1.000.000 / (1:25.000)	
Intensità del pscolamento	Freguesia	Decennale (.../1991/2001)

(tradotto da Geeson and Brandt, 2005)

Di seguito vengono passati in rassegna gli indicatori utilizzati da alcuni paesi dell'Annesso IV per verificare il rischio di desertificazione a livello nazionale.

3.3.1 Portogallo

Il Piano d'Azione Nazionale portoghese si è basato su informazioni tecniche e scientifiche fornite da differenti organizzazioni, oltre che sul supporto della società civile (ministeri, ONG, scuole, istituti di ricerca) (Louro, 2004).

La carta nazionale portoghese di sensibilità alla desertificazione ha utilizzato una metodologia basata sulla combinazione di tre indici:

- Indice di Aridità, definito dal rapporto tra precipitazioni medie annue ed evapotraspirazione media annua (calcolata con la formula di Penman);
- Perdita Potenziale di Suolo, relativa all'erosività delle precipitazioni, alla copertura vegetale, al tipo di suolo ed alla pendenza;
- Indice di Siccità, che descrive a livello regionale la frequenza e l'intensità dei fenomeni siccitosi. È caratterizzata in base a deficit idrico, numero medio di anni di siccità, media di tutte le aree interessate dalla siccità.

Inoltre, nell'ambito del progetto DISMED, il Portogallo ha compiuto notevoli progressi nella mappatura di un certo numero di indicatori su scala nazionale. A tal proposito sono stati scelti 19 indicatori, così come mostrato nella Tabella 3.7. Lo sviluppo e l'implementazione di tali indicatori è stato condotto, facendo riferimento al gruppo di indicatori ed indici proposti da Enne e Zucca (2000).

3.3.2 Grecia

La Commissione Nazionale Greca per combattere la desertificazione e l'Università di Atene hanno sviluppato sistemi per mappare su piccola e larga scala le aree sensibili alla desertificazione producendo le rispettive mappe. Tali sistemi sono stati incorporati nel Piano di Azione Nazionale contro la desertificazione ed i risultati ottenuti sono stati comunicati agli utenti locali oltre che alla comunità scientifica (Yassoglou et al., 2004).

La mappa di vulnerabilità alla desertificazione a scala 1:1.000.000 è stata redatta sulla base dei principi e degli indicatori proposti da Yassoglou (1995) e del metodo Corine (1992).

Gli indicatori utilizzati per la definizione delle unità di sensibilità sono stati derivati da:

- Carta dei Suoli d'Europa 1:1.000.000: le unità riferite alla Grecia sono identificate da sequenze erosive per ogni suolo, indicative dell'estensione del fenomeno, della profondità del suolo e del rischio di siccità;
- Rischio Potenziale di Erosione delle unità pedologiche, basato sulla pendenza del versante;
- Zona Bioclimatica, derivata dalla Carta Bioclimatica della Grecia. I dati derivati di mappa sono stati utilizzati per stimare la siccità dei suoli, la salinità dei suoli e la potenziale resilienza della copertura vegetale danneggiata;
- Intensità di irrigazione ed intrusione di acqua marina, estrapolati dai dati sulle opere di irrigazione e dalla mappa di intrusione marina. I dati sono stati utilizzati per stimare il rischio di salinizzazione secondaria per i suoli irrigati, anche in funzione della distanza dal mare.

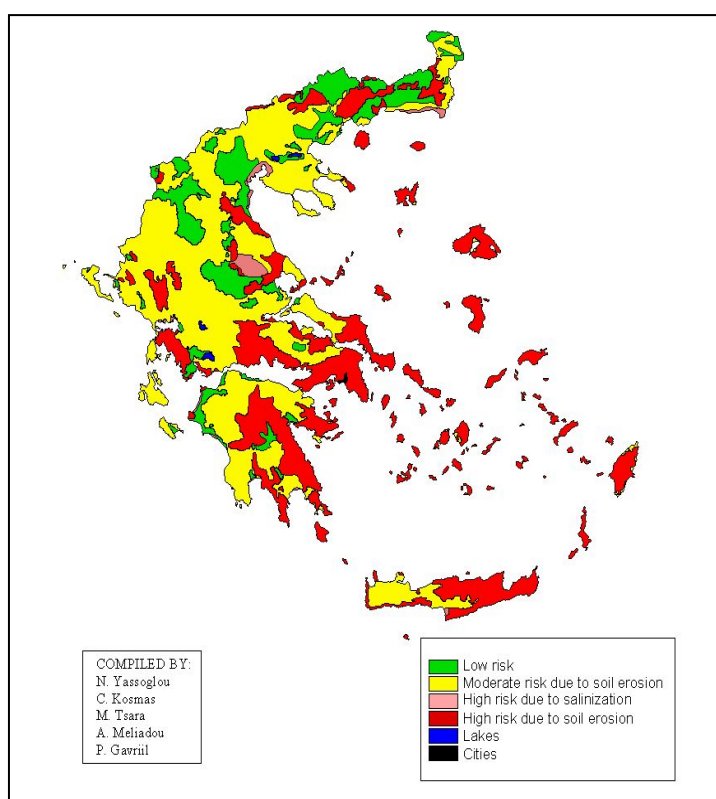
Tali indicatori sono stati incrociati, così da delineare una Carta 1:1.000.000 del rischio potenziale di desertificazione in Grecia (Yassoglou et al., 2004). Con tale procedura sono state individuate quattro unità e due processi di desertificazione così schematizzabili:

- basso rischio, dovuto ad erosione dei suoli e ad aridità bioclimatica;
- medio rischio, dovuto ad erosione dei suoli e ad aridità bioclimatica;
- alto rischio, dovuto ad erosione dei suoli e ad aridità bioclimatica;
- rischio di salinizzazione dovuto ad irrigazione, aridità bioclimatica e vicinanza al mare.

Nel contesto di MEDALUS III è stato sviluppato e applicato il sistema ESA a media scala (1:50.000), all'isola di Lesvos. 15 indicatori sono stati combinati allo scopo di fornire una valutazione quantitativa della sensibilità alla desertificazione.

Il Comitato Nazionale Greco per la Lotta alla Desertificazione ha collaborato con DESERTLINKS e MEDACTION¹⁰, due progetti di ricerca finanziati dalla Commissione Europea, nello sviluppo di indicatori di *land degradation*. Un set di indicatori candidati è stato descritto, allo scopo di mappare lo stato attuale di desertificazione ed il rischio. Gli indicatori sono suddivisi in 2 categorie: regionali e locali. Quelli regionali sono utilizzati per descrivere il rischio di desertificazione a piccola scala (> 1:100.000) mentre quelli locali sono utilizzati per definire il rischio di desertificazione a larga scala (< 50.000).

Figura 3.4 – Mappa del rischio di desertificazione in Grecia a piccola scala



¹⁰ MEDACTION - Policies for land use to combat desertification. È un progetto di ricerca multidisciplinare finanziato dall'Unione Europea, conclusosi nel 2003, che ha come obiettivo principale lo sviluppo di una base informativa sulla desertificazione che funga da supporto alle decisioni a tutti i livelli amministrativi.

La lista di indicatori candidati è stata studiata in dettaglio in condizioni di campo, in collaborazione con gli agricoltori locali (Tabella 3.8).

Tab. 3.8 –Indicatori rilevanti per definire e mappare il rischio di desertificazione in Grecia

IMPATTO	AMBIENTALE	GESTIONE	SOCIALE	ECONOMICO
Frequenza di inondazione	Precipitazioni	Pascolo animale	Proprietà	Perdita di produttività
Tasso di sedimentazione alla chiusa	Indice xerotermico	Pascolo controllato	Età del proprietario	Perdita di reddito dell'agricoltore
% terre salinizzate	Tessitura	Imposizioni politiche	Numero di parcelle	
% di terre abbandonate	Materiale parentale	Intensità d'uso del suolo	Tasso di migrazione	
	Pietrosità	Disponibilità idrica		
	Profondità del suolo	Profondità delle lavorazioni		
	Drenaggio	Accumulo di acqua nel suolo		
	Pendenza	Direzione lavorazioni		
	Esposizione Vegetazione	Tipo di lavorazioni		
	Copertura vegetale	Agricoltura sostenibile		
	Tipologia precedente di uso del suolo	Periodo di utilizzo del suolo		
	Zona bioclimatica	Controllo dell'erosione		
	Unità cartografica di suolo	Irrigazione irrazionale		

3.3.3 Spagna

Sono state redatte le carte di sensibilità in base ad una valutazione qualitativa di fattori ambientali, così da ottenere una prima determinazione delle aree fisiche e socioeconomiche affette dalla desertificazione in territorio spagnolo (Delgado Sanchez, 2004). Gli indicatori utilizzati a tale scopo attraverso i dati disponibili a livello nazionale sono:

- indice di Aridità: è stato caratterizzato ogni bacino compreso in un contesto climatico arido, semiarido o secco sub-umido, ossia che presenta un rapporto P/ETP tra 0,05 e 0,65;
- indice di Perdita del Suolo: per tutta la Spagna esistono carte dello stato erosivo dalle quali sono stati ottenuti i dati sulle perdite medie di suolo (t/ha/anno) riferite ad ogni sottobacino idrologico;
- percentuale di area affetta da incendi (accumulata in un periodo più lungo di 10 anni); una mappa di intensità è stata utilizzata per caratterizzare gli incendi forestali per ogni sottobacino. L'intensità è stata classificata in 4 gruppi in base alla percentuale di area bruciata rispetto all'area totale del bacino;
- esistenza di acquiferi sovrasfruttati: è un indice riferito all'utilizzo non sostenibile delle risorse idriche.

È stata rivolta particolare attenzione agli indicatori in grado di rappresentare l'intensità con cui si presentano i fattori ed i processi che determinano la desertificazione. La mappa prodotta evidenzia il grado con cui sono affetti dalla desertificazione i sottobacini (Figura 3.5), che possono così essere utilizzati come unità fisica, biologica, – ma anche socioeconomica e politica – utile a pianificare e a gestire le risorse naturali.

Per ogni fattore considerato sono state stabilite classi di intensità, a ciascuna delle quali è stato assegnato un peso ed un valore numerico, così che al bacino corrisponde un valore totale che può ricadere all'interno di una delle quattro categorie di sensibilità (molto alto, alto, medio, basso).

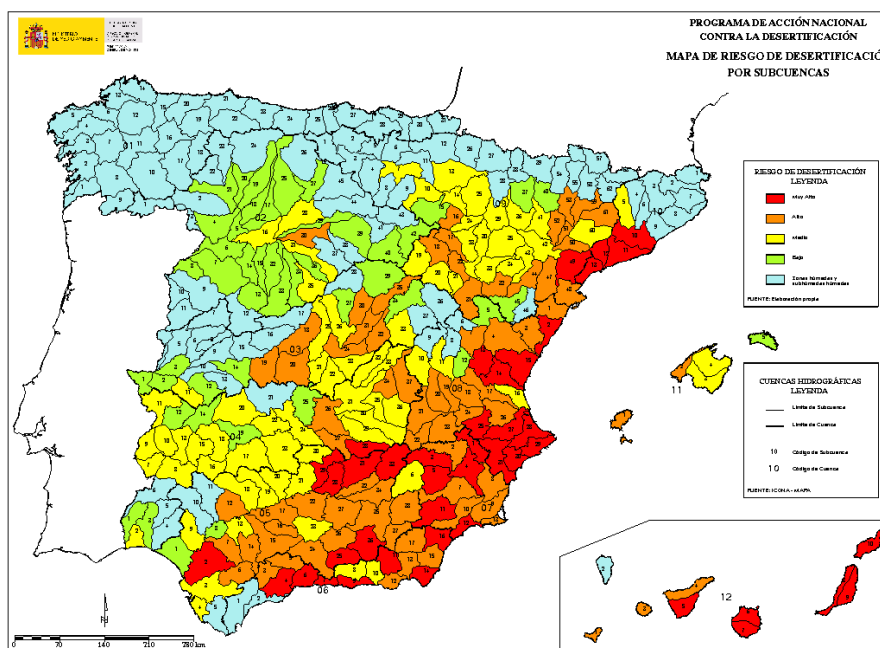
Il peso maggiore è stato assegnato all'erosione, che comprende vari fattori, quali:

- l'erosività delle piogge;
- l'acclività dei versanti;
- la densità e la tipologia della vegetazione;
- l'erodibilità del materiale parentale.

L'aridità possiede un peso maggiore rispetto all'intensità degli incendi e al sovrasfruttamento degli acquiferi.

Le difficoltà incontrate nell'implementazione hanno riguardato la disponibilità di informazione cartografica per alcuni dei fattori utilizzati. Riguardo alle azioni future sono previsti sviluppi, finora non applicati, mediante incorporazione di fattori socioeconomici e di ulteriori fattori definiti a scala regionale o locale, adattamenti a scala locale e maggiore coinvolgimento degli utilizzatori finali attraverso processi di consultazione ed individuazione di indicatori socioeconomici (Delgado Sanchez, 2004).

Figura 3.5 – Mappa del rischio alla desertificazione riferita ai sottobacini identificati sul territorio spagnolo



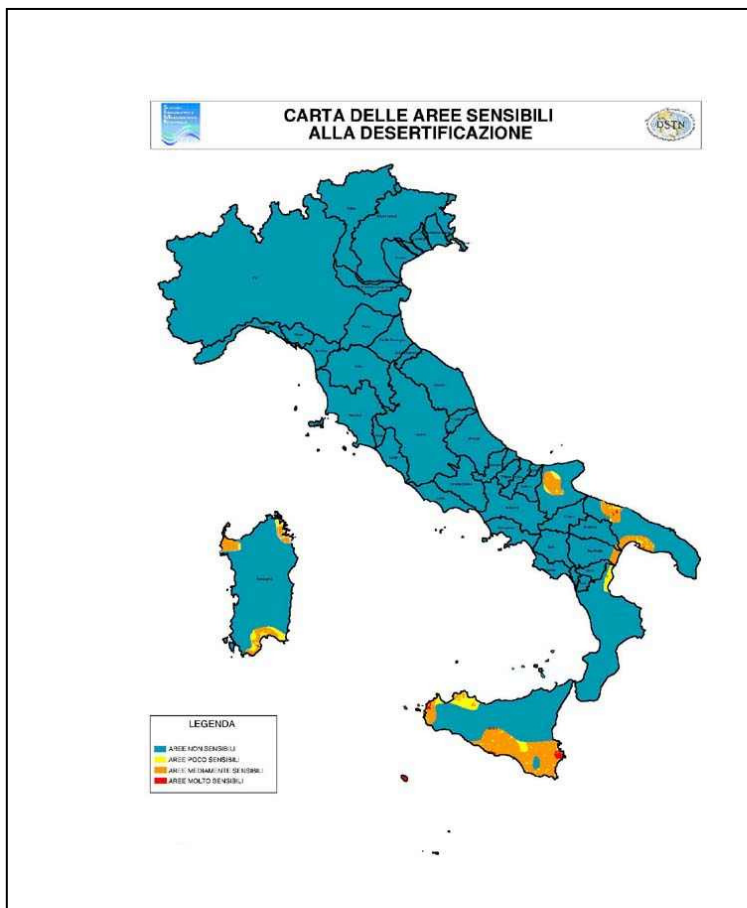
3.3.4 Italia

Gli indicatori utilizzati in Italia dal Comitato Nazionale di Lotta alla Siccità e alla Desertificazione per la mappatura a scala nazionale sono:

- Indice di Aridità, definito dal rapporto tra Precipitazioni medie annue ed Evapotraspirazione media annua;
- Indice delle caratteristiche pedologiche, basato sulla classificazione pedoclimatica del territorio italiano;
- Indice di Uso del Suolo, ottenuto da medie di una riclassificazione delle classi originali di Corine Land Cover;
- Indice di Variazione Demografica, definita come percentuale di variazione della popolazione tra il 1981 e il 1991 a scala comunale.

Un indice finale di sensibilità alla desertificazione (Figura 3.6) è stato sviluppato sulla base dei suddetti quattro indici.

Figura 3.6 – Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Italia (1:1.000.000)



Dopo la preliminare identificazione delle aree sensibili alla desertificazione attuata nel 1999, nel dicembre 2001 il Ministero per la Protezione Ambientale e il Territorio ha avviato un progetto allo scopo di costruire un “Atlante Italiano della Desertificazione”, per formulare e popolare un set di indicatori specifici (fisici, biologici, socioeconomici) (AID-CCD, 2005).

Le regioni italiane su invito del governo hanno completato i loro programmi con la redazione delle carte di sensibilità (Tabella 3.9).

La Regione Sardegna ha realizzato una Carta Regionale di Vulnerabilità alla Desertificazione, applicando una metodologia simile a quella portoghese descritta precedentemente.

La carta finale è la sintesi di diverse carte originate da tre indici (a loro volta elaborati a partire da alcuni parametri):

- Indice di Aridità (P/ETP);
- Indice di Perdita del Suolo;
- Indice di Siccità (De Martonne-Gottmann).

La carta prodotta delle aree vulnerabili alla desertificazione contiene una suddivisione in cinque classi di rischio, ottenute dalla somma dei valori dei singoli indici di partenza.

La Carta delle Aree Vulnerabili alla Desertificazione in Sicilia ha utilizzato una metodologia analoga, ma con rappresentazione in quattro classi.

Tabella 3.9 – Rassegna delle carte di sensibilità elaborate in Italia a livello sub-nazionale

MAP	YEAR	SCALE	INSTITUTION
Vulnerability areas to the desertification risk in Sardinia Region	2000	1: 250,000	Regional Agro-Meteorological Service (SAR s.r.l)
Vulnerability areas to the desertification risk in Sicily Region (I)	2001	1:250,000	Sicily Region- Territory and Environment Department
Desertification sensitivity map of Sicily Region (2)	2001	1: 250,000	ENEA-INEA
Desertification sensitivity map of Puglia Region (I)	2001	1: 350,000	Puglia Region-CNR (Research National Committee)
Desertification and drought vulnerability map of Puglia Region (2)	2001	1:250,000	European Soil Bureau; Space Application Institute and Puglia Region
Map of desertification and drought sensitivity areas of Basilicata Region	2001	1: 250,000	Basilicata Region- CNR (Research National Committee)
Vulnerability areas to the desertification for the groundwater salinity in the Magra River Basin Authority	2001	1:25,000	Magra River Basin Authority
Desertification and drought vulnerability preliminary map of Sarno River Basin Authority	2001	1:1,200,000	Sarno River Basin Authority
Desertification and drought vulnerability preliminary map of Left Sele River Basin Authority	2001	1:1,200,000	Left Side of Sele River Basin Authority
Desertification and drought vulnerability preliminary map of Right Sele River Basin Authority	2001	1:1,100,000	Left Side of Sele River Basin Authority

(da Sciortino, 2004)

3.3.5 Turchia

Sono stati identificati i seguenti fattori che influenzano i fenomeni di desertificazione e per i quali è disponibile informazione per la mappatura, con l'obiettivo di identificare le aree a rischio di desertificazione (Ozdemir et al., 2004):

- precipitazioni;
- siccità;
- deficit di umidità del suolo;
- tipologie pedologiche;
- erosione;
- gestione dei suoli;
- vegetazione;
- rischio di incendio.

I lavori svolti hanno finora prodotto mappe a scala nazionale dei singoli fattori. Una opportuna elaborazione combinerà in futuro questi risultati per provvedere ad una classificazione del rischio di desertificazione (Ozdemir et al., 2004).

a) Clima:

E' stata prodotta una mappa per le precipitazioni annuali, che mostra la distribuzione delle precipitazioni medie annue sul periodo compreso tra il 1930 e il 1999. Per le aree inclini alla siccità è stato usato come indicatore di disponibilità dell'acqua il rapporto P/ETP su 62 stazioni. Una ulteriore mappa di aridità, prodotta sulla base del coefficiente di variazione riferito alle precipitazioni, mostra come le porzioni sud-orientali, centrale e mediterranea della Turchia presentino alta variabilità di precipitazioni di anno in anno. Per l'umidità del suolo è stata utilizzata una versione modificata del Bilancio Idrico di Thornthwaite che produce risultati di evapotraspirazione potenziale, reale, deficit e surplus di umidità del suolo riferiti ad un periodo di tempo predeterminato.

b) Suolo ed erosione:

i dati sono stati derivati dalle Carte dei Suoli, di Capacità d'Uso e di Erosione dei Suoli. Un database di informazioni che li integra ha consentito di produrre le mappe di erosione per la Turchia. Per definire il grado di erosione è stato utilizzato un indicatore di perdita di suolo le cui classi si riferiscono alle porzioni di orizzonti superficiali che sono stati rimossi:

- classe 1: erosione assente o leggera. Nella maggior parte dell'area la profondità dell'orizzonte superficiale ricade nello standard dei suoli non erosi.
- classe 2: erosione moderata. La maggior parte delle aree che ricadono in questa classe sono coltivate e l'orizzonte di superficie deriva dal mescolamento dell'orizzonte superficiale originario con quello sottostante;
- classe 3: intensa erosione. Nelle aree coltivate il materiale originale di profondità è esposto alla superficie (orizzonte arato);
- classe 4: erosione molto intensa. i suoli originari possono essere distinti solo in aree ristrette perché la maggior parte è caratterizzata da un intricato sistema di *gullies*.

c) Gestione del suolo:

Una carta di gestione del suolo è stata prodotta sulla base dei seguenti fattori:

- classe di erosione (vedi sopra);
- profondità;
- pendenza;

- classe di Land Capability;
- perdita di suolo;
- misure di controllo dell'erosione.

Le modalità di gestione sono correlate alle misure di controllo che sono state proposte.

d) Vegetazione:

Come indicatore di vegetazione è utilizzato il NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) che descrive quantitativamente e qualitativamente lo stato della vegetazione da immagini da satellite. Per quanto concerne il rischio di incendio, una classificazione di sensibilità è stata elaborata secondo la media annuale del numero di incendi forestali, calcolata in base al numero totale di incendi forestali verificatisi nel corso degli ultimi 20 anni. 5 sottogruppi sono stati classificati in base al grado di pericolo.

Sono stati inoltre considerati i seguenti fattori:

- specie arboree presenti;
- altitudine;
- umidità del suolo;
- velocità del vento;
- precipitazioni.

Un problema connesso alla metodologia illustrata è relazionato all'inadeguatezza dei dati di verità a terra, necessaria per assicurare un'accurata mappatura della vegetazione basata su immagini telerilevate. Uno dei maggiori obiettivi per la futura applicazione di tale metodologia è la combinazione di tutti i fattori così da ottenere una singola mappa di vulnerabilità alla desertificazione (Ozdemir et al., 2004).

3.4 Difficoltà e divergenze metodologiche

Dall'analisi dei programmi e dei progetti di ricerca per descrivere e mappare il rischio di desertificazione a livello regionale, nazionale e subnazionale emergono alcune divergenze metodologiche.

Uno dei problemi fondamentali è connesso all'eterogeneità degli approcci utilizzati e alla difficoltà di applicare la medesima metodologia ad un contesto territoriale ampio, come quello del bacino del Mediterraneo. La spiegazione di questo problema risiede in due motivazioni principali. In primo luogo gli approcci metodologici proposti, sia a livello nazionale, sia all'interno dei singoli paesi (livello subnazionale), sono numerosi ed eterogenei. Inoltre, anche i fattori sulla base dei quali tali metodologie sono state sviluppate (informazioni cartografiche, approccio scientifico, database dei parametri pedologici..) sono differenti a seconda dei paesi e non è detto che i dati necessari siano disponibili con le stesse qualità e quantità.

Una fondamentale divergenza tra i paesi dell'Annesso IV concerne la scelta dettagliata degli indicatori da utilizzare, connessa al peculiare contesto ambientale ed alle problematiche prioritarie di un paese. Ad esempio, per la Turchia un fattore determinante è rappresentato dalla carenza di precipitazioni, così che la maggior parte degli indicatori sviluppati in questo paese si basa sul fattore Precipitazioni. In Grecia sono invece privilegiati gli indicatori che permettono di valutare l'erosione o il rischio potenziale di erosione. In Spagna e Portogallo sono tenuti in particolare considerazione gli indicatori del rischio di incendio.

Una divergenza ulteriore riguarda la carenza di omogeneità nella definizione degli indicatori, connessa ad incoerenze terminologiche, dal momento che il medesimo indice può essere ricavato utilizzando parametri differenti. Ad esempio l'Indice di Aridità utilizzato da Italia e Spagna è basato su una relazione tra le Precipitazioni annuali medie e l'Evapotraspirazione Potenziale media. Il medesimo indicatore è utilizzato anche dal Portogallo con il nome di indice Climatico e dalla Turchia con il nome di ETP/P.

Inoltre, la comparazione dei risultati può essere difficoltosa poiché spesso le informazioni relative alle scale utilizzate per mappare non sono chiaramente esplicitate oppure le scale di dettaglio utilizzate sia all'interno di uno stesso paese sia fra paesi differenti risultano eterogenee. Ad esempio le regioni che in Italia sono affette da problemi di desertificazione hanno redatto mappe di sensibilità che generalmente utilizzano scale di dettaglio comprese tra 1:1200.000 e 1:25.000. Le scale scelte dal Portogallo per gli indicatori di pendenza sono comprese invece tra 1:250.000 e 1:25.000, quelle utilizzate in Grecia 1: 1.000.000.

Per concludere, dalle informazioni fornite dagli indicatori scelti ed utilizzati nel corso dei vari progetti nei differenti paesi coinvolti, emerge come non tutti ricadano nello medesimo stadio di desertificazione, a seconda del peso attribuito ai singoli fattori. Ad esempio la Grecia, sembra interessata da uno stadio più avanzato rispetto all'Italia poiché gli indicatori utilizzati (tasso di migrazione, resilienza della vegetazione, riduzione della risorsa idrica) sono più severi rispetto a quelli implementati in Italia (indice di variazione demografica e indice di aridità).

3.5 Affinità tra i Paesi del Nord del Mediterraneo

Sono state individuate le affinità e le analogie che caratterizzano gli indicatori utilizzati da alcuni paesi dell'Europa mediterranea (in particolare Grecia, Italia, Portogallo, Spagna, Turchia) per identificare e mappare le aree a rischio di desertificazione a scala nazionale. Tale analisi ha la finalità di evidenziare i punti di partenza e le linee di base comuni ai paesi del Mediterraneo del nord come un possibile punto di partenza per l'implementazione del Piano di Azione Sub-Regionale (SRAP) per i Paesi dell'Annesso IV della UNCCD. Gli indicatori utilizzati da ciascun paese sono stati ripartiti all'interno di quattro ambiti:

- clima;
- suolo;
- vegetazione;
- pressione antropica.

Gli indicatori sono stati collocati all'interno di ciascuno dei 4 ambiti in base alla finalità che li caratterizza, anche se in alcuni casi potrebbero essere riferiti a più di uno. Ad esempio, l'Indicatore del Rischio di Incendio utilizzato dalla Turchia è calcolato sulla base di fattori relativi a piante, suolo, clima. Tuttavia, poiché la componente ambientale più direttamente interessata dagli incendi è la vegetazione, l'indice è stato riferito ad essa.

L'indicatore di Intrusione di Acqua Marina utilizzato dalla Grecia è stato invece considerato come un indicatore di pressione antropica, poiché il fenomeno che esso descrive costituisce una conseguenza del sovrappompaggio delle acque sotterranee, che a sua volta è attuato al fine di soddisfare le esigenze idriche legate allo sviluppo di diversi settori economici.

Tabella 3.10 – Indicatori utilizzati dai Paesi del Mediterraneo del Nord per valutare il rischio di desertificazione, suddivisi per aree tematiche

	ITALIA	GRECIA	SPAGNA	PORTOGALLO	TURCHIA
Clima	- Indice di aridità (P/ETP)	- Zona bioclimatica (in base ad Indice di Aridità BG1)	- Indice di Aridità (P/ETP)	- Indice di Aridità di Pennan (P/ETP) - Indice di Siccità (deficit idrico, n° medio anni di siccità, aree interessate da siccità).	- Precipitazioni medie annue - Indice di Siccità: P/ETP - Bilancio idrico di Thornthwaite
Suolo	- Indice pedoclimatico	- Tipologia pedologica (Carta dei Suoli d'Europa) - Rischio Potenziale di erosione (pendenza).	- Indice di Perdita del Suolo	- Perdita potenziale di suolo (erosività delle piogge, copertura vegetale, tipo di suolo, pendenza)	- Indice di Perdita del Suolo - Tipo di suolo - Gestione del Suolo (classe di erosione, profondità pendenza, Land Capability, perdita di suolo, misure di controllo). - Vegetazione: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - Rischio di Incendio (media n° incendi, specie, altitudine, umidità suolo, velocità del vento, precipitazioni)
Vegetazione	- Indice Vegetazionale (Corine Land Cover)		- % aree affette da Incendi		
Pressione antropica	- Indice di Pressione Antropica: cambiamento demografico 1981/1991	- Intrusione di acqua marina - Intensità di irrigazione	- Acquiferi sovrasfruttati		

Gli indicatori relativi al suolo si riferiscono sia alle caratteristiche intrinseche di questa risorsa (come nei casi dell'Indice Pedoclimatico per l'Italia e della Tipologia Pedologica per Grecia e Turchia), sia ai fenomeni di degrado (come gli indicatori usati per Grecia, Portogallo, Turchia per descrivere i processi erosivi), sia al tipo di gestione. Per quest'ultimo caso riferito alla Turchia vale la spiegazione fornita per l'Indice di Rischio di Incendio, precedentemente citato. Infatti, nonostante l'Indice di Gestione del Suolo sia calcolato anche in base alla presenza delle misure di controllo dell'erosione, e quindi a fattori antropici, esso ha l'obiettivo di descrivere fenomeni che interessano il suolo e per tale motivo è stato associato alla categoria Suolo.

La Tabella 3.10 evidenzia come i cinque Paesi abbiano considerato prioritaria l'introduzione di indici e parametri climatici per l'analisi del rischio di desertificazione. In particolare, Portogallo e Turchia utilizzano due e tre indici climatici rispettivamente. Anche all'aspetto pedologico è stata conferita importanza da tutti i Paesi, anche se in termini a volte differenti: Portogallo e Spagna utilizzano indici che si riferiscono unicamente alla perdita di suolo, l'Italia usa un indice che descrive le condizioni pedoclimatiche, mentre Grecia e Turchia prevedono l'utilizzo di indici che descrivono sia le condizioni pedologiche naturali sia i fenomeni di degradazione dei suoli. Da ciò si evince che Portogallo e Turchia hanno adottato indicatori pedologici che non includono le Pressioni esercitate dalle azioni antropiche.

La vegetazione è inclusa tra gli indici del rischio di desertificazione da tre Paesi: Italia, Spagna, Turchia. L'Italia ha adottato un indice che descrive la vegetazione, mentre quello della Spagna si riferisce agli incendi. L'indicatore turco considera sia i fattori naturali della vegetazione sia i fattori di pressione antropica, in termini di degrado da incendi.

Italia, Grecia e Spagna utilizzano inoltre indicatori che descrivono l'influenza della pressione antropica sull'evoluzione dei fenomeni di desertificazione, in accordo con la definizione fornita dall'UNEP (1994).

In sintesi:

- tutti e cinque i Paesi utilizzano indici relativi a clima e a suolo per individuare le aree a rischio di desertificazione;
- indici relativi alla vegetazione sono utilizzati da Italia, Spagna e Turchia, ma non da Grecia e Portogallo;
- indicatori che esprimono la pressione antropica sono stati inclusi nella valutazione delle aree a rischio di desertificazione da Italia, Grecia e Spagna, ma non da Portogallo e Turchia.

Una volta individuati gli ambiti comuni a tutti e cinque i Paesi, il passo successivo potrebbe includere il confronto fra i singoli parametri che i paesi hanno utilizzato per definire gli indicatori.

4. INDICATORI PER IL MONITORAGGIO DELLA DESERTIFICAZIONE

Nel presente capitolo saranno trattati alcuni degli indicatori di desertificazione proposti nel corso di diverse attività di ricerca nazionali ed internazionali in tema di desertificazione, attinenti a diversi aspetti della degradazione delle terre.

4.1 Indicatori di gestione forestale

È opportuno sottolineare che il principale riferimento disponibile sugli indicatori di Gestione Forestale Sostenibile (ANPA, 2000) non è stato messo a punto in maniera specifica per gli ambienti mediterranei. Tuttavia, l'evoluzione di diversi fenomeni di desertificazione negli ambienti mediterranei è strettamente connessa alla componente vegetazionale e dunque il controllo dei medesimi non può prescindere dall'applicazione di misure di gestione sostenibile degli ecosistemi forestali. Esempi rappresentativi di queste situazioni sono i processi erosivi che interessano i versanti, gli incendi forestali, i deperimenti delle foreste produttive, la perdita di biodiversità negli ecosistemi dunali e costieri. Come evidenziato da Barbati e Corona (2006), i processi che governano tali degradi in Italia, e nell'area mediterranea più in generale, possono essere messi in relazione a una sinergia tra fattori naturali ed antropici poiché specifici fattori fisici predisponenti (come l'aridità, la siccità, l'erosività delle precipitazioni, la morfologia, l'orografia, suoli altamente erodibili derivanti da rocce calcaree o formazioni sedimentarie argilloso-sabbiose) ampliano gli effetti di processi di degrado innescati da pressioni antropiche sui territori forestali (deforestazione, pascolo eccessivo e incontrollato, incendi, fattori inquinanti e, in ultima analisi, cambiamento climatico). Anche nel caso in cui il principale fattore responsabile del degrado sia un fattore climatico, come ad esempio nel caso del ruolo della siccità nel deperimento quercino, l'intensificazione (in termini di frequenza e diffusione) del fattore scatenante è sempre collegata a trasformazioni ambientali d'origine antropica.

Per il contesto europeo esiste un set articolato di Criteri e Indicatori (C&I) di gestione forestale, tra loro coordinati e in grado di assolvere a diverse funzioni. Le esigenze di utilizzare gli indicatori come strumento di verifica della GFS in Europa, di integrare le variabili ambientali con i dati socio-economici e di armonizzare le conoscenze a livello europeo hanno trovato risposta in occasione della terza Conferenza Interministeriale sulla Protezione delle Foreste (Lisbona, giugno 1998), durante la quale è stato messo a punto un sistema 41 indicatori descrittivi e quantitativi che fanno riferimento a sei Criteri di Gestione Forestale Sostenibile, a loro volta articolati in diversi "ambiti concettuali". I Ministeri europei competenti per le politiche forestali hanno adottato formalmente il protocollo elaborato, impegnandosi a proseguirne l'applicazione e l'attività di revisione e di miglioramento degli indicatori.

A partire da tale sistema è stato individuato un set di indicatori per il monitoraggio dello stato delle risorse, della gestione e degli effetti delle scelte di politica forestale a livello italiano. Nella Tabella 4.1 è riportato l'elenco ufficiale dei C&I definiti a Lisbona, integrato dagli indicatori proposti per le specifiche condizioni delle risorse forestali nazionali in base alla domanda informativa e a prescindere dall'eventuale disponibilità di dati. Si può osservare che non tutti hanno lo stesso livello di "operatività", nel senso che alcuni – più che indicatori – sono indicazioni di ambiti significativi per i quali occorre definire uno o più indicatori specifici.

Inoltre, in riferimento al modello DPSIR, gli indicatori proposti sono stati classificati secondo la loro capacità di rappresentare le forze determinanti (D), le pressioni (P), lo stato (S), gli impatti (I) e le risposte (R).

La definizione di C&I si è basata su una procedura “dall’alto al basso”¹¹ articolata in fasi specifiche:

- identificazione degli obiettivi degli utilizzatori finali coinvolti;
- sviluppo di modelli per la formulazione di indicatori;
- identificazione e selezione delle variabili su cui basare la formulazione di indicatori adeguati.

In un approccio “dal basso verso l’alto” si parte dalla descrizione delle condizioni che devono essere valutate; adeguati indicatori vengono poi aggregati e/o selezionati. Con una procedura che integra entrambe le direzioni la debolezza operativa delle due procedure può essere in parte compensata, tuttavia, l’approccio prevalentemente impiegato, pur con notevoli problemi applicativi, è stato quello “dall’alto al basso”. Di seguito sono trattati i criteri di sostenibilità delineati a livello europeo e all’interno dei quali ricadono gli indicatori descritti sopra e la corrispondente situazione sul territorio italiano.

Tabella 4.1 - Criteri e indicatori di GSF su scala nazionale. la lista comprende i C&I definiti a Lisbona integrati con gli indicatori proposti per le risorse forestali italiane (in corsivo)

Criterio		Indicatore	DPSIR
1 Mantenimento e appropriato miglioramento delle risorse forestali e loro contributo al ciclo globale del carbonio	1.1	Quadro legale, politico, amministrativo sulla capacità generale di gestione delle politiche forestali.	R
	1.2	Superficie forestale, altre aree boscate e variazioni di superficie (classificate, se pertinenti, secondo i tipi forestali e di vegetazione, struttura della proprietà, classi cronologiche, origine delle foreste).	S
	1.2 a	Ricolonizzazione naturale del bosco in aree agricole marginali (bosco naturale o naturaliforme).	S
	1.2 b	Realizzazione e gestione di formazioni (anche lineari) in aree ad agricoltura intensiva.	S
	1.3	Quadro legale, politico, amministrativo sull’uso del suolo e superficie forestale.	R
	1.4	Variazioni nel volume totale della biomassa legnosa, nel volume medio della biomassa legnosa delle aree forestali (classificate, se appropriato, secondo le diverse zone di vegetazione o classi), nelle classi cronologiche o appropriate classi di distribuzione diametrica.	S
	1.5	Quadro legale-politico-amministrativo sulla biomassa legnosa.	R
	1.6	Lo stock totale di carbonio fissato nelle formazioni forestali e le relative variazioni.	S
	1.6 a	Effetti degli incendi sul bilancio del carbonio.	I
	1.6 b	Effetti dell’invecchiamento dei soprassuoli sul bilancio del carbonio.	S

¹¹ La procedura “dall’alto al basso” è qui intesa in senso tecnico, e non va confusa con l’accezione partecipativa che si assegna alle espressioni “bottom-up” e “top-down”, le quali indicano processi quasi opposti a quelli descritti.

Critério		Indicatore	DPSIR
	1.7	Quadro legale-politico-amministrativo sul bilancio del carbonio.	R
2 Mantenimento della salute e della vitalità degli ecosistemi forestali	2.1	Quantità totale e cambiamenti negli ultimi 5 anni nelle deposizioni di inquinanti dell'aria (rilevati in stazioni di monitoraggio permanenti).	P
	2.2	Variazioni verificatisi con gravi defogliazioni da registrarsi secondo la classificazione UN-ECE e EU (classi 2,3 e 4) per gli ultimi 5 anni.	I
	2.3	Danni gravi causati da agenti biotici o abiotici: gravi danni causati da insetti e malattie con una valutazione della gravità del danno come funzione della mortalità o della diminuzione nell'accrescimento; area annuale di foreste ed altre superfici boscate percorse da fuoco; area annuale interessata da danni da vento e volume legnoso ottenuto da queste stazioni; percentuale di rinnovazione seriamente danneggiata da selvaggina e altri animali o dal pascolo.	I
	2.4	Variazioni nell'equilibrio dei nutrienti nel suolo e dell'acidità negli ultimi 10 anni (pH e CSC); livello di saturazione di CSC in stazioni di monitoraggio europee o degli equivalenti nazionali.	I
	2.5	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità di mantenimento della salute e vitalità degli ecosistemi forestali.	R
3 Mantenimento e sviluppo delle funzioni produttive nella gestione forestale (prodotti legnosi e non legnosi)	3.1	Bilancio tra incremento e utilizzazioni legnose negli ultimi dieci anni.	P
	3.1 a	Impieghi energetici delle biomasse legnose (in foresta e fuori foresta), compresi gli scarti e sottoprodotti legnosi.	P
	3.1 b	Prelievi di legname negli impianti di arboricoltura da legno.	P
	3.2	Percentuale di foresta gestita secondo piani di assestamento o secondo linee guida di gestione.	R
	3.3	Quadro legale-politico-amministrativo sulla produzione legnosa.	R
	3.4	Ammontare totale e cambiamenti nel valore e/o nella quantità dei prodotti non legnosi della foresta	P
	3.4 a	Quantità e valore della raccolta di funghi, tartufi, castagne e dei prelievi venatori.	P
3.5	Quadro legale-politico-amministrativo sui prodotti non legnosi.	R	
4 Mantenimento, conservazione e appropriato miglioramento della biodiversità ecologica negli ecosistemi forestali	4.1	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità generale di mantenere, conservare e migliorare la diversità biologica.	R
	4.2	Variazioni nella superficie di stazioni forestali naturali o seminaturali, di riserve forestali protette integralmente, di foreste protette con un regime di gestione particolare.	R
	4.2 a	Estensione e caratteristiche tipologiche degli arboreti e boschi da seme.	R
	4.2 b	Composizione floristica delle stazioni forestali a fini conservativi.	S
	4.3	Quadro legale-politico-amministrativo sugli ecosistemi forestali rappresentativi, rari e vulnerabili.	R
4 Mantenimento,	4.4	Variazioni nel n° e nella % di specie minacciate in relazione al n° totale di specie forestali	I

Criterio		Indicatore	DPSIR
conservazione e appropriato miglioramento della biodiversità ecologica negli ecosistemi forestali	4.5	Quadro legale-politico-amministrativo sulle specie minacciate.	R
	4.6	Variazioni nella proporzione di stazioni gestite a fini conservati vi o adibite a riserve genetiche; differenze azione tra specie autoctone e introdotte.	R
	4.7	Variazioni nella proporzione di boschi misti costituiti da 2-3 specie.	S
	4.8	In relazione all'area totale in rinnovazione, proporzione dell'area annuale di rinnovazione naturale.	S
	4.9	Quadro legale-politico-amministrativo sulla biodiversità in foreste a destinazione produttiva.	R
5 Mantenimento a appropriato miglioramento delle funzioni protettive nella gestione forestale con specifica attenzione alla difesa del suolo e alla regimazione delle acque.	5.1	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità generale di mantenere le funzioni di protezione.	R
	5.2	Proporzione di superficie forestale gestita prevalentemente allo scopo della protezione del suolo.	R
	5.2a	Erodibilità e altri fattori di rischio idrogeologico delle areeforestali.	S
	5.3	Quadro legale-politico-amministrativo sulla prevenzione dell'erosione del suolo.	R
	5.4	Proporzione di superficie forestale gestita a fini protettivi.	R
	5.5	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità di mantenere l'effetto regimante della foresta.	R
6 Mantenimento delle altre funzioni e delle condizioni socio-economiche	6.1	Incidenza percentuale del settore forestale sul Prodotto Interno Lordo.	D
	6.2	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità di promuovere lo sviluppo del settore forestale.	R
	6.3	Aree ricreative: area di foresta con accesso per abitante, percentuale sull'area forestale totale.	S
	6.3 a	Utilizzatori a fini turistico-ricreativi delle risorse forestali e relative superfici interessate.	P
	6.3 b	Occupazione indotta dalla presenza e da politiche di valorizzazione delle risorse forestali a fini turistico-ricreativi.	R
	6.4	Quadro legale-politico-amministrativo sui servizi ricreativi.	R
	6.5	Variazioni nella percentuale di occupati nel settore forestale e nelle aree rurali occupati in foresta, nelle utilizzazioni, nell'industria forestale.	R
	6.5 a	Operai forestali occupati da enti pubblici effettivamente addetti alle attività di settore, per tipologia di intervento.	R
	6.6	Quadro legale-politico-amministrativo sulle misure occupazionali.	R
	6.7	Quadro legale-politico-amministrativo sulla ricerca ed educazione professionale.	R
	6.8	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità di diffondere la consapevolezza pubblica.	R
	6.9	Quadro legale-politico-amministrativo sulla partecipazione pubblica.	R
	6.10	Quadro legale-politico-amministrativo sulla capacità di tutela dei valori culturali.	R

(modificata da ANPA, 2000)

Nella Tabella 4.2 sono riportati i 14 indicatori quantitativi più significativi per la sostenibilità forestale in Italia e per il cui popolamento sono disponibili dati sufficientemente aggiornati e distribuiti sul territorio. Essi coprono tutti i Criteri e, come indicato, possono essere inquadrati all'interno dello schema logico DPSIR.

L'insieme di questi indicatori può consentire di delineare un quadro sintetico della situazione della gestione forestale sostenibile in Italia, e in linea teorica non pone problemi di applicabilità su scale territoriali più limitate di quella nazionale, essendo documentata la fattibilità di sistemi di monitoraggio e di politiche di settore anche a livello locale, provinciale e regionale (ANPA, 2000). Valorizzando queste esperienze, le istituzioni nazionali potrebbero stimolare e coordinare la raccolta di dati anche nelle Regioni da questo punto di vista meno attive.

Tabella 4.2 – Lista degli indicatori individuati al fine dell'attuale rappresentazione della situazione italiana

	Indicatore	DPSIR
1.2	Superficie forestale, altre aree boscate e variazioni di superficie (classificate, se pertinenti, secondo i tipi forestali e di vegetazione, struttura della proprietà, classi cronologiche, origine delle foreste).	S
2.1	Quantità totale e cambiamenti negli ultimi 5 anni nelle deposizioni di inquinanti dell'aria (rilevati in stazioni di monitoraggio permanenti).	P
2.2	Variazioni verificatisi con gravi defogliazioni, da registrarsi secondo la classificazione UN-ECE e EU (classi 2,3 e 4) per gli ultimi 5 anni.	I
2.3	Danni gravi causati da agenti biotici o abiotici: gravi danni causati da insetti e malattie con una valutazione della gravità del danno come funzione della mortalità o della diminuzione nell'accrescimento; area annuale di foreste ed altre superfici boscate percorse da fuoco; area annuale interessata da danni da vento e volume legnoso ottenuto da queste stazioni; percentuale di rinnovazione seriamente danneggiata da selvaggina e altri animali o dal pascolo.	I
2.4	Variazioni nell'equilibrio dei nutrienti nel suolo e dell'acidità negli ultimi 10 anni (pH e CSC); livello di saturazione di CSC in stazioni di monitoraggio europee o degli equivalenti nazionali.	I
3.4	Ammontare totale e cambiamenti nel valore e/o nella quantità dei prodotti non legnosi della foresta (selvaggina, frutti di bosco, sughero, funghi ad uso alimentare ecc.).	P
4.2	Variazioni nella superficie di stazioni forestali naturali o seminaturali, di riserve forestali protette integralmente, di foreste protette con un regime di gestione particolare.	R
4.2 a	Estensione e caratteristiche tipologiche degli arboreti e boschi da seme.	R
4.4	Variazioni nel numero e nella percentuale di specie minacciate in relazione al numero totale di specie forestali (tramite l'utilizzo di liste quali quella dell'IUCN, del Consiglio d'Europa o la Direttiva Habitat dell'UE).	I
4.8	In relazione all'area totale in rinnovazione, proporzione dell'area annuale di rinnovazione naturale.	S
5.2	Proporzione di superficie forestale gestita prevalentemente allo scopo della protezione del suolo.	R
5.2 a	Erodibilità e altri fattori di rischio idrogeologico delle aree forestali.	S
5.4	Proporzione di superficie forestale gestita a fini protettivi.	R
6.1	Incidenza percentuale del settore forestale sul Prodotto Interno Lordo.	D

(da ANPA, 2000, modificata)

Tabella 4.3 – In colonna sono elencate le principali tipologie di degrado dei sistemi forestali mentre le righe indicano le principali manifestazioni di degrado, riferite alle componenti Stato e Impatto del modello DPSIR. Le X indicano le situazioni in cui sono disponibili informazioni provenienti da studi che descrivono i fenomeni

	S		I		
	Riduzione della copertura forestale	Riduzione della complessità strutturale e compositiva	Riduzione della biomassa e della produttività biologica	Degradazione fisica e biologica del suolo	Alterazioni nella disponibilità e struttura dell'habitat forestale
Deforestazione e per apertura di pascoli	X				
Pascolo eccessivo e incontrollato	X	X		X	
Incendi boschivi	X	X		X	
Deperimento delle specie quercine	X	X			
Degrado dei boschi di sughera	X	X			
Degrado/Deperimento della vegetazione costiera	X			X	
Piantagioni forestali	X	X	X	X	X

(da Barbati e Corona, 2006, modificata)

Il rapporto elaborato nel contesto del progetto RIADE (Barbati e Corona, 2006), ha contribuito alla sistematizzazione concettuale, secondo il modello logico DPSIR (vedi cap. 5), dei processi di degrado per i sistemi forestali italiani in ambiente mediterraneo, in base alle conoscenze derivate da studi specifici compiuti sui fenomeni di desertificazione. La rappresentazione proposta, e qui sinteticamente riportata (Tabella 4.3), fornisce un supporto concettuale alla individuazione e alla selezione degli indicatori di Stato e di Impatto per i sistemi forestali. Lo schema rappresenta gli ambiti di indagine che gli indicatori devono essere in grado di descrivere quantitativamente, in relazione allo Stato degli ecosistemi all'Impatto che i fenomeni di desertificazione hanno su di essi.

4.2 Indicatori di degradazione degli agroecosistemi

Il concetto di agroecosistema per molti aspetti si sovrappone a quello di ecosistema naturale e dunque risulta difficile una netta distinzione tra i due; tuttavia può essere riferito agli ambienti che sono stati più o meno intensamente utilizzati e quindi modificati dall'azione antropica attraverso usi agricoli, pastorali, forestali. Questi interventi comportano un degrado per gli ecosistemi vegetali che in generale può essere valutato in base alla distanza tra la vegetazione attuale e lo stato di climax.

La selezione di un unico set di indicatori vegetali risulta particolarmente difficile (Camarda, 1998) poiché la degradazione è correlata a molteplici variabili, come la scala temporale, gli aspetti storici e genetici e le componenti socioeconomiche. Tuttavia è auspicabile identificare indicatori in grado di descrivere processi che si ripropongono nel bacino del Mediterraneo anche in siti differenti e distanti. Nella Tabella 4.4 sono proposte alcune possibili categorie di indicatori riferiti ad alcuni processi di degradazione delle risorse forestali che interessano il bacino del Mediterraneo che possono contenere gli indicatori biologici.

Tabella 4.4 - Categorie di indicatori proposti e variabili da considerare per la loro costruzione

CATEGORIA DI INDICATORE	VARIABILI COINVOLTE
Diminuzione della fitomassa:	Sequenza foresta-macchia-gariga-comunità erbacea. Capacità di resilienza delle specie principali della comunità.
Diminuzione di copertura vegetale e simultaneo aumento di pietrosità e erosione dei suoli.	Diminuzione della fitomassa.
Cambiamenti nella struttura della foresta e diminuzione del sottobosco.	Livello di pulizia del sottobosco. Es.: deperimento dei montados in Alentejo, dove il sovrasfruttamento ha ridotto le comunità vegetali a pochi ettari.
Diminuzione della biodiversità vegetale, mediante introduzione di specie esotiche a scopo produttivo.	Introduzione di specie alloctone che, oltre agli immediati vantaggi economici, implica riduzione della biodiversità, e a volte anche altri impatti di tipo pedologico o idrogeologico.
Aumento di biodiversità in macchia e gariga degradate.	Aumento del numero di specie erbacee annuali nel passaggio formazioni forestali a macchia o gariga.
Variazioni nel normale spettro biologico.	Il rapporto termofite/emicriptofite è un buon indicatore di aridità e degradazione, poiché le terofite prediligono condizioni aride, mentre le emicriptofite crescono in climi più temperati.
Frequenza delle specie che crescono dall'inverno alla primavera.	
Aumento delle specie aromatiche e produttrici di oli essenziali.	Gli oli essenziali assorbono la radiazione solare e sono un meccanismo naturale che contribuisce a creare un microclima intorno alla comunità. Questa capacità favorisce la crescita di gariga con emicriptofite che sono specie non-pabulari.
Aumento di specie non-pabulari	Sovrapascolamento, che rallenta la crescita delle specie pabulari, e l'aumento di quelle tossiche, velenose e non pabulari (spinose e ricche di fibra, lignina e alcaloidi).
Progressiva prevalenza delle specie xerofile.	Sovrapascolamento.
Prevalenza di sclerofille termoxerofile che producono resine sopra le specie mesofile.	Aridità. Differenti pressioni di pascolamento.
Diffusione di specie spinose e con rami fotosintetici	Supportano la fotosintesi quando sono assenti le foglie.
Prevalenza di specie erbacee con breve ciclo vitale	L'utilizzo di specie erbacee costituisce una delle strategie più efficaci e diffuse difese contro l'aridità.
Presenza di specie con strutture resistenti agli incendi.	
Prevalenza di specie con alta produzione di semi.	È indicatore di veloce capacità di colonizzare un ambiente, ad esempio in seguito ad un incendio.

(liberamente rielaborato da Camarda, 1998)

Uno degli agroecosistemi più importanti per il Mediterraneo è quello dei *montados*¹² ossia la tipica foresta di sughere il cui suolo è utilizzato anche per attività agro-silvo-pastorali, come la produzione di cereali ed il pascolamento. I montados sono stati interessati da intensi fenomeni di deperimento, in particolare durante gli ultimi 15-20 anni, che, come evidenziato da diversi studi, risultano correlati alle variazioni delle condizioni climatiche.

I principali indicatori di degrado dei montados si riferiscono alla copertura vegetale e ai deflussi idrici e devono essere valutati di preferenza a scala di bacino. La copertura vegetale riflette le condizioni del suolo e del clima. Gli indicatori ad essa riferiti considerano gli aspetti vegetazionali e la biodiversità e possono costituire la base per la creazione di una rete di osservazioni nelle aree più fragili. Gli indici di qualità della vegetazione, che devono essere valutati in primavera ed in tarda estate, descrivono (Louro e Sequeira, 1998):

- lo stato di salute e il vigore delle foreste;
- la composizione e la densità della vegetazione nativa;
- all'interno dei bacini idrologici è possibile osservare fenomeni differenti connessi fra loro. Ad esempio, la condizione di deperimento dei montados è fortemente correlata con l'acqua a disposizione nel suolo. Per questo motivo è necessario:
- monitoraggio della distribuzione delle tipologie di deflusso idrico superficiale generate dalle precipitazioni all'interno del bacino;
- caratterizzazione della vegetazione riparia.

La qualità dell'acqua drenata non è un parametro significativo e rilevante per i montados perché non sono utilizzati fertilizzanti e quindi non ci sono pericoli in tal senso.

4.3 Indicatori di biodiversità

Nel contesto degli indicatori di desertificazione, l'obiettivo principale dello studio della biodiversità è la costruzione e l'implementazione di un set di indicatori fisici, chimici, biologici in grado di esprimere lo stato attuale e l'andamento delle risorse biologiche, l'impatto della desertificazione in termini di perdita di biodiversità e contemporaneamente, che possa costituire la base per intraprendere misure di intervento nel contesto di Piani di Azione a livello nazionale, regionale, locale. A tale scopo è auspicabile che ogni paese individui opportune soglie e standard, basati su risultati scientifici globalmente accettati, finalizzati alla conservazione della biodiversità e che possono essere formalizzati attraverso leggi e regolamenti (Sorlini e Amadio, 1998). Inoltre, è auspicabile che il set di indicatori sia affiancato da un set di obiettivi (quali-quantitativi), il cui raggiungimento indica i progressi ottenuti nella conservazione della biodiversità. Questo sistema può essere a sua volta supportato da indicatori che valutano il raggiungimento dell'obiettivo.

Un primo passo per la costruzione e l'implementazione di un sistema di questo tipo può consistere nella selezione di un esiguo numero di bioindicatori, per poi definirne altri, più sofisticati e con una maggiore sensibilità.

La costruzione di un set di indicatori specifico per monitorare i fenomeni di desertificazione che si manifestano anche con la perdita di biodiversità risulta alquanto difficile per il bacino del Mediterraneo, data la molteplicità delle cause e l'eterogeneità geografica di questa regione.

¹² sistemi agroforestali noti come "*dehesas*" in Spagna e, appunto, "*montados*" in Portogallo che interessano una vasta superficie della penisola iberica.

Tuttavia, un set comune, accettato ed utilizzato da tutti i paesi del bacino può fornire un notevole aiuto per interpretare i fenomeni sulla base delle medesime informazioni e criteri, e dunque per dialogare con il medesimo linguaggio. Perciò è auspicabile che tutti i paesi collaborino e cooperino per costruire tale set unico di indicatori per questa area biogeografica, che consenta di comparare diverse situazioni secondo i medesimi criteri (Sorlini e Amadio, 1998). A tal proposito, sono state proposte alcune categorie di indicatori che descrivono lo stato di conservazione della biodiversità, la pressione antropica esercitata sulle risorse biologiche, la capacità di risposta attuate dalle politiche dei diversi paesi e gli obiettivi che i governi dovrebbero perseguire per contrastare i processi in corso.

Le difficoltà che si incontrano in questo campo sono connesse a diversi fattori:

- gli indicatori variano in base alla scala di indagine;
- i rapporti causa-effetto analizzati in condizioni controllate di laboratorio spesso differiscono da quelli che realmente intercorrono in condizioni naturali, così che risulta difficile identificare indicatori adattabili ad entrambe le situazioni;
- è necessaria l'elaborazione di indici di biodiversità derivati dall'aggregazione di più indicatori che forniscano informazioni sullo stato delle risorse, sulla pressione antropica e sulle risposte più opportune per fronteggiare gli impatti.

A scala territoriale, lo Stato della biodiversità può essere descritto ed analizzato in base a (Sorlini e Amadio, 1998):

- o **Quantità degli ecosistemi:**
questi indicatori descrivono il numero degli ecosistemi ed il numero relativo di specie minacciate rispetto al numero totale e misurano le perdite di biodiversità a seguito della frammentazione o della conversione degli ecosistemi naturali, in termini di:
 - % di aree autorigeneranti (ecosistemi naturali e seminaturali) e di aree modificate dall'intervento antropico (aree alterate);
 - % di aree autorigeneranti per ogni tipo di ecosistema;
 - estensione delle aree autorigeneranti in base a classi dimensionali (100-1000 ha, 1000-10.000 ha..)
- o **Qualità degli ecosistemi:**
questi indicatori si fondano su misure dirette ed indirette della perdita di biodiversità che valutano la qualità a livello di ecosistema, confrontando stato attuale e stato di riferimento¹³ in termini di:
 - distribuzione e abbondanza delle specie;
 - numero di specie indigene;
 - % area forestata;
 - % di aree costiere e marine con risorse biologiche rilevanti;
 - % di specie endemiche.

¹³ Lo stato di riferimento può essere utilizzato come base di partenza per misurare e valutare una variazione di biodiversità e può essere rappresentato da:

- data dell'entrata in vigore della Convenzione sulla Biodiversità (1993). Questo caso è difficoltoso per i paesi in via di sviluppo, poiché, trattandosi di un limite temporale molto recente, una grande quantità di biodiversità è già stata persa. Tuttavia costituisce un punto di riferimento efficace per valutare le variazioni di biodiversità più recenti.
- fase preistorica, precedente l'interferenza dell'attività antropica sull'ambiente: questo limite temporale è molto distante e dunque difficilmente verificabile.
- fase storica precedente la rivoluzione industriale: questo limite costituisce una base per un set realistico di indicatori di biodiversità.

- Habitat e specie estinte o minacciate:
questi indicatori evidenziano le specie o le aree in cui l'attuazione di interventi di conservazione delle risorse è più urgente, in base a:
 - numero di specie estinte o minacciate;
 - numero di habitat minacciati.

Gli indicatori di Pressione sugli ecosistemi si riferiscono ai fattori che provocano la perdita di habitat, la perdita di risorse ecologiche, quali l'introduzione di specie alloctone, l'inquinamento, i cambiamenti climatici. Essi valutano, ad esempio:

- Perdita di habitat, in termini di:
 - % di aree autorigeneranti, convertite annualmente ad usi agricoli, urbani, e altri che hanno modificato intensamente l'ambiente;
 - % di corsi d'acqua impattati da dighe.
- Sovrasfruttamento biologico, in termini di:
 - ammontare totale dei prelievi biologici (in relazione ai livelli sostenibili di sfruttamento);
 - taglia, peso, età medi di una certa specie o di un gruppo di specie, rispetto all'anno di riferimento.
- Presenza di specie esotiche, in termini di:
 - numero totale di specie esotiche di un certo gruppo tassonomico;
 - biomassa totale delle specie esotiche all'interno di un certo gruppo tassonomico.
- Inquinamento, in termini di:
 - presenza e livello di carico o input di sostanze particolarmente dannose per la biodiversità, comparate con gli standard per suoli, acque, atmosfera.

Gli indicatori di Risposta valutano la capacità di una comunità di contrastare i processi di desertificazione e conservare o incrementare la biodiversità. Le azioni intraprese a riguardo hanno la finalità di:

1. mitigare la pressione causata da azioni antropiche e da altri fattori che contribuiscono alla degradazione della biodiversità;
2. promuovere, ove necessario, la formulazione, in base ad un sistema di monitoraggio efficace, di nuove regole che integrino la difesa della biodiversità a differenti livelli amministrativi;
3. indirizzare risorse finanziarie atte supportare gli obiettivi. Gli indicatori di risposta possono vertere su:
 - immediatezza delle misure di intervento;
 - potenzialità delle strutture e degli strumenti presenti nel contesto territoriale in esame;
 - presenza di una legislazione mirata;
 - consapevolezza della comprensione della biodiversità e della desertificazione in termini di presenza di ONG che si occupano del tema;
 - disponibilità di finanziamenti per la tutela della biodiversità.

Un elenco più preciso delle categorie di indicatori per monitorare la biodiversità è riportato nella Tabella 4.5. Altri ne possono essere individuati per un monitoraggio di maggior dettaglio.

Tabella 4.5 – Lista di alcuni degli indicatori di biodiversità proposti da Sorlini e Amadio (1998)

State indicators	
Species	Species diversity Recorded species present Indigenous species present Non-Indigenous species present Endemic species Threatened species: lists mapped distributions Proportion of exotic to native species Change in number of species (species richness) over time (increase/decrease) Change in composition of species over time Structure of diversity of plant communities Re-colonization by plants, animals and micro-organisms Species groups: total number versus threatened species Species: distribution trends of key species in selected regions Species with small population size vs. larger population size Spatial differences in the number of rare vs. common species Spatial differences in the number of restricted vs. wide-range species Representativeness of intraspecific variability of endangered and economically important species
Genes	Genetic diversity In situ genetic resources: medicinal plants, wild ancestors of domestic varieties
Pressare indicators	
	Habitat fragmentation Urbanization (growth) Transport: density of road network Agriculture: farming structure, practice and land use (e.g., livestock, use of fertilizers) Forest fires Rural development Use of atmospheric resources Use of soil resources Use of water resources Water abstraction/ use of pesticide Degree of eutrophication of water bodies Number of introduced species and genomes Quantity of species of economic / scientific interest removed from the environment Erosion / loss of genetic diversity patrimony Threat categories for specific species or other taxa Extraction and tourism for Ramsar sites

4.4 Indicatori di qualità delle acque

Il deterioramento quali-quantitativo delle risorse idriche può costituire una manifestazione dei processi di desertificazione, intesa nell'accezione più generale di degrado delle potenzialità produttive di un territorio. Le acque superficiali e sotterranee sono infatti un fattore essenziale per la conservazione e per la crescita socioeconomica di un territorio ed un loro degrado può influire negativamente sulle condizioni di sviluppo.

Tuttavia, dal momento che l'impatto del degrado delle risorse idriche è legato all'utilizzo effettivo delle stesse, secondo Barbieri et al. (2006), il degrado delle acque costituisce un "potenziale indicatore di desertificazione, piuttosto che un indicatore certo ed oggettivo di desertificazione", ossia, il degrado della risorsa idrica costituisce, a seconda dell'utilizzo a cui essa è destinata, una possibile causa di desertificazione e non un effetto oggettivamente osservabile. Infatti, se una risorsa idrica sotterranea di pessima qualità non è utilizzata, ma è sostituita con un'altra, essa non costituisce elemento assoluto di degrado, capace di provocare perdita di produttività territoriale e di risorse naturali (suolo, vegetazione ecc.). Va aggiunto anche che una risorsa qualitativamente non elevata, attraverso opportuni processi depurativi, può essere resa idonea a soddisfare una certa tipologia di utenza (ad esempio mediante trattamento delle acque reflue per scopi irrigui). Inoltre, la medesima risorsa idrica può essere un elemento di degrado in un certo territorio, al contrario, elemento di sviluppo in un contesto differente.

Barbieri et al. (2003) evidenziano infatti l'impossibilità di definire standard qualitativi e quantitativi generali per le risorse idriche e dunque la difficoltà di valutare l'impatto che le acque degradate possono avere sull'ambiente, dal momento che dal punto di vista quantitativo le risorse idriche minime necessarie per un territorio variano in funzione delle caratteristiche e del grado di sviluppo delle attività socioeconomiche, mentre dal punto di vista qualitativo, gli standard di qualità differiscono a seconda dell'utenza a cui sono destinate. In Italia, il D.Lgs.152/99 stabilisce i requisiti per le acque destinate al consumo umano, mentre per gli altri usi i requisiti di qualità variano in funzione dell'impiego.

Lo studio di Barbieri et al. (2006) ha analizzato e rielaborato i risultati ottenuti in studi su *land degradation* delle risorse idriche nelle Regioni italiane dell'Obiettivo 1, elaborando una sistematizzazione tipologica dei fenomeni ed individuando gli opportuni indicatori correlati, che possono adeguatamente descrivere i fenomeni di degrado delle acque nell'Italia meridionale.

Tale selezione si è basata su due criteri differenti, così che il set di indicatori individuati è stato inquadrato in base a:

- tipologia dell'inquinante,
- modello DPSIR.

La tipologia di degrado è connessa alla presenza di certi fenomeni di inquinamento, che determinano sia la variazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche delle acque rispetto alle condizioni naturali, sia la presenza di determinate sostanze in concentrazioni maggiori di quelle che le norme nazionale ed internazionali pongono come limite. Gli indicatori dovranno perciò riferirsi alle categorie di degrado elencate nella Tabella 4.6. L'elenco comprende anche alcune tipologie di degrado (salinazione delle acque sotterranee, eutrofizzazione dei corpi idrici superficiali e degrado quantitativo) specificamente connesse ai fenomeni di desertificazione.

Gli indicatori inquadrati nel modello DPSIR sono stati selezionati a partire da quelli proposti dall'EEA, anche se sono stati riscontrati dagli autori alcune difficoltà poiché alcuni di essi appaiono insufficienti a connotare il fenomeno degrado delle acque nella sua totalità, mentre in altre risultano ridondanti. Inoltre a volte le categorie risultano così generali da comprendere indicatori che invece si riferiscono a situazioni più specifiche.

Tabella 4.6 – Fenomeni di degrado di acque superficiali e sotterranee per le Regioni dell'Obiettivo 1

TIPOLOGIE DI DEGRADO
Inquinamento chimico organico (CO)
inquinamento chimico inorganico non metallico (CI)
salinazione da commistione con acque fortemente salate (SL)
eutrofizzazione (EU)
inquinamento da metalli pesanti (MP)
inquinamento da batteri e virus (BV)
degrado quantitativo (DQ)
inquinamento da agenti inquinanti non meglio definiti (Altro)

(Barbieri et al., 2006)

Tabella 4.7 – Indicatori adottati dall'EEA per la qualità per le acque nelle Regioni dell'Ob. 1

Indicatore/Indice	DPSIR	DPSIR	DPSIR
Popolazione residente	D	Sostanze nutrienti nei fiumi	S
Densità di popolazione	D	Fosforo nei laghi	S
Presenze turistiche	D	Eutrofizzazione nei laghi	S
Attività agricole	D	Eutrofizzazione nei fiumi	S
Attività zootecniche	D	Parametri chimico-fisici	S
Attività minerarie	D	Parametri organolettici	S
Insedimenti industriali	D	Parametri Microbiologici	S
Discariche di rifiuti	D	Pesticidi nelle acque sotterranee	S
Impianti di trattamento reflui civili	D	pH	S
Insedimenti urbani	D	Sostanze pericolose nei fiumi	S
		Sostanze pericolose nelle acque sotterranee	S
Altre opere antropiche (dighe, pozzi ecc.)	D	Sostanze pericolose nei laghi	S
Attività produttive	P	Inquinamento organico nei fiumi	S
Carichi organici potenziali	P	Inquinam. Org. in acque sotterranee	S
Carichi trofici	P	Livello della falda	I
Consumo di acqua per uso potabile	P	Variazioni climatiche	I
Consumo di acqua per uso agricolo	P	Qualità dell'acqua irrigua	I
Sovrasfruttamento degli acquiferi	P	Qualità dell'acqua potabile	I
Consumo di acqua per uso industriale	P	Danni economici alle attività produttive	I
Consumo di acqua per il turismo	P	Qualità delle acque di balneazione	I
Pressione antropica	P	Non rispondenza agli standard di qualità di legge	I
Sorgenti di sostanze pericolose	P	Attività di controllo	R
Sorgenti di nitrati	P	Catasto degli scarichi	R
Sorgenti di nitrati e fosforo	P	Aree protette	R
Emissioni di sostanze organiche	P	Razionalizzazione nell'uso dell'acqua	R
Emissione reflui	P	Impianti di trattamento reflui	R
Emissione reflui civili	P	Applicazione delle normative sulle acque	R
Uso di pesticidi	P	Misure piezometriche	S
Indicatori di qualità (IBE, LIM, SECA)	S	Nitrati nelle acque sotterranee	S
Salinazione	S		

(Barbieri et al, 2006)

4.5 Indicatori di qualità del suolo

Gli indicatori fisici, chimici e biologici del suolo costituiscono efficaci strumenti per valutare le funzionalità del suolo, quantificare i principali aspetti della degradazione e quindi controllare la qualità del suolo stesso (Scarascia Mugnozza, 2000).

Negli ultimi anni sono state fornite molte definizioni di qualità del suolo e la mancanza di un concetto univoco suggerisce la necessità di un uso integrato di indicatori di diversa natura, efficaci a diverse scale spaziali e temporali e funzionali a diversi obiettivi specifici (Zucca, 2004a). Una delle definizioni più utilizzate e complete è quella fornita da Doran e Parkin (1994) in cui la qualità del suolo è la “capacità di interagire con l’ecosistema per mantenere la produttività biologica, la qualità ambientale e promuovere la salute animale e vegetale”.

Dal momento che la desertificazione implica un degrado che interessa in primo luogo funzioni e proprietà del suolo – e quindi la sua qualità - gli indicatori di qualità dei suoli possono essere utilizzati come indicatori di degradazione del suolo.

Un set di indicatori per valutare in modo integrato la qualità del suolo non è stato ancora definito, ma esiste un’ampia letteratura in proposito. I contributi più rilevanti in Italia provengono principalmente dalla Società Italiana di Scienza del Suolo, che ha compiuto una sintesi delle esperienze maturate in diverse discipline della pedologia (chimica del suolo, fisica del suolo, biochimica del suolo, micromorfologia del suolo). Anche l’Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (ANPA, 2001) ha realizzato un Atlante degli Indicatori del Suolo, ottenuto sulla base dei dati disponibili. In entrambi i casi si tratta di un approccio “settoriale”.

A tal proposito, recenti esperienze hanno dimostrato (Zucca et al., 2004) che un’ottica multidisciplinare basata sull’utilizzo comparato di indicatori pedologici di vario tipo permette una efficace valutazione della perdita di qualità subita da suoli sottoposti a gestione non sostenibile.

Richiamando i concetti già espressi nel paragrafo 2.2, la qualità chimico-fisica di un suolo è principalmente determinata dalla sua struttura. Dal momento che i fenomeni di degradazione della struttura originano molti dei fenomeni di desertificazione, le loro manifestazioni possono essere assunte come indicatori di degradazione fisica del suolo (Pagliai e Vignozzi, 2000).

Grado di compattamento

Il compattamento del terreno si esprime in termini di diminuzione di porosità del suolo che interessa in modo preponderante i pori allungati, ossia quelli che determinano la qualità delle condizioni strutturali. In aree compattate, i pori allungati hanno una continuità ridotta e si presentano generalmente sottilissimi e distribuiti parallelamente alla superficie del terreno, originando una struttura lamellare che ostacola l’infiltrazione idrica.

In particolare, un terreno si considera compatto quando i valori di porosità misurati mediante metodo micromorfometrico sono inferiori al 10%.

Suola d’aratura

La formazione di uno strato compatto al limite inferiore dell’orizzonte lavorato è un fenomeno di compattamento legato a coltivazione intensiva. Poiché tale discontinuità lungo il profilo altera la capacità drenante del suolo e può generare ristagni idrici, oltre a creare problemi di asfissia, può essere considerata un indicatore della degradazione della struttura.

Grado di stabilità e perdita di struttura

Le alterazioni negative delle proprietà chimiche e fisiche del terreno (prima fra tutte l'impovertimento di sostanza organica) comportano il collasso delle pareti dei pori e quindi perdita di stabilità e degradazione del terreno. La conseguenza più diretta e immediata di ciò si traduce nell'erosione del suolo.

Croste superficiali

Queste sottili croste compatte alla superficie del suolo sono costituite da diversi strati di materiali fini alternati a materiali più grossolani e da pori. I pori possono avere forma sferica se formati da bolle d'aria intrappolata nel terreno durante il processo di essiccamento oppure possono essere sottilissimi, allungati e orientati parallelamente alla superficie del terreno. Sono privi di continuità in senso verticale, quindi praticamente nulli ai fini dell'infiltrazione dell'acqua. La conseguenza è l'impermeabilizzazione del suolo.

Crepacciamento

Informazioni su distribuzione e quantità di crepe costituiscono indicatori utili a valutare la capacità del terreno di autostrutturarsi in seguito all'alternarsi dei cicli di essiccamento-inumidimento e consentono di stimare l'infiltrazione dell'acqua attraverso il sistema di crepe. Queste informazioni sono fondamentali per la messa a punto di modelli di stima dell'erosione, poiché quando le crepacciate si chiudono originano scorrimento superficiale nei terreni declivi o ristagno idrico nelle aree pianeggianti (Vignozzi, 2000).

Erodibilità

La risposta complessiva di un suolo all'azione delle piogge è definita principalmente attraverso le seguenti caratteristiche del suolo: stabilità degli aggregati al bagnamento, resistenza agli sforzi di taglio in superficie, capacità di infiltrazione, propensione al sigillamento superficiale ed alla formazione di croste. La determinazione di questi parametri è indicatore del grado di erodibilità del suolo e può fornire elementi utili da inserire nei modelli di previsione dei processi erosivi.

Lo sviluppo delle tecniche di analisi di immagine ha consentito la determinazione quantitativa del sistema dei pori su sezioni sottili preparate da campioni indisturbati di terreno attraverso le tecniche della micromorfologia del terreno. La caratterizzazione del sistema dei pori attraverso l'analisi di immagine di sezioni sottili di terreno è in grado di evidenziare le modificazioni indotte alla struttura e quindi alla qualità dei suoli mediante indicatori micromorfologici, sia in termini di quantità di pori che di caratteristiche geometriche del sistema porale.

Attraverso la quantificazione della porosità su sezioni sottili di terreno mediante l'analisi di immagine è possibile una prima valutazione qualitativa del grado di compattamento del suolo, come mostrato in tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Percentuali di porosità come indicatori del grado di compattamento del suolo

Grado di compattamento	Porosità totale (%)
molto compatto	<5%
compatto	5-10%
moderatamente poroso	10-25%
poroso	25-40%
altamente poroso	>40%

(Pagliai, 1988)

Le tecniche micromorfometriche inoltre indicano la possibile correlazione fra porosità e alcune proprietà chimiche e biochimiche del suolo. Ad esempio, gli accumuli di sostanza organica sotto forma di “patina” lungo le pareti dei pori allungati e continui, sono indicatori di stabilità delle pareti contro l’azione disgregante dell’acqua, assicurando così la piena funzionalità dei pori stesi (Pagliai e Vignozzi, 2000).

Il contenuto di sostanza organica nel suolo è un potenziale indicatore ambientale in quanto si correla con numerosi aspetti della fertilità e della produttività degli agroecosistemi e della conservazione ambientale (Smith et al., 2000): in generale, alla presenza di maggiori quantità di sostanza organica vengono attribuiti molteplici effetti benefici.

Il rapporto C/N esprime il grado di umificazione e caratterizza su larga scala la disponibilità azotata per la pianta e per la biomassa microbica del suolo, ed è in relazione con la velocità globale dei processi che compongono il turnover della sostanza organica del suolo. Tale parametro è legato agli aspetti biochimici della qualità del suolo: infatti durante la decomposizione dei vari composti organici si ha un progressivo incremento di azoto e di ossigeno nella componente organica e, quindi, una riduzione del rapporto ed un aumento del rapporto O/H. La mineralizzazione della sostanza organica risulta lenta per un valore di C/N superiore a 20 e rapida per un valore inferiore 20.

I parametri dell’umificazione forniscono un dato statico, mentre Indicatori dinamici della sostanza organica, si possono avere monitorando il rapporto tra due isotopi stabili del carbonio ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), poiché l’arricchimento naturale in ^{13}C della sostanza organica è simile a quello della composizione isotopica della vegetazione che ricopre il terreno. Le indicazioni ottenute dalle analisi degli isotopi del carbonio permettono di ottenere delle indicazioni agronomiche ed ecologiche molto importanti, ma si tratta di determinazioni che possono essere condotte da laboratori specialistici e quindi di non largo impiego (Landi et al., 2000).

La biomassa microbica, intesa come la frazione vivente della sostanza organica del suolo, è il pool organico più sensibile ai cambiamenti dei fattori ambientali, perciò la misura del contenuto di carbonio microbico (C_{micr}) e del suo rapporto con il carbonio organico ($C_{\text{micr}}/C_{\text{org}}$) sono indici delle variazioni del contenuto di sostanza organica nel suolo nel breve periodo a pratiche agricole più sostenibili corrispondono rapporti più elevati.

Recentemente è stata proposta l’applicazione di un indice sintetico per la valutazione della qualità biologica del suolo (QBS), il quale si presenta non solo come descrittore delle caratteristiche delle popolazioni di microartropodi, ma anche del livello di biodiversità delle aree analizzate (Parisi, 2001). La pedofauna può essere considerata un importante indicatore della qualità ambientale basato su metodologie che consentono di evidenziare il numero di specie presenti (Górny & Grúm, 1993) poiché è costituita da organismi particolarmente sensibili ad alterazioni di origine naturale o antropica ed agli equilibri chimico-fisici che caratterizzano questo ambiente.

L’indice sintetico QBS, descrive le caratteristiche del popolamento di microartropodi del suolo ed il livello di biodiversità della stazione in esame, con il duplice intento di dare una valutazione del livello di adattamento alla vita ipogea e di superare, sotto il profilo operativo, le difficoltà dell’analisi tassonomica a livello di specie. Il calcolo del QBS consiste nella sommatoria di differenti Indici Ecomorfologici (EMI), i quali permettono di associare ad ogni gruppo un valore numerico.

Si dispone di due indici: quello relativo a tutti i microartropodi, che fornisce una visione più ampia e complessiva del popolamento edafico e per il quale i valori degli EMI sono compresi tra 1 e 20 e quello relativo ai soli Collemboli, più specifico ma anche operativamente più oneroso da determinare, per il quale i valori degli EMI sono compresi tra 0 e 40. Il metodo prevede infine l'utilizzo di uno schema che porta all'individuazione di sette classi di qualità in ordine crescente di complessità del popolamento in termini di adattamento alla vita edifica. Una lista (non esaustiva) di indicatori (Tabella 4.12) per il monitoraggio della qualità dei suoli a livello nazionale a fini ambientali è stata proposta dall'ANPA (2001). Tali indicatori sono prevalentemente classificabili come indicatori di Stato nello schema logico DPSIR.

Tabella 4.12 – elenco degli indicatori sviluppati dalla rete di monitoraggio proposta da ANPA (2001)

INDICATORE I/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
pH del suolo	Descrive la concentrazione degli ioni H ⁺ presenti nella soluzione circolante del suolo che condiziona i fenomeni di scambio, ritenzione, accumulo che avvengono nel suolo.	Adimensionale	S
Capacità di scambio cationico del suolo	Individua la quantità di ioni positivi che possono essere scambiati dal suolo, misura le superfici con carica negativa (argille, sostanze organiche) nel suolo e capaci di trattenere gli ioni con carica positiva presenti nel suolo. Dalla CSC dipende la capacità del suolo a trattenere tutti gli elementi chimici presenti in forma di ioni positivi, in particolare i metalli pesanti.	Cmol/kg s.s., equivalente a meq/100 g s.s.	S
Tessitura del suolo	Individua la composizione percentuale del suolo nelle diverse classi dimensionali delle particelle elementari che lo costituiscono: essa condiziona i fenomeni di ritenzione ed accumulo, la permeabilità e quindi il drenaggio e le possibilità di percolazione o ruscellamento dell'acqua che arriva al suolo ed i relativi fenomeni di erosione.	% in argilla, limo e sabbia	S
Contenuto in sostanza organica del suolo	La presenza di sostanze organiche nel terreno, intese come composti del carbonio che derivano da processi di trasformazione di componenti di organismi viventi, determina la struttura del suolo e quindi la porosità; essa condiziona quindi i fenomeni di ritenzione ed accumulo, la permeabilità, il drenaggio e le possibilità di percolazione o ruscellamento dell'acqua che arriva al suolo e dei relativi fenomeni di erosione.	% espressa come sostanza organica (=carbonio organico x 1,724)	S
P assimilabile e K scambiabile del suolo	Descrive l'accumulo o l'impovertimento del suolo in macronutrienti (P e K) che vengono abitualmente utilizzati nella concimazione delle colture.	mg/kg s.s. di P e K (P2O5=2,29xP, K2O=1,20xK)	S
Contenuto di fitofarmaci nel suolo	Descrive l'accumulo di fitofarmaci nel suolo dovuto all'utilizzo di prodotti antiparassitari per la difesa delle colture contro le piante infestanti ed i parassiti terricoli.	µg/kg	S
Bilancio di elementi nutritivi nel suolo (input/output di elementi nutritivi)	Definisce la situazione di deficit o di surplus di elementi nutritivi per unità di superficie coltivata calcolata per differenza tra kg di N, P e K in entrata (apporti meteorici, concimazioni ecc.) al terreno e kg di N, P e K asportati dalle colture ed allontanati con il raccolto.	kg/ha	S
Contenuto di P tot nelle acque superficiali	Descrive in quale misura l'apporto di fosforo dovuto all'attività agricola comporta un arricchimento in fosforo delle acque superficiali a causa dei fenomeni di erosione e trasporto superficiale.	mg/L	I
Apporti di N e P a fiumi e mari	Definisce il carico di elementi nutritivi cui è soggetto un corpo idrico recettore.	kg/anno	I
Superficie di aree protette	Individua l'estensione delle aree protette esistenti, designate a livello nazionale	% sulla superficie totale nazionale	R
Conducibilità elettrica	Descrive il grado di salinità attraverso la misura della conducibilità elettrica del suolo	µS/cm	S

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO		UNITÀ DI MISURA	DPSIR
Densità di popolazione	<p>Illustra la distribuzione spaziale della popolazione rappresentando il carico antropico gravante sul territorio provinciale</p>	abitanti km ²	D	
Urbanizzazione e infrastrutture	<p>Descrive l'incremento totale di superfici occupate da zone urbanizzate, industriali e da infrastrutture, riferite all'anno zero. L'indicatore rappresenta l'occupazione del territorio da urbanizzazione e infrastrutture, che è considerata come la principale forma di perdita irreversibile di suolo.</p>	km ²	D/P	
Rischio di compattazione in relazione al numero e potenza delle trattrici	<p>Si tratta di un indicatore proxy. Esso infatti deriva la compattazione del suolo dal numero e dalla potenza delle trattrici per 100 ha di superficie lavorabile. Il dato è disponibile per provincia. L'indicatore consente la determinazione del rischio di compattamento del suolo dovuto al passaggio di macchine pesanti sul suolo agrario. Il peso delle macchine è un elemento essenziale che determina la costipazione del terreno. La potenza delle trattrici è correlabile al loro peso e per questo motivo viene presa in considerazione nell'indicatore. Il numero delle trattrici consente di tenere conto della densità di impiego delle macchine sulla superficie.</p>	numero di trattrici e CV	P	
Perdita di zone umide per bonifica	<p>Indica la perdita in ettari per anno di zone umide in seguito a bonifica. L'indicatore quantifica un importante fattore di cambiamento ed alterazione del suolo sottolineando la perdita di biodiversità ed il cambiamento di funzioni del suolo.</p>	ha/anno	P/I	
Grandi movimenti di terra nelle aree agricole	<p>L'indicatore fornisce l'estensione della superficie che stata assoggettata al livellamento per la costituzione di nuovi impianti arborei ed erbacei. Esso consente quindi di determinare il degrado della risorsa suolo dovuta al troncamento del profilo e all'allungamento delle pendici.</p>	ha	P	
Contenuto di sostanza organica umificata	<p>Stima tutto il contenuto di carbonio organico nel suolo proveniente dai composti presenti nella lettiera decomposta e in via di decomposizione, nella biomassa microbica, nei materiali organici solubili e nei materiali organici stabilizzati (humus). Fornisce una valutazione del grado di fertilità e dello stato di degradazione del suolo poiché la sostanza organica accresce la disponibilità di elementi nutritivi, dell'acqua, la capacità di scambio cationico e la ritenzione termica del suolo, contribuisce alla strutturazione, e previene l'erodibilità per la sua associazione con le argille e ed i sali di cationi bivalenti e trivalenti.</p>	% C umico rispetto al C della sostanza organica estratta in condizioni standardizzate o rispetto al C organico totale.	S	

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
N potenzialmente mineralizzabile	Stima la quantità di N organico mineralizzabile nel suolo e comprende: l'azoto della biomassa microbica, l'azoto attivo (composti organici azotati e liberi nella matrice del suolo) e l'azoto stabilizzato (porzione inaccessibile ai microrganismi ed enzimi per interazioni con la matrice del suolo). L'indicatore cerca di prevedere o stimare la quantità di azoto proveniente dai processi biologici di mineralizzazione dell'azoto organico del suolo, valutando la capacità del suolo nel rifornimento di N per la crescita delle piante e per il ciclo di elementi nutritivi come un indice di fertilità dei suoli.	quantità (in peso) di N organico per unità di peso secco di suolo per tempo d'incubazione (in giorni), ($\mu\text{g N/g ss} \times \text{t}$).	S
C e N della biomassa microbica	Determina la quantità di C e N costituenti della biomassa microbica attiva e non attiva del suolo. Il C e l' N della biomassa microbica si rinnovano rapidamente e riflettono i cambiamenti delle pratiche gestionali molto prima che i cambiamenti in C e N totali del suolo siano identificabili. La loro determinazione è quindi di notevole importanza come indicatore della qualità del suolo.	quantità (in peso) di C e di N delle cellule microbiche per unità di peso di suolo (mg C/kg suolo), (mg N/kg suolo).	S
C biomassa / C organico totale	Stima la quantità (in peso) di microrganismi presenti nella sostanza organica dal punto di vista dell'elemento C per fornire una valutazione della densità microbica nel suolo.	adimensionale	S
Respirazione del suolo	Stima l'attività della popolazione microbica del suolo misurando la quantità di CO ₂ prodotta nell'ossidazione della sostanza organica (respirazione del suolo). La respirazione del suolo è un indicatore capace di valutare le differenze o i cambiamenti nella popolazione microbica perché dipende dallo stato fisiologico delle cellule microbiche ed è influenzata dall'umidità, temperatura e struttura del suolo. E' inoltre, altamente relazionata con la sostanza organica e influenzata dall'umidità, dalla temperatura e dalla struttura del suolo.	velocità di produzione di CO ₂ : mg CO ₂ /g suolo x ora.	S
Respirazione I biomassa	Stima la quantità di CO ₂ prodotta nella respirazione basale della popolazione microbica per unità di biomassa microbica. Il rapporto permette relazionare l'attività e la "dimensione" della biomassa microbica per valutare gli effetti del cambiamento ambientale nella popolazione microbica.	velocità di produzione di CO ₂ (mg C/ora) in una unità di peso di biomassa (mg C biomassa).	S

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
Carica microbica	Stima la carica microbica presente nel suolo considerando i principali gruppi (batteri aerobi totali, batteri anaerobi totali ed eumiceti totali ecc.) che sono rappresentativi della comunità microbica nella sua interezza. Valuta la densità della popolazione microbica come indicatore dello status biologico del suolo.	numero di cellule microbiche in 1 g di suolo (peso secco).	S
Attività enzimatica	Fornisce una valutazione dell'attività enzimatica del suolo come un indicatore di fertilità in quanto gli enzimi catalizzano numerose reazioni del suolo (decomposizione dei residui organici, del ciclo di elementi nutritivi, formazione della sostanza organica e struttura del suolo). Stima l'attività enzimatica e la relazione con le perturbazioni apportate alla biologia biochimica del suolo come conseguenza di fattori ambientali e/o antropici.	velocità di produzione del prodotto della reazione enzimatica (mg prodotto/ora) in una quantità standard di suolo (kg).	S
Biodiversità	Stima la diversità di specie rappresentative di un determinato suolo e la densità di popolazione di ogni specie dal punto di vista della copertura vegetale e della micro, meso e macrofauna. Quantifica la diversità taxonomica e metabolica del suolo come fattore determinante dei processi di decomposizione e del flusso di C in un ecosistema.	numero / ha	S/I
Porosità del suolo	La porosità è fondamentale nel determinare la fertilità fisica del terreno. Dalla porosità, o meglio dalla distribuzione dei pori nel terreno, dipendono infatti, il flusso liquido e l'aerazione del terreno. E' una caratteristica fisica che può variare nel tempo in seguito a modificazioni indotte da interventi antropici o anche eventi naturali. Definisce e quantifica le qualità fisiche e strutturali dei suoli.	%	S
Conducibilità idraulica satura	La conducibilità idraulica di un suolo è la misura della sua capacità a trasmettere acqua e dipende dalla geometria dei pori (tessitura e struttura). Definisce e quantifica le proprietà idrologiche dei suoli le quali concorrono anch'esse a determinare le qualità fisiche e strutturali dei suoli stessi.	Cm/d	S
Grado di compattamento e suscettibilità al compattamento	Quantifica il danno prodotto dal compattamento il quale si evidenzia in termini di diminuzione di porosità e di resistenza alla penetrazione mediante penetrometro. A titolo di esempio il grado di compattamento si può definire attraverso la misura di porosità con il metodo micromorfometrico: un terreno si considera compatto quando i valori di porosità sono inferiori al 10%.	% (in termini di porosità); kPa (in termini di resistenza alla penetrazione).	S
Strati compatti lungo il profilo	L'indicatore definisce i fenomeni di compattamento legati a coltivazione intensiva del terreno, i quali non sono solo rappresentati dal compattamento superficiale dovuto al passaggio di macchine agricole ma possono verificarsi anche lungo il profilo culturale. Il caso più tipico è rappresentato dalla formazione di uno strato compatto al limite inferiore della lavorazione del terreno (suola d'aratura). Quantifica il danno prodotto dal compattamento negli strati subsuperficiali il quale si evidenzia in termini di diminuzione di porosità e aumento di resistenza alla penetrazione.	% (in termini di porosità); kPa (in termini di resistenza alla penetrazione).	S

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
Croste superficiali e suscettibilità alla loro formazione	Consente di valutare la suscettibilità del suolo a formare croste superficiali in relazione a caratteristiche fisiche del suolo. Permette di determinare, all'interno delle aree agricole i siti maggiormente sensibili.	D50	S
Crepacciamento	Quantifica il grado di fessurabilità del suolo. L'estensione areale e la dimensione delle crepe e le loro variazioni stagionali costituiscono elementi utili per valutare la capacità del terreno di autostrutturarsi in seguito all'alternarsi dei cicli di essiccamento- inumidimento, ma soprattutto consentono di stimare l'infiltrazione dell'acqua attraverso il sistema di crepe (bypass flow). Queste informazioni sono fondamentali per la stima dell'erosione.	%	S
Perdita di struttura	Definisce lo stato di disaggregazione del suolo in seguito all'applicazione di forze esterne (azione dell'acqua, azioni meccaniche ecc.) che, nel caso in cui siano più forti delle forze coesive degli aggregati, possono separare porzioni di terreno. Per perdita di struttura si intende quindi la perdita di capacità del terreno di resistere a queste forze disagreganti. Quantifica la stabilità degli aggregati e quindi la stabilità della struttura del suolo.	indice da 0 a 100	S
Erodibilità	Definisce la suscettibilità del suolo all'erosione sulla base di caratteristiche fisiche del suolo. Consente di definire le aree più vulnerabili all'interno di sistemi agricoli complessi (bacini).	t/ha anno	S
Rilascio di sedimento da aree agricole	Misura la produzione specifica di sedimento proveniente da aree agricole e che si riversa nella rete idrografica. L'indicatore consente di valutare il contributo del cambiamento delle politiche agricole e gli usi attuali del suolo nell'incrementare o diminuire l'apporto solido in sospensione nelle acque fluviali. Valuta l'aumento o la diminuzione del rischio di danni causati dai sedimenti in occasione di venti alluvionali e di quello conseguente alla sedimentazione dei fanghi in strutture idrauliche di raccolta delle acque (serbatoi artificiali a scopo plurimo). L'indicatore è di interesse per le Autorità di Bacino.	t/ha* anno	I/P
Profondità utile del suolo	Individua aree omogenee per classi di profondità del suolo, quest'ultima definita come distanza tra superficie e la base del profilo che costituisce un ostacolo alla penetrazione delle radici (roccia madre, orizzonte indurito).	cm	S
Ritenzione idrica	Valuta la capacità del terreno di trattenere l'acqua in forma più o meno disponibile per le piante. Definisce quantifica le proprietà idrologiche dei suoli, in particolare l'acqua disponibile per le piante, le quali concorrono anch'esse a determinare le qualità fisiche strutturali dei suoli stessi.	relazione fra contenuto idrico e potenziale di matrice	S
Pendenza del suolo	Individua la media regionale del massimo angolo di pendenza e suddivide il territorio in aree omogenee per classi di pendenza del suolo.	%	S
Erosione idrica	Stima il rischio di erosione del suolo dovuta all'azione superficiale dell'acqua in sistemi agricoli complessi (bacini). La conoscenza di questa caratteristica del suolo risulta particolarmente utile come strumento decisionale per la pianificazione e gli interventi di conservazione del suolo sulla base di una singola unità di territorio.	t/ha * anno	S

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
Erosione eolica	Stima l'erosione del suolo dovuta all'azione del vento in aree agricole o unità territoriali costituite da porzioni di versante. Il calcolo dell'indice risulta particolarmente utile come strumento decisionale per la pianificazione e gli interventi di conservazione del suolo sulla base di una singola unità di territorio.	t/ha * anno	S
Salinizzazione	Individua i suoli colpiti dal processo di salinizzazione, definito come aumento della concentrazione di sali (solubili, di sodio o di entrambi) tale da alterare le normali proprietà chimiche e fisiche. I terreni colpiti da salinizzazione vengono solitamente distinti in tre categorie: salino, sodico, sodico-salino. Il fenomeno in Italia riguarda soprattutto le pianure costiere.	ha	S
Superficie totale percorsa da incendi	Valuta l'occorrenza d'incendi come numero e dimensione (superficie boscata e non boscata) percorsa dal fuoco. La lenta e difficile rigenerazione dei danni provocati non solo dalla distruzione della biodiversità (vegetazione e fauna) è aggravata dall'alterazione della proprietà fisiche del terreno, favorendo l'erosione delle acque e del vento. La conoscenza delle cause, delle caratteristiche, della frequenza degli incendi e, dell'estensione dell'area colpita determina l'efficacia delle attività di prevenzione e di repressione degli incendi in generale e distingue l'indicatore come prioritario nella valutazione della degradazione fisica e biologica del suolo.	Km ²	I
Rischio di desertificazione	Definisce la vulnerabilità e la sensibilità alla desertificazione in base all'individuazione di un indice composito che classifica il territorio secondo una scala di rischio: si individuano casi le aree a rischio di desertificazione sul territorio italiano.	Classi di rischio di desertificazione	S
Uso del suolo	Quantifica le superfici utilizzate a differenti scopi (urbano, industriale, agricolo, turistico, ricreativo - naturalistico ecc.) in modo da fornire un quadro generale delle principali attività antropiche e/o economiche presenti sul territorio.	%	D
N° e dimensione delle aziende agricole	Rappresenta il cambiamento nel numero e nelle dimensioni delle aziende agricole in classi di superficie agricola media.	numero ed ha	D
Superficie totale aziende agricole (ST)	Prende in esame l'utilizzo del suolo agricolo (ST) e fornisce indicazioni sull'andamento e sull'estensione del suolo agrario nel territorio.	ha	D
Superficie agricola utilizzabile (SAU)	Fornisce indicazioni sull'andamento dell'uso del suolo effettivamente destinato a scopo agricolo (SAU) nelle aziende agrarie.	ha	D
Rapporto SAU/ ST	Definisce la parte di suolo delle aziende agrarie effettivamente utilizzata per le colture e fornisce un chiarimento in merito alla destinazione d'uso principale del suolo agrario.	%	D
Numero addetti in agricoltura	Individua il numero di persone impegnate in ambito agricolo sul totale della popolazione lavorativa e valuta la variazione nel tempo dell'occupazione in agricoltura.	%	D

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
Reddito degli addetti in agricoltura (UDE = Unità dimensioni economiche)	Prende in esame il reddito delle persone impegnate in campo agricolo e descrive la variazione nel tempo del reddito dell'occupazione in agricoltura.	milioni di lire/pro capite	D
Utilizzo di fertilizzanti minerali (N,P,K)	Esprime la variazione nel tempo dei quantitativi degli elementi fertilizzanti N, P, K, utilizzati in agricoltura da dati di fertilizzanti immessi sul mercato o applicati al suolo.	kg/ha	P
Giornate di lavoro degli addetti in agricoltura	Considera il numero delle giornate di lavoro delle persone impegnate in campo agricolo, fornendone la variazione nel tempo.	numero l anno	D
Fertilizzazione organica	Prende in esame i quantitativi di fanghi civili ed agroindustriali destinati all'utilizzo agricolo: stima l'ammontare di sostanza organica di origine antropica che rientra nel ciclo naturale attraverso il suolo, a seguito del loro reimpiego.	t/ha	P
Contenuto metalli pesanti nei fertilizzanti minerali ed organici	Fornisce una valutazione del contenuto di metalli pesanti applicati al terreno tramite i fertilizzanti	mg/kg	P
Utilizzo di fitofarmaci (erbicidi, fungicidi, insetticidi)	Esprime il grado di contaminazione del suolo e la tendenza all'uso di fitofarmaci in agricoltura a partire ai dati di vendita di erbicidi, fungicidi, insetticidi ed altri disinfestanti in genere.	t/anno	P
Consistenza degli allevamenti zootecnici	Individua la consistenza degli allevamenti e le specie animali maggiormente diffuse.	numero di capi per tipo di animale	P
Produzione liquami zootecnici	Individua i quantitativi di liquami zootecnici prodotti agli allevamenti per valutare il carico di elementi nutritivi proveniente dalla produzione di liquami zootecnici.	t	P
Contenuto metalli pesanti nei liquami zootecnici	Individua il livello di metalli pesanti nei liquami zootecnici e ne esprime il conseguente potenziale inquinante per l'utilizzo in agricoltura.	mg/kg	P
Aree usate per agricoltura intensiva	Valuta la tendenza, nelle pratiche agricole, all'agricoltura intensiva, che può nel lungo, o nel breve periodo, generare perdita di biodiversità.	%	P
Cambio nelle pratiche d'uso agricolo	Descrive la variazione nelle pratiche agricole tradizionali per l'uso del suolo. Valuta il potenziale mantenimento della biodiversità, tramite pratiche d'uso tradizionali del suolo, in opposito alla gestione intensiva. La variazione nelle pratiche agricole tradizionali comportano comporta l'omogeneizzazione dell'uso del suolo e la perdita di habitat e specie diverse.	numero di habitat per azienda agricola	P
Aree destinate a set-aside (Reg. CEE 1094/88)	Valuta l'estensione ed i trend delle aree destinate ad incolto.	ha/ST	R

INDICATORI E/O INDICI	SCOPO	UNITÀ DI MISURA	DPSIR
Aziende che aderiscono a misure agro ambientali (Reg. CEE 2078-2080/92)	Individua le aziende che aderiscono a misure agroambientali e valuta il trend di estensione delle aziende agrarie che praticano una gestione a basso impatto ambientale.	numero/ha	R
Aziende convertite all'agricoltura biologica (Reg. CEE 2092/91)	Individua l'estensione delle aree dove si è convertita la pratica agricola verso tecniche biologiche. Valuta il trend di sviluppo di tecniche di agricoltura biologica.	numero/ ha	R
Utilizzo di sostanza organica di qualità in agricoltura	Definisce l'impiego, in agricoltura, di sostanza organica di qualità in alternativa a concimazioni sintetiche. Valuta l'entità di reimpiego di sostanza organica di cui sia stata verificata la qualità.	t/ ha	R
Vendita macchine agricole per localizzazione concimi	Definisce quante macchine agricole di questo tipo vengono immesse sul mercato e quindi utilizzate dalle aziende agricole. Il numero di macchine agricole vendute è correlato al corretto uso di fertilizzanti chimici.	numero / anno	R
Vendita macchine agricole per localizzazione erbicidi	Descrive quante macchine agricole di questo tipo vengono immesse sul mercato e quindi utilizzate dalle aziende agricole. Il numero di macchine agricole vendute è correlato al corretto uso di erbicidi.	numero / anno	R
Cambiamento di uso del suolo	Quantifica la superficie di territorio convertita ad una destinazione e ad un utilizzo diverso dal precedente. L'indicatore rappresenta il cambiamento di uso del suolo e determina i modelli di sviluppo delle pressioni sul territorio.	km ² / anno	R/I
Superfici adibite a coltivazioni a basso impatto ambientale	Prende in esame le aziende e quindi le superfici destinate a colture a basso impatto ambientale. Stima l'andamento temporale e spaziale delle adesioni ai regolamenti CEE che incentivano l'agricoltura a basso impatto ambientale.	ha/ST	R

Un esempio di applicazione integrata di indicatori pedologici (Tabella 4.13) è rappresentato dal lavoro svolto nel contesto del Progetto DESERTNET per la regione Sardegna, in cui i fenomeni di land degradation in un sistema agropastorale sono stati valutati mediante l'utilizzo di indicatori chimico-fisici tradizionali, morfologici e di qualità ecologica.

L'utilizzo di indicatori chimico fisici ha evidenziato il degrado dei suoli nel passaggio da macchia a pascolo, che si manifesta in termini di depauperamento della fertilità (evidenziato da riduzione del contenuto in sostanza organica e della CSC), compattazione fisica (evidenziata da aumento della densità apparente e della resistenza alla penetrazione) e fenomeni di erosione idrica (evidenziata da diminuzione dello spessore e delle percentuali di limo e argilla).

Inoltre è stato predisposto uno specifico protocollo di indicatori micromorfologici e macromorfologici per valutare gli effetti delle pratiche agropastorali sulle proprietà fisiche e biologiche dei suoli (Zucca et al., 2004), la cui applicazione ha delineato un quadro caratterizzato da elevata sensibilità agli usi antropici, poiché il sistema di gestione attuale è inadatto alle reali vocazioni di gran parte del territorio.

L'analisi di indicatori di qualità ecologica del suolo è stata condotta secondo il metodo QBS, basato sulla struttura del popolamento dei microartropodi presenti nel suolo. Lo studio ha costituito il primo tentativo di applicazione di questo metodo in ecosistemi mediterranei, allo scopo di testarlo quale indicatore di degradazione dei suoli. Questi indicatori hanno mostrato una certa similarità con gli altri evidenziando, anche dal punto di vista biologico, una qualità migliore per i suoli sotto macchia rispetto a quelli pascolati.

Tabella 4.13 - Protocollo di indicatori appositamente predisposto per l'analisi morfologica degli effetti delle pratiche agropastorali sulle proprietà fisiche e biologiche dei suoli

Tipo di indicatore	Indicatore
Macro-morfologici, osservati in campo	
Struttura	Presenza e spessore di croste o strati compattati superficialmente.
	Dimensione, tipo, grado di consistenza degli aggregati
	Presenza di strutture secondarie planari, piani di rottura orizzonti
Radici	Abbondanza (a parità di copertura vegetale) e andamenti preferenziali
Micro-morfologici: analisi visiva su intera sezione	
Struttura	Presenza, tipo e dimensione degli aggregati
Sintomi di idromorfia	Presenza di screziature, noduli
Attività biologica	Quantità di residui organici e livello di degradazione
	Quantità escrementi microfauna
Micro-morfologici: analisi quantitativa su fotogrammi digitali	
Porosità	Porosità totale (n° pixel pori / n° totale pixel)
	Porosità totale per classi dimensionali (di diametro equivalente)
	Regolarità, secondo fattore morfometrico

È stato utilizzato inoltre un gruppo di indicatori di erosione idrica incanalata per stabilire il ruolo della tipologia del territorio e dell'uso del suolo sui fenomeni di *gully erosion*:

- rapporto lunghezza-volume;
- morfologia;
- numero;
- frequenza.

I risultati hanno confermato che la distribuzione spaziale e la frequenza dei *gullies* sono controllati da substrato e pendenza. L'erosione idrica incanalata è attualmente molto intensa nelle zone più fragili, ossia quelle dei pascoli migliorati più di recente.

4.6 Indicatori climatici

Le caratteristiche climatiche di un'area, in particolare in rapporto al grado di aridità e di predisposizione agli eventi di siccità, contribuisce a determinare la vulnerabilità naturale di un territorio alla desertificazione.

Gli indicatori climatici possono essere incrociati con altri dati per ottenere indicatori di vulnerabilità alla desertificazione e quindi per effettuare efficaci analisi territoriali. Inoltre possono risultare utili per valutare i cambiamenti climatici regionali sulla base degli scenari di riscaldamento globale.

Essi risultano particolarmente efficaci (Maracchi et al., 1998) perché sono disponibili con regolarità, sono riferiti a lunghe serie storiche, hanno costi contenuti perché sono già raccolti per altre applicazioni con standard condivisi a livello internazionale, così da garantire una omogeneità delle informazioni. Inoltre, provengono da due sistemi integrati, ossia le stazioni meteo a terra e le stazioni satellitari, e possono essere accessibili in tempi reali per effettuare analisi statistiche a lungo e breve termine a scala globale e locale; infine risultano facili da analizzare per valutare l'impatto diretto delle variazioni climatiche sull'ambiente e per monitorarne l'evoluzione.

Gli indicatori climatici possono essere (Tabella 4.14):

- di base;
- complessi.

Tabella 4.14 - Caratteristiche e potenzialità di indicatori climatici di base e complessi

Indicatori di base	Indicatori complessi
Sono direttamente derivati dai dati climatici.	Sono ricavati dall'incrocio degli indicatori di base con dati di vario tipo (climatici, agronomici, socioeconomici, pedologici)
Valutano i cambiamenti del clima e la vulnerabilità territoriale	Evidenziano le aree a rischio.
Hanno un costo relativamente limitato.	Evidenziano i cambiamenti nella gestione delle risorse naturali che possono accelerare i processi di degrado.
Sono facilmente reperibili (dati meteo).	Valutano gli effetti degli interventi, per esempio l'equilibrio tra la capacità di un'area e la sua densità di popolazione.
Descrivono le variazioni climatiche a qualsiasi scala (locale, nazionale, regionale, globale).	

(Maracchi et al., 1998)

Le analisi dei parametri climatici possono essere effettuate a scala nazionale, regionale, locale. In particolare, se esistono condizioni simili tra paesi vicini per l'identificazione delle priorità di intervento, è possibile mantenere un appropriato livello di informazione attraverso una indagine a scala regionale. In una seconda fase è possibile analizzare il territorio più in dettaglio a scala nazionale o locale.

Gli indicatori climatici risultano utili ed efficaci allo scopo di prevedere e prevenire catastrofi o situazioni a rischio, ad esempio l'effetto di una stagione particolarmente avversa in presenza di ecosistemi già predisposti a desertificazione e facilmente soggetti a cambiamenti irreversibili.

Dal momento che aridità e siccità sono le caratteristiche climatiche che influenzano e contribuiscono ad innescare i processi di desertificazione su un certo territorio, gli indicatori climatici che possono essere più efficacemente utilizzati nel contesto della lotta alla desertificazione si riferiscono principalmente a questi due parametri.

L'aridità è determinata dalla scarsità delle piogge (precipitazioni annue dell'ordine dei 200-400 mm), e dalla forte evaporazione che sottrae umidità ai terreni. Sono definite aride, semi-aride e sub-umide secche le zone in cui la pioggia apporta al bilancio idrico un contributo inferiore al 65% di quanto è potenzialmente sottratto al terreno dall'evapotraspirazione. Per la valutazione dell'aridità di un'area, pertanto, è necessaria la conoscenza del suo bilancio idrico in termini di apporti di pioggia, di evaporazione e di ruscellamento delle acque di origine meteorica.

La siccità è invece un fenomeno che colpisce anche aree non aride, quando le precipitazioni sono sensibilmente inferiori ai livelli normalmente registrati. La siccità può influire sul degrado del territorio, causando danni alle attività produttive agrarie e zootecniche, che dipendono fortemente da un costante apporto di acqua. In particolare, l'impatto della siccità sul territorio e sulla disponibilità ambientale della risorsa idrica si può manifestare su scale temporali variabili:

- in tempi brevi, influisce sulle condizioni di umidità del suolo (siccità meteorologica, <3 mesi);
- in tempi medi, influisce sulla resa produttiva delle colture (siccità agronomica, 3 – 6 mesi);
- in tempi lunghi, influisce sul livello delle falde acquifere e sulle portate fluviali (siccità idrologica, 6-12 mesi e oltre).

Nelle tabelle 4.15 e 4.16 sono elencati e descritti i principali indici di aridità e siccità in uso a livello nazionale e internazionale per la valutazione dei fenomeni di degradazione delle terre a livello climatico; alcuni di essi sono utilizzati nel processo di individuazione delle aree sensibili alla desertificazione.

Tabella 4.15 – Indici di aridità maggiormente in uso

NOME	DESCRIZIONE	FORMULA	PARAMETRI	CLASSI CLIMATICHE
Indice di aridità (UNEP)	È l'indice adottato ufficialmente nell'ambito della UNJCCD e sintetizza le caratteristiche climatiche del territorio. Risponde alla necessità di mantenere un elevato grado di standardizzazione delle metodologie utilizzate per permettere un confronto delle stesse sulla base di criteri oggettivi. Utilizzato anche nell'ambito dell'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione in Italia.	$I_a = P / ETP$	I _a = Indice di aridità P = media delle piogge annuali ETP = evapotraspirazione potenziale (Hargreaves)	Le tipologie climatiche individuate sono: iperarido, arido, semiarido, sub-umido secco, umido o perumido.
Indice di aridità di Bagnouls – Gausson	Questo indice bioclimatico può essere utilizzato per determinare le caratteristiche climatiche di un'area a partire da dati meteorologici facilmente ricavabili. La metodologia MEDALUS propone l'utilizzo dell'indice BGI per il calcolo dell'aridità nell'ambito dell'elaborazione dell'Indice di Qualità del Clima per la sua semplicità d'uso.	$BGI = \sum_{i=1}^n (2t_i - P_i) \cdot K$	BGI = Indice di aridità Bagnouls – Gausson t _i = temperatura media mensile in °C P _i = precipitazione totale del mese i K = proporzione del mese durante il quale 2t _i – P _i > 0.	Le classi di siccità per quest'indice variano da umido ad arido.
Pluviofattore di Lang	L'indice è definito dal rapporto fra il valore delle precipitazioni medie annue e quello della temperatura media annua.	$R = P / T$	R = pluviofattore di Lang P = precipitazioni medie annue (mm) T = temperatura media annua (°C)	L'indice definisce 5 classi climatiche (Umido, Temperato umido, Temperato caldo, Semiarido, Steppa) in base ai valori di R.
Indice di De Martonne	L'indice rappresenta un perfezionamento del pluviofattore di Lang, evitando che nelle località caratterizzate da temperature medie annue prossime a 0°C risultino valori troppo elevati e, per valori inferiori a 0°C, si ottengano dei valori negativi. Questo indice fornisce anche informazioni sulla vegetazione.	$IA = P / T + 10$	IA = indice di aridità; P = precipitazioni medie annue (mm) T = temperatura media annua (°C)	Le classi di aridità individuate in base ai valori di IA sono arido estremo (deserto), arido (steppe circumsahariane), semiarido (di tipo mediterraneo), subumido, umido, perumido.
Indice di aridità di De Martonne - Gottmann	L'indice, che combina i valori dei due parametri di precipitazioni e temperatura atmosferica, rappresenta un perfezionamento del precedente, evitando che stazioni con o senza stagione secca possano avere valore identici. Inoltre, in base al calcolo dei valori mensili dell'indice di aridità nella formula, la quantità di pioggia viene moltiplicata per 12, in modo che il risultato possa essere comparabile con l'indice annuo. L'indice rappresenta quindi la media di due rapporti tra le due	$IA = (P / T + 10) + [(12p/t + 10)/2]$	P = precipitazione media annua T = temperatura media annua p = precipitazione del mese considerato t = temperatura del mese considerato	Le classi climatiche di aridità individuate dall'indice sono semiarido, temperato caldo, temperato umido.

NOME	DESCRIZIONE	FORMULA	PARAMETRI	CLASSI CLIMATICHE
	grandezze, il primo riferito all'intero anno (l'indice originale di De Martonne) ed il secondo al mese più asciutto, col valore del cumolato mensile moltiplicato per 12.			
Indice globale di umidità (Im) di Thornthwaite	La classificazione di Thornthwaite parte da presupposti legati al concetto di evapotraspirazione. I parametri necessari sono: temperatura media mensile e precipitazioni annue.	$Im = \left[\frac{P - ETP}{ETP} \right] * 100$	<p>Im = Indice di umidità</p> <p>P = precipitazioni medie annue (mm)</p> <p>ETP = evapotraspirazione potenziale media annua (mm), derivante dalla somma dei 12 valori dell'ETP media mensile.</p>	Sono state definite 6 classi climatiche: iperumido, umido, subumido-umido, asciutto-subumido, semiarido, arido.

Tabella 4.16 – Indici di siccità maggiormente in uso

NOME	DESCRIZIONE	CLASSI CLIMATICHE
Percentuale della media	La percentuale della media è calcolata dividendo la precipitazione accumulata sulla scala temporale di interesse per quella mediata nel tempo (in genere 30 anni) relativa alla stessa scala temporale e moltiplicando per cento	Valori dell'indice minori di 100 indicano condizioni siccitose.
Decili	Questo metodo consiste nel suddividere la distribuzione di occorrenza di una serie temporale di valori di precipitazione accumulata in un determinato periodo in intervalli corrispondenti ciascuno al 10% della distribuzione totale (decile).	Gibbs e Maher (1967) hanno proposto di raggruppare i decili in cinque classi: molto minore del normale, sotto la norma, normale, al di sopra della norma, molto maggiore della norma.
Palmer Drought Severity Index (PDSI)	L'indice esprime sia una misura della carenza di precipitazione sia le condizioni d'umidità di una certa regione e richiede per il suo calcolo dati relativi a precipitazioni e temperatura, a capacità idrica del suolo e ad altre variabili meteorologiche. La maggiore limitazione è legata alla difficoltà di confrontare i risultati ottenuti per regioni con bilancio idrologico molto diverso.	Le classi di aridità variano da estremamente umido a siccità estrema.
Standardized Precipitation Index (SPI)	L'indice SPI quantifica il deficit di precipitazione attraverso il calcolo della deviazione della precipitazione rispetto al suo valore medio su varie scale temporali, divisa per la sua deviazione standard. A seconda della scala utilizzata, viene considerato l'impatto della siccità sulla disponibilità di differenti risorse d'acqua	Le classi di aridità variano da piovosità estrema a siccità estrema.

4.7 Indicatori da Remote Sensing

Le tecniche di telerilevamento forniscono valide risposte per le richieste da parte della comunità civile e scientifica sia a scala globale che regionale circa le conoscenze sulle dinamiche ambientali. Ad esempio, i cambiamenti climatici possono essere efficacemente osservati ed analizzati attraverso osservazioni periodiche basate su dati satellitari e mediante indicatori correlati a trasformazioni antropiche o naturali (Bolle, 2003).

Come dimostrano le numerose attività di ricerca (tra le quali figurano ASMODE¹⁴, DEMON I e II¹⁵, RESMEDES¹⁶, GEORANGE¹⁷) svolte in questo ambito nel bacino del Mediterraneo, il telerilevamento può contribuire efficacemente a comprendere le dinamiche di desertificazione e siccità, evidenziate dai cambiamenti a scala locale e regionale che coinvolgono suoli, vegetazione e corpi idrici. Numerosi sono gli ambiti che possono essere indagati mediante telerilevamento e correlati alle dinamiche di degrado del territorio:

- monitoraggio della deforestazione;
- monitoraggio degli incendi forestali;
- monitoraggio dei corpi idrici superficiali;
- studio della sostanza organica;
- monitoraggio dell'espansione urbana;
- studio della vegetazione.

La vegetazione presenta una particolare risposta alle bande spettrali rispetto alle altre superfici. Le tecniche di telerilevamento consentono di determinare “indici di vegetazione” o “di biomassa” presente in una zona a partire dalle proprietà spettrali della vegetazione presente, generalmente basati sul confronto tra riflettanza nel visibile e quella vicina all'infrarosso. L'analisi temporale dei valori di questi indici può fornire informazioni su lunghezza e fase del periodo vegetativo, l'intensità del “verde” e la variabilità negli anni (Bolle, 2003).

Uno degli indici di vegetazione più utilizzati è l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), il cui valore è stato dimostrato essere in stretta relazione con lo stato di salute della vegetazione, intesa come biomassa e area fogliare (Leaf Area Index), e con i processi biochimici ad essa correlati (attività fotosintetica).

¹⁴ ASMODE - Assessment of remote sensing techniques for monitoring the extent and progression of Desertification in the Mediterranean area.

Il progetto ha valutato le potenzialità delle tecnologie di telerilevamento e dei GIS per studiare e monitorare le dinamiche di desertificazione nell'area mediterranea. Lo stato della desertificazione è stato valutato in tre aree pilota corrispondenti a tre zone bioclimatiche differenti e interessate da differenti stadi di land degradation.

¹⁵ DEMON I e II - Satellite Based Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin

Il progetto ha sviluppato metodologie per monitorare e modellizzare i processi di land degradation nel bacino del Mediterraneo principalmente basate su tecniche di telerilevamento e GIS. La prima fase (1992-1995) si è focalizzata sullo sviluppo delle metodologie di monitoraggio e modellizzazione, mentre la seconda (1995-1999) si è concentrata sul perfezionamento dei metodi.

¹⁶ RESMEDES - Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental Changes

Il progetto, finanziato dall'Unione europea, ha sviluppato metodologie volte a determinare informazioni relative all'intera regione del Mediterraneo in merito alle variazioni spaziali e temporali della superficie del territorio. La ricerca si è basata su analisi di serie di dati rilevati da satellite, ad una risoluzione compatibile con i modelli climatici globali.

¹⁷ GEORANGE – Geomatics in the assessment and sustainable management of mediterranean rangelands.

Progetto finanziato dall'Unione europea, che ha proposto un approccio integrato basato sulla presenza di esperti in ambiti diversi e sul diretto coinvolgimento di gestori del territorio, allo scopo di formulare strategie su cui fondare i piani di gestione mediante software specifici.

L'NDVI può inoltre fungere da indicatore della variabilità climatica, come dimostra il lavoro compiuto nel contesto del progetto DESERTNET, relativo alla regione Toscana, evidenziando la relazione tra cicli fenologici stagionali della vegetazione ed il verificarsi di eventi siccitosi (Genesio, 2004). Le indagini hanno rilevato una riduzione dei valori dell'NDVI durante il mese di agosto lungo la fascia costiera ed in alcune zone dell'entroterra meridionale della regione, che può trovare una corrispondenza con le aree con aridità estiva più elevata. Analizzando le immagini mensili e stagionali di NDVI e confrontandole con l'andamento delle piogge di uno o due mesi prima è emersa una correlazione più o meno forte a seconda del periodo; in estate, infatti, il deficit idrico è il fattore che principalmente limita lo sviluppo delle piante, mentre in primavera una certa influenza sui cicli vegetativi può averla anche la temperatura.

Le tecniche di telerilevamento possono inoltre contribuire a correlare i risultati relativi ad una specifica localizzazione, con le condizioni dell'intero bacino del Mediterraneo, risultando di particolare efficacia se combinati con dati di diversa origine. Ad esempio, a partire da un modello fisico, che combina parametri relativi ai processi pedologici ed erosivi con lo scenario climatico e con dati vegetazionali ricavati da immagini telerilevate, è possibile determinare il Regional Degradation Index (RDI; Sommer, 2001). Tale indice è in grado di fornire un "sistema di allarme" relativo ai possibili scenari di degradazione del territorio e necessita la combinazione di osservazioni a terra ed osservazioni da satellite. Per tale sistema è stata sviluppata una metodologia particolarmente accurata, in particolare in relazione ai processi di erosione idrica ed eolica ed ha dimostrato che l'utilizzo di tecniche di remote sensing risulta più efficace nella valutazione di alcuni parametri (in particolare quelli vegetazionali) rispetto agli approcci tradizionali.

Nel contesto del progetto DESERTLINKS gli indicatori basati su telerilevamento si riferiscono alle tematiche più rilevanti, selezionate dal progetto. La maggior parte di essi è relazionata alla copertura vegetale ed ai suoi cambiamenti, ma anche all'espansione urbana e al contenuto di sostanza organica negli orizzonti superficiali del suolo. La priorità è stata assegnata agli indicatori che risultano operativi mediante i soli dati satellitari, oppure laddove il telerilevamento costituisce una componente essenziale per l'elaborazione degli indicatori o ci si aspetta una crescente importanza in quel campo per il prossimo futuro. Inoltre sono stati privilegiati gli indicatori attinenti ad ambiti e fenomeni, come nel caso dell'espansione urbana e degli incendi forestali, per i quali esistono programmi e/o progetti di ricerca finalizzati alla loro caratterizzazione mediante dati ed informazioni derivati da immagini telerilevate.

Tabella 4.17 - Indicatori potenziali più validi basati su dati satellitari per il progetto DESERTLINKS

INDICATOR	MEASUREMENT/UNIT	MEDITERRANEAN WIDE	REGIONAL
Vegetation covers	% green vegetation	X	X
Ecosystem resilience	Change of rain use efficiency	X	X
Burned area	Ha/spatial unit	X	X
Fire frequency	No of fires/spatial unit	X	X
Forest fragmentation	Fragmentation index	X	X
Soil OM in surface soil rs	% SOC, experimental		X
Urban sprawl	Ha/year	coastal zones	X
Area of cultivated and semi-natural vegetation	Ratio/raster cell Ratio/spatial unit	X (experimental)	X

4.8 Indicatori socioeconomici

Per una lotta efficace alla desertificazione la Convenzione delle Nazioni Unite raccomanda un approccio in grado di integrare le componenti biofisiche delle problematiche con le tematiche socioeconomiche in esse coinvolte, auspicando una “rimozione delle cause profonde della desertificazione, con attenzione particolare ai fattori socioeconomici”. Tale integrazione può avvenire, secondo la UNCCD, anche attraverso l’adozione di una strategia di lotta alla desertificazione che richiede ai paesi affetti lo sviluppo di tecniche di monitoraggio nell’ambito dei programmi di azione nazionali e regionali basate sul coinvolgimento diretto di tutti gli *stakeholders*, definito “approccio *bottom-up*. Sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo, la lotta alla desertificazione, qualsiasi siano le azioni intraprese in questo senso, ha l’obiettivo di ridurre gli effetti dello squilibrio esistente tra le dinamiche che interessano le risorse naturali e l’intensità con cui le stesse sono utilizzate e controllate dai comportamenti della società. Nei paesi in via di sviluppo tale disequilibrio implica sovrappopolazione ed eccessiva pressione sulle risorse, fenomeni che conducono ad una drastica diminuzione del potenziale produttivo di un territorio. Nei paesi economicamente più avanzati invece il meccanismo si esplica in una sorta di circolo vizioso caratterizzato da abbandono delle terre ed esodo delle popolazioni dalle campagne, crescita spontanea di vegetazione nelle aree abbandonate ed infine scomparsa delle strutture tradizionali.

In particolare, la Convenzione esplicita le peculiarità che caratterizzano il contesto territoriale dei Paesi del Mediterraneo del Nord anche in termini economici e sociali, le quali risultano principalmente connesse a:

- crisi dell’agricoltura tradizionale, che si manifesta con abbandono delle terre e deterioramento delle strutture di protezione del suolo e dell’acqua;
- sfruttamento non sostenibile delle risorse idriche;
- concentrazione dell’attività economica nelle zone costiere (litoralizzazione).

Di seguito sono stati selezionati alcuni indicatori socioeconomici che bene si prestano alla descrizione dei fenomeni che, come descritto nel capitolo 1, risultano peculiari della Riva nord del Bacino del Mediterraneo, ad esempio l’abbandono delle terre e la litoralizzazione. Tali indicatori sono stati identificati e sviluppati nel contesto di due progetti europei: DESERTLINKS e PAIS¹⁸. Il progetto DESERTLINKS, ha sviluppato un database di indicatori atti a descrivere e monitorare i fenomeni di desertificazione nell’Europa mediterranea, attribuendo una notevole importanza agli indicatori sociali ed economici, di cui è fornito l’elenco completo nel paragrafo 5.4.1.

Il progetto PAIS rappresenta invece una delle proposte comunitarie per l’elaborazione di indicatori agroambientali e per il monitoraggio dei processi di sviluppo rurale in Europa, con riferimento a tre aree tematiche principali: paesaggio, pratiche agricole e sviluppo rurale. Nel corso della prima fase è stato elaborato un set di indicatori per ciascuna di queste tre aree.

¹⁸ PAIS - Proposal on Agri-Environmental Indicators.

Il progetto si prefigge lo sviluppo di indicatori agro-ambientali, riferiti alle pratiche agricole più diffuse all’interno dei singoli Stati Membri (a livello nazionale, regionale e locale).

In particolare, gli indicatori di sviluppo rurale valutano e quantificano uno sviluppo sostenibile per le aree rurali dal punto di vista sociale ed economico, con riferimento a cinque temi principali: popolazione e migrazione, benessere sociale, competitività economica, diversificazione delle attività economiche, settore primario. Questi indicatori possono pertanto essere utilizzati anche per valutare le dinamiche sociali ed economiche che intervengono in molti dei fenomeni di desertificazione e *land degradation* che interessano le aree rurali dell'Europa mediterranea.

In particolare, di seguito vengono descritti e commentati alcuni indicatori sociali ed economici prodotti nei due progetti prima citati e che sono stati ritenuti particolarmente rilevanti per il monitoraggio dei fenomeni di *land degradation* del bacino del Mediterraneo del nord.

Urban sprawl

Indicatore di espansione urbana incontrollata, può essere utilizzato come indice di concentrazione di insediamenti urbani a scapito di suoli agricoli o seminaturali, conseguente ad assenza di pianificazione territoriale adeguata, in particolare lungo le fasce costiere.

Consumo idrico dei settori economici

Consumo idrico annuale per uso domestico, industriale, agricolo e per altri usi, espresso sia come valore assoluto (m³ all'anno) sia come percentuale consumata da ciascun settore rispetto al consumo totale. Questo indicatore è utile per identificare il settore economico che richiede una maggiore attenzione per lo sviluppo di misure specifiche, ad esempio dei *benchmarks* specifici per misurare progressi futuri.

Intensità turistica

Questo indicatore mostra la distribuzione media di turisti per km² che soggiornano in un anno o durante un certo periodo dell'anno, dando una generale indicazione della pressione sull'uso del suolo, riconducibile alla presenza di turismo.

Indice di vecchiaia

Questo indicatore è dato dal rapporto tra la popolazione al di sopra dei 65 anni rispetto a quella al di sotto dei 5 anni di età, espresso in percentuale. Il forte squilibrio demografico nei contesti rurali marginali è il risultato di un elevato tasso di migrazione della popolazione giovane, che a sua volta è causa di abbandono delle terre e quindi di *land degradation*.

Accesso ai servizi

È un indicatore del grado di vicinanza e fruibilità ai servizi, in particolare in termini di vicinanza a ospedali, scuole, servizi postali, banche. Questo tipo di indicatore è correlato alla qualità della vita degli abitanti di una regione ed è generalmente basso nelle aree caratterizzate da abbandono delle terre, in quanto si sono verificati flussi di migrazione della popolazione originaria.

Tabella 4.18 - Indicatori socioeconomici di sviluppo rurale proposti nell'ambito di PAIS

THEME	ISSUE	INDICATOR NAME
Population and migration	Demography	Population density
		% population aged 16 or under
		% population aged 65 or over
		Infant mortality rate
	Population change	Average annual population change
Regional net migration balance		
Social well-being	Service provision	Accessibility to public services
	Employment	% resident workforce working outside area
		Rural employment rate
	Quality of employment	% low skilled and high skilled workers
		% of part-time workers
		% of employees on short-term contract and long-term contracts
	Income	% workforce self-employed
		% of households in receipt of social payments
		Average earning per capita
	Housing accessibility	Household disposable income
		No. of second homes
		Average house price deviation from national average
		Affordability gap
Economic structure and performance (competitiveness)	Enterprise	Rate of transactions (house sales)
		% turnover in rented sector
		Average no. of patents
		No. of patent applications
		R&D expenditure
	Human capital	New business formation rate
		GV A per capita in manufacturing
	Business infrastructure	No. of university students
		Share of workforce with higher qualification
		Supply of broadband services
Economic structure and performance (diversification of rural economies)	Sectoral shares	Sectoral employment shares: high and low tech manufacturing
		Sectoral employment shares: Shift share analysis
		% foreign owned companies
		% employment in foreign owned companies by sector
		Enterprise size structure by employee numbers
	Farm households	Net revenue by enterprise sector
		% share of pluriactive farm households
		% income from non-farming activities
	Tourism & recreation	% income from off-farm activities
		No. of bedspaces per 1,000 inhabitants
No. employed in rural tourism accommodation providers		
Accommodation occupancy rate		
Economic structure and performance (addressing the primary sector)	Agriculture	Share of rural enterprises in total tourism turnover
		Farm size distribution (area/output)
		Total gross output
		Gross value added
		Farm net value added per holding, hectare and AWU.
	Forestry	Farm business employment
		Employment (permanent/temporary)
		% area forested (on-farm/off-farm)
		Total gross output
		Total value added
	Fisheries, aquaculture and fish processing	Value of total annual gross felling
		Total gross output
		Total value added
		Employment by home port
		Value of landings

Parte Terza

Organizzazione dei sistemi di indicatori

5. FRAMEWORK LOGICI E LORO APPLICAZIONE

5.1 Schemi concettuali di riferimento più utilizzati

Gli indicatori possono essere raggruppati secondo diversi criteri. Tipicamente si fa ricorso ai cosiddetti *framework* logici, che sono basati su quadri di riferimento concettuali, sviluppati da Agenzie nazionali ed internazionali per soddisfare le esigenze di ordinamento delle conoscenze e per facilitare la comunicazione degli indicatori come strumenti di supporto decisionale. Per fungere da strumenti di lavoro adattabili a diverse situazioni, tali schemi si prefiggono di rappresentare la complessità del fenomeno da monitorare con un approccio duttile.

Di seguito viene presentata una breve descrizione dei modelli più utilizzati tra quelli presenti in letteratura, ripresa e modificata da Enne e Zucca (2000):

1. *DI: Indicatori Diretti/Indicatori Indiretti*

Questo schema rappresenta uno dei primi tentativi di classificare gli indicatori di desertificazione, che possono essere suddivisi in:

- Diretti: costituiscono un elemento diagnostico dei fenomeni che regolano le condizioni ambientali in atto;
- Indiretti: riflettono interazioni secondarie dei processi di desertificazione.

2. *PSR: Pressione - Stato - Risposta*

In questo approccio proposto dall'OCSE (Organizzazione Mondiale per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo), le interazioni uomo-ambiente assumono per la prima volta un ruolo primario per la comprensione dei processi di desertificazione, intesa come fenomeno dinamico e variabile. Il modello PSR ricostruisce infatti un sistema a catena circolare di cause-effetti che innescano, e allo stesso tempo controllano, i processi. Il PSR individua tre categorie di variabili:

- Pressione esercitata dai sistemi umani sull'ambiente;
- Stato dei sistemi ambientali;
- Risposta della società al processo di degradazione.

Per ciascuno di questi tre step possono essere selezionati indicatori opportuni che descrivono il fenomeno in ogni anello della catena.

Il modello parte dal presupposto che lo stato dell'ambiente è influenzato da un lato dal danno che scaturisce dal consumo e dalla distruzione delle risorse naturali e, dall'altro, dal modo in cui il sistema socioeconomico stesso reagisce ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente naturale.

3. *DPSIR: Driving Force – Pressione – Stato - Impatto - Risposta*

Questo schema, introdotto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, è un'evoluzione del PSR. Il modello è costituito da cinque fasi a cui corrispondono cinque categorie di indicatori che sintetizzano non solo lo stato ma anche l'evoluzione dell'ambiente:

- Forze Determinanti: costituiscono le attività ed i comportamenti umani derivanti da stili di vita, processi economici, produttivi e di consumo, che originano pressioni sul territorio;
- Pressioni: i Processi e le azioni specifiche attraverso i quali le forze determinanti esercitano un impatto sull'ambiente e ne modificano lo Stato;

- Stato: definisce le qualità ed i caratteri fisici, chimici, biologici, naturalistici ed economici che occorre tutelare e difendere e che sono suscettibili di degradazione;
- Impatti: conseguenze ambientali e socio-economiche della degradazione dello Stato;
- Risposte: sono tutte le azioni di governo attuate per contrastare e limitare gli impatti e possono essere indirizzate verso una qualsiasi componente DPSIR.

Questo modello, già ampiamente utilizzato dalla comunità scientifica in numerosi studi sulla desertificazione, ha il vantaggio di rappresentare, anche visivamente, l'insieme degli elementi e delle relazioni che legano i sistemi naturali con i fattori antropici e con le politiche avviate a tutela dei sistemi stessi.

Il modello DPSIR sembra adatto a descrivere la desertificazione in quanto è basato sull'ipotesi secondo la quale sono i comportamenti della società (e le attività economiche) a compromettere la qualità dell'ambiente.

Esso si fonda inoltre sull'assunzione che la degradazione delle terre può essere controllata e addirittura invertita, attraverso l'importanza attribuita alle risposte e alle iniziative politiche ed istituzionali necessarie (Turkelboom et al., 2004).

4. *DTPSIR*

Questo schema, in cui vengono esplicitati i “sistemi tecnologici” (T) quali elementi del sistema su cui è opportuno intervenire, rappresenta una ulteriore evoluzione del PSR (TEPI, 1999). In particolare, la modalità e l'intensità con cui le Forze Determinanti si concretizzano in Pressioni è correlata dalla tecnologia utilizzata: se non è possibile ridurre le Forze Determinanti bisognerà agire su T migliorando opportunamente le tecnologie coinvolte.

Tale approccio risulta particolarmente efficace se applicato alle problematiche di degradazione degli ambienti agricoli, in cui sono praticati interventi di meccanizzazione, poiché gli indicatori di qualità tecnologica possono costituire un fattore chiave per la comprensione dei fenomeni (Enne e Zucca, 2000).

5. *DPSIR – DPEW: indicatori descrittivi di Performance, di Efficienza, di Welfare.*

Sviluppato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (Gentile, 1998), questo modello accoppia al DPSIR uno schema basato su criteri di efficienza ecologica delle attività umane, mediante l'applicazione di alcune categorie di indicatori in grado di:

- evidenziare fenomeni e processi in atto;
 - misurare quanto ciò che accade può costituire un problema;
 - definire il livello di efficienza ecologica dello sfruttamento delle risorse naturali;
 - esprimere un bilancio complessivo.
- Al momento non sono ancora note applicazioni di questa proposta.

6. *PSR – PDI: Potenziale – Dinamica - Innovazione*

Proposto dall'Università di Berna (Hurni et al., 1999), è una sintesi di vari approcci multidisciplinari, applicati alla mitigazione di quelle che sono definite “sindromi” di desertificazione. Lo schema descrive lo stato dell'ambiente con un approccio dinamico e contemporaneamente ottimistico poiché sulle risorse possono essere applicate non solo pressioni ma anche nuove potenzialità innovative. Il modello sottolinea inoltre che solo attraverso il coinvolgimento attivo di tutti gli attori le Pressioni possono essere controllate e le Potenzialità sfruttate.

7. IOOI: Input - Output - Outcome - Impact

Questo schema proposto dall'Osservatorio del Sahara e del Sahel (OSS), è volto ad individuare più facilmente gli indicatori di Impatto previsti dalla Convenzione e a monitorare e valutare i programmi di gestione delle risorse naturali. Gli indicatori di Input e Output servono a monitorare l'esecuzione del progetto, mentre quelli di Outcome e di Impatto descrivono gli effetti dell'esecuzione del progetto. Più in particolare:

- Input: attività di progetto, risorse umane e finanziarie impiegate.
- Output: risultati direttamente ottenuti.
- Outcome: livello di valorizzazione o sfruttamento delle azioni intraprese rispetto alle potenzialità.
- Impatti: beneficio prodotto o atteso.

5.2 Considerazioni sull'applicabilità e sui limiti del modello DPSIR

Esiste un vivace confronto nel mondo scientifico – a cui si auspica possa contribuire anche il presente lavoro – su quali siano gli indicatori più adatti a descrivere i fenomeni di degradazione delle terre, e su quali quadri logici utilizzare in modo che costituiscano modalità sintetiche e contemporaneamente rilevanti per le finalità dei decisori politici.

Il concetto fondamentale di questi schemi logici è che, nonostante la desertificazione sia un insieme di fenomeni complesso e variabile nel tempo e nello spazio, essa non rappresenta un circolo vizioso privo di vie d'uscita, ma esistono valide soluzioni basate su alternative a livello di modalità di gestione del territorio (Turkelboom et al., 2004). Per questo motivo quelle che, all'interno dei modelli esaminati, possono apparire come delle semplificazioni di problematiche reali, costituiscono invece delle schematizzazioni necessarie per fornire a chi si occupa di prendere le decisioni un modello semplice, facilmente interpretabile e adattabile per il governo di fenomeni così estesi ed urgenti come quelli di desertificazione (Trisorio Liuzzi, 2004).

Il modello DPSIR, in particolare, si prefigge di descrivere l'evoluzione dei singoli indicatori e le loro reciproche interazioni favorendo una visione multidisciplinare ed integrata della desertificazione. Lo schema logico DPSIR è il più applicato a livello internazionale, in quanto risulta efficace per rappresentare la situazione ambientale di un territorio e collegare i comportamenti della società con la degradazione e/o la conservazione delle risorse (Trisorio Liuzzi, 2004). Ad esempio, le attività antropiche descritte dalle Forze Determinanti possono consistere in cambiamenti di uso del territorio o in fattori socioeconomici che inducono alla adozione di tecniche produttive improprie che determinano nel breve periodo fenomeni di degrado del suolo, dell'acqua e della vegetazione.

Tuttavia, nonostante il DPSIR aiuti a descrivere le dinamiche della desertificazione o, più in generale, di un degrado ambientale, contiene alcune limitazioni sia di tipo metodologico che di tipo concettuale, rilevate in parte anche da diversi autori (Turkelboom et al., 2004; Trisorio Liuzzi, 2004) e riscontrabili attraverso una analisi della letteratura esistente in proposito:

- le risposte applicate possono a loro volta costituire un fattore determinante di desertificazione;
- non sempre esiste una corrispondenza tra i fenomeni di degradazione e le modalità di gestione del territorio, dal momento che lo stato delle risorse naturali costituisce solo uno dei numerosi fattori e considerazioni su cui sono basate le decisioni degli utilizzatori;

- spesso sono applicati omologhi criteri di risposta anche per contesti territoriali differenti, e quindi eterogenei, mentre, dal momento che sono le differenze fra gli ecosistemi a creare le condizioni predisponenti alla desertificazione, è opportuno applicare le opportune gestioni a livello di unità territoriale o di agro-ecosistema;
- gli indicatori inquadrati nel quadro logico spesso considerano aspetti parziali, soprattutto nel caso in cui sono indirizzati all'individuazione delle aree sensibili, cioè si tende a dare un significato esaustivo ad insiemi parziali e limitati di indicatori;
- il modello non considera esplicitamente il fatto che la desertificazione possiede una natura multi-scala, che rende necessaria una sua applicazione differenziata in base alla scala a cui sono esaminati i processi e gli interventi di gestione;
- il modello collega tra loro descrittori statici, lasciando a livello implicito le descrizioni delle interazioni dinamiche tra questi, ossia non esplicita la componente "Processi", che necessita di indicatori di natura diversa ("intensità e velocità del processo" ecc.);
- le risposte possono essere date a livelli molto diversi tra loro (in termini di livello decisionale oppure di diversi attori sociali e politici) che non vengono esplicitati.

È anche in risposta a tali considerazioni che nel contesto di questo studio si propone lo schema elaborato da Zucca (2004), in grado di integrare alcune delle lacune individuate.

Tale schema è discusso più avanti.

5.3 Applicazione di modelli concettuali: casi di studio

Le pagine che seguono focalizzeranno l'attenzione su alcuni casi di studio che riguardano zone anche molto lontane e diverse fra loro situate nel bacino del Mediterraneo e in cui sono stati applicati modelli concettuali (in particolare il DPSIR) nel contesto di progetti di ricerca finalizzati alla lotta alla desertificazione.

Gli schemi utilizzati hanno svolto la funzione principale di supporto alla analisi delle problematiche di desertificazione rappresentando, in particolare in alcuni casi, una chiave di lettura semplice per inquadrare i processi in corso e gli impatti sull'ambiente. In particolare, i modelli applicati hanno rivestito una importanza peculiare per quei paesi in cui non erano mai state attuate precedentemente - secondo un approccio concreto e lucido - la identificazione e la descrizione delle forze e delle pressioni che agiscono sull'ambiente ed, in seconda istanza, delle risposte che la società propone per la prevenzione e la mitigazione.

Questo discorso vale soprattutto per i paesi della riva Sud del bacino in cui:

- i dati quantitativi in merito ai fenomeni di desertificazione sono carenti;
- le informazioni già esistenti non sono mai state organizzate e sistematizzate.

In alcuni casi i modelli concettuali sono stati applicati in modo incompleto, ossia senza una sistematizzazione degli indicatori per ciascuna componente del fenomeno, bensì descrivono le problematiche principali connesse a ciascun anello del modello. Le informazioni così ordinate potranno essere utilizzate in seguito come base per la selezione e la definizione di indicatori. Questo tipo di inquadramento è comunque in grado di evidenziare i diversi livelli di gravità della desertificazione nelle regioni studiate, evidenziando che sulla riva Sud la problematica è spesso strettamente connessa alle condizioni economiche, sociali e politiche che determinano una diffusa condizione di povertà e scarsità di risorse essenziali per la sopravvivenza delle popolazioni. Inoltre, nei diversi casi presentati vengono adottati diversi approcci e diversi livelli di sintesi: a seconda dei casi si applica il DPSIR per paese, per regione, per processo, per area-problema, per unità agroecologica.

Questo, come si vedrà, offre molti spunti di discussione sul modo eterogeneo in cui il DPSIR è oggi interpretato ed applicato. L'approccio del DPSIR si è dimostrato nel complesso un buono strumento per rappresentare la *land degradation* nei sistemi naturali ed agricoli, laddove i rispettivi dati sono disponibili, condizione che spesso non si realizza per i paesi del sud del Mediterraneo.

La maggior parte delle informazioni di seguito riportate sono state derivate dagli studi presentati nel corso del primo Workshop organizzato dal progetto MEDCOASTLAND.NET, tenutosi ad Adana (Turchia) nel Giugno 2003.

5.3.1 Egitto

Il modello DPSIR è stato applicato sui differenti agro-ecosistemi egiziani (Abdel-Kader, 2004) per fornire una panoramica delle possibili misure di gestione dei processi di desertificazione e di conservazione delle risorse naturali del paese.

Il modello ha rappresentato uno strumento utile a:

- strutturare e classificare le informazioni già disponibili relative ai processi di desertificazione;
- supportare la selezione di un set chiave di indicatori in grado di descrivere le modalità di gestione del territorio da parte degli agricoltori.

Nella tabella 5.1 sono elencate le principali tematiche di desertificazione associate alle cinque componenti del modello DPSIR insieme ad alcune informazioni sulla situazione del paese.

Nella tabella 5.2 sono analizzate più in dettaglio le differenti risposte adottate in ciascuna delle quattro zone agro-ecologiche dell'Egitto, oltre che a livello nazionale (PAN). Si osserva che la sintesi operata, sebbene alquanto spinta a livello di intero paese, risulta abbastanza chiara ed efficace perché basata su una zonizzazione agroecologica favorita dalla relativamente ridotta complessità del paesaggio egiziano, alla quale risulta possibile associare problematiche e risposte specifiche. Va comunque osservata una non sempre chiara distinzione tra Driving Force e Pressioni e tra Stato e Impatto.

Tabella 5.1 - Principali tematiche di desertificazione associate alle componenti DPSIR insieme e sintesi delle informazioni sulla situazione egiziana

Componente del modello concettuale	Problematiche	Informazioni disponibili						
D	<ul style="list-style-type: none"> - sviluppo dell'uso del suolo; - povertà; - stress idrico. 	<p>D e P sono connesse alle condizioni climatiche prevalentemente aride e alla eterogeneità delle zone agro-ecologiche. La principale fonte di acqua dolce è rappresentata dal fiume Nilo, il 99% della popolazione è distribuita su una fascia che rappresenta circa il 4% del territorio e che costeggia il fiume.</p>						
P	<ul style="list-style-type: none"> - richiesta di risorse naturali da parte dei settori agricolo ed urbano; - crescita della popolazione; - richiesta idrica a scopi irriguo, potabile, industriale. 	<p>Poiché tutte le acque di irrigazione provengono dal fiume Nilo, è opportuno che nuove risorse vengano sviluppate per dare continuità alle attività agricole che rappresentano un settore chiave per l'economia del paese, poiché contribuiscono al 40% del PIL, al 22% delle esportazioni e al 50% dell'occupazione. Spesso viene adottato un sistema intensivo che consente più di un raccolto all'anno. Tuttavia attualmente solo il 5,4% delle risorse territoriali può essere classificato di buona qualità, mentre il 42% presenta una qualità scarsa. L'attuale superficie di terra arabile per uomo è inferiore ai 500 m² e più del 90% degli agricoltori locali sono piccoli proprietari con terreni di dimensioni inferiori ai 3 ha. A ciò si aggiungono povertà, basso livello di istruzione e altri malfunzionamenti, che tendono a sfavorire i piccoli agricoltori.</p>						
S	<ul style="list-style-type: none"> - compattazione dei topsoil; - perdita di fertilità; - diminuzione di sostanza organica; - inquinamento dei suoli. 	<p>L'inquadramento degli Stati e degli Impatti dei fenomeni di desertificazione in Egitto ha comportato l'identificazione delle maggiori tipologie di <i>land degradation</i> nelle principali zone agroecologiche sulla base delle informazioni bibliografiche disponibili in letteratura:</p>						
I	<ul style="list-style-type: none"> - diminuzione produttiva; - deterioramento della qualità delle acque; - perdita di biodiversità. 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 5px;"> <p>Valle e delta del Nilo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salinità dei suoli - Inquinamento di acque e suoli - Cattiva gestione di suoli e acque - Erosione costiera - "insabbiamento" o avanzata del deserto </td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"> <p>Costa nord-ovest</p> <ul style="list-style-type: none"> - Degrado dei pascoli - Aumento delle terre coltivate in aree marginali - Erosione idrica ed eolica - Perdita di copertura vegetale e risorse genetiche - Impedimenti socioeconomici - costruzione di villaggi turistici </td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"> <p>Deserto, oasi, aree remote meridionali</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sovrasfruttamento di suoli ed acque sotterranee - Dune mobili - Pratiche di gestione non sostenibili - Impedimenti socioeconomici </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <p>Sinai e deserto dell'est</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pratiche inappropriate per la qualità del territorio - Erosione idrica ed eolica - "Flash Flood" o "inondazioni lampo" </td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>	<p>Valle e delta del Nilo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salinità dei suoli - Inquinamento di acque e suoli - Cattiva gestione di suoli e acque - Erosione costiera - "insabbiamento" o avanzata del deserto 	<p>Costa nord-ovest</p> <ul style="list-style-type: none"> - Degrado dei pascoli - Aumento delle terre coltivate in aree marginali - Erosione idrica ed eolica - Perdita di copertura vegetale e risorse genetiche - Impedimenti socioeconomici - costruzione di villaggi turistici 	<p>Deserto, oasi, aree remote meridionali</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sovrasfruttamento di suoli ed acque sotterranee - Dune mobili - Pratiche di gestione non sostenibili - Impedimenti socioeconomici 	<p>Sinai e deserto dell'est</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pratiche inappropriate per la qualità del territorio - Erosione idrica ed eolica - "Flash Flood" o "inondazioni lampo" 		
<p>Valle e delta del Nilo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salinità dei suoli - Inquinamento di acque e suoli - Cattiva gestione di suoli e acque - Erosione costiera - "insabbiamento" o avanzata del deserto 	<p>Costa nord-ovest</p> <ul style="list-style-type: none"> - Degrado dei pascoli - Aumento delle terre coltivate in aree marginali - Erosione idrica ed eolica - Perdita di copertura vegetale e risorse genetiche - Impedimenti socioeconomici - costruzione di villaggi turistici 	<p>Deserto, oasi, aree remote meridionali</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sovrasfruttamento di suoli ed acque sotterranee - Dune mobili - Pratiche di gestione non sostenibili - Impedimenti socioeconomici 						
<p>Sinai e deserto dell'est</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pratiche inappropriate per la qualità del territorio - Erosione idrica ed eolica - "Flash Flood" o "inondazioni lampo" 								
R	<ul style="list-style-type: none"> - conservazione e ripristino; - investimenti in risorse idriche e territoriali; - partecipazione a convenzioni internazionali. 	<p>Oltre al Piano d'Azione Nazionale sono stati proposti e/o avviati diversi progetti per le varie regioni egiziane:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Delta e valle del Nilo - Costa nord-ovest - Deserto, oasi e aree remote del sud - Sinai e deserto dell'est 						

Tabella 5.2 – Tipologie di interventi di risposta relative a ciascuna delle zone agro-ecologiche egiziane

REGIONE	INTERVENTI (R)
Delta e valle del Nilo	<p>Legislazione</p> <p>Tra il 1983 e il 1985 sono state introdotte normative volte a rallentare i processi di espansione dei villaggi rurali mediante regolamentazione della distribuzione dei suoli a scopo edile, divieti di insediamenti urbani su terre fertili e limitazione delle aree urbanizzabili.</p> <p>Richiesta di terre</p> <p>Il governo ha lanciato programmi di sviluppo per controllare e limitare la pressione della popolazione sulle limitate risorse naturali della valle, estendendo le terre irrigabili e coltivabili e sviluppando i territori della valle, del delta e del deserto.</p> <p>Miglioramento del suolo</p> <p>Vengono applicate diverse tecniche gestionali, tra cui:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apporti di gesso per ostacolare i processi di sodicizzazione dei suoli; - Rottura degli aggregati e degli strati induriti all'altezza degli apparati radicali; - Livellamenti del terreno e rimodellamento del paesaggio; - Miglioramento del drenaggio e costruzione di un sistema di canali per il controllo della salinità. <p>Produzione di cartografie riguardanti il fabbisogno in gesso, la profondità della falda freatica, e i livelli di salinità a diverse scale.</p> <p>Miglioramento del drenaggio e conservazione delle risorse idriche</p> <p>Il "tile drainage" è stata introdotto su un'area di 5 milioni di feddan* (3.6 nel delta e 1.4 nella parte superiore dell'Egitto).</p> <p>Gli interventi di conservazione delle acque prevedono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costruzione di database numerici e geografici per le risorse idriche rilevanti; - sviluppo di tecniche innovative per il mantenimento dei flussi d'acqua; - regolamenti per favorire il riutilizzo delle acque; - misure ingegneristiche per proteggere da fenomeni di intrusione marina la costa nell'area del delta e nell'area nord-ovest. <p>Lotta all'inquinamento del territorio</p> <p>il Ministero dell'Agricoltura e del Recupero delle Terre ha introdotto riforme economiche sui prezzi degli input e dei prodotti agricoli.</p> <p>Introduzione di pratiche di gestione integrata finalizzate ad aumentare la consapevolezza pubblica rispetto all'utilizzo di sostanze chimiche in agricoltura.</p> <p>Sono in corso di svolgimento alcuni programmi di sviluppo agricolo per creare un sistema agricolo sostenibile ed economicamente compatibile per i piccoli proprietari terrieri sulle terre recuperate del deserto. Tali obiettivi saranno perseguiti attraverso</p> <ul style="list-style-type: none"> - il miglioramento dell'efficienza dell'irrigazione; - l'istruzione gestionale dei piccoli proprietari e delle rispettive famiglie, anche per la componente femminile; - lo sviluppo di piccole e medie imprese e facilitazione delle comunità emergenti

* 1 feddan = 0.42 ha

INTERVENTI (R)	
Costa nord-ovest	<p>Sono in corso vari progetti finalizzati a contrastare i processi di desertificazione, che prevedono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestione sostenibile di territori esposti all'erosione, mediante interventi di recupero delle terre e sistemi adattati alla specifica posizione geografica; - Protezione dei pascoli dal sovrappasciamento, con l'introduzione di nuove specie e varietà, l'organizzazione delle pratiche pastorali ed il potenziamento dei benefici per le acque superficiali; - Gestione integrata delle aree costiere, mediante sviluppo di un database per l'area, valutazioni territoriali e studi di impatto ambientale; - iniziative di gestione partecipativa delle risorse naturali. Considerevoli progressi sono stati fatti con le nuove tecnologie agricole che hanno aumentato i raccolti e la produzione animale, e dunque le entrate per le comunità locali. È stata approvata una seconda fase che estende i benefici anche sulla popolazione che non ne ha usufruito, secondo un modello agricolo basato sul trasferimento delle tecnologie, ed un piano integrato di bacino; - Programma di eliminazione delle mine antiuomo di cui l'Egitto è unico produttore nel continente africano.
Deserto, oasi e aree remote del sud	<p>Le risposte ai processi di desertificazione concernono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la gestione del suolo e delle acque nelle oasi, contrastando l'abbassamento del livello statico della falda e aumentando le risorse per lo scavo di pozzi; - il fissaggio di dune chimico, meccanico e biologico; - la lotta all'insabbiamento e ai suoi impatti negativi su terre agricole e infrastrutture; - valutazioni quali-quantitative sulle risorse naturali. - Nel 1997 è partito un progetto governativo per dar luogo a nuovi insediamenti in grado di compensare il sovraffollamento della vecchia valle e risolvere il problema della disoccupazione in cui avverranno produzione agricola sia per la sussistenza che per l'esportazione; costruzione di industrie che lavorano i prodotti agricoli e altre risorse della regione per aumentarne il valore aggiunto e fornire opportunità di lavoro; sviluppo di turismo legato ai siti naturali ed archeologici della regione.
Sinai e deserto dell'est	<p>Sono state testate ed applicate varie tecnologie e pratiche per il fissaggio chimico, meccanico, biologico delle dune mobili nel contesto di molti progetti che in molti casi non si sono dimostrati adeguati per la mancata partecipazione degli <i>stakeholders</i> finali.</p>
Piano d'Azione Nazionale	<p>Per assicurare il compimento e la riuscita degli obiettivi del PAN è stata costituita una autorità di coordinamento nazionale collegata sia ad enti istituzionali (come la UNCCD ed i ministeri) sia ad ONG e <i>stakeholders</i> locali. Il PAN egiziano si propone di realizzare:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. azioni nazionali per assicurare una gestione sostenibile delle risorse nelle quattro principali zone agroecologiche mediante misure preventive che sostengano la produttività delle terre agricole, il recupero di terre degradate, la riabilitazione delle terre desertificate e lo sviluppo di nuovi territori; 2. azioni di campo categorizzate in base alle esigenze dei quattro principali sistemi d'uso del suolo; 3. inventari, monitoraggio e valutazione che coinvolgeranno enti scientifici istituzionali; 4. supporto alle azioni da parte di strutture che si occupano di educazione, ricerca, sviluppo; 5. politica istituzionale nazionale per la lotta alla desertificazione come parte integrante di un piano generale di sviluppo sostenibile.

5.3.2 *Malta*

L'applicazione del modello PSR per Malta (Vella e Camilleri, 2004) ha consentito di identificare ed inquadrare sulla base delle informazioni già esistenti le maggiori cause di degradazione (P) dei territori delle isole maltesi, gli impatti ambientali, i metodi e le procedure adottati per fornire una valutazione ambientale dei fenomeni di desertificazione (S). Sono state analizzate anche varie risposte (R) basate su programmi ed iniziative specifici inseriti nel contesto istituzionale e legislativo o progetti ed attività di prevenzione, monitoraggio e partecipazione pubblica alle problematiche ambientali.

L'utilizzo sostenibile delle terre costituisce una priorità per Malta, che è un'isola particolarmente vulnerabile data la sua bassa capacità portante e la elevata densità di popolazione (>1200 persone per km²). I suoi territori soffrono dell'impatto ambientale causato da uno sviluppo economico che crea pressioni associate alle costruzioni, ai trasporti, allo sviluppo industriale, al turismo.

L'attuale uso del suolo è il prodotto di influenze storiche, politiche, ambientali, economiche, sociali. Molti usi sono dinamici ed uno dei cambiamenti più drastici deriva dalla perdita di terre agricole per fini urbani, o da variazioni nei sistemi di gestione.

Numerosi indicatori sono stati prodotti per illustrare le pressioni sull'ambiente, gli effetti economici negativi e le interazioni tra le componenti ambientali. I 130 indicatori selezionati sono stati distribuiti in tre componenti del modello DPSIR.

Tali attività sono state affiancate da varie iniziative, volte a rafforzare la consapevolezza della popolazione nei confronti delle questioni ambientali, che hanno contribuito al coinvolgimento attivo in tale ambito di un numero sempre maggiore di persone. Malta testimonia inoltre il ruolo che molte Organizzazioni Non Governative svolgono nella formazione di gruppi capaci di contribuire al processo decisionale riguardo ad una gestione ambientale maggiormente "democraticizzata".

Si osserva che, nonostante Malta sia un contesto territoriale piccolo e relativamente omogeneo, l'applicazione del PSR a livello di intero paese riduce molto l'utilità operativa dello stesso (anche se l'esercizio di sintesi è interessante di per sé), in quanto le cause sono tra loro molto eterogenee e ciascuna è collegata solo ad alcune specifiche conseguenze tra quelle raggruppate in S. Ciò significa che questo livello di sintesi è troppo spinto e fa perdere proprio ciò che più caratterizza il PSR, ossia l'esplicitazione dei nessi causali.

Tabella 5.3 – Condizioni di degrado del territorio riscontrate sul territorio delle Isole maltesi

CONDIZIONI RISCOstrate A MALTA	
	<p>Negli anni passati, la carenza di piani di controllo e la disponibilità di terre a basso costo ha comportato la rapida conversione delle terre agricole verso comunità urbane che tra il 1956 e il 2000 sono aumentate dal 4,5% al 28,4%.</p> <p>La frammentazione delle terre ha causato la diminuzione delle rese produttive, e dunque l'aumento del rischio di abbandono delle terre e del degrado del paesaggio rurale.</p> <p>Significative porzioni di territorio a gariga sono state utilizzate per ospitare discariche di rifiuti.</p> <p>L'antica tradizione di "soil carting" e il riempimento di paesaggi erosi è regolata da una legislazione che ha facilitato il passaggio dei suoli verso unità semi antropogeniche</p> <p>Le piogge torrenziali muovono masse di sedimenti fini ai versanti bassi delle colline indebolendo i muri di contenimento dei terrazzamenti.</p>
P	<p>I suoli risultano più intensamente vulnerabili nei confronti di molte forme di degrado come l'erosione idrica, l'eutrofizzazione e la contaminazione da metalli pesanti.</p> <p>La perdita di suolo per erosione può essere originata da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scorrimento superficiale per costruzione di superfici impermeabili artificiali; - rimozione della copertura vegetale che espone il suolo alle forze erosive; - compattazione dei suoli da veicoli e macchinari che riducono la penetrazione dell'acqua nel suolo e la crescita delle piante; - mancanza di adeguati sistemi di drenaggio. <p>L'erosione incanalata infligge pesanti danni nelle aree ad elevata pendenza specialmente nelle zone in cui i Vertisuoli costituiscono la tipologia pedologica predominante.</p>
S	<p>Spesso avviene rimozione illegale di suolo per prelevare materiale da costruzione o effettuare scavi.</p> <p>Sono prodotti effetti negativi sulla qualità dei suoli da una graduale intensificazione dei sistemi di coltivazione basati sull'utilizzo di sostanze chimiche.</p> <p>La salinità localizzata è connessa a irrigazione con acque di bassa qualità. I primi casi sono documentati dagli anni '60 fino agli anni più recenti. Nelle ultime decadi numerosi campi delle aree costiere esposti ai venti nord occidentali sono stati abbandonati come risultato di un effetto combinato di erosione e salinizzazione.</p> <p>Le principali fonti di contaminazione diffusa dei suoli sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - combustibili dei veicoli che contengono piombo; - reflui usati in irrigazione; - siti industriali, che fanno registrare alti livelli di metalli pesanti nei sedimenti marini; - emissioni di contaminanti in atmosfera.

	<p style="text-align: center;">CONDIZIONI RICONTRATE A MALTA</p> <p>Numerose iniziative condotte da amministrazioni pubbliche ed ONG allo scopo di aumentare la consapevolezza della necessità di valutare lo stato del suolo e attivare misure per eventuali rimedi. Una delle risposte alle problematiche, introdotta dal 1980, è l'applicazione di una metodologia di valutazione di impatto ambientale.</p> <p>Azioni di controllo della desertificazione per erosione iniziarono nel 1999 nel contesto del MAP (Mediterranean Action Plan) e del progetto CAMP sullo sviluppo sostenibile delle aree costiere del nord ovest. Gli obiettivi generali sono volti a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Completare le indagini sistematiche in tema di erosione; - Proporre misure di rimedio e suggerimenti per la conservazione; - Contribuire alla protezione e allo sfruttamento razionale delle limitate risorse pedologiche, della biodiversità, applicando strategie e tecniche di controllo dell'erosione adattate ed aggiornate. <p>Il progetto ha prodotto una lista di indicatori di sostenibilità che possono essere utilizzati per valutare il trend del rischio di erosione.</p> <p>Altri progetti di gestione ambientale sostenibile di varie ONG che si prefiggono di conciliare l'utilizzo di alcuni siti sia per la protezione della natura sia per il turismo. I risultati attesi sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - riabilitazione della biodiversità del luogo; - protezione dei siti con importanti funzioni ecologiche; - controllo dell'erosione; - regolazione per gli utilizzi ricreativi; - educazione del pubblico generale sulla importanza della conservazione delle coste; - promozione del concetto di decentramento della gestione dei siti ambientali. <p>Progetto per lo sviluppo di un sistema informatico studiato sia per soddisfare le esigenze di raccogliere informazioni sui suoli di Malta sia per integrare queste informazioni nel quadro delineato dal European Soil Bureau.</p> <p>Come risposte istituzionali e legislative figurano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Environment Protection Act per la protezione dell'ambiente e di tutte le risorse naturali; - Structure Plan Policies che definisce le Aree in cui esistono restrizioni sui possibili usi del suolo; - Rural Development Plan che ha identificato misure agro-ambientali sia per proteggere il suolo sia per assicurare una salutare produzione dei prodotti alimentari; - Code of Good Agricultural Practice per mitigare e prevenire problemi di inquinamento di acque sotterranee e costiere da nitrati provenienti da fonti agricole. Il governo ha valutato la possibilità di applicare agricoltura biologica in alcune regioni selezionate dell'isola mediante sovvenzioni.
R	

5.3.3 Giordania

Le non adeguate condizioni di gestione delle risorse ambientali, come conseguenza dello sviluppo economico e dell'espansione della popolazione della Giordania, costituiscono una causa di pressione su suoli, acque e vegetazione. In queste condizioni, la gestione delle risorse nel contesto della lotta alla desertificazione deve promuovere la sostenibilità a lungo termine per una minore dipendenza alimentare futura e per il benessere economico delle comunità rurali (Al-Qudah, 2004).

Le autorità (esperti) giordane riconoscono l'importanza di costituire un sistema di indicatori per misurare le variazioni delle condizioni ambientali, in grado di preannunciare il pericolo di avversità o trend di miglioramento oltre che l'identificazione di aree problematiche. Tali indicatori sono inoltre necessari per guidare gli utilizzatori nelle decisioni gestionali.

Per le problematiche di desertificazione più diffuse sul territorio sono stati selezionati potenziali indicatori di pressione, stato, impatto e risposta (elencati in Tabella 5.4) anche se per molte situazioni esistono interazioni reciproche, dal momento che non è possibile analizzare una singola risorsa o processo separatamente dalle altre. Come si è detto, le stesse cause possono essere collegate a diversi processi, quindi un utilizzo trasversale del DPSIR, come in questo caso, può creare confusione. Appare tuttavia implicito il riferimento ad una zonizzazione di tipo agroecologico e la tendenza ad associare ciascun processo ad un preciso contesto ambientale e socioeconomico, nel quale esso riveste importanza dominante (erosione nelle sole aree montane, degrado della vegetazione solo nelle steppe ecc.).

Le risposte proposte sono quasi esclusivamente di natura tecnica (tranne in qualche caso), anche se viene operata una sintesi a livello nazionale e a tale livello si addicono maggiormente risposte di natura politica, istituzionale, legislativa, economica: si osserva quindi una possibile incoerenza tra scale. Per quanto riguarda la salinizzazione dei suoli, l'indicatore di risposta "aumento della coltivazione di colture tolleranti ai sali" può anche essere considerato come un indicatore indiretto di pressione, in quanto le scelte effettuate sono probabilmente forzate, costituiscono un adattamento.

Il più diretto indicatore di pressione per il degrado delle foreste è l'osservanza dell'attuale normativa sui tagli illegali. Solo un indicatore di stato è stato considerato necessario, poiché i cambiamenti nelle aree forestali possono essere direttamente osservati e successivamente misurati attraverso analisi statistiche e *remote sensing*. Un efficace indicatore di risposta è rappresentato dalle azioni di riforestazione.

Un indicatore della diminuzione della fertilità può essere ricavato dal rapporto tra coltivazioni varie e superfici a maggese perché applicabile a sistemi a basso input. È misurato come "fattore R", ossia il rapporto tra gli anni sotto una certa coltura e gli anni a maggese (in percentuale). Le variazioni dei raccolti, valutate in base a variazioni degli input, sono significativi indicatori di impatto. Il bilancio dei nutrienti può essere stimato comparando gli input (fertilizzanti) con gli output (rimozione dei raccolti). Il declino delle proprietà dei suoli costituisce la conseguenza di processi e condizioni che hanno provocato la formazione di tipologie pedologiche cementate, con frequenza di croste superficiali, compattazione o impermeabilizzazione, che quindi possono costituire indicatori di pressione. Alcuni sintomi visibili possono costituire validi indicatori, infatti gli agricoltori spesso si riferiscono a piante indicatrici e alla loro densità di popolazione per valutare lo stato di salute di un agroecosistema.

Tabella 5.4 – indicatori di Pressione, Stato, Impatto e Risposta proposti per le problematiche di desertificazione riscontrate sul territorio giordano

Problematiche di desertificazione	Indicatori proposti		
	P	S/I	R
Erosione dei suoli	<ul style="list-style-type: none"> - estensione delle terre coltivate acclivi e prive di adeguate misure di conservazione. - apporti irrigui senza sistemi di drenaggio adeguati; - inappropriati prezzi dell'acqua. 	<ul style="list-style-type: none"> - tasso di erosione (t/ha/anno) ottenuto da misure di campo o modellizzazioni; - perdita di orizzonti superficiali di suoli; - densità di rill e gullies per km². - risalita della tavola d'acqua; - aumento di salinità delle acque sotterranee; - aumento del contenuto di sali nel suolo; - presenza di parcelle con suoli salini; - aree con ristagni idrici - raccolti insufficienti a causa di salinizzazione. 	<ul style="list-style-type: none"> - aree in cui sono state adottate dalle aziende agricole pratiche di conservazione del suolo. - misure di gestione delle acque di irrigazione; - modelli di ripristino dei suoli; - aumento della coltivazione di colture alofite; - abbandono di terre per salinizzazione; - andamento delle spese di mantenimento dei canali di drenaggio.
Salinizzazione dei suoli			
Indicatori di degrado della vegetazione	<ul style="list-style-type: none"> - taglio delle biade nella stagione secca; - rapporto tra biomassa e domanda; - rapporto tra terra, capi di bestiame e popolazione (per zona agroecologica). 	<ul style="list-style-type: none"> - riduzione della copertura vegetale su terre marginali; - lenta ricopertura delle piante dopo anni di siccità; - cambiamenti della composizione delle specie di piante nei pascoli; - presenza di aree con suoli incrostati o gullies. 	<ul style="list-style-type: none"> - misure per il miglioramento della gestione forestale; - numero delle istituzioni comunitarie per la gestione dei pascoli.
Degrado delle foreste	<ul style="list-style-type: none"> - taglio o distruzione delle aree forestali osservate. 	<ul style="list-style-type: none"> - diminuzione percentuale delle aree forestate. 	<ul style="list-style-type: none"> - legislazione per proteggere le foreste; - campagne per la consapevolezza pubblica; - riduzione del tasso di perdita della copertura.
Diminuzione della fertilità dei suoli	<ul style="list-style-type: none"> - densità della popolazione rurale; - rapporto coltivazione/maggese; - rapporto tra terre coltivate e terre coltivabili; - rapporto tra monocoltura e rotazione. 	<ul style="list-style-type: none"> - rapporto tra raccolto reale e potenziale (stimato); - bilancio tra input e output di nutrienti al suolo; - variazioni nel tempo delle proprietà del suolo; - carenze specifiche di micronutrienti nel suolo; - piante indicatrici di degradazione dei suoli o di cattiva salute. 	<ul style="list-style-type: none"> - estensione delle terre marginali coltivate; - estensione di terre migliorate con l'utilizzo di metodi di agricoltura biologica; - colture a rotazione; - utilizzo di fertilizzanti; - numero delle associazioni di agricoltori.
Declino delle proprietà dei suoli	<ul style="list-style-type: none"> - rapporto tra terre coltivate e terre non coltivate nelle terre marginali 	<ul style="list-style-type: none"> - coefficiente di runoff; percentuale di suoli incrostati; - accumuli di calcare e gesso; - percentuale di aree acclivi arate in pendenza. 	<ul style="list-style-type: none"> - basso numero di arature; - area con/senza residui di raccolti; - aree con/senza misure conservative per i suoli.

In Giordania molti agricoltori sanno che la presenza di alcune piante locali può essere indicatrice della fertilità dei suoli, mentre la presenza di altre indica suoli degradati. I pastori inoltre hanno una considerevole conoscenza delle tipologie di suoli, delle loro qualità e potenzialità rispetto ad una mancata crescita di piante o raccolti. Gli agricoltori hanno usato indicatori indigeni per determinare la riduzione dell'erosione dei suoli: alcuni di essi includono la uniformità di crescita delle piante, i cambiamenti di colore del suolo, il colore dei flussi di acqua in uscita dal campo rispetto alle condizioni fangose.

Le metodologie volte al miglioramento di questo tipo di indicatori si basano sul recupero delle conoscenze autoctone, preservandole dalla scomparsa, e supportando le informazioni disponibili con materiale visivo (ad esempio fotografie che documentano le variazioni nel tempo delle condizioni ambientali) e misure *in situ*. La conferma di questi indicatori, sulla base delle informazioni degli agricoltori o dei cambiamenti delle loro terre, sono segnali importanti e costituiscono una informazione integrata, pragmatica e complementare di ciò che può essere misurabile (porosità, stabilità struttura, pH, sostanza organica ecc.).

5.3.4 Palestina

Le informazioni che seguono, tratte da Dudeen (2004), inquadrano i fenomeni di desertificazione in atto nei territori palestinesi e costituiscono anche le basi per comprendere come in Palestina la situazione politica e le conseguenti condizioni socioeconomiche costituiscano l'origine principale della degradazione delle terre.

La gestione delle risorse ambientali si pone in termini urgenti e necessita una pianificazione efficace poiché le condizioni attuali minano e condizionano la disponibilità di beni essenziali, prima fra tutti la risorsa idrica. Il conseguimento di questi obiettivi non può prescindere da una pianificazione territoriale in senso più ampio, e quindi da una risoluzione della situazione politica palestinese, che riconosca in modo definitivo la territorialità di questo paese, garantendo così la disponibilità delle risorse per la popolazione civile.

L'assenza di un piano di gestione delle risorse naturali nel corso degli ultimi quarant'anni, l'aumento del tasso di crescita della popolazione, l'inevitabile ammassamento della stessa in territori sempre più ristretti come conseguenza dell'occupazione israeliana, la costruzione di colonie israeliane e basi militari hanno contribuito ad aumentare la pressione sui suoli e sulle altre risorse.

La tabella 5.5 riassume il quadro della situazione secondo lo schema DPSIR.

Le cause (che in questo contesto non sono state distinte in Driving forces e Pressioni) dei fenomeni sono connesse sia ad attività umane che a fattori naturali.

I fattori antropici sono per lo più connessi alla complessa situazione politica.

- La gestione delle risorse tra Israele e Palestina è complicata dalla presenza di coloni israeliani sui territori palestinesi. L'area controllata dall'autorità Palestinese è prevalentemente urbana, con limitate zone ad uso agricolo e con una spiccata tendenza ad una ulteriore espansione urbana a scapito delle già scarse aree agricole.
- L'ambiguità della proprietà delle terre, l'inaccessibilità delle stesse dovuta alla mancanza di vie di comunicazione, la carenza di spinte economiche, la mancanza di formazione ed assistenza tecnica per gli agricoltori, l'utilizzo di semplici mezzi e tecnologie arretrate costituiscono gli elementi che conducono ad una bassa redditività delle terre.
- Un serio fattore di degradazione è costituito da carenza di consapevolezza del peso ambientale, sociale ed economico della desertificazione.

- L'assenza di un piano regolatore di uso del suolo si va a sommare alle restrizioni sugli usi del territorio introdotte a partire dall'occupazione di Israele (1967), in particolare per ragioni di sicurezza: un esempio eclatante è rappresentato dal divieto di accesso per i palestinesi alle terre semi-naturali ad uso urbano.
- La principale origine dello squilibrio tra domanda e disponibilità idrica è la distribuzione ineguale della risorsa tra palestinesi e israeliani. Le risorse idriche superficiali sono limitate poiché l'unico fiume permanente è il Giordano, tuttavia i palestinesi non hanno accesso alle sue acque. La fonte principale di acque dolci è costituita dalle acque sotterranee, ma i palestinesi sono autorizzati a sfruttarne appena 1/3. Circa 1/7 dei pozzi totali (costruiti prima del 1967), è sotto il controllo israeliano e pompa quasi la metà della portata idrica disponibile. L'erogazione per i palestinesi è limitata da restrizioni imposte dal governo israeliano, mentre sono stati costruiti nuovi pozzi per soddisfare le esigenze idriche dei coloni israeliani.

I fattori naturali identificati come Driving Forces sono:

- Clima
- Periodi di intensa aridità impongono restrizioni sull'uso agricolo delle terre in particolare perché innescano intensi fenomeni di salinizzazione dei suoli. Secondo alcuni scenari dei cambiamenti climatici, entro il 2020 si arriverà a condizioni di maggiore aridità.
- Geomorfologia
- Il paesaggio collinare favorisce l'erosione ed in alcuni casi le zone piane sono soggette ad inondazioni invernali con prolungati periodi di ristagno idrico che impediscono le pratiche agricole.
- Carezza idrica
- La Palestina risulta tra i paesi con la più scarsa risorsa idrica rinnovabile pro-capite, sia per fattori naturali che antropici e attualmente la domanda supera la disponibilità.

Le conseguenze (S) sono:

- Erosione dei suoli
- Più del 50% del territorio presenta perdite di suolo superiori a 1 t/ha/anno per erosione idrica. I suoli esposti a maggiore intensità erosiva sono quelli a tessitura più grossolana le cui particelle con l'impatto delle gocce di pioggia vengono facilmente allontanate.
- Mancano dati quantitativi relativi all'erosione eolica.
- Salinizzazione dei suoli
- Il contenuto di calcio presente in questi suoli minimizza il livello di salinità che dovrebbe essere elevato, considerate le condizioni climatiche aride, le errate pratiche irrigue e la cattiva gestione. Quando la falda è superficiale il suolo a drenaggio rallentato accumula i sali.
- Contaminazione dei suoli
- Studi recenti hanno dimostrato che le alte percentuali di malattie tumorali sono legate alla concentrazione di sostanze inquinanti nel suolo, come i pesticidi e gli insetticidi spesso proibiti a livello internazionale.
- I siti industriali, i cui reflui possono essere facilmente notati intorno alle maggiori città, rappresentano spesso fonti di metalli pesanti.
- Le discariche sono spesso adiacenti a terreni agricoli così che sia i liquami sia le polveri provenienti dal taglio delle rocce calcaree da costruzione apportano sostanze che alterano struttura e proprietà chimiche dei suoli.
- Impermeabilizzazione dei suoli

- È una delle cause di perdita di suolo in Palestina, originata prevalentemente dall'espansione degli insediamenti urbani e militari.
- Diminuzione della fertilità dei suoli
- I quattro fattori precedenti, uniti all'utilizzo di fertilizzanti, contribuiscono alla diminuzione della sostanza organica, alla perdita di nutrienti e ad un aumento sulla scala di tossicità. Questa diminuzione, è resa evidente solo dal calo delle rese produttive, poiché non esistono dati in proposito.
- Riduzione della copertura forestale
- È prevalentemente dovuta alla costruzione di nuovi insediamenti.

Gli impatti (I) ambientali più largamente diffusi sono rappresentati da ridotta produttività agricola e foraggera, e dall'abbandono delle pratiche agricole che progressivamente portano a povertà e a ecosistemi sempre più fragili.

Le conseguenze negative sulla salute di uomini e animali sono testimoniate dall'alto tasso di mortalità per cancro: studi recenti hanno dimostrato che le alte percentuali di malattie tumorali sono legate alla concentrazione di sostanze inquinanti nel suolo, come i pesticidi e gli insetticidi spesso proibiti a livello internazionale.

Le potenziali risposte (R) possono essere categorizzate a livello nazionale o a livello locale. A livello nazionale è logico pensare che tutti gli interventi proposti saranno attuabili in modo efficace dal momento in cui verrà fornita una soluzione a livello politico per la situazione israeliano-palestinese.

A livello locale le risposte dovrebbero variare in base alla zona agro-ecologica. Diversi lavori sono stati compiuti da ONG attraverso progetti di recupero delle terre e di raccolta delle acque. Tuttavia non sono disponibili dati statistici sulle terre recuperate o sui pozzi costruiti o riabilitati.

Nelle piccole zone umide e sub-umide la desertificazione è tenuta sotto controllo da antiche pratiche agricole.

Si osserva anche in questo caso l'esigenza di esplicitare i processi in atto, i quali vengono sostituiti a S, in modo non del tutto appropriato. La definizione degli Impatti, ancorché parziale, è rigorosa. Infine anche in questo caso le Risposte non sono strutturate come sistema di monitoraggio delle risposte attualmente in atto (aspetto trascurato), ma come proposta aperta. È tuttavia apprezzabile la distinzione tra i due livelli di intervento, nazionale e locale.

Tabella 5.5 – Problematiche di land degradation inquadrare secondo lo schema logico DPSIR

D/P	S	I	R
<p><i>Fattori naturali:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Clima; - Geomorfologia; - Carenza idrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosione dei suoli; - Salinizzazione dei suoli; - Contaminazione dei suoli; - Impermeabilizzazione dei suoli; - Diminuzione della fertilità dei suoli; - Riduzione della copertura forestale. 	<p>Non sono disponibili dati quantitativi diretti, tuttavia sono evidenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bassa produttività agricola; - abbandono delle pratiche agricole; - povertà; - ecosistemi sempre più fragili; - conseguenze negative sulla salute (alto tasso di mortalità per cancro). 	<p><i>Proposte a livello nazionale:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - piano di uso del suolo; - politiche di lotta alla desertificazione; - Miglioramento di risorse impiegate nella ricerca attività di ripristino e di conservazione delle terre; - piani per la gestione e la conservazione delle foreste e dei prati; - piani di gestione delle risorse idriche; - ricerca applicata alla <i>land degradation</i>.
<p><i>Fattori antropici:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestione delle risorse tra Israele e Palestina; - mancanza di vie di comunicazione; - carenza di spinte economiche; - mancata formazione degli agricoltori; - l'utilizzo di tecnologie arretrate; - carenza di consapevolezza del peso ambientale, sociale ed economico della desertificazione; - assenza di un piano regolatore di uso del suolo; - restrizioni sugli usi del territorio introdotte a partire dall'occupazione di Israele (1967). 			<p><i>Proposte a livello locale (in base alla zona agro-ecologica):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - progetti di ONG su recupero delle terre e di raccolta delle acque (già avviati); - Applicazione di antiche pratiche agricole. <p>Nelle zone aride e semiaride l'erosione potrebbe essere limitata da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - conversione dei sistemi tradizionali; - Utilizzo di concimi organici; - Leguminose a rotazione; - applicazione di letame animale; - Sviluppo di tecniche adeguate ai problemi di salinità e di lavorazione dei suoli; - sensibilizzazione della comunità locali; - Raccolta di dati disponibili; - database specifici basati su GIS telerilevamento.

5.3.5 Marocco

Secondo Badraoui et al. (2004), il 93% del territorio marocchino presenta clima arido, semiarido o desertico e le terre agricole rappresentano solo il 13% dell'area totale del paese. Un dato che testimonia il peso dei processi di desertificazione in corso è rappresentato dal costo della degradazione dei suoli in Marocco, stimato intorno a 84 milioni di dollari all'anno. La lotta alla desertificazione è stata riconosciuta dal Piano d'Azione Nazionale del Marocco come obiettivo fondamentale per la sostenibilità degli ecosistemi naturali e coltivati.

Un programma di irrigazione nazionale ha consentito di promuovere la intensivizzazione dei raccolti, ma più dell'85% delle terre agricole continua a basarsi su una produzione non irrigua. L'8% del territorio è coperto da foreste soggette a degrado più o meno intenso. Il 44% non è adatto per alcun tipo di utilizzo agricolo. Il restante è montuoso, con elevate pendenze.

Le maggiori tipologie di *land degradation* incontrate in Marocco sono (Badraoui et al., 2004):

- Erosione idrica
Causa la perdita di milioni di m³ ogni anno soprattutto a causa di deforestazione e sovrappascimento su elevate pendenze. Gli impatti provocano la riduzione dei raccolti e della capacità di accumulo di acqua nel suolo. Le pratiche di controllo più diffuse, supportate da diversi programmi nazionali, prevedono la costruzione di terrazzi, riforestazioni, conservazione delle rive e delle dighe. Tuttavia sono utilizzate preferenzialmente misure basate sulle conoscenze tradizionali locali, infatti i programmi lanciati spesso non hanno avuto il risultato sperato poiché le tecniche proposte non erano abbastanza condivise dagli agricoltori. Sono stati inoltre svolti numerosi sforzi volti allo sviluppo di un approccio partecipativo a livello locale, anche attraverso i contributi di azioni di cooperazione internazionale bilaterali e multilaterali.
- Erosione eolica
Colpisce i territori costieri e il deserto. I movimenti di sabbia comportano spostamenti di materiale sui raccolti nelle terre agricole nelle oasi. Le modalità per contrastare questo problema prevedono il fissaggio delle dune utilizzando materiali biologici e meccanici, ad esempio l'impianto di varie specie vegetali. Le recinzioni di vetro-cemento sono state abbandonate, perché troppo costose e costituite da materiali artificiali che provocano danni alla salute). Le recinzioni hanno riscosso successo perché sono facili da mantenere, hanno prezzi accessibili per gli agricoltori e sono costituiti da materiali locali provenienti da foglie di palma.
- Salinizzazione ed alcalinizzazione
Costituiscono i principali processi di degradazione nelle aree irrigate in Marocco, interessando 35.000 ha e sono connessi all'aridità climatica, all'utilizzo intensivo di fertilizzanti e alle inappropriate pratiche di gestione.
- Perdita di materia organica
È legata ad alta attività microbica e scorretta gestione dei residui colturali. Le conseguenze, dirette ed indirette sulla qualità dei suoli vanno a minare la stabilità strutturale e quindi a incrementare il rischio di erosione. Numerosi progetti sono stati intrapresi per l'implementazione di interventi volti a migliorare la fertilità dei suoli mediante metodi basati su un approccio partecipativo e sul trasferimento dei risultati ottenuti in altre aree con caratteristiche simili, utilizzando strumenti di disseminazione delle informazioni.

Altre tipologie citate sono: deforestazione, impermeabilizzazione, compattamento, urbanizzazione.

I cambiamenti climatici sono stati individuati come una delle maggiori cause dal momento che si osserva una tendenza verso precipitazioni irregolari e scarse, ma concentrate in eventi molto brevi ed intensi, alternati a siccità.

Come risposta alle condizioni di aridità e alle esigenze di protezione delle risorse naturali, il Marocco ha posto come priorità azioni di controllo e di mitigazione della desertificazione per lo sviluppo di strategie volte ad uno sviluppo sostenibile. Gli sforzi intrapresi sono svolti nel contesto di strategie e programmi recenti indirizzati verso i differenti ecosistemi e più in generale programmi volti alla protezione dell'ambiente.

Il Marocco ha anche un Piano d'Azione Nazionale che va ad integrare numerose attività ed iniziative.

Il modello DPSIR è stato applicato su una serie di casi di studio e/o agro-ecosistemi (Tabella 5.6) selezionati per identificare diverse fasi dei fenomeni, valutare le relazioni esistenti tra di esse e proporre l'implementazione di misure di gestione (Badraoui et al., 2004). La suddivisione degli agro-ecosistemi, individuati sul territorio marocchino a scala nazionale da numerosi studi, è stata attuata in base a caratteristiche bio-climatiche, paesaggio, uso del suolo (Tabella 5.7).

L'applicazione del modello DPSIR ha comportato una certa complessità, dovuta all'esigenza di associare tale schema alle specifiche condizioni ambientali e socioeconomiche di ciascuna situazione. Tuttavia ha dimostrato efficacia nell'armonizzare gli approcci e le valutazioni provenienti da diverse fonti che trattano problemi simili.

Tabella 5.6 – Analisi della *land degradation* e misure di conservazione in alcuni agro-ecosistemi del Marocco

Agro-ecosystem/ Reference	Land degradation forms	Driving forces	Pressure	State	Impacts	Responses
Irrigated agriculture (Doukkala large scale irrigation scheme,) (Badraoui <i>et al.</i> , 1998; Naman <i>et al.</i> , 2001)	<i>Organic matter loss</i>	-Intensive cropping - Soil moisture regime change	-No crop residues return -No manure addition -Surface soil removal -Increase microbial activity	-Low organic matter content (1.5 %) -High OM decrease rate(0.1 %/y) -High C and N mineralization rate (>2%/y)	-Reduced infiltration -Reduced porosity -Lower water storage capacity -Surface sealing -Lower yield -Ground-water pollution by N03	-Better crop residues management -Manure application Sub-soiling -Rational N fertilization
Irrigated agriculture (Bahira, pivot irrigation scheme) Badraoui <i>et al.</i> , 1998)	<i>Secondary salinisation</i>	-Use of saline water - High ETP - No drainage system	-Intensive cropping -Addition of 2 to 5 t/year of salt	-Increase EC (15,000 ha are salt affected) -EC Annual variation rate> 0.1 dS/m.y -Increase ESP	-Decrease in yield of cereals crops (5 t/ha) -Low water use efficiency (1 kg/m3) -Lower income -Over-exploitation of the water table	-Use salt tolerant crops (sugar beet) -Improve the drainage network -Water treatment with sulphur -Water table recharge through flooding
Humid Rif mountain MADREF (2001)	<i>Erosion by water</i>	-Heavy storms -Soft geologic material (marls and shale) - Steep slopes - High population density - No erosion control measures	- Deforestation (4,500 ha/year) - Fuel wood harvest (22,000 ha/year) - Over grazing - Steep slopes cultivation	- Soil loss (100 million m3/year) - Specific erosion rate > 30 t/ha/y - 5.5 million ha are subject to severe erosion	-Reduction of crop yields in upland -Reduction of capacity in storage dams (loss of water about 60 million m3/year) -Surface water pollution by phosphorus and nitrogen -Coast of degradation 84 million \$US/year	-Erosion control measures using local knowledge -National program for watershed management -National program for reforestation -Participatory local development strategy

(da Badraoui et al., 2004)

Tabella 5.7 – Agro-ecosistemi del Marocco

N°	Agro-ecosystem	Bio-climate	Regions	land use	Arable land (1000 ha)	%
1	Suitable zones	Semi arid to sub humid (> 400 mm)	low Chaouia, Centrai plateau, Zemmour plateau, Mamora, Gharb and Sais plains, Pre-Rif and Tangiers	Intensive agricultural production without irrigation possible, natural forest in Mamora	2,610	30
2	Intermediate zones	Semi arid (300 to 400 mm)	Tadla, Doukkala and north Abda plains, High Chaouia plateau	Rainfed cereal production with water deficit risk or intensive agricultural production under irrigation	2,088	24
3	Unsuitable South zones	Arid (300 mm)	Haouz, Haha, Chiadma, Souss-Massa, Tafilalet, and Draa plains	Rangeland and agro-forestry with <i>Argania spinosa</i> , Irrigation possible when water is available	1,044	12
4	Unsuitable East zones	Arid « 300 mm)	Eastern plains and plateaus and Medium to High Moulouya valley	Rangeland and pasture	1,044	12
5	Humid mountain zones	Locally humid, semi arid with cold winter (400 to 1,200 mm)	Central and western Rif Mountain, Middle and High Atlas Mountain	Orchards, forest, subsistence agriculture	435	5
6	Arid mountain zones	Arid (200 to 400 mm)	Eastern Rif mountain, Beni Snassen, South and East Middle and High Atlas mountains, Anti Atlas Mountain	Rainfed subsistence agriculture, Irrigated agriculture in the valleys, forest and range lands	870	10
7	Desert zones	Saharan « 200 mm)	South of the Anti Atlas	Extensive rangeland, irrigated agriculture in the Oasis	609	7

(da Badraoui et al., 2004)

5.3.6 Italia: Puglia

La Regione Puglia, in particolare la sua fascia costiera, è un territorio particolarmente rappresentativo delle condizioni mediterranee, non solo in termini biofisici, ma anche di impatti conseguenti alle attività antropiche, ed è infatti stata identificata dal Comitato Nazionale di Lotta alla Desertificazione come una delle regioni italiane maggiormente predisposta ai fenomeni di degradazione delle terre.

In questa regione è stata fatta una valutazione (Trisorio Liuzzi et al, 2004) dello stato e dell'evoluzione della *land degradation*, relativa, in particolare, al bacino idrografico di Lama S. Giorgio (300 km², Provincia di Bari), situato nella parte centrale della regione, che ha fornito un contributo metodologico al dibattito sulla gestione del territorio in base alla valutazione degli ecosistemi.

Lo studio condotto ha esplorato la praticabilità di un approccio di analisi basato su una rappresentazione sintetica delle informazioni (mediante indicatori) ad una certa scala, inquadrata nel modello DPSIR. Questa fase è servita ad identificare le priorità, le politiche e le misure necessarie ad affrontare le pressioni e mitigare/prevenire gli impatti futuri. È stata inoltre studiata l'adattabilità degli indicatori selezionati a scala di bacino per una successiva implementazione degli stessi a scala più estesa (Provincia di Bari), affrontando anche il problema dell'applicazione del DPSIR a diverse scale spaziali.

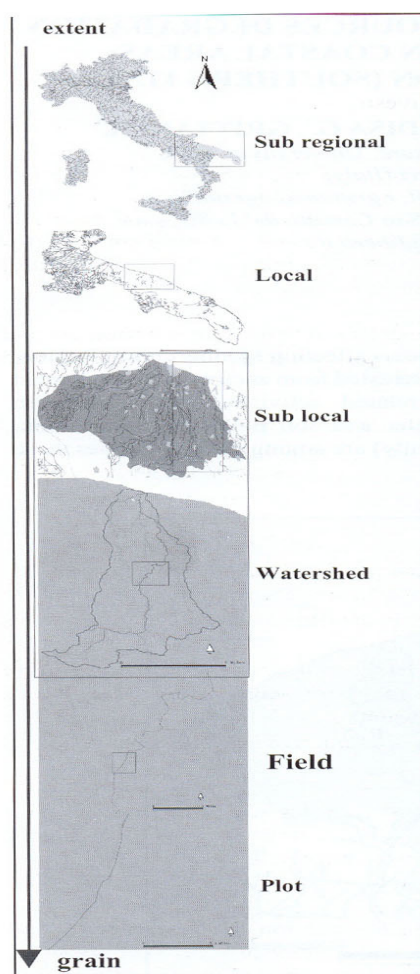
Lo studio condotto si è basato su una prospettiva "cross scale", che consiste in una organizzazione gerarchica dei sistemi ecologici, i quali, a seconda del dominio spazio-temporale, presentano uno specifico set di problematiche. In altre parole, secondo questo approccio, il *range* e l'entità delle problematiche di desertificazione sul territorio dipende anche dalla scala a cui i fenomeni vengono studiati, oltre che dagli obiettivi di chi gestisce il territorio. L'organizzazione gerarchica e le scale spaziali considerate in questa prospettiva "cross scale" sono mostrate nella Figura 5.1. Il bacino scelto come area di studio è stato considerato come un unico sistema ecologico e come unità territoriale di riferimento per l'indagine.

In particolare, nel contesto geografico considerato, la scala di bacino viene considerata dagli autori la scala caratteristica alla quale i processi fisici, biologici, ecologici e socioeconomici relativi alla desertificazione possono essere osservati e affrontati. Inoltre, l'approccio a scala di bacino è la scala di riferimento nel quadro della pianificazione territoriale in Italia, è coerente con l'approccio voluto dall'Unione Europea che chiede agli stati membri di individuare i distretti dei bacini idrografici, e si dimostra appropriata per valutare a scala locale gli effetti della PAC sulla *land degradation*.

Gli indicatori proposti mirano a rappresentare nel modo più semplice possibile le problematiche e a favorire la comprensione delle relazioni tra fenomeni locali e globali, identificando ed analizzando anche variazioni, andamenti, priorità, e impatti sull'ambiente. L'obiettivo è stato quello di sviluppare un modello concettuale che possa essere usato a scale differenti, purché il set di indicatori selezionato sia rilevante anche per i processi a quelle determinate scale.

Figura 5.1 – Gerarchie delle scale spaziali rilevanti per l'analisi dei fenomeni di *land degradation* nel Bacino Lama San Giorgio

(da Trisorio Liuzzi et al., 2004)



L'area di studio selezionata, è considerata Area Critica secondo la metodologia ESA-Medalus. In particolare, agricoltura e insediamenti urbani sono riconosciute come le cause più incidenti, soprattutto in seguito all'espansione della città di Bari. Per quanto concerne l'agricoltura, sia a scala di bacino sia a scala provinciale, l'uso estensivo agricolo è diminuito nel tempo, mentre, in generale, gli usi agricoli del suolo sono aumentati a spese della vegetazione naturale; questa dinamica è evidente dalla percentuale di superficie territoriale del bacino attualmente votata all'agricoltura (95%).

Specificata attenzione è stata dedicata agli indicatori rilevanti per l'agricoltura che hanno consentito di analizzare gli impatti delle attività agricole sulle risorse naturali (acqua, suolo, biodiversità), anche se è stata evidenziata la mancanza di dati quantitativi e la bassa qualità di quelli disponibili in letteratura.

La figura 5.2 mostra la procedura che, a partire dall'analisi di opportune carte tematiche, ha portato alla definizione degli indici di pressione e impatto potenziale su suolo, acqua e biodiversità.

Acque

La combinazione della pressione esercitata dagli usi agricoli in termini di input di pesticidi e fertilizzanti (indicatore di Pressione) con la vulnerabilità delle acque sotterranee (indicatore di Stato) ha fornito l'Indice di Qualità delle Acque Sotterranee come misura della vulnerabilità di inquinamento per le acque sotterranee.

Suolo

Gli impatti sul suolo sono stati valutati mediante due indici (SDPI e SPI), complementari l'uno all'altro, poiché esprimono rispettivamente il grado di protezione esercitato dalla vegetazione e l'impatto causato da differenti pratiche agricole. L'Indice di Protezione della Degradazione dei Suoli (SDPI) è ottenuto dalla combinazione di due indicatori di stato: l'Indice di Qualità dei Suoli (SQI) che considera le caratteristiche fisiche dei suoli e l'effettiva protezione del suolo in base alla copertura vegetale presente. L'Indice di Pressione sul Suolo (SPI) combina l'Indice di Qualità (SQI) con un indicatore di impatto qualitativo che considera la pressione sul suolo esercitata da differenti usi del suolo, in termini di lavorazioni e di richiesta idrica.

Biodiversità

L'Indice di Pressione sulla Biodiversità è un indice qualitativo ottenuto dalla combinazione di due indici relativi all'impatto agricolo sulla biodiversità vegetale che esprimono rispettivamente il grado della pressione esercitata dalle attività agricole (in termini di richiesta idrica, arature, uso di pesticidi e fertilizzanti e altri input) sulle differenti coperture vegetali e sul livello di adattabilità che le stesse hanno ad ospitare habitat naturali.

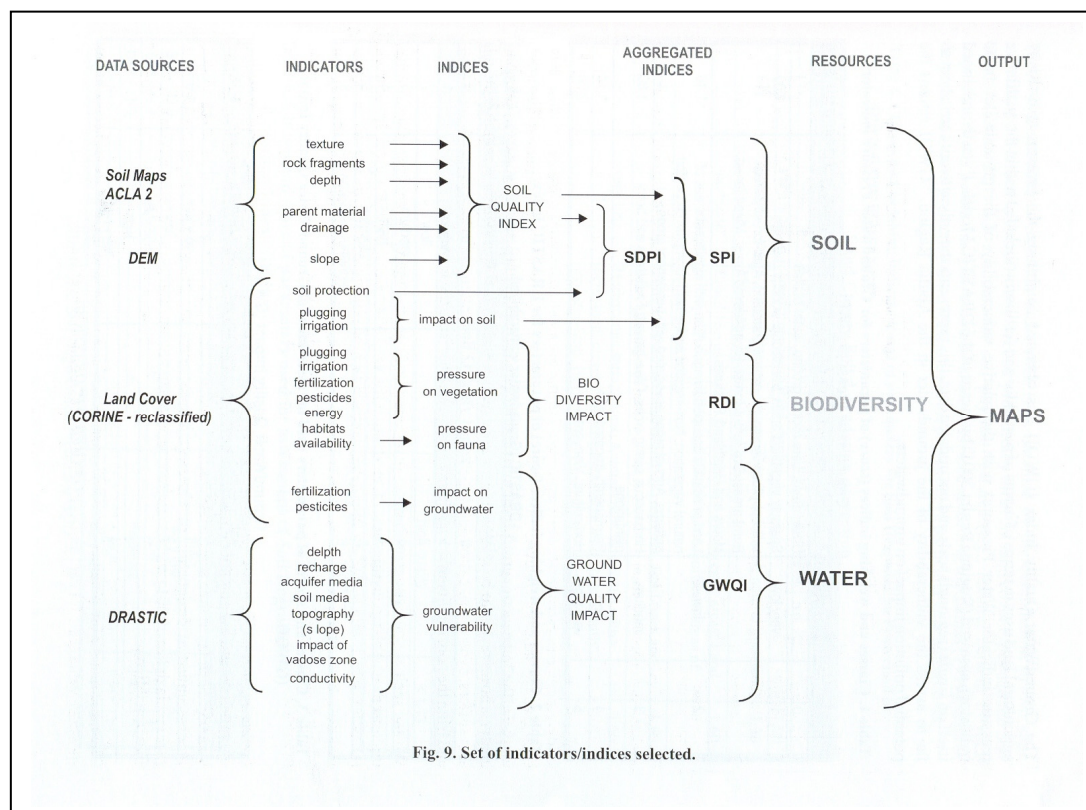
I risultati hanno evidenziato che a livello di bacino sono più evidenti gli effetti dell'agricoltura intensiva e la minore incidenza delle coperture vegetazionali naturali, che fra l'altro appaiono altamente frammentate, dal momento che la distribuzione dei valori degli indici tra le diverse classi per i potenziali impatti e le pressioni riflettono chiaramente una maggiore criticità per il bacino in base alle tipologie di land cover che lo caratterizzano. Per le acque le differenze tra le due scale sono attenuate. La carta tematica prodotta rivela un impatto potenziale medio-alto per il bacino. Il confronto fra le carte tematiche di SDPI e di SPI mostra che lo stato del bacino è più critico rispetto a quello della provincia nel suo insieme, sia per la scarsa protezione esercitata dagli usi agricoli sia per la presenza di colture che impoveriscono la qualità dei suoli. Le carte tematiche dell'Indice di Biodiversità mostrano che la pressione a scala di bacino è più alta rispetto a quella provinciale.

La procedura adottata e gli indici selezionati a scala di bacino sono risultati adattabili per una implementazione anche a scala di provincia, poiché sono in grado di delineare un chiaro quadro degli impatti potenziali e dei rischi alla desertificazione indotta da agricoltura a entrambe le scale. In particolare, è stata verificata alta sensibilità degli indici rispetto alle differenze di land cover alle due scale.

I vigneti, sia a causa delle tecniche adottate per la loro lavorazione sia a causa delle vaste dimensioni e della alta continuità spaziale dannosa per la biodiversità che li contraddistingue in questi territori, risultano l'uso del suolo più problematico.

Figura 5.2 – Percorso metodologico applicato e indicatori/indici selezionati

(da Trisorio Liuzzi et al., 2004)



5.3.7 Italia: Sardegna

Le indagini e gli studi svolti nel corso delle due fasi del progetto MEDALUS in Sardegna hanno consentito di analizzare le relazioni esistenti tra le attività agro-pastorali che interessano la regione e i fenomeni di *land degradation* (Enne et al., 2000). In particolare, è stata schematicamente illustrata la catena dei processi causa-effetto secondo la struttura dello schema logico DPSIR, come mostrato nella Tabella 5.8.

La Sardegna è una delle regioni italiane dove la pressione antropica dovuta ad attività agropastorali si manifesta con diffusi fenomeni di degradazione (Pulina et al., 1997), soprattutto da quando la Regione adottò una politica di sostegno per l'incremento della produzione foraggiera interessando sia aree idonee che aree non adatte (D'Angelo et al., 2001b; Enne et al., 1998) mediante interventi meccanizzati sui pascoli che hanno originato modificazioni ecologiche del territorio. Dunque la maggiore *driving force* del degrado riscontrato nei pascoli sardi è costituita in primo luogo dall'introduzione di politiche che hanno favorito l'espansione di sistemi agro-pastorali insostenibili, unite a pratiche agronomiche inadeguate e alla carenza di alternative socioeconomiche, che ha favorito l'intensificazione della zootecnia ovina come unica forma di valorizzazione delle risorse. Le pressioni generate da questa situazione si traducono in un notevole aumento del numero dei capi bovini presenti sul territorio, che genera intensi fenomeni di sovrapascolamento.

Tabella 5.8 – Catena cause-effetti di *land degradation* riferita ad un’area agropastorale della Sardegna

Driving forces	Rural poverty; lack of economical alternatives; public subsidies for unsustainable practises; lack of technical support.
Pressure factors	Increase in livestock number and actions to increase forage production.
<i>Activities</i> generating environmental impacts	Overgrazing; improper agronomic practices; use of fire.
Main direct causes of degradation	Vegetation cover reduction/elimination and soil compaction and degradation, directly or indirectly caused by agropastoral activities.
Main degradation <i>processes</i>	Water erosion in hilly northern Mediterranean landscapes; rill and gully erosion.
Changes of the State of the environment	Soil physical and chemical degradation; vegetation degradation.
Impacts on human communities	Decreasing incomes from pastoral activities;
Responses from human communities	Increasing request for further subsidies; increasing pressure on land; emigration;

(da Enne et al., 2000)

La catena “cause-effetti” innescata dalla situazione appena descritta sarà trattata in dettaglio nel paragrafo 6.2.

5.4 Esempi di sistemi di indicatori

5.4.1 Il Progetto DESERTLINKS

A livello internazionale esistono diversi progetti (ad esempio ELISA¹¹, PAIS, IRENA¹², TEPI¹³) o programmi attuati da vari enti ed organizzazioni internazionali (Organisation for Economic Co-operation and Development, European Environmental Agency, International Institute for Sustainable Development, Food and Agriculture Organization, European Centre for Nature Conservation) volti a creare sistemi informativi e/o database contenenti informazioni, dati e indicatori su temi direttamente o indirettamente attinenti la desertificazione.

Tra i progetti di ricerca maggiormente riconosciuti figura DESERTLINKS, che è finanziato dalla Unione Europea e riguarda i processi di desertificazione nei paesi dell'Europa mediterranea. Le attività di ricerca, avviate nel dicembre 2001 e della durata di tre anni, hanno realizzato un sistema di indicatori di desertificazione per l'Europa mediterranea, che potrà essere a disposizione degli utilizzatori locali come strumento di supporto per la gestione territoriale.

Il sistema di indicatori, in continua fase di integrazione, si basa sia sulle conoscenze scaturite da altre esperienze svolte nell'ambito di progetti di ricerca sulla desertificazione, che hanno prodotto indicatori di natura biofisica, socioeconomica ed istituzionale, sia sul fondamentale contributo fornito dal coinvolgimento degli utilizzatori di alcune specifiche aree del bacino, interessate da fenomeni di degradazione delle terre:

- Mertola (Portogallo);
- Bacino del Guadalentín (Spagna);
- Val d'Agri (Italia);
- Isola di Lesbo (Grecia).

Le fonti degli indicatori del sistema sono tre:

- A. Piani d'Azione Nazionali di Portogallo, Spagna, Italia, Grecia, i cui indicatori sono stati utilizzati per identificare le aree affette da desertificazione; questi disponibili a scala nazionale.
- B. Attività di ricerca sulle cause e le conseguenze della desertificazione nell'Europa Mediterranea (Progetti europei: MEDALUS, MEDACTION, GEORANGE..). Comprendono un vasto *range* di scale, da quella sub-nazionale a quella parcellare.

¹¹ ELISA - Environmental Indicators for Sustainable Agriculture.

Il progetto (1998-1999) è stato coordinato da European Centre for Nature Conservation e ha visto la partecipazione di 12 partner, di cui 9 europei. Lo scopo principale è quello di fornire alla Unione Europea e alla Agenzia Europea per l'Ambiente strumenti adeguati per comprendere, monitorare e valutare gli effetti delle pratiche agricole sull'ambiente e per identificare le risorse reali e potenziali necessari per la attuazione di programmi comunitari di agricoltura sostenibile.

¹² IRENA - Indicator reporting on the integration of environmental concerns into agricultural policy.

La Commissione Europea ha incaricato il Consiglio d'Europa nella redazione di un report riguardante le questioni ambientali implicate nelle politiche settoriali comunitarie. Per soddisfare tale richiesta è stato identificato un set di indicatori agro-ambientali, produrre una valutazione ambientale sullo stato dell'agricoltura in Europa e infine valutare l'integrazione tra politiche ambientali ed agricole.

¹³ TEPI - Towards Environmental Pressure Indicators for the EU.

È un progetto dell'ufficio Statistico della Commissione Europea (EUROSTAT). Gli obiettivi riguardano lo sviluppo e la selezione di 6 indicatori prioritari di Pressione per ogni ramo delle politiche ambientali comunitarie per tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea ed evidenziare le influenze del settore economico nei confronti delle Pressioni sull'ambiente.

- C. Persone residenti in aree affette da desertificazione. Sono gli indicatori con maggiore livello di praticità, perché estrapolati sulla base delle esperienze di chi realmente si trova a rappresentare le problematiche di desertificazione. In particolare, la collaborazione con gli utenti è volta all'identificazione di:
- Indicatori di impatto: percezione delle funzioni del suolo;
 - Indicatori di pressione: forze scatenanti e processi decisionali;
 - Indicatori di risposta: misure per combattere la desertificazione da parte di chi è preposto alla gestione del territorio.

L'obiettivo finale del lavoro è la costruzione di un database che conterrà nuovi indicatori semplici e "compositi", ossia basati sulla combinazione di indicatori semplici.

Poiché il punto di partenza per la selezione di opportuni indicatori è stata l'identificazione di 11 tematiche di degradazione delle terre per la riva Nord del bacino dal Mediterraneo, che comprendono implicazioni biofisiche e socioeconomiche, anche gli indicatori del sistema possiedono una "multidisciplinarietà" che integra sia gli aspetti ambientali sia quelli economici, sociali e politici di ogni fenomeno di desertificazione.

La validità del sistema di Indicatori di Desertificazione per l'Europa mediterranea, già valutata per le quattro aree pilota del progetto, potrà essere testata anche in altre aree a rischio.

Allo stato attuale il sistema consente di accedere a circa 180 indicatori e consente il calcolo di indici di rischio e di stato della desertificazione.

In base all'ambito o "dimensione" indagato, il sistema prevede la seguente suddivisione degli indicatori candidati:

- fisici ed ecologici;
- economici;
- sociali;
- istituzionali;
- compositi.

Inoltre, dove possibile, all'interno di ogni suddivisione sono stati identificati alcuni sotto-ambiti in cui gli indicatori possono essere inseriti.

Gli indicatori sono poi stati descritti e classificati sistematicamente secondo lo schema proposto da Enne e Zucca (2000).

Nella Tabella 5.9 sono elencati gli indicatori del sistema finora sviluppati, secondo la "dimensione" e l'ambito di indagine in cui ricadono. In base alle informazioni fornite dal sistema per ciascun indicatore, sono riportate anche le principali finalità dell'applicazione e l'Ente o l'Istituzione che ne ha sviluppato le caratteristiche e la funzionalità.

5.4.2 Il Sistema "Lada" Proposto dalla FAO

La FAO ha messo in opera numerosi progetti e programmi riguardanti metodi e tecniche per prevenire e monitorare gli effetti della siccità e della desertificazione basati su una gestione sostenibile delle attività economiche e delle risorse. Il progetto più rilevante a livello internazionale e riguardante la desertificazione nella sua complessità è il progetto LADA¹⁴.

¹⁴ LADA – Land Degradation Assessment.

Progetto finanziato da FAO e Global Environmental Facility, attuato dalla FAO e implementato dall'UNEP, con contributi significativi da parte di vari enti. Il progetto si prefigge diversi obiettivi, tra i quali lo sviluppo, test e revisione di indicatori ed approcci metodologici per una valutazione integrata dei fenomeni. Le attività del progetto prevedono la combinazione delle conoscenze tradizionali e della scienza moderna per guidare una pianificazione multisettoriale ed integrata nelle *drylands*.

Tabella 5.9 – Indicatori finora sviluppati e inclusi nel sistema Desertiinks (tabella liberamente rielaborata)

AMBITO		INDICATORE	FINALITÀ APPLICATIVE	FONTE	DPSIR
Clima	Temperatura dell'aria		Contribuisce alla definizione delle ESA	Università di Atene; Università di Lisbona, Murcia, Basilicata.	S
	Indice di aridità 1				
	Indice di aridità 2		Identificazione delle aree a rischio di desertificazione, in relazione a degrado di acque e suoli	Direcção-Geral das Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Secretaría de Medio Ambiente e Ministerio de Medio Ambiente (Spagna)	S
	Indice di qualità climatica		Identificazione e mappatura delle ESA.	Università di Atene; Università di Lisbona, Murcia, Basilicata.	S
	Siccità		Identificazione e mappatura delle ESA.	Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Secretaría de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Spagna.	S
	Indice di siccità		Identificazione delle aree a rischio di desertificazione, relativo a degrado di acque e suoli	DGF - Direcção-Geral das Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Portugal.	S
	Precipitazione effettiva		Esprime la disponibilità idrica	3D-EC	D, P, S, I, R
	Evapotraspirazione potenziale				
	Precipitazioni		Identificazione e mappatura delle ESA.	Agricultural University of Athens e Universities of Lisbon, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	S
	Erosività delle precipitazioni		Identificazione delle aree a rischio di desertificazione, in relazione a degrado di acque e suoli	DGF - Direcção-Geral das Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Portugal.	S
	Stagionalità delle precipitazioni				
	Velocità del vento		Contributo indiretto all'identificazione delle aree a rischio di desertificazione	Università di Atene; Università di Lisbona, Murcia, Basilicata	S
	Incendi	Area bruciata		Definizione della perdita media di superfici forestate e non forestate a causa di incendi in territori predisposti a desertificazione durante un periodo di 10 anni.	Università della Basilicata
Frequenza degli incendi			Definisce il regime di incendio	Università della Basilicata	D/S
Rischio di incendio			Mappatura delle ESA mediante la definizione di un indice di qualità della vegetazione.	Università di Atene; Università di Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	S
Incendi boschivi incontrollati			Identificazione delle aree in cui i processi di degradazione saranno più intensi e in cui sono prioritarie le azioni di mitigazione.	Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Secretaría General de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Spagna.	Pressione
Fuel models			Previsione del comportamento di un incendio e dell'intensità e dell'impatto sugli ecosistemi.	Università della Basilicata	D / S
Incidenza degli incendi boschivi			Definisce il danno degli incendi sulle aree rurali e la perdita di superfici forestate.	Università della Basilicata	D / S
Area di superficie impervia					
Ruscellamento	Dam sedimentation				

Indicatori fisici ed ecologici

AMBITO	INDICATORE	FINALITÀ APPLICATIVE	FONTE	DPSIR	
Indicatori fisici ed ecologici	Suoli	Tessitura	Università di Atene; Università di: Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	S	
		Tipologia			
	Vegetazione	Capacità di accumulo dell'acqua			
		Area a matorral	Contribuisce a definire la degradazione delle foreste sempreverdi e a quantificare la deforestazione in una certa area, soprattutto a causa degli incendi.	Università della Basilicata	D/S
		Conservazione della biodiversità	Contribuisce indirettamente a definire la biodiversità minacciata da desertificazione.	Università della Basilicata	D/S
		Area deforestata	Quantifica la deforestazione in una certa area.	Università della Basilicata	D/S
		Resistenza alla siccità	Definizione e mappatura delle ESA attraverso la definizione di un indice di qualità della vegetazione.	Università di Atene; Università di: Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	D/S
		Resilienza degli ecosistemi	Valutazione dello stato e dell'impatto della land degradation	Institute for Environment and Sustainability, DG JRC, European Commission, Ispra, Italy e CNRS Lyon, F.; CSIC Almería, E.	S/I
		Protezione da erosione	Definizione e mappatura delle ESA attraverso la definizione di un indice di qualità della vegetazione.	Università di Atene; Università di: Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	Stato
		Frammentazione forestale	Indice del processo attraverso il quale uno specifico habitat è suddiviso in altri più limitati.	Università della Basilicata	D/S
Copertura vegetale	Definizione e mappatura delle ESA	Università di Atene; Università di: Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	S		
Acqua	Copertura vegetale (RS)	Valutazione dello stato e dell'andamento della desertificazione, del rischio di desertificazione. Identificazione degli hot spot.	Institute for Environment and Sustainability, DG JRC, European Commission, Ispra; Università di Basilicata, Valencia, Trier	S	
		Tipologia della copertura vegetale			
	Indicatori economici	Indice di qualità della vegetazione	Sintetizza le conoscenze sulla vegetazione in un unico indice	Università di Atene; Università di Lisbona, Murcia, Basilicata	S
		Profondità tavola d'acqua			
		Qualità dell'acqua.	Contributo alle misure per combattere la desertificazione dovuta a salinizzazione dei suoli.	Università di Atene; Università di Lisbona, Murcia e Basilicata	S
		Consumi idrici	Misura l'importanza del costo dell'acqua nella produzione agricola.	Università di Murcia	D
		Dimensioni familiari	Spiega il comportamento familiare rispetto all'adozione di strategie di mitigazione.	Università della Basilicata	D
		Età degli agricoltori	Definizione del contesto socioeconomico del settore agricolo in un'area affetta da desertificazione.	Università di Atene; Università di Atene, Lisbona, Murcia	D
		Proprietà dell'azienda	Definizione del contesto socioeconomico in un'area affetta da desertificazione.	Università di Atene; Università di Atene, Lisbona, Murcia	D/S
		Dimensioni dell'azienda	Definizione delle strutture agricole delle aree affette da desertificazione.	Università di Atene; Università di Atene, Lisbona, Murcia	D/S
Produttività forestale	Indicatore indiretto della degradazione delle foreste.	Università della Basilicata	D/S		

AMBITO	INDICATORE	FINALITÀ APPLICATIVE	FONTE	DPSIR
	Frammentazione parcellare	Definizione del contesto strutturale dell'area affetta da desertificazione.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia	D/S
	Gross margin index	Mostra le influenze del mercato sulle scelte degli agricoltori in termini di land use e di rotazione dei raccolti.	Università della Basilicata	D
Agricoltura	Prodotti di agricoltura tradizionale	Misure per combattere la desertificazione.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia	R
	Entrate aziendali	Definizione del contesto socioeconomico in un'area affetta da desertificazione	Università della Basilicata e Università di Atene; Università di Atene, Lisbona, Murcia	D
	Impieghi paralleli	Definizione del contesto socioeconomico in un'area affetta da desertificazione	Università della Basilicata e Università di Atene; Università di Atene, Lisbona, Murcia	D
	Pascolamento			
Pastorizia	Controllo del Pascolamento			
	Impatto del Pascolamento			
	Intensità di Pascolamento	Misura l'estensione del pascolamento come responsabile di avanzato grado di desertificazione in vari ecosistemi seminaturali del Mediterraneo.	Chania Mediterranean Agronomical Institute, Crete, for the MEDIMONT project	P
	Area collinare coltivata			
Coltivazione	Applicazione di fertilizzanti	Misura l'intensità di utilizzo dei fertilizzanti in agricoltura.	Università della Basilicata e di Lisbona, Murcia, Atene.	D
	Indice di meccanizzazione	Misura del contributo delle attività agricole alla degradazione fisica dei suoli.	Università della Basilicata e di Lisbona, Murcia, Atene.	D
	Direzione delle lavorazioni	Definizione e mappatura delle ESA e valutazione del rischio di desertificazione di un'area.	Università di Atene e di Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	D
	Profondità delle lavorazioni	Valutazione del rischio di desertificazione di un'area.	Università di Atene e di Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	D
	Operazioni di lavorazioni	Definizione e mappatura delle ESA e valutazione del rischio di desertificazione di un'area.	Università di Atene e di Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	D
	Gestione agro-ambientale	Misure per combattere la desertificazione	Università di Basilicata; Università Nuova di Lisbona, Università di Murcia, Università di Atene.	R
Gestione del territorio	Protezione dagli incendi	Definizione della gestione per la protezione ed il controllo contro gli incendi forestali.	Università della Basilicata	D/S
	Qualità delle gestione forestale	Definizione della gestione per la protezione ed il controllo contro gli incendi forestali.	Università della Basilicata	D/S
	Indice di qualità di gestione	Riassume le conoscenze sulle proprietà di gestione in un unico indice.	Università di Atene e Università di Lisbona, Murcia, Basilicata	S
	Presenza di terrazzamenti	Misure per combattere la desertificazione	Università di Atene e Università di Lisbona, Murcia, Basilicata	R
	Agricoltura biologica	Misure per combattere la desertificazione	Università di Atene e Università di Lisbona, Murcia, Basilicata	R
	Aree protette	Estensione delle aree protette da usi incompatibili.	World Conservation Union (IUCN) Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene	R
	Recupero di suoli affetti	Misure per combattere la desertificazione	Università della Basilicata e Lisbona, Murcia e Basilicata	R

Indicatori economici

AMBITO	INDICATORE	FINALITÀ APPLICATIVE	FONTE	DPSIR	
Gestione del territorio	Risposte alle aree con miniere				
	Misure di controllo dell'erosione	Misure per combattere la desertificazione	Università di Atene, Università di Lisbona, Murcia, Basilicata	R	
	Misure di conservazione dell'acqua del suolo				
	Agricoltura sostenibile	Misure per combattere la desertificazione	Università di Atene e Università di Lisbona, Murcia, Amsterdam, Leeds		
	Area coltivata/vegetazione seminaturale (rs)				
	Utilizzo di suoli marginali				
	Territori abbandonati da attività agricole	Definizione e mappatura Delle ESA.	Università di Murcia; Università di Lisbona, Atene, Basilicata, Amsterdam, Leeds	R	
	Cambiamenti d'uso del suolo				
	Intensità d'uso del suolo	Misure di lotta alla desertificazione nel caso di risorse naturali soggette a stress a causa delle gestione.	Università di Atene e di Lisbona, Murcia Basilicata.	D	
	Tipologia d'uso del suolo	Definizione e mappatura Delle ESA.	Università di Atene e Università di Lisbona, Murcia, Amsterdam, Leeds	S	
Uso del suolo	Vegetazione naturale	Descrizione dello stato delle risorse e dell'ambiente; Definizione e mappatura Delle ESA.	Universidad Politécnica de Madrid Fundación Universidad Empresa de Murcia (Murcia, Spain). Dirección General para la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente Spain)	S	
	durata di land use	Definizione del rischio di desertificazione di una certa area.	Università di Atene e Università di Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	S	
	indice di Shannon	Descrizione dello stato delle risorse e dell'ambiente; Definizione e mappatura Delle ESA..	Universidad Politécnica de Madrid Fundación Universidad Empresa de Murcia (Murcia, Spain). Dirección General para la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente Spain)	S	
	espansione urbana	Valutazione del rischio di desertificazione in relazione a perdita e degradazione di terre agricole, sovrasfruttamento incontrollato delle acque sotterranee, salinizzazione.	Institute for Environment and Sustainability, DG JRC, European Commission, Ispra, Italy University of Cagliari, Dept. of Soil Science	P	
	Indice di occupazione	Identificazione delle aree a rischio di desertificazione in base ad indicatori di gestione del territorio basati su considerazioni demografiche.	Dipartimento di Produzione Vegetale - Università di Basilicata	D	
	PIL procapite	Definizione del contesto socioeconomico riferito al livello e all'estensione degli output economici totali.	United Nations Department of Economics and Social Information (DESIPA).	D	
	Tasso di disoccupazione	Definizione del contesto socioeconomico dell'area affetta da desertificazione mediante un indicatore dei processi di abbandono delle terre.	International Labour Office (ILO) of the United Nations Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene, Amsterdam, Leeds	D	
	Valore aggiunto dal settore	Definizione del contesto socioeconomico dell'area affetta da desertificazione.	Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene, Amsterdam, Leeds	D	
	Macroeconomia				

Indicatori economici

AMBITO	INDICATORE	FINALITÀ APPLICATIVE	FONTE	DPSIR
Turismo	Penetrazione di ecolabel turistiche	Indicatore di quanto l'approccio al turismo è di tipo sostenibile.	European Environment Agency Università di Basilicata, Lisbon, Murcia, Athens	R
	Contributo del turismo al PIL locale Cambiamenti turistici	Cambiamenti delle strutture turistiche negli ultimi 10 anni.	Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene	D
Turismo	Intensità turismo	Indicatore generale di pressione sul territorio adibito ad attività turistiche.	Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene	P/D
	Sovrasfruttamento dell'acquifero	Identificazione e mappatura delle ESA in cui i processi saranno più intensi.	Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Secretaría de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente.	P
Uso dell'acqua	Risorse idriche esterne	Misura della dipendenza dell'irrigazione da risorse non locali.	Università di Murcia.	D
	Sfruttamento delle acque sotterranee			
	Regolazioni idrologiche (artificiali)	Misura di quanto il sistema socioeconomico del bacino è dipendente dalle risorse idriche.	Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente.	P/R
	Area irrigata	Livello di importanza dell'irrigazione per il settore agricolo	Università della Basilicata e di Lisbona, Murcia, Atene	D
	Intensità di irrigazione e intrusione marina			
	Percentuale di irrigazione sulle terre arate			
	Irrigazione potenziale realizzata	Quantitativo dell'utilizzo attuale di acque irrigue nell'area dove sono presenti strutture irrigue.	Università della Basilicata e di Lisbona, Murcia, Atene	D
	Accumulo di acqua ruscicata	Aumento dell'accumulo di acqua nel suolo e disponibilità idrica per le piante.-	Università di Atene e Universities di Lisbona, Murcia, Basilicata, Amsterdam, Leeds	R
	Consumo idrico dei settori economici	Salvaguardia delle risorse idriche individuando quale settore richiede maggiore attenzione e maggiore sviluppo di misure specifiche.		D
	Perdite di acqua	Efficienza del sistema di distribuzione delle acque	Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene	D
Indicatori sociali	Riciclo reflui	Sistema di gestione delle acque e sua sostenibilità		R
	Scarsità idrica	Cambiamenti nella scarsità delle acque in base all'aumento dei consumi e /o al diminuire della disponibilità	Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene	P
	Disponibilità idrica	Misure per combattere la desertificazione.	Università di Atene e Universities di Lisbona, Murcia e Basilicata	S
	Livello di educazione degli adulti	Definizione del contesto socioeconomico nell'area affetta da desertificazione.	Università della Basilicata e Università Nov de Lisbona, Università di Murcia, Università di Atene.	D
Indicatori sociali	Depopolamento causato da degradazione	Identificazione e mappatura delle ESA in cui i processi sono più intensi.	Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Secretaría de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente.	I
	Indice GINI	Misura della distribuzione ineguale delle risorse tra la popolazione.	World Bank (WB) e Universities of Lisbon, Murcia, Basilicata, Athens, Amsterdam, Leeds	S

AMBITO	INDICATORE	FINALITÀ APPLICATIVE	FONTE	DPSIR	
Indicatori sociali	Indice di povertà umana	Definizione del contesto socioeconomico dell'area affetta da desertificazione , identificando la popolazione a rischio a causa delle povertà.	United Nations Development Programme (UNDP) e Università di Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene, Amsterdam, Leeds.	D	
	Numero di tecnici con conoscenze sulla desertificazione				
	Indice di vecchiaia	Definisce le aree a rischio desertificazione scegliendo indicatori di qualità di gestione del territorio basate sullo stato e le caratteristiche della popolazione	Dipartimento di Produzione Vegetale - Università di Basilicata.	D	
	Densità di popolazione	Contribuisce alla prevenzione delle desertificazione a scala di bacino del Mediterraneo.	CeSIA - Accademia dei Geografi IATA - National Research Council	P	
	Tasso di crescita della popolazione	Definizione del contesto socioeconomico dell'area affetta da desertificazione.	United Nations DESA e Universities of Basilicata, Lisbona, Murcia, Atene, Amsterdam, Leeds.	D	
	Percezione pubblica della desertificazione.				
	Sussidi UE alla produzione	È indice di quanto la PAC influenza le scelte degli agricoltori in termini di produzione	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia.	D	
	Piani idrogeologici e forestali	Valuta l'intensità e l'efficacia delle risposte alla desertificazione.	Universidad Politécnica de Madrid e Fundación Universidad Empresa de Murcia (Murcia, Spain). Dirección General para la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente Spain)	R	
	Mobilizzazione di risorse interne	Indica il livello delle priorità in relazione al controllo della desertificazione da parte dello Stato e a livello locale.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia.	R	
	Agenda 21 locale	Indica lo sforzo della comunità a migliorare le politiche sostenibili e le misure che prevedono un approccio partecipatorio.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia.	R	
Indicatori istituzionali	Contributo ONG	Indica il livello di partecipazione allo sviluppo sostenibile da parte dei maggiori gruppi rappresentati da ONG.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia	R	
	Attuazione delle politiche				
	Aree protette	Estensione delle aree protette da usi insostenibili.	The lead agency is the World Conservation Union (IUCN).	R	
	Riciclo degli sprechi	Indice degli sforzi da parte delle municipalità locali per ridurre gli sprechi ed incoraggiare il riciclaggio.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia	R	
	R&D expenditure	Mostra se un piano di bacino è stato adottato per l'area.	Università della Basilicata e Università di Atene, Lisbona, Murcia.	R	
	Politica sull'uso delle acque.				
	Piano di bacino				

Uno dei risultati più concreti di tale progetto riguarda la proposta di un set (Tabella 5.10) flessibile di indicatori (bio-fisici, socioeconomici, istituzionali) rappresentativi e facili da misurare. Gli utilizzatori finali dei risultati prodotti dal sistema sono le comunità locali ed i decisori politici (amministrazioni locali, regionali, nazionali).

Gli indicatori della lista potranno essere utilizzati dalle amministrazioni per selezionare un set finale più ristretto, in base alle condizioni locali e alla disponibilità di dati. Inoltre, le istituzioni locali svolgono un ruolo chiave nell'ambito di progetti svolti su aree pilota per testare ed eventualmente rifinire gli indicatori e le metodologie proposti. Gli indicatori proposti sono stati classificati secondo diversi livelli: globale, nazionale, locale/bacino, sistema agricolo aziendale. Inoltre, considerazioni particolari sono state elaborate per gli indicatori che hanno collegamenti con i fattori biofisici, socioeconomici, istituzionali (Snel e Bot, 2002).

- *Indicatori biofisici*

Questa categoria di indicatori si riferisce agli impatti biofisici in termini di degradazione dei suoli, che provoca diminuzione della capacità reale/potenziale dei suoli a produrre beni e servizi, e di degradazione delle terre, che conduce a perdita delle qualità richieste per particolari usi del suolo. Dal momento che gli impatti includono l'erosione idrica ed eolica, la salinizzazione e l'alcalinizzazione dei suoli e la degradazione fisica, chimica, biologica, gli indicatori biofisici di desertificazione proposti riguardano le proprietà dei suoli, l'erosione, la copertura vegetale, e la morfologia del paesaggio.

- *Indicatori socioeconomici*

Le possibilità per gli agricoltori più poveri di conservare o migliorare le condizioni del territorio sono molto più ristrette rispetto a quelle disponibili per gli agricoltori ricchi. I primi sono infatti spesso costretti a provocare degrado per assicurarsi risorse per la propria sussistenza e hanno un basso accesso a fattori di produzione, capitali, infrastrutture, informazioni e tecnologie per migliorare i raccolti e ai decisori politici. Poiché la povertà costituisce una causa ma anche una conseguenza della desertificazione, gli indicatori socioeconomici descrivono e valutano alcune caratteristiche chiave della povertà come la mancanza di opportunità (cibo, vestiti, asilo) e di coinvolgimento nei meccanismi decisionali.

- *Indicatori istituzionali*

Secondo la FAO, la maggiore *driving force* della *land degradation* è costituita da distorsioni di tipo politico e da fallimenti dei settori pubblico, privato e civile. La lista di indicatori proposti illustra la mancanza di supporti istituzionali, l'inadeguato sviluppo di politiche di gestione delle risorse, schemi di privatizzazione negativi e lo sviluppo di politiche macroeconomiche che incoraggiano una cattiva gestione del territorio e hanno diminuito la capacità di gestire le risorse naturali.

A titolo di esempio, nella tabella 5.10 sono riportati gli indicatori biofisici proposti alle diverse scale geografiche.

Tabella 5.10 –FAO, LADA. Indicatori biofisici a livello globale, nazionale/regionale, locale/di bacino, aziendale

SCALE	INDICATORS	DESCRIPTION	DPSIR	
Global	Climate: high intensive rainshowers	Erosion	D	
	Land deformation	Land form	S	
	Slaking properties of soil	Soil	S	
	Slope/terrain	Land form	S	
	Land cover	Land cover	S	
	Acidification	Soil	S	
	Mass movement of soil	Erosion	S	
	Compaction	Soil	S	
	Rocks, stones and hard surface layers	Soil	S	
	Livestock density	Erosion	S	
	Shifting sands over fertile soils	Soil/Erosion	S / I	
	Area affected by salinization	Soil/Erosion	I	
	Area affected by waterlogging	Soil/Erosion	I	
	Loss of topsoil and subsoil	Soil	I	
	Dunes and hollows	Land form	I	
	Dry wells	Erosion	I	
	Change of permanent waters into seasonal	Erosion	I	
	Siltation of water ways and reservoirs	Erosion	I	
	Land use and farm management	Land cover	D / P	
	Farming intensity (ratio of actual cultivated land per capita and potential cultivable land per capita)			DR
	Deforestation	Land cover	D / P	
	Slope/terrain properties	Land form	D / P	
	Livestock concentration	Erosion	D / P	
Drought index	Erosion	S		
Drought frequency	Erosion	S		
Annual rainfall index	Erosion	S		
Percentage ground cover	Land cover	S		
Extreme land surface deformation	Erosion	S		
Area affected by salinization	Soil/Erosion	S		
Area affected by waterlogging	Soil/Erosion	S		
Soil loss/accumulation (annual soil loss)	Soil	S / I		
Coverage of fertile soils by shifting sands	Soil/Erosion	S / I		
Water quality/ turbidity	Erosion	S / I		

National/
regional

SCALE	INDICATORS	DESCRIPTION	DPSIR
Village/ watershed	Number of waterharvesting structures	Erosion	R
	Amount of water stored in check dams	Erosion	R
	Reclamation of wastelands	Land cover	R
	Extension of depth of boreholes	Erosion	R
	Use of watershed management practices	Erosion	R
	Fuel efficient technologies	Erosion/Land cover	R
	Position on the slope	Land form	D
	Steepness	Land form	D
	Main fuel source	Erosion/Land cover	D
	Attitude towards and use of chemical fertilizers	Soil	DR
Farming system	Construction material (Thatched houses/wood)	Erosion/Land cover	D / P
	Burning of crop residues	Erosion	P
	Use of by-products	Soil	P
	Use of manure, compost, litter and/or termitaria	Soil	P / R
	Farming intensity	Erosion	P / R
	Grazing intensity	Erosion	P / R
	Animal mortality	Erosion	S
	Rooting depth	Erosion	S
	Crusting and slaking properties	Soil/Erosion	S
	Soil compaction	Soil/Erosion	S
Farming system	Exposure of sub-soil	Soil/Erosion	S
	Cropping pattern/Cover crops/ Crop rotation	Soil/Erosion	S / R
	Protection of soil through landscape feature (use of terracing)	Erosion/Land form	S / R
	Shift towards monocropping, mainly grains	Erosion	I
	Substitution of cattle/camel by small ruminants	Erosion	I
	Shift from 2-oxen ploughs to one-ox plough	Erosion	I
	Yield and change in productivity	Soil	I
	Indicator plants	Soil	I
	Availability of supplementary wild plant species	Erosion	I
	Replacement of woody species by thorny bushes	Erosion	I
Farming system	Replacement of shrubby plants and reduction of grasses (over-grazing)	Erosion	I
	Amount of silt deposited on agricultural land	Erosion	I
	Decline in soil fertility	Soil	I
	Protected areas on-farm	Erosion/Land cover	R
	Indigenous SWC measures	Soil/Erosion	R
	Use of mulch	Soil/Erosion	R

SCALE	INDICATORS	DESCRIPTION	DPSIR
Farming system	Adoption of soil conservation technologies	Soil/Erosion	R
	Area under SWC	Soil/Erosion	
	Waterharvesting structures on-farm	Erosion	R
	Farmers that grow drought resistant species/crops that require lower nutrient requirements	Erosion/Land cover	R
	Use of livestock rotation	Erosion	R

(modificata da Snel e Bot, 2002).

5.4.3 *Early Warning System per la Desertificazione*

La funzione principale di un Early Warning System, ossia di un sistema di allerta, è la previsione, mediante una dettagliata analisi dei dati disponibili, delle evoluzioni future di un fenomeno, così che opportune misure di intervento possano essere intraprese in anticipo, prevenendo situazioni di crisi, ad esempio periodi di siccità intensi e prolungati. Gli utilizzatori finali di un EWS dovrebbero essere degli specifici target-groups; i quali tuttavia non sono i diretti destinatari delle informazioni prodotte dal sistema, ma ne usufruiscono attraverso la mediazione di istituzioni locali e nazionali che individuano le azioni che è necessario intraprendere. Dal report elaborato da CeSIA – Accademia dei Georgofili (1999), in preparazione alla terza Sessione del CST in merito a Early Warning System e desertificazione, è emerso come tali tipologie di sistemi siano state sviluppate in particolare nel corso degli ultimi anni, soprattutto grazie alla più facile accessibilità delle informazioni e allo sviluppo di tecniche innovative volte a raccogliere ed elaborare tali informazioni.

Gli EWS più moderni sono basati su un approccio multidisciplinare, in cui l'aspetto socioeconomico rappresenta una delle componenti principali, mentre indicatori e valori soglia costituiscono il contenuto concettuale dell'informazione contenuta nel sistema. In generale un EWS è basato su tre componenti principali: raccolta di dati, elaborazione delle informazioni, disseminazione delle informazioni. Il concetto di Early Warning System per la desertificazione è stato sviluppato a partire dalla fine degli anni '90, in seguito al verificarsi di eventi climatici estremi (crisi di siccità) che hanno interessato diversi continenti ed ha l'obiettivo di informare le popolazioni di un certo territorio circa il rischio di future crisi ambientali, suggerendo opportune misure di rimedio.

Un sistema di allarme per la desertificazione differisce da un sistema di monitoraggio e di analisi dei fenomeni poiché, mentre il primo parte da una analisi di “set di indicatori biotici ed abiotici per determinare lo stato e la vulnerabilità sia in termini spaziali che temporali”, il secondo analizza “lo stato dell'arte in un determinato momento e le evoluzioni dello scenario nel corso del tempo” (Kar e Takeuchi, 2003). Ad ogni modo, i due concetti sono simili ed entrambi i sistemi si possono basare sul medesimo set di dati necessario a produrre indicatori validi.

Allo stato attuale non esistono set di indicatori globalmente condivisi a tale scopo. La UNCCD ha fornito alcune indicazioni di massima, sottolineando la necessità di una ricerca basata su un approccio multidisciplinare e auspicando l'utilizzo di indicatori biofisici e socioeconomici. Durante la Terza Conferenza delle Parti è stata decisa la costituzione di un comitato di dieci membri atto ad esaminare la struttura di un EWS apposito e suggerirne il funzionamento. In particolare, CILSS e OSS sono stati incaricati di individuare gli indicatori validi per un EWS e i relativi benchmarks, i cui dati forniranno una base per comprendere le dinamiche future.

Un EWS sulla sicurezza alimentare è già stato sviluppato, ma, nonostante molti dei suoi indicatori possano essere adatti anche ad un sistema di allarme per la desertificazione, non può essere applicato “in toto” poiché tale sistema si deve basare su una scala temporale ampia in grado di evidenziare le variazioni e le evoluzioni dei fenomeni di desertificazione.

Secondo Kar e Takeuchi (2003), una delle possibilità per selezionare gli indicatori per il bacino del Mediterraneo è identificare dei criteri diagnostici per la desertificazione in merito ad aspetti naturali e socioeconomici che consentono di individuare “comuni indicatori di base” da cui partire per attuare una integrazione con altri più specifici.

Questo approccio può essere attuato da una squadra multidisciplinare, così che gli indicatori relativi ad ogni settore risultino collegati mediante semplici passaggi logici. La tabella 5.11 riporta la proposta di un set di dati, utilizzato da molte organizzazioni per un'analisi della desertificazione e che, secondo gli autori citati, può anche essere efficientemente usato per un EWS. Molti dei dati riferiti alle risorse naturali sono elaborati da istituti ed enti di ricerca a partire sia da indagini di campo sia da dati telerilevati ed i risultati sono spesso disponibili sotto forma di carte tematiche. I dati sulla popolazione umana ed animale derivano invece da indagini svolte a livello nazionale. La lista non è esauriente ma evidenzia come i dati necessari per costituire un EWS sulla desertificazione possano essere ottenuti a partire dalle fonti già esistenti. Le informazioni relative al clima della stagione del raccolto sono utili a stimare i fenomeni connessi alla siccità agricola, mentre quelli sulla periodicità degli eventi siccitosi contribuiscono a determinare i trend nel corso del tempo. I dati sulla superficie del territorio sono utili a valutare i diversi gradi di stabilità delle superfici delle dune di sabbia ed una possibile riattivazione delle stesse. In alcuni casi la percentuale di aree coperte da dune può costituire una misura dell'erosione eolica. La conoscenza dei corsi d'acqua e dei bacini serve alla comprensione dell'erosione idrica potenziale e delle possibili zone di deposizione.

La profondità e la tessitura dei suoli danno informazioni sull'erosione potenziale e sulla scelta delle colture più adatte. Le informazioni sulle acque superficiali sono spesso carenti in relazione al numero di corsi effimeri e perenni secondari nelle *drylands*; solo i principali corsi d'acqua perenni hanno stazioni per la raccolta dati e dunque le stime dell'erosione non sono realistiche. Per quanto riguarda l'uso del suolo, il problema principale consiste nella differenza tra i diversi formati e nomenclature dei dati in base alla loro provenienza (istituti di ricerca o enti governativi), oltre al fatto che spesso le classificazioni dei land use non coincidono.

I dati sulle pratiche di gestione sono utili a identificare una relazione tra le attività ed un eventuale miglioramento.

La chiave di lettura proposta per interpretare i suddetti dati è articolata secondo una suddivisione in diversi settori di analisi (Kar e Takeuchi, 2003):

1. Accelerazione naturale dei processi

Gli eventi naturali concorrono ad accentuare la velocità dei processi, soprattutto nel caso di aberrazioni climatiche a breve termine. A tal proposito può giocare una grande influenza la instabilità tettonica di una certa area, che può determinare una evoluzione di forme erosive in tempi molto più brevi rispetto ad una condizione stabile.

2. Intrinseca vulnerabilità del territorio

È valutata attraverso Land Capability (misura dell'adattabilità del suolo alle tipologie di attività agricole), erodibilità ed erosività.

3. Pressioni umane ed animali

Dal momento che le attività agricole costituiscono la tipologia d'uso del suolo più diffusa nelle *drylands*, sono queste ad esercitare le maggiori pressioni sul territorio. È necessario individuare valori soglia per il numero ottimale di coltivatori per ettaro che può garantire sostenibilità sul lungo termine in presenza di a seconda del sistema di *land use*. I contributi che generano tali pressioni possono derivare da tecnologie utilizzate, frammentazione delle terre, stato sociale, pressione del mercato, degradazione del paesaggio.

Tabella 5.11 – Database necessario allo sviluppo di un EWS sulla desertificazione

Major resource groups	Types of resource	Data layers	Data frequency / type	Spatial context of the data		
				Point	Line	Polygon
Land resources (cont.)	Vegetation	Major types	Trees, shrubs, grasses			x
		Communities	Dominant, sub-dominant			x
		Canopy cover	Density of different types	x		x
		Useful plants	Species	x		
		Biomass	Aboveground biomass production			x
	Surface water - Streams	Fuel wood estimates	Potentials under existing condition			x
		Any other				
		Stream flow character	Ephemeral/perennial		x	
		Bank character	Rocky/ sandy/ alluvial		x	
		Water discharge	Average at major tributary junctions & outflows	x		
	Surface water- Canals	Suspended load	Average at major tributary junctions & outflows	x		
		Water quality	EC, pH, harmful chemicals	x		
		Canal networks	Lined/unlined, command areas		x	
		Water discharge	Main canal, distributaires	x		
		Irrigation schedules	Water allowance, frequency			
Groundwater	Any other					
	Aquifer type		Rock type/alluvial		x	
	Depth to water		Before and after rainy season	x	x	
	Water quality		EC, pH, SAR, harmful chemicals	x	x	
	Wells (number)		Energized/ traditional	x		
	Wells (uses)		Drinking, irrigation	x		
	Utilisable resource		Annual rechargeable water, per aquifer type		x	
	Net draft		Annual, per aquifer type		x	
	Balance water		Annual, per aquifer type		x	
	Water potential		Annual, per aquifer type		x	
Land use	Any other					
	Major land uses		Irrigated cropland (canals, wells), rainfed cropland, grazing/pasture land (also called permanent pasture or rangeland), culturable wastes, unculturable wastes forest, water bodies, settlements, transport network		x	
Land resources (cont.)	Major crops and their production		Cereals, pulses, oilseeds, vegetables, horticultural crops		x	

Major resource groups	Types of resource	Data layers	Data frequency / type	Spatial context of the data	
Land resources (cont.)	Land use	Fodder estimates	From crop fields, grazing lands, other lands		
		Forest products	Estimated green biomass, dry biomass, fuel wood, other products		
		Any other			
Human and animal resources	Human resources	Demography	Village and urban population densities, male/female ratio, age distribution, average household, occupation structure		
		Workers	Percentage of total population, % cultivators to total workers, % agricultural labourers, % pastoralists, % other workers		
		Literacy	In different age groups		
		Persons below poverty line			
		Land holding	% small, medium and large holders, fragmentation of holding in different size groups		
	Land resources	Climate	Land following	Frequency and area followed by small, medium and large land holders	
			Rainfall	Annual, cropping season(s)	x
			Temperature	Annual, cropping season(s)	x
			PE	Annual, cropping season(s)	x
			Rainfall intensity	Annual, monthly	
Terrain	Soils	Wind speed and direction	Annual, monthly	x	
		Drought	Periodicity		
		Flood	Periodicity		
		Any other			
		Landform	Major groups		
		Elevation	Contours, spot heights	x	
		Slopes	Major categories		
		Drainage net	Stream orders	x	
		Basins	Small watersheds to higher order catchments		
		Sand dunes	Types and relative stability		
		Palaeochannels		x	
		Any other			
		Soil Groups	Great groups & sub- groups	x	
		Texture	Surface, sub-soil	x	
		Depth	With confining layer(s) like calcrete, gypsum, etc.	x	
Water holding capacity	0-30, 30-45, 45-90 cm depth	x			
EC	0-45, 45-90 cm depth	x			
pH	0-45, 45-90 cm depth				

Major resource groups	Types of resource	Data layers	Data frequency / type	Spatial context of the data
	Soils	Fertility Any other	N, P, K, S, Zn	x
	Human resources (cont.)	Implements for ploughing Fuel wood Any other	Area ploughed by animal-driven and tractors Sources, consumption per household	
Human and Animal resources (cont.)		Number of domesticated animals Number per household Adult Cattle Units (number)	Cattle, sheep, goats, camels, etc. According to occupational structure of people (average), composition Density	
	Animal resources	Animal products Any other Markets Connectivity Other facilities Any other	Milk, meat, hide & skin, etc. Distance, type, major commodities Roads, railways, etc. Banks, etc.	x x
Facilities and infra- structures		Soil conservation Water conservation Agronomic practices Horticulture Other vegetative measures, including forestry Others	Types of structures, area covered Types of structures, area covered	x x x x
Management practices	LAND & WATER management	Controlled grazing Sown pastures Livestock improvements Other range improvements		x x x x
	Others			

(da Kar e Takeuchi, 2003)

Negli ultimi anni è stata riconosciuta l'importanza delle conoscenze tradizionali nel processo di valutazione, monitoraggio e controllo della desertificazione, in modo che esse risultino collegate alle valutazioni scientifiche istituzionali e parte integrante degli indicatori. È perciò auspicabile che un EWS per la desertificazione contenga anche informazioni relative alle conoscenze tradizionali raccolte attraverso un meccanismo di consultazione degli agricoltori che, essendo l'obiettivo ultimo degli studi sulla desertificazione in quanto diretti utilizzatori del territorio, possiedono un'ampia conoscenza delle proprietà e del comportamento in funzione delle diverse pratiche agricole.

Un modo efficace per garantire il collegamento delle conoscenze indigene con le informazioni scientifiche è catalogare le informazioni che racchiudono i punti di vista delle popolazioni rurali sulla desertificazione, sulla degradazione futura e sulle sue possibili cause, convertirle, una volta raccolte, in linguaggio tecnico, testarle attraverso procedure scientifiche e quindi utilizzarle nei sistemi di analisi per migliorare i dati ricavati da misure basate su indicatori biofisici.

Poiché molte delle informazioni riferite alle conoscenze "indigene" sono sito-specifiche, esse costituiscono un punto cruciale nella valutazione delle condizioni territoriali a scala di villaggio e di comunità locale (mentre risulta arduo un loro utilizzo a livello globale) così che ogni schema usato per integrare le conoscenze tradizionali con il database scientifico dovrebbe iniziare a livello locale. Per concludere, secondo Kar e Takeuchi (2003), i punti su cui si deve basare l'EWS sulla desertificazione si riferiscono a:

- scala spaziale che consenta una analisi a livello locale;
- conoscenze di campo (secondariamente di telerilevamento);
- approccio di bacino per le conoscenze biofisiche;
- rafforzamento della simulazione dei modelli;
- integrazione dei dati biofisici con quelli socioeconomici.

6. UNA PROPOSTA METODOLOGICA

6.1 Le esigenze di rappresentazione dinamica degli indicatori

La matrice presentata in questo capitolo corrisponde, a meno di piccoli adattamenti, a quella proposta recentemente da Zucca (2004). Essa costituisce un tentativo di predisporre uno strumento atto ad organizzare e a visualizzare in modo sinottico e omnicomprensivo l'intero universo di indicatori potenzialmente necessari a monitorare e rappresentare i fenomeni di desertificazione alle diverse scale spaziali. Lo schema proposto costituisce inoltre un contributo a porre le basi per una modellizzazione dinamica dei fenomeni di desertificazione basata su una chiara rappresentazione delle relazioni causali a livello territoriale.

L'analisi che ha preceduto il presente capitolo ha dimostrato che il sistema DPSIR, il più applicato e probabilmente il più efficace dei sistemi di organizzazione degli indicatori attualmente in uso, non si è dimostrato sempre soddisfacente, sia a causa di limiti intrinseci, sia a causa dei risultati molto diversi ai quali può condurre, se utilizzato a scale spaziali e/o con approcci diversi (per problematica, per processo, per unità territoriale omogenea, per bacino idrografico).

Per quanto riguarda i limiti intrinseci questi consistono prevalentemente nella caratteristica di staticità del sistema, che lascia a livello implicito i processi e le loro caratteristiche dinamiche (cioè tutti quei meccanismi che danno vita alle relazioni causali che legano i vari anelli della catena), e nella rigida e a volte forzata definizione delle cinque fasi del fenomeno. L'analisi dei numerosi casi di studio conferma che l'ambiguità maggiore esiste normalmente a livello della distinzione tra D e P, che crea spesso confusione tra gli utilizzatori. D'altra parte in alcuni casi è possibile individuare fino a tre o quattro o più livelli gerarchici di fattori causali agenti (osservabili) a scale spaziali diverse, in tempi diversi e questi non possono essere rappresentati.

Quest'ultimo limite si traduce anche in difficoltà legate all'utilizzo pratico, esigenza evidenziata da molti casi di studio, i quali da un lato risultano assolutamente non confrontabili tra loro quando applicati a scale diverse, dall'altro mostrano chiaramente che a scale molto piccole, quindi lontano da un contesto territoriale concreto, la rappresentazione perde di efficacia in quanto le relazioni causali si indeboliscono o diventano generiche. Riguardo infine ai diversi approcci o punti di vista utilizzati per l'applicazione, i casi studiati evidenziano che l'esigenza di applicazione del sistema a diverse scale spaziali annidate potrebbe trovare più facilmente risposta se il DPSIR viene applicato sulla base di unità territoriali omogenee quali le zone agro-ecologiche, nelle quali è più probabile riscontrare fenomeni e processi (quindi relazioni causali) tipici e propri.

Molti di questi aspetti erano già stati segnalati da Enne e Zucca (2000). Il sistema di classificazione per gli indicatori da essi proposto prevede cinque livelli gerarchici di classificazione (obiettivi strategici; DPSIR; scala spaziale e temporale; componente ambientale considerata; natura del dato) proprio per tenere conto della multi-dimensionalità dei sistemi di indicatori. Le scale spaziali proposte in quel lavoro sono definite con cura in modo da tenere presente la necessità di combinare le scale spaziali tipiche della rappresentazione della realtà fisica (basata su un modello gerarchico di *land units* anglosassone) e della realtà amministrativa.

Tuttavia la finalità di quel contributo era quella di consentire la catalogazione e archiviazione univoca di un numero potenzialmente molto grande di indicatori di desertificazione riferiti a realtà molto diverse tra loro e come tale è stato assunto come schema di base per la “banca dati di indicatori” sviluppata da NRD nell’ambito del progetto DESERTLINKS (<http://nrd.uniss.it/dis4me/>).

6.2 Possibili approcci e risposte

La finalità del presente contributo è invece quella di consentire una rappresentazione efficace e sinottica dell’insieme di indicatori necessario per descrivere (ed eventualmente modellizzare e simulare) un contesto geografico e socio economico caratterizzato da alcune problematiche ben individuabili. In questo senso non sostituisce il DPSIR ma lo integra. L’approccio di base è stato ispirato dalle attività condotte nelle aree pilota del progetto DESERTNET e risponde agli obiettivi specifici del progetto RIADE.

A questo scopo tre dei cinque criteri di classificazione definiti da Enne e Zucca (2000) sono stati conservati (obiettivi strategici; DPSIR; scala spaziale) e combinati tra loro in una matrice bidimensionale all’interno della quale si possono collocare gli indicatori. Un ulteriore elemento di dimensionalità può essere aggiunto se nelle varie caselle e indicatori riferiti a diverse componenti ambientali o a dati di natura diversa vengono rappresentati in modo distinto. Ai cinque elementi del DPSIR è stato aggiunto quello dei “processi biofisici di degradazione”, tra Pressioni e Stato. Pressioni e Driving Forces sono fuse in un unico blocco a significare che l’utente ha facoltà di definire diversi livelli causali in funzione del livello di dettaglio della rappresentazione, senza vincolare ad una distinzione forzata su due livelli. In Enne et al. (2000) si può trovare un esempio, riferito ad un caso di studio relativo ad un contesto agropastorale sardo, che individua quattro livelli causali che precedono i processi e gli stati (Tabella 6.1).

Tabella 6.1 – Catena cause-effetti di *land degradation*, riferita ad un’area agropastorale della Sardegna, inserita nello schema DPSIR con l’aggiunta di alcune fasi intermedie

Forze determinanti	Povert� rurale; mancanza di alternative economiche; sussidi pubblici per pratiche agricole non sostenibili; mancanza di supporti tecnici.
Pressioni: <i>fattori</i>	Aumento del numero di capi di bestiame e di azioni volte ad incrementare la produzione foraggera.
<i>Attivit�</i> che generano impatti ambientali	sovrapascolamento; pratiche agronomiche non appropriate; utilizzo di pratiche di incendio.
Principali <i>cause dirette</i> di degrado	Riduzione/eliminazione della copertura vegetazionale; compattazione e degrado del suolo, causati direttamente o indirettamente da attivit� agropastorali.
Principali <i>processi</i> di degrado	Erosione idrica che interessa le aree collinari del mediterraneo del nord; presenza di rill e gullies.
Cambiamenti dello Stato dell’ambiente	Degradazione fisica e chimica dei suoli.
Impatti sulla societ� umana	Diminuzione delle entrate derivanti da attivit� agropastorali.
Risposte da parte della societ�	Incremento nella richiesta di ulteriori sussidi; aumento della pressione sul territorio; fenomeni di emigrazione.

(da Enne et al., 2000)

Gli elementi del DPSIR sono associati agli obiettivi strategici (Prevenzione; Monitoraggio; Mitigazione/Adattamento) in modo da assegnare all'obiettivo di Monitoraggio il significato specifico di osservazione dei fenomeni biofisici; all'obiettivo di Mitigazione/Adattamento il significato di osservazione delle azioni messe in atto e delle conseguenze ultime, a livello di impatti socioeconomici (dei processi e delle azioni); all'obiettivo di Prevenzione il significato di osservazione degli elementi sui quali occorre agire, o che bisogna considerare per prevenire. A questo insieme sono stati aggiunti gli indicatori di Vulnerabilità, una classe di indicatori che normalmente non trova spazio nel sistema DPSIR e in sistemi simili.

Le scale spaziali definite sulle righe della matrice suggeriscono che, in un determinato contesto geografico e socio economico, gli aspetti riconducibili alle sei colonne possono essere "osservati" a scale diverse. Ciò non implica che le rappresentazioni alle diverse scale siano tra loro indipendenti ma evidenzia che determinati fenomeni si possono osservare in maniera più efficace a diverse scale con informazioni e strumenti mirati. Zucca (2004) utilizza tale schema come guida per inquadrare organicamente alcuni *set* di indicatori testati in un'area pilota del progetto DESERTNET (Tabella 6.2).

Un possibile passo ulteriormente richiesto per supportare la rappresentazione dinamica dei fenomeni consiste nella evidenziazione delle relazioni causali intra-scala e inter-scala (cioè tra fenomeni alla stessa scala e tra le diverse scale spaziali) ed eventualmente della importanza relativa di queste (ad esempio quando più fattori di pressione sono relazione con un cambiamento di stato).

Nella Figura 6.1, che si riferisce al caso di studio descritto dalla tabella 6.1, viene evidenziato come alcuni fattori causali ad un livello sono correlati con alcuni dei fattori causali collocati in un diverso livello, ma non con altri. La figura mostra inoltre come il sistema non può essere considerato chiuso, in quanto sia a livello di D che di I ed R concorrono fattori esterni al sistema osservato e non facilmente descrivibili.

La Figura 6.2 mostra invece la relazione tra fasi del DPSIR e scale spaziali: alcuni fenomeni accomunano infatti territori di vaste dimensioni oppure semplicemente sono meglio osservabili e interpretabili ad una data scala. Inoltre alcuni fenomeni sono adeguatamente e opportunamente valutabili a più di una scala spaziale.

Ad esempio, tutti gli elementi contenuti in D possono in prima approssimazione essere considerati elemento comune al gran parte delle realtà agropastorali interne della Sardegna, così come il generalizzato incremento del numero dei capi ovini da essi favorito. Il modo in cui questi fattori si traducono nei fenomeni iscritti in P2 e P3 dipende però in larga misura anche da fattori locali o comprensoriali e richiede in ogni caso indicatori di livello corrispondente. A sua volta l'intensità dei processi biofisici individuati può essere quantificata tipicamente solo con misure di tipo puntuale in aree di saggio e quindi estrapolate a scale più vaste, anche se è possibile individuare indicatori diretti che consentano stime approssimate ad ampia scala.

Tabella 6.2 – intento di rappresentazione omnicomprensiva di un sistema di indicatori territoriali

I DIVERSI OBIETTIVI TERRITORIALI DI LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE						
SCALE SPAZIALI DI MONITORAGGIO, ANALISI,	Prevenzione		Monitoraggio		Mitigazione/Adattamento	
	Vulnerabilità: (e/o resistenza, resilienza, etc.)	Driving force e pressione: cause delle dinamiche di degradazione	Dinamica di processo: intensità e direzione dei processi biofisici di degradazione	Stato: livello di qualità/degrado	Impatto: conseguenze socio-economiche della land degradation	Risposta: come la società sta già rispondendo
Scale: Regionale, Nazionale, sub-Naz., etc.						
Scala "area vasta" o Comprensoriale (fino a 1:200.000)						
Scala "locale" (fino a 1:50.000)						
Scala "parcellare" o <i>puntuale</i> (circa 1:5.000)						

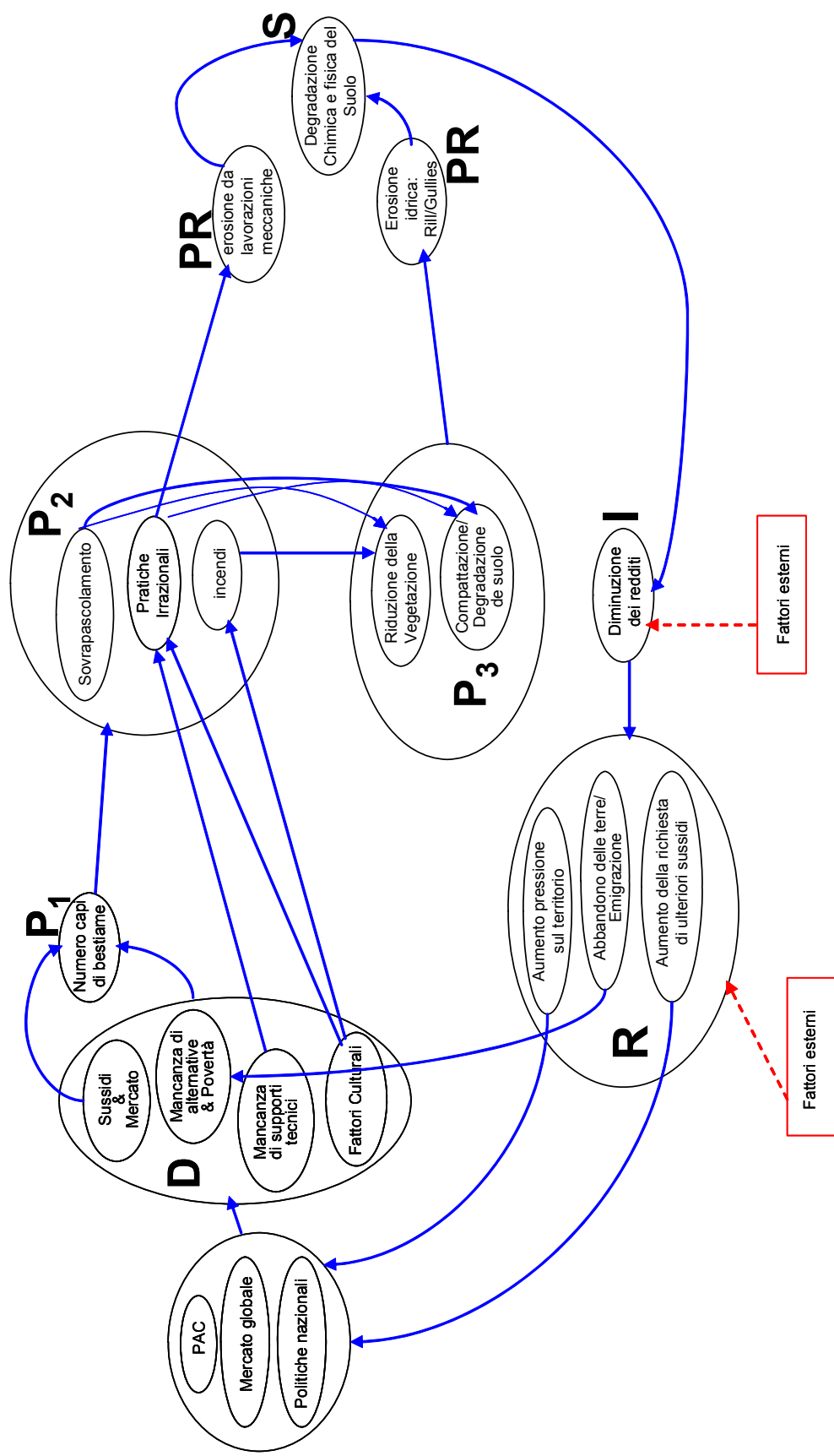


Figura 6.1 – Relazioni causali esistenti fra gli elementi del sistema presentato in Tabella 6.1, con l'aggiunta di alcuni fattori

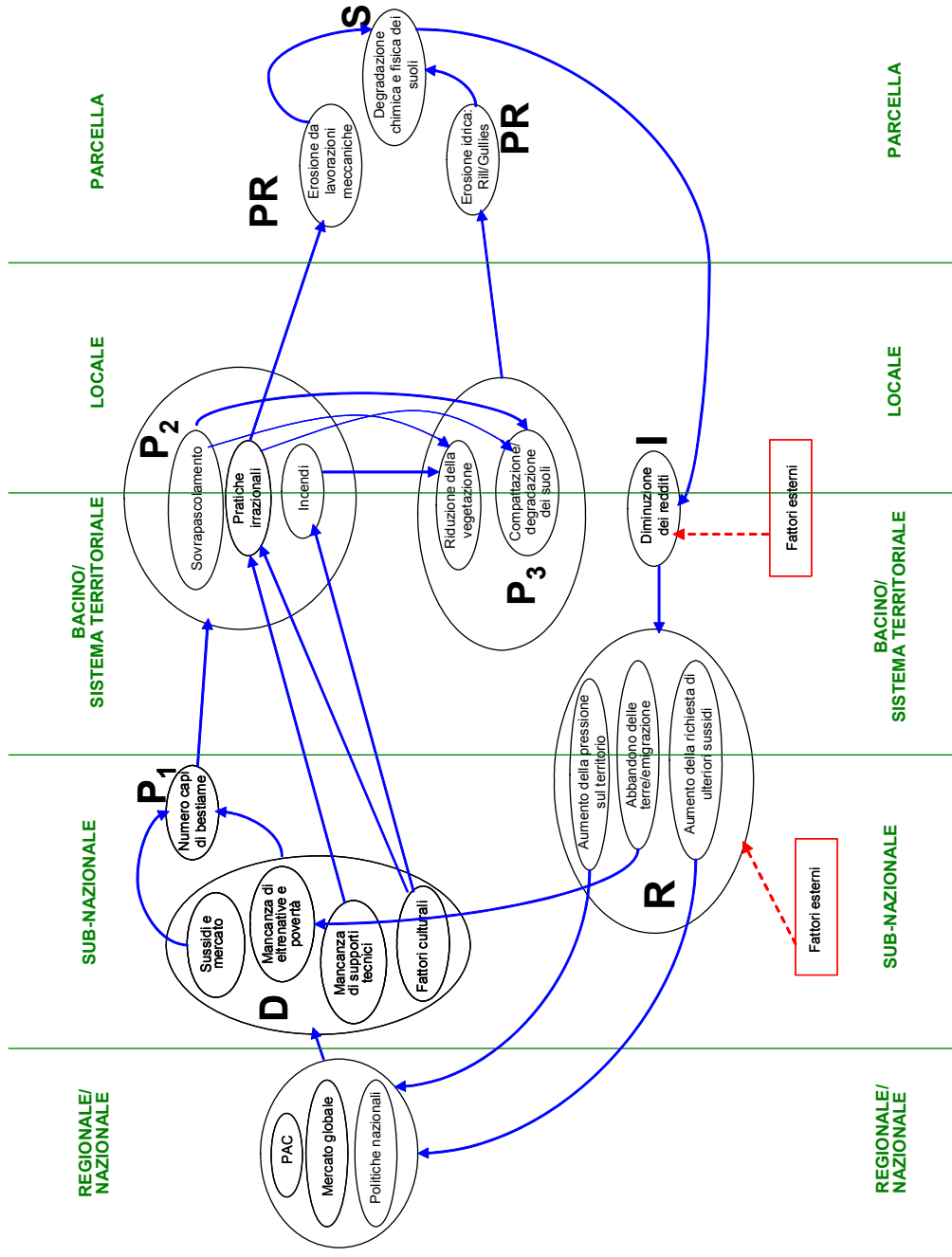


Figura 6.2 – Rappresentazione degli elementi del sistema presentato in relazione alle diverse scale spaziali nelle quali essi si esplicano

6.3 Considerazioni conclusive

L'obiettivo principale del presente lavoro è stato quello di sintetizzare le conoscenze disponibili in tema di indicatori di desertificazione e di proporre uno schema integrato per organizzare set di indicatori in rapporto alle dinamiche temporali e spaziali che caratterizzano i fenomeni.

Per comprendere quali siano le categorie di indicatori di desertificazione più utili a descrivere e monitorare i fenomeni in atto, si è partiti dall'individuazione e dalla definizione delle principali problematiche ambientali ed economiche collegate ai processi di desertificazione nella riva nord del Mediterraneo, con particolare attenzione al territorio italiano, oltre che i processi biofisici che esse determinano e gli impatti principali. A tale scopo sono state definite delle "macrocategorie" atte a raggruppare problematiche affini (capitolo 1):

- pratiche agronomiche non sostenibili;
- espansione dei sistemi di irrigazione intensiva;
- deforestazione e incendi;
- abbandono delle terre;
- litoralizzazione;
- dinamiche delle attività economiche e della struttura sociale.

Successivamente, attraverso il riordinamento delle informazioni presenti in letteratura, sono state passate in rassegna diverse tipologie/classi di indicatori di desertificazione, corrispondenti a differenti aree tematiche (capitolo 4).

La Tabella 6.3, incrociando le 6 macrocategorie analizzate con le tipologie di indicatori disponibili per il monitoraggio, evidenzia quali tipologie di indicatori possano essere utilizzate per l'analisi di ciascuna delle problematiche di desertificazione che interessano il Mediterraneo del nord. Dalla tabella si evince come il monitoraggio di un fenomeno implichi l'utilizzo di un *set* integrato di indicatori, riferiti a differenti ambiti e discipline per garantirne l'efficacia oltre che la completezza. È inoltre possibile osservare la trasversalità che caratterizza la maggior parte degli indicatori considerati: ciò implica che ciascuna categoria debba contribuire a descrivere tutte le problematiche. Questo è particolarmente evidente per gli indicatori che descrivono gli aspetti socioeconomici della desertificazione, date le implicazioni che inevitabilmente essa comporta per la popolazione che vive nelle aree affette, e per gli indicatori basati su tecniche di telerilevamento. All'interno di ciascuna cella si rimanda alla bibliografia generale del presente lavoro, in particolare alle fonti specifiche per ciascuna delle categorie di indicatori analizzate, con l'intento di favorirne una più agevole visualizzazione.

Sono stati poi analizzati gli indicatori del rischio di desertificazione (capitolo 3), che forniscono contributi tecnici e conoscitivi riguardo alle aree sensibili alla desertificazione e che possono essere utilizzati nell'ambito dei Piani d'Azione Nazionali. Considerando gli indicatori utilizzati dai Paesi dell'Europa mediterranea per valutare e mappare il rischio di desertificazione, si è osservato che esistono alcune divergenze metodologiche principalmente connesse all'eterogeneità degli approcci utilizzati e alla difficoltà di applicare la medesima metodologia ad un contesto territoriale ampio, come quello del bacino del Mediterraneo. Tuttavia, seppur utilizzando indici e parametri differenti, Grecia, Italia, Portogallo, Spagna e Turchia hanno quasi sempre considerato i medesimi fattori, riferiti a clima, suolo, vegetazione, pressione antropica.

Tabella 6.3 – Incrocio tra macrocategorie individuate in riferimento alle problematiche di desertificazione e le classi di indicatori di monitoraggio disponibili in base alle informazioni presenti in letteratura. I numeri indicati in ogni casella si riferiscono alla bibliografia

Indicatori di Monitoraggio	Pratiche non sostenibili di Gestione Agricola e Agroforestale	Espansione dei sistemi di Irrigazione Intensiva	Deforestazione e Incendi	Abbandono delle Terre	Litoralizzazione	Dinamiche delle Attività Economiche e della Struttura Sociale
Gestione Forestale	ANPA, 2000 Barbati e Corona, 2006		ANPA, 2000 Barbati e Corona, 2006			
Degradazione Agroecosistemi	Louro e Sequeira, 1998 Camarda, 1998		Louro e Sequeira, 1998 Camarda, 1998			
Biodiversità	Sorlini e Amadio, 1998		EEA Barbieri et al., 2006		EEA Barbieri et al., 2006	
Qualità delle Acque	EEA Barbieri et al., 2006	EEA Barbieri et al., 2006			EEA Barbieri et al., 2006	
Qualità del Suolo	ANPA, 2001 Pagliai e Vignozzi, 2000 Zucca et al, 2004 Parisi, 2001	ANPA, 2001 Pagliai e Vignozzi, 2000	ANPA, 2001 Pagliai e Vignozzi, 2000 Zucca et al, 2004 Parisi, 2001	ANPA, 2001 Pagliai e Vignozzi, 2000 Zucca et al, 2004 Parisi, 2001	ANPA, 2001 Pagliai e Vignozzi, 2000	
Climatici	Maracchi et al., 1998 Pag. 89-90	Maracchi et al., 1998 Pag. 89-90	Maracchi et al., 1998 Pag. 89-90	Maracchi et al., 1998 Pag. 89-90	Maracchi et al., 1998 Pag. 89-90	
Remote Sensing	Sommer, 2001 Prog. Desertlinks	Sommer, 2001 Prog. Desertlinks	Bolle, 2003 Prog. Desertlinks	Bolle, 2003 Prog. Desertlinks		
Socio-economici	Prog. PAIS Prog. Desertlinks	Prog. PAIS Prog. Desertlinks	Prog. PAIS Prog. Desertlinks	Prog. PAIS Prog. Desertlinks	Prog. PAIS Prog. Desertlinks	Prog. PAIS Prog. Desertlinks

Come già suggerito nell'ambito di altre iniziative, quali il citato progetto MEDRAP; tali affinità possono costituire il punto di partenza per basare l'elaborazione di indicatori utilizzabili a livello mediterraneo, finalizzata allo sviluppo e all'implementazione di un Piano di Azione Sub-Regionale per i Paesi facenti parte dell'Annesso IV.

Per organizzare le problematiche e gli indicatori di monitoraggio territoriale secondo un approccio il più possibile completo, realistico e in grado di soddisfare le esigenze di organizzazione efficiente e razionale delle informazioni, è stato proposto un modello in cui gli indicatori sono raggruppati attraverso differenti criteri e che considera la dinamicità spaziale e temporale dei fenomeni (capitolo 6).

Esso introduce una visione integrata, evidenziando le relazioni causa-effetto tra gli indicatori (sulla base dello schema DPSIR) ma anche l'approccio multiscala che dovrebbe caratterizzare lo studio della desertificazione e gli obiettivi conseguibili da ogni azione.

Una delle possibili prospettive relative all'applicabilità del modello proposto è che esso possa in primo luogo costituire il punto di partenza sulla base del quale strutturare gli indicatori già individuati nel corso delle attività svoltesi nelle aree pilota RIADE ed in altre aree nelle quali sono in corso attività di monitoraggio dei fenomeni di desertificazione.

Inoltre, è auspicabile che questa proposta possa supportare il processo decisionale, integrando il modello nella progettazione e nello sviluppo di un Sistema di Supporto alle Decisioni per la gestione del territorio in ambienti affetti da problemi di desertificazione. Specifici SSD saranno infatti utilizzati dalle amministrazioni locali di alcune delle aree di studio del progetto RIADE, secondo gli accordi di collaborazione sanciti, in particolare nell'area della Nurra in Sardegna, e nell'area della Basilicata e Puglia, in collaborazione con i gestori locali in veste di validatori ed utilizzatori del Sistema.

Per quanto riguarda la notevole quantità di informazioni reperita in bibliografia in merito agli indicatori di desertificazione, in generale è possibile osservare che alcune aree tematiche risultano più esplorate rispetto ad altre. In particolare, la qualità del suolo, che rappresenta la componente ambientale più direttamente interessata dagli effetti dei processi di desertificazione. Considerazioni simili si possono fare anche in merito agli indicatori di qualità delle acque e per quelli climatici.

Tuttavia, in generale, le informazioni e i dati disponibili relativi allo sviluppo di indicatori di desertificazione possono essere considerati senz'altro ricche e sufficienti per consentire di sviluppare e adottare *set* di indicatori, come dimostrato da alcune esperienze di riferimento già concluse o in fase di sviluppo (LADA, DESERTLINKS, EWS). Queste iniziative hanno infatti prodotto banche dati di indicatori riferiti a differenti contesti ambientali, scale geografiche e aspetti della desertificazione. Esse possono costituire un riferimento diretto per il popolamento di *set* di indicatori anche per le regioni italiane, essendo già stati in buona parte testati e validati in aree pilota dell'Europa mediterranea, compresa l'Italia. Tali indicatori possono poi essere integrati con indicatori più specifici, perché rappresentativi dei contesti peculiari di ogni regione.

In particolare, il modello proposto nel capitolo 6 può costituire un approccio di riferimento per la costruzione di *set* integrati di indicatori per le Regioni italiane impegnate nella redazione dei Piani di Azione Locali. Infatti, il modello non si limita a suddividere gli indicatori entro categorie ma li contestualizza in base alla finalità ed alla dimensione spaziale, favorendo una visione, e dunque una comprensione, dinamica dei fenomeni di desertificazione, che può garantire una efficace fruibilità delle informazioni da parte delle amministrazioni. Esse potranno così disporre di fonti di informazioni disponibili a livello italiano ed europeo su indicatori di desertificazione provenienti dalle esperienze sopra citate e una struttura in cui le informazioni possono essere organizzate.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2001) *Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali*. ANPA

AA.VV. (2000) *Indicatori di gestione forestale sostenibile in Italia*. ANPA

Abdel-Kader F. H. (2004) *Land degradation and conservation measures in Egypt*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 111-126.

AA.VV. *Rural Households' Livelihood and Well-Being. Statistics on Rural Development and Agriculture Household Income*. (2005) Prepared by a Task Force of the Intersecretariat Working Group on Agriculture Statistics and Rural Indicators (IWG.AgRI). UNECE, Eurostat, FAO, OECD, World Bank.

Al-Qudah B. (2004) *Status of land degradation and desertification in Jordan*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 171-200.

Angelakis A., Kosmas C. (1998) *Water resources availability in relation to the threat for further degradation in the Mediterranean region: need for quantitative and qualitative indicators*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 52-65.

Aru A., Vacca A., Marrone A. (2006) *Caratterizzazione tipologica dei fenomeni di desertificazione sinora osservati e studiati in Italia e sviluppo del sistema di riferimento per la rappresentazione sistematica delle tipologie riscontrate*. In Enne G., Iannetta M. Zucca C. "Caratterizzazione tipologica dei fenomeni di desertificazione nell'Italia meridionale e insulare. "

Badraoui M., Bouabid R., Rachidi F., Ljouad L. (2004). *Land degradation and conservation in the agro-ecosystems of Morocco*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 247-258.

Barbati A., Corona P. (2006). *Caratterizzazione tipologica dei rapporti tra sistemi forestali e processi di desertificazione osservati e studiati in Italia e sviluppo di un sistema di riferimento per la loro rappresentazione sistematica*. In Enne G., Iannetta M. Zucca C. "Caratterizzazione tipologica dei fenomeni di desertificazione nell'Italia meridionale e insulare. "

Barbieri G., Vernier A., Ghiglieri G., Barbieri M., Cambuli P., Vigo A. (2006). *Acque Italia. Caratterizzazione tipologica dei rapporti tra fenomeni di desertificazione ed acque superficiali e sotterranee, osservati e studiati nelle regioni dell'Obiettivo 1. Sviluppo del sistema di riferimento per la rappresentazione sistematica delle tipologie riscontrate*. In Enne G., Iannetta M. Zucca C. "Caratterizzazione tipologica dei fenomeni di desertificazione nell'Italia meridionale e insulare. "

Bolle H. J. (2003) *Climate, climate variability and impacts in the Mediterranean area: an overview*. In Hans-Jurgen Bolle (Ed.): *Mediterranean Climate. Variability and trends*. Springer-Verlag Heidelberg 2003. Printed in Germany. pp. 5 – 86.

Borrelli G., Giordano L., Iannetta M., Sciortino M. (2002) *Report from Italy: the identification of sensitive areas in Italy*. The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp. 243-249.

Brandt J. (2004) *Desertification and DIS4ME*. DESERTLINKS Project.
<http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Brandt J., Geeson N., Zucca C. (2006) *Desertification indicator system for mediterranean Europe (DIS4ME)*. In seminar proceedings on “Local & regional Desertification indicators in a Global Perspective”. Beijing, China 16-18 May 2005. Edited by Enne G. and Yeroyanny M.

Bryden J. (2003) Rural Development Indicators and Diversity in the European Union. In Conference Proceedings “Measuring Rural Diversity”. Nov 21-22, 2002. Economic Research Service, Washington, DC, with joint funding from ERS, SRDC, and the Farm Foundation

Camarda I. (1998) *Indicators of degradation in agroecosystems*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 159-163.

Cangir C., Kapur S., Boyraz D., Akça E., Eswaran H. (2000) *Land resource consumption in Turkey*. Journal of Soil and Water Conservation. 3rd quarter. Pp. 253-259.

Comitato Nazionale di Lotta alla Desertificazione (1999) *Comunicazione Nazionale per la Lotta alla siccità e alla desertificazione*. A cura del Ministero dell’Ambiente.

CORINE (1992) - *CORINE Soil Erosion Risk and important Land Resources*. Commission of the European Communities. Directorate General Environment, Nuclear safety and Civil Protection. EUR 13233 EN. Brussels.

d’Angelo M., Enne G., Madrau S., Percich L., Previtali F., Zucca C. (2000) “Mitigating land degradation in Mediterranean Agro-silvo-pastoral systems: a GIS based approach”, Catena, n° 40, pp. 37-49.

D’Angelo M., Enne G., Madrau S., Zucca C. (2001a) *Soil consumption by urbanisation: a case study in northern Sardinia (Italy)*. In options Méditerranées, Serie A n°44, Interdependency between Agriculture and Urbanisation: Conflicts on Sustainable Use of Soil and Water, pp. 287-293.

D’Angelo M., Enne G., Madrau S., Zucca C. (2001b). *Land cover changes at landscape-scale in Sardinia (Italy): the role of agricultural policies on land degradation*. In A. Conacher Land Degradation (papers selected from the Sixth Meeting of the International Geographical Union’s Commission of Land Degradation and Desertification. Perth, University of Western Australia, 20-28 September 1999). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. pp 127-140.

Delgado Sanchez J.C. (2004) *Report from Spain*. in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolla C., Zucca C [Eds], Sassari Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp. 235-242.

Desertlinks Project <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

DISMED Project (2003) Italian Cooperation / UNCCD Secretariat / Foundation for Applied Meteorology (FMA) / European Environment Agency (EEA). <http://dismed.eionet.eu>

Doran J.W., Parkin T.B. (1994) *Defining and Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America. In Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSS Special Publication n. 35.

Dudeen A. B. (2004) *Land degradation in Palestine: main factors, present status, trends and recommended actions*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users’ and land owners’ prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 259-276.

Enne G., Pulina G., d’Angelo M., Masala G. (1998) – *The role of animal grazing behaviour on land degradation in Mediterranean areas*. Agricoltura Mediterranea 128, pp.126-131.

Enne G, Previtali F., Zucca C. (2000). *GIS techniques and Land Evaluation to prevent and mitigate the impacts of agropastoral activities in Mediterranean environments*. In Enne G., Greppi G. F., Licitra G. Proceedings of the XXXV International Symposium of the Società Italiana per il Progresso della Zootecnia “Produzioni animali di qualità ed impatto ambientale nel sistema mediterraneo” (Ragusa Ibla, 25 May). Pp. 93-110.

Enne G., Zucca C. (2000) *Desertification indicators for the european Mediterranean region. State of the art and possible methodological approaches*. ANPA. Rome.

European Environment Agency (2004) <http://www.eea.eu.int>

Ferrara A. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to the DESERTLINKS Project*. <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Ferrara A., Leone V., Taberner M. (2002) *Aspects of forestry in the Agri environment*. In: Geeson N.A., Brandt C.J. and Thornes J.B. (Eds) *Mediterranean Desertification- A Mosaic of Processes and Responses*. John Wiley & Sons, Chichester,UK.

Fierotti G. (1999) *I suoli di fronte all'irrigazione con acque anomale*. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo. 48 (1) pp. 179-199.

Fierotti G., Zanchi C. (1998) *Agricultural practices and soil fertility degradation*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 101-115.

García Gómez J. (2004a) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to DESERTLINKS Project*. <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Geeson N. and Brandt J. (2005) *State of the art of existing indicators and their use for desertification monitoring and CCD implementation in the Northern Mediterranean*. In “Report of the state of the art on existing indicators and CCD implementation in the UNCCD Annexes.” Edited by Enne G. and Yeroyanny M.

Genesio L., Magno R., Capecci V., Crisci A., Bottai L., Ferrari R., Angeli L. (2004). *Integrazione dei dati climatici, telerilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione*. Progetto DESERTNET. WP A10 - Azione pilota in Toscana. In fase di rielaborazione.

Gentile A. R. (1998) *From national monitoring to European reporting: the EEA framework for policy relevant environmental indicators*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 16-26.

Giovannini (1995). *L'erosione nei terreni percorsi da incendi*. Atti del Convegno Il ruolo della pedologia nella pianificazione e nella gestione del territorio, Cagliari, 6-10 giugno.

Gonzalez Barbera G. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to DESERTLINKS*. <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Hurni H. (2001) *Mitigating the syndromes of desertification: the requirements for transdisciplinary research and information exchange*. Proceedings of the international workshop held in Alghero, 9 – 11 October 1999. Edited by Enne G., Peter D., Pottier D.

Imeson A.C. (2002) *Indicators strategies for characterising desertification sensitive areas in regional action programs* in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari. Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp. 342-357.

Imeson A. C. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to DESERTLINKS.* <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Kallergis G.A. *Approaches for increasing and protecting fresh water resources.* in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp. 162-186.

Kapur S. et al. (2004) *Soil sealing: the permanent loss of soil and its impacts on land use.* The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp. 108-125.

Kapur S., Akça E. (2001) *Global Assessment of land Degradation.* Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker Pub. USA.

Kapur S., Eswaran H., Akça E., Dinç Kaya Z., Ulusoy R., Bal Y., Tuluhan Y., Çelik I., Özcan H. (1999) *Agroecological Management of Degrading Coastal Dunes in Southern Anatolia.* In MEDCOAST '99 – EMECS Joint conference, Land-Ocean Interactions: Managing Coastal ecosystems. 9-13 Nov. 1999. Antalya Turkey pp. 347-360.

Kar A., Takeuchi K. (2003) *Towards an Early Warning System for desertification.* In proceedings of the meeting on “Early Warning System by UNCCD ad hoc Panels”. 4 –8 June 2001, Fuji Yoshida, Yamanashi, Japan. CST.

Kirby M. (2004) *Physical aspects of soil erosion control.* in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari. First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp. 50-68.

Kosmas C. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to the DESERTLINKS Project.* <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Kosmas C., Kirby M. (2004) *Physically based top-down approaches to sensitive areas.* in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari. Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp.358-374.

Kosmas C., Tsara M. (2004) *Control of soil crusting.* in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari. First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp.88-104.

Kosmas C., Kirkby M., Geeson N. (1999) - *The MEDALUS project. Mediterranean desertification and land use.* Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. European Commission, Brussels. Lamsal K., Paudyal G., Saeed M. (1999) Model for assessing impact of salinity on soil water availability and crop yield.

Landi L, Ranella G., Nannipieri P. (2000). *Indicatori chimici della Qualità del Suolo: il ruolo della sostanza organica.* Atti del Convegno “Indicatori per la qualità del suolo. Prospettive ed applicabilità.” Piacenza, 29 marzo 2000. Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali. 118° , Serie V, Vol. XXIV, Parte II. pp. 239-248.

Le Houerou H.N. (1990) *Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the Mediterranean basin: old approaches to new problems.* Agriculture, Ecosystems and Environment, 33, pp. 99-109.

Louro V. (2004) *Report from Portugal*. in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolla C., Zucca C [Eds], Sassari. Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp. 228-234.

Louro V., Sequeira E. M. (1998) *Indicators of degradation in montados/dehesas*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 126-130.

Lovelli S., Perniola M., Petrizzi N. (2001) *L'effetto dei sali nel suolo. Impiego delle acque salmastre in agricoltura*. P.O.M. Programma Operativo Multiregionale Progetto A25 OTRIS "Ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche, convenzionali e non, in sistemi colturali sostenibili" Utilizzo delle acque salmastre in agricoltura. pp.27-37.

Luise A., Giordano F., Viti S., Marra Campanale R., Alongi F. (2004) *Indicatori di desertificazione. Monitoraggio ed azioni di lotta contro la desertificazione nella Regione Mediterranea europea*.

Malagnoux M., Lantieri D. (1998) *FAO actions to support the Convention to Combat Desertification*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp.31-36.

Maracchi G., Di Vecchia A., De Filippis T., Gozzini B., Meneguzzo F., Tarchiani V., Vignaroli P., Zipoli G. (1998) *Climatic indicators for desertification monitoring*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 37-44.

Moreno J.M. (1999) *Forest fires: trends and implication in desertification prone areas of Southern Europe*. Proceedings of the International Conference 29 October-1 November 1996, Crete (Greece) European Commission Publication, pp.115-150.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2004) <http://www.oecd.org>

Ozdemir M. S., Ceylan C., Ozden M., Komuscu A., Akin A. (2004) *Report from Turkey*. in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolla C., Zucca C [Eds], Sassari. Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp. 258-275.

Pagliai M. (1988) *Soil porosity Aspects*. International Agrophysic, 4, pp. 215 – 232.

Pagliai M., Vignozzi N. (2000). *Il sistema dei pori quale indicatore delle qualità strutturali dei suoli*. Atti del Convegno "Indicatori per la qualità del suolo. Prospettive ed applicabilità." Piacenza, 29 marzo 2000. Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali. 118° , Serie V, Vol. XXIV, Parte II. pp. 229 – 238.

Papanastasis V.P. (1998) *Grazing intensity as an index of degradation in seminatural ecosystems: the case of Psilorites Mountain in Crete*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 146-158.

Papanastasis V. P. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries*. According to DESERTLINKS. <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Parisi V., 2001. *La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi*. Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense". Vol. 37 – NN. 3/4. Pp. 105-114.

Perniola M., Tarantino E. (2001) *Impiego delle acque salmastre in agricoltura*. P.O.M. Programma Operativo Multiregionale Progetto A25 OTRIS “Ottimizzazione dell’uso delle risorse idriche, convenzionali e non, in sistemi colturali sostenibili”.

Postiglione L. (2002) *Soil salinization in the Mediterranean: Soils, Processes and Implications*, in *Mediterranean Desertification, a Mosaic of Processes and Responses*, N.A. Geeson, C.J. Brandt and J.B. Thornes (edited by), John Wiley & Sons, LTD, 2002

Pulina G., d’Angelo M., Dettori S., Caredda S., Enne G. (1997) – *Attività agropastorali e degrado ambientale nel bacino del Mediterraneo*. *Genio Rurale*, LIX, 6: pp. 48-53.

Pulina G., d’Angelo M., Enne G., 1999. *Agropastoralism and fires in the Mediterranean*. In : Arnalds O., Archer S. (Eds) *Case studies of rangeland desertification*. Iceland Agricultural Research Institute Report 200, pp. 35-40.

Quaranta G., Salvia R. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to DESERTLINKS* <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Ragazzi A., Moricca S., Dellavalle I., Turco E., (2000). *Italian expansion of oak decline*. In: Ragazzi A., Dellavalle I. (eds.) “Decline of oak species in Italy: problems and perspectives”, 39-75. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.

Roxo M., Casimiro P. (2004) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to DESERTLINKS*. <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Roxo. M., Simao. A., Stamou. G., Tomasi. N., Usai. D., e Vacca. A. (1997) *The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions*. *Catena*, 29 pp. 45-59.

Rubio J. L., Gimeno Garcia E., Andreu Perez V. (2001) *Control of secondary soil salinization and nitrate pollution*. The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp. 128-134.

Santos Pereira L. *Combating desertification: water conservation and water saving issues in agriculture*. The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp. 138-159.

Scarascia Mugnozza, G. T. (2000). *Introduzione al convegno*. Atti del Convegno “Indicatori per la qualità del suolo. Prospettive ed applicabilità.” Piacenza, 29 marzo 2000. Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali. 118°, Serie V, Vol. XXIV, Parte II. pp. 187 – 188.

Sciortino M. (2004) *Review of existing assessment of sensitive areas in the Northern Mediterranean Region*. in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolta C., Zucca C [Eds], Sassari. Fifth Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Roma (Italy) 18-19 November 2003, pp. 847-855.

Snel M., Bot A. (2002) *Some suggested indicators for Land Degradation Assessment of Drylands*. Report of the International Workshop on Dryland Degradation Assessment (LADA) Initiative (FAO, Roma; 5-7 Dicembre 2000).

Sommer S. (2001) *Assessment of Data Requirements and Availability for Remote Sensing Based Land degradation and Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin*. In Enne G., Peter D., Pottier D. [Eds]. Proceedings of the International Workshop on the Desertification Convention: Data and Information Requirements for Interdisciplinary Research. Alghero, Italy, 9-11 October 1999. EUR 19496. Luxembourg. ISBN 92-894-1293-3. Pp. 141-146.

Sommer S., Loddo S., Puddu R. (1998) *Indicators of soil consumption by urbanisation and industrial activities*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 116-125.

Sorlini C., Amadio V. (1998) *Biodiversity indicators of desertization*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 186-200.

Spooner, B. and Mann, H.S., 1982. *Desertification and development*. Dryland ecology in social perspective. Academic Press, London.

Szalbolcs I. (1989) *Salt affected soils*.

Thornes J. (1999) *Mediterranean desertification: the issues. Mediterranean Desertification. Research results and policy implications*. Proceedings of the International Conference 29 October-1 November 1996, Crete (Greece) European Commission Publication, pp. 9-17.

Thornes J. B. (2001). *Vegetation cover as a control on the impact of global climate change at the regional and local scales: models and their data requirements*. Proceedings of the International Workshop on the Desertification Convention: Data and Information Requirements for Interdisciplinary Research. Alghero, Italy, 9-11 October 1999. EUR 19496. Luxembourg. ISBN 92-894-1293-3, pp. 37-49.

Trisorio Liuzzi G. (2004). *Using DPSIR framework for land conservation management based on ecosystems assesment*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 15-34.

Trisorio Liuzzi G., Mairota P., Ladisa G., Grittani R. (2004). *A cross-scale perspective on resources degradation assesment in Mediterranean coastal areas. The case of the Apulia (southern Italy)*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 35-50.

Turkelboom F., Thomas R., La Rovere R., Aw-Hassan A. (2004), *An Integrated Natural Resources Management (INRM) framework for coping with land degradation in dry areas*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 91-110.

UNEP (1994) United nations Convention to combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. UNEP, Geneve.

Vacca S., Viridis A., Viola A., Aru A. (1998) *Indicators of desertification risks and quality indices of water reuse for irrigation*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 66-80.

Vella S.J. , Camilleri S. (2004) *Soil degradation in the Maltese Island: a DPSIR-based national assesment*. Ecosystem-based assessment of soil degradation to facilitate land users' and land owners' prompt actions. Workshop Proceedings, Adana (Turkey) 2-7 June 2003, MEDCOASTLAND publication IAM Bari, Italy, pp. 229-246.

Viel M., Raimondi M. (1998) *Space remote sensing for monitoring climatic changes indicators*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 45-51.

Vignozzi N., (2000). *Indicatori atti a quantificare alcuni dei principali aspetti di degradazione del suolo*. Atti del Convegno "Indicatori per la qualità del suolo. Prospettive ed applicabilità." Piacenza, 29 marzo 2000. Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali. 118° , Serie V, Vol. XXIV, Parte II. pp. 275 – 286.

Yassoglou N, Giannouloupoulos P., Varelides Y. (2004) *Issues of sustainable management of soil and water resources*. in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari. First Workshop on Sustainable Management of soil and water resources, Athens (Greece), 15-17 December 2001, pp. 18-47.

Yassoglou N. (1998) *History of desertification in the European Mediterranean*. Proceedings of the International Seminar on Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean, Porto Torres (Italy) 18-20 Settembre 1998, pp. 9-15.

Yassoglou N. (1999) *Land, desertification vulnerability and management in Mediterranean landscape. Mediterranean Desertification. Research results and policy implications*. Proceedings of the International Conference 29 October-1 November 1996, Crete (Greece) European Commission Publication, pp. 87-114.

Yassoglou N., Kosmas C., Liveris S. (2004) *Report from Greece: indicators and mapping desertification area in Greece*. in The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Enne G., Peter D., Zanolli C., Zucca C [Eds], Sassari. Second Workshop on Identification of Sensitive Areas in the northern Mediterranean, Troia (Portugal) 6-8 June 2002, pp. 250-257.

Zucca C. (2004a) *Degradazione dei suoli in ambienti mediterranei soggetti a fenomeni di desertificazione. Sviluppo e test di indicatori*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Agronomia, Coltivazioni Erbacee e Pedologia –ACEP.

Zucca C. (2004b) *The desertification issues in the Mediterranean European Countries. According to DESERTLINKS*. <http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/desertlinks/index.htm>

Zucca C., Solaro S., Previtali F. (2004) *L'approccio micromorfologico per lo studio dei processi di degradazione dei suoli in contesto agropastorale*. Convegno annuale Società Italiana della Scienza del Suolo. "Suolo e dinamiche ambientali", Viterbo 22-25 Giugno 2004. In fase di pubblicazione.

Edito dall'ENEA
Unità Comunicazione
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma
www.enea.it

Edizione del volume a cura di Giuliano Ghisu
Copertina: Bruno Giovannetti
Stampa: Primaprint (Viterbo)
Finito di stampare nel mese di ottobre 2006



Advanced Computer Systems A.C.S. S.p.A.

Via della Bufalotta, 378 00139 Rome - Italy - Tel. +39 06 87090920

Dr. Gaetano Pace

e-mail: g.pace@acsys.it - www.acsys.it



ENEA Centro Ricerche Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00060 Rome - Italy

Unità Tecnico Scientifica BIOTEC - Tel +39 06 30483339

Dr. Massimo Iannetta

Responsabile del progetto di ricerca

email: miannetta@casaccia.enea.it - <http://biotec.casaccia.enea.it>



Nucleo Ricerca Desertificazione (Università degli Studi di Sassari)

Via De Nicola 9 - 07100 Sassari - Italy - Tel. +39 079 2111016

Prof. Giuseppe Enne

Responsabile del progetto di formazione

e-mail: nrd@uniss.it - www.uniss.it/nrd