



Ministero dell'Ambiente e della  
Tutela del Territorio e del Mare  
Direzione Generale Difesa del Suolo

Accordo di collaborazione tra  
Ministero dell'Ambiente e della  
Tutela del Territorio e del Mare  
e Regione Piemonte



Direzione Ambiente

## PROGETTO PILOTA PER CONTRASTARE FENOMENI DI SICCIITÀ E DESERTIFICAZIONE NEL TERRITORIO DELLA REGIONE PIEMONTE



METODOLOGIA E RISULTATI





Ministero dell'Ambiente e della  
Tutela del Territorio e del Mare

Direzione generale Difesa del Suolo



Direzione Ambiente

Accordo di collaborazione  
tra  
il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare  
e  
la Regione Piemonte

*“Progetto Pilota per contrastare  
fenomeni di siccità e desertificazione  
nel territorio della Regione Piemonte”*

Giugno 2010

**Regione Piemonte**

Direzione Ambiente

Aldo LEO  
Angela CASSANELLI  
Andrea MONTANARO

**Università di Torino**

Dipartimento di Economia, Ingegneria  
Agraria Forestale e Ambientale

Stefano FERRARIS  
Ivan BEVILACQUA  
Maurizio PREVIATI

Dipartimento di Economia  
“Stefano Cognetti De Martiis”

Gianni BIANCO

**IPLA S.p.A.**

Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente

Igor BONI  
Matteo GIOVANNOZZI



UNIVERSITA' DI TORINO



FACOLTA' DI SCIENZE  
POLITICHE



FACOLTA' DI AGRARIA



## **PRESENTAZIONE**

*La desertificazione è uno dei più allarmanti processi di degrado ambientale in atto a livello globale, causato principalmente dalle attività umane e dalle variazioni climatiche. La siccità è un fattore necessario, ma spesso non sufficiente per lo sviluppo dei processi di degrado, governati da sistemi complessi di cause, in cui un ruolo determinante gioca l'utilizzo irrazionale delle risorse naturali da parte dell'uomo. L'effetto è un declino persistente e irreversibile della produttività biologica del territorio interessato e dunque delle sue possibilità di utilizzazione a fini agricoli, pastorali o forestali.*

*Solo una parte della responsabilità di tale fenomeno è attribuibile al cambiamento climatico perché l'attività dell'uomo contribuisce in modo determinante. Le soluzioni per rallentare e controllare i processi di degrado che causano desertificazione esistono e azioni quali il rimboschimento, la prevenzione della siccità, le politiche di risparmio idrico e l'adozione di pratiche agricole sostenibili rappresentano alcune delle alternative di più immediata praticabilità.*

*Il bacino del Mediterraneo rappresenta una zona di transizione in cui sono presenti aree desertificate e aree a rischio di desertificazione infatti un quinto dei territori in Spagna è soggetto a desertificazione e anche il Portogallo, l'Italia e la Grecia sono soggetti in modo serio a tale fenomeno insieme ad alcune aree della Francia meridionale.*

*Tutto l'ecosistema mediterraneo subisce prolungati periodi di siccità e presenta una marcata tendenza all'erosione inoltre numerosi eventi si ripetono ormai da anni con crescente intensità: gli incendi boschivi, con la conseguente distruzione delle foreste; lo sfruttamento non sostenibile delle risorse idriche; le condizioni di crisi dell'agricoltura tradizionale caratterizzata dall'abbandono delle terre e dal deterioramento delle strutture di protezione del suolo e dell'acqua; la massiccia urbanizzazione, il turismo e l'agricoltura intensivi.*

*Le regioni individuate come principalmente a rischio sono Basilicata, Calabria, Puglia, Sicilia e Sardegna; sono però identificabili anche ambiti geografici a rischio desertificazione localizzati sia nell'Italia centrale, come la Maremma tosco-laziale, che settentrionale, come la pianura veneta ed alcune aree del Piemonte.*

*In Piemonte infatti, il 19% del territorio, pari a 4.852 su 25.399 km<sup>2</sup>, è a rischio desertificazione. Questi sono i dati pubblicati dal Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità e alla Desertificazione nel gennaio del 2008, sulla base del Progetto CLIMAGRI. Nonostante il Piemonte sia una regione del Nord-Italia, circondata da un semicerchio montano ricco di corsi d'acqua, alcune aree di ridotta estensione territoriale, tra cui la Valle di Susa, sono tuttavia soggette a fenomeni di degrado molto spinto del suolo.*

*Già nel biennio 2005-2006 la Regione Piemonte aveva sviluppato, nell'ambito di un programma di attività promosse dal Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (CN-LSD), uno studio che aveva come obiettivo principale quello di predisporre un possibile Piano di Azione Locale (PAL) riguardante la necessità di avviare, in aree già soggette a processi di degrado del suolo e quindi a potenziale rischio di desertificazione, efficaci linee di intervento di prevenzione e mitigazione per contrastare tali processi. In tale occasione erano state individuate quali aree vulnerabili al fenomeno della desertificazione l'Alta Valle di Susa e un'estesa zona comprendente parte del Monferrato e delle Langhe Cuneesi.*

*In considerazione dei risultati positivi dell'attività di studio che aveva interessato le due suddette Aree pilota della Regione Piemonte (analoghe attività di studio erano state condotte soprattutto nelle Regioni dell'Italia meridionale il cui territorio è notoriamente soggetto a marcati fenomeni di*

*degrado) era stato proposto dai rappresentanti regionali (Abruzzo, Piemonte e Sicilia), quali Componenti del CNLSD, di estendere ai Territori delle Regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Piemonte, Puglia, Sicilia e Sardegna l'applicazione di una metodologia (ESAs- Environmentally Sensitive Areas) ampiamente sperimentata nell'area del Mediterraneo (Grecia, Spagna e Portogallo). Tale metodologia consente di individuare, attraverso l'utilizzo di specifici parametri ed indici che fanno riferimento alle componenti Suolo, Clima, Vegetazione e Gestione del territorio, le aree di un determinato territorio soggette a rischio di desertificazione. L'applicazione della suddetta metodologia risulta inoltre di particolare efficacia in quanto si presta ad essere integrata e personalizzata a seconda della realtà territoriale che si vuole indagare e caratterizzare.*

*Nel Dicembre 2007, anche al fine di dare continuità alle attività precedentemente svolte, è stato pertanto sottoscritto, tra il Ministero dell'Ambiente e per la Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per la Difesa del Suolo e la Regione Piemonte - Direzione Ambiente, uno specifico Accordo di Collaborazione con l'obiettivo di sviluppare un "Progetto pilota per contrastare fenomeni di siccità e desertificazione nel territorio della Regione Piemonte".*

*Come consentito dal suddetto Accordo la Regione Piemonte, per lo sviluppo del "Progetto pilota" ha ritenuto opportuno avvalersi della collaborazione scientifico/istituzionale dei seguenti Organismi di ricerca:*

- Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale (DEIAFA) - Università di Torino;*
- Dipartimento di Economia "S. Cogne di Martini" (Di.Ec.) - Università di Torino;*
- Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (IPLA S.p.A.) - Torino.*

*Un'attività finalizzata all'attuazione di un progetto pilota per contrastare fenomeni di siccità e desertificazione nel territorio regionale è infatti di interesse della Regione Piemonte - Direzione Ambiente, per assolvere ai propri compiti istituzionali, derivanti dall'art. 93 - comma 2, del Decreto legislativo n. 152/2006 e dei suddetti Organismi di ricerca quale attività di applicazione della metodologia ESAs (Environmentally Sensitive Areas) su tutto il territorio regionale, finalizzata alla predisposizione, su specifiche aree critiche, di linee di intervento di prevenzione e di mitigazione dei processi di degrado strettamente legati alla siccità ed alla desertificazione*

*La presente relazione ha l'obiettivo di presentare i risultati del "Progetto pilota" che ha interessato il territorio della Regione Piemonte, senza però trascurare la descrizione delle attività che hanno caratterizzato l'applicazione della metodologia ESAs la quale ha permesso di effettuare la mappatura (in scala 1:250.000) ed una prima classificazione delle aree del territorio regionale soggette a rischio di desertificazione. A partire dalla classificazione effettuata è stato conseguentemente possibile individuare le possibili linee di intervento per la prevenzione e la mitigazione dei processi di degrado che innescano il fenomeno della desertificazione.*

---

# SOMMARIO

---

<b>CAPITOLO 1 - IL FENOMENO DELLA DESERTIFICAZIONE E LE SUE COMPONENTI</b> .....	1
<b>1.1 IL SUOLO</b> .....	2
1.1.1 <i>Risorsa non rinnovabile</i> .....	2
1.1.2 <i>Le minacce</i> .....	4
1.1.3 <i>Contaminazione</i> .....	4
1.1.4 <i>Perdita di sostanza organica</i> .....	5
1.1.5 <i>Erosione</i> .....	5
1.1.6 <i>Impermeabilizzazione</i> .....	6
1.1.7 <i>Compattazione</i> .....	7
1.1.8 <i>Biodiversità</i> .....	7
1.1.9 <i>Desertificazione</i> .....	8
<b>1.2 IL CLIMA</b> .....	9
1.2.1 <i>Precipitazioni</i> .....	9
1.2.2 <i>Temperature</i> .....	13
1.2.3 <i>Effetti del clima</i> .....	13
<b>1.3 LA VEGETAZIONE</b> .....	15
<b>1.4 LA GESTIONE DEL TERRITORIO</b> .....	16
<b>CAPITOLO 2 - ATTUAZIONE DEL PROGETTO PILOTA A SCALA REGIONALE</b> .....	20
<b>2.1 IL PROGETTO PILOTA</b> .....	20
<b>2.2 INQUADRAMENTO E OBIETTIVI</b> .....	20
<b>CAPITOLO 3 - DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ SVOLTA</b> .....	23
<b>3.1 FASE I: ACQUISIZIONE DATI E STRUTTURAZIONE DEGLI ARCHIVI</b> .....	23
3.1.1 <i>Indice di Qualità del Suolo (SQI)</i> .....	23
3.1.2 <i>Indice di Qualità del Clima (CQI)</i> .....	29
3.1.3 <i>Indice di Qualità della Vegetazione (VQI)</i> .....	34
3.1.4 <i>Indice di Qualità di Gestione del Territorio (MQI)</i> .....	36



3.1.5 Proposta di integrazione del Metodo ESAs .....	38
3.1.6 La stima delle situazioni di Carenza e Deficit, indici Ic Id .....	44
3.1.7 Scarsità generale. Lo stato quali-quantitativo delle risorse idriche secondo le valutazioni degli Ambiti Territoriali Ottimali del Piemonte - Indice It .....	46
3.1.8 La desertificazione umana - Effetti ambientali nelle aree interessate dall'abbandono umano - Indice Ia.....	47
3.1.9 Indice integrato complessivo Iui .....	49
3.1.10 Politiche verso gli usi irrigui - Indice Pcd .....	50
3.1.11 Politiche di risistemazione delle aree abbandonate - Indice Pa.....	51
3.1.12 Calcolo nuovo indice MQIi .....	54
3.1.13 Considerazioni conclusive circa la valutazione dell'azione antropica .....	56
3.1.14 Considerazioni relative all'integrazione degli indici della metodologia ESAs.....	57
<b>CAPITOLO 4 - MAPPATURA DEGLI INDICI DI QUALITÀ .....</b>	<b>62</b>
<b>4.1 FASE II: MAPPATURA E DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI DESERTIFICAZIONE .....</b>	<b>62</b>
4.1.1 Carta relativa al Soil Quality Index .....	63
4.1.2 Carta relativa al Climate Quality Index .....	64
4.1.3 Carta relativa al Vegetation Quality Index .....	66
4.1.4 Carta relativa al Management Quality Index.....	67
4.1.5 La rappresentazione dell'Indice Sintetico - ESAI.....	69
4.1.6 Commento alla Carta ESAI.....	70
4.1.7 Confronto tra l'indice finale e la Carta di Capacità d'Uso dei Suoli .....	71
<b>CAPITOLO 5 - MISURE DI MITIGAZIONE, ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE, INFORMAZIONE E DI INTEGRAZIONE CON PROGETTI INTERNAZIONALI .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 FASE III: INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE E DELLE AZIONI DI MITIGAZIONE E DI LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE .....</b>	<b>73</b>
<b>2 FASE IV: REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DIMOSTRATIVI .....</b>	<b>75</b>
<b>5.3 FASE V. ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE E INFORMAZIONE .....</b>	<b>78</b>
<b>5.4 FASE VI: ATTIVITÀ DI INTEGRAZIONE CON ATTIVITÀ INTERNAZIONALI.....</b>	<b>79</b>
<b>CAPITOLO 6 - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>80</b>

## CAPITOLO 1

### IL FENOMENO DELLA DESERTIFICAZIONE E SUE LE COMPONENTI

Da sempre Ambiente e Territorio hanno offerto all'uomo grandi stimoli ed opportunità per lo sviluppo delle proprie azioni e per il raggiungimento di elevati livelli di benessere e di progresso.

Finchè l'uomo è stato un attento osservatore dei fenomeni che regolano l'universo e le sue azioni si sono svolte in modo armonico con le leggi naturali, le risposte dell'ambiente e del territorio sono state positive e hanno consentito di guardare al futuro con intraprendenza ed ottimismo.

Col tempo, tuttavia l'attività umana si è fatta più intensa e frenetica ed i suoi effetti, soprattutto negli ultimi due secoli, hanno contribuito ad una sostanziale modifica del rapporto uomo-ambiente-territorio cambiando quindi gli equilibri naturali, soprattutto per quanto riguarda i tempi di recupero necessari a rendere sostenibili (e compatibili) le pressioni e gli impatti dell'attività antropica stessa.

Tale situazione ha avuto come principale effetto il verificarsi (e, col passare del tempo, il ripetersi) di eventi spesso incontrollabili di forte intensità e l'accelerazione dei processi di degrado ambientale/pedologico.

Tra questi ultimi si inserisce a pieno titolo il fenomeno della desertificazione, fenomeno che negli ultimi anni sta avanzando in modo allarmante, interessando sempre maggiori aree territoriali e coinvolgendo, di conseguenza, sempre più ampie fasce di popolazione.

Tale fenomeno, da non confondere con la desertizzazione che rappresenta l'espansione naturale dei deserti, si caratterizza come un insieme di processi sociali ed economici attraverso i quali le risorse naturali ed il potenziale vitale dei terreni vengono degradati a causa di interventi e pratiche, come ad esempio quelle agricole, insostenibili che agiscono negativamente su alcuni delicati equilibri ambientali.

Pertanto la desertificazione, inserendosi tra quei fattori che concorrono ad indebolire il potenziale fisico, biologico ed economico del territorio, finisce col costituire un elemento fortemente limitante al raggiungimento di idonei livelli di qualità della vita mettendo persino a serio rischio, in determinati contesti territoriali, la sopravvivenza delle popolazioni locali.

Lo studio dei fenomeni che possono innescare processi di desertificazione può essere condotto facendosi prevalentemente riferimento alle seguenti componenti:

- il suolo
- il clima
- la vegetazione
- la gestione del territorio

Di seguito viene presentata la situazione piemontese in riferimento a ciascuna di queste componenti.



## 1.1 IL SUOLO

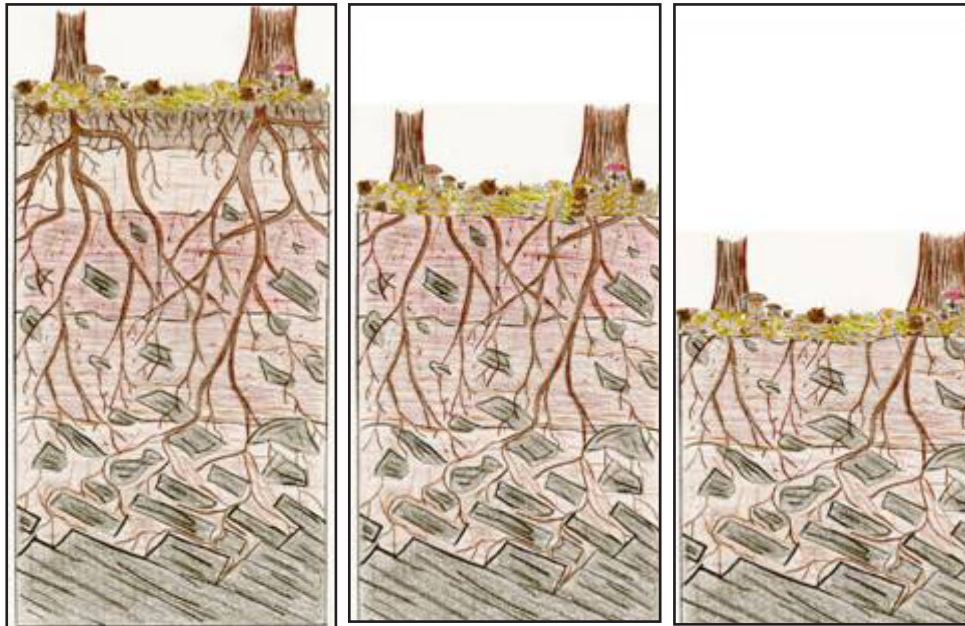
Il suolo, insieme ad aria e acqua, rappresenta uno degli elementi fondamentali dell'ambiente in cui viviamo. Malgrado questo, la legislazione del nostro paese, che sulla protezione delle acque e sulla salvaguardia della salubrità dell'aria che respiriamo è al passo con quelle di altri paesi europei avanzati, rispetto al suolo paga un ritardo molto grave.

Nella legislazione italiana infatti, quando si parla di "difesa del suolo", tutto si intende tranne che la protezione del suolo propriamente detto. Si parla di difesa dal dissesto idrogeologico, difesa del territorio, del paesaggio e delle infrastrutture, difesa delle acque e del loro corretto deflusso, ma il suolo come "elemento naturale che assicura funzioni chiave a livello ambientale, produttivo, sociale ed economico" non viene in alcun modo considerato.



Il suolo ha ricevuto negli anni numerose definizioni. Quella che può essere considerata la più attuale, reperibile nei documenti europei, parla di: "strato superiore della crosta terrestre, formato

da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi; risorsa essenzialmente non rinnovabile, caratterizzata da velocità di degrado potenzialmente rapida e processi di formazione e rigenerazione estremamente lenti; le sue funzioni sono la produzione alimentare e di altre biomasse; il magazzinaggio e la trasfor-



*Schema che rappresenta il suolo originale (a sinistra), poi sottoposto a processi erosivi con asportazione degli strati superficiali.*

mazione di minerali, materia organica, acqua, energia e sostanze chimiche; il filtraggio delle acque. Rappresenta la piattaforma dell'attività umana oltre ad essere l'habitat per una quantità enorme di organismi ed essere fonte di materie prime".

### 1.1.1 RISORSA NON RINNOVABILE

Come sopra accennato il suolo risulta essere una risorsa in larga misura non rinnovabile (se non in tempi che esulano da quelli della vita di un uomo), che nel corso degli ultimi decenni è stata sottoposta ad una crescente pressione e ad una notevole intensità di sfruttamento.

In virtù di tale criticità l'importanza della "protezione del suolo" è stata riconosciuta a livello internazionale già al vertice di Rio de Janeiro (1992), nel quale i paesi partecipanti hanno concordemente adottato una serie di dichiarazioni fondamentali sul tema. Lo stimolo mag-



giore verso la protezione del suolo giunge però dalla Commissione Europea che, dopo anni di studio e di riflessioni su come affrontare il problema, ha emanato nel 2006 (Bruxelles, 22 settembre 2006 COM(2006)231) la “Strategia tematica per la protezione del suolo” che contiene anche la proposta di direttiva quadro in fase di approvazione, che sarà di obbligatoria applicazione per gli Stati membri. Il documento delinea un programma di lavoro per i prossimi 30-50 anni, individuando le otto principali minacce che incombono sul suolo e le linee di azione che ciascun Paese deve porre in essere per mitigare gli effetti di tali minacce.

Le principali minacce sul suolo sono le seguenti:

- erosione,
- diminuzione della materia organica,
- contaminazione locale e diffusa,
- impermeabilizzazione,
- compattazione,
- diminuzione della biodiversità,
- salinizzazione,
- inondazioni e smottamenti.

Affinché il suolo possa continuare a svolgere le sue diverse funzioni, è urgente che se ne preservino le condizioni e, dove necessario, si cominci ad impostare azioni di recupero del degrado passato e presente, nel tentativo di invertire la tendenza derivata da decenni di scarsa riflessione sui danni permanenti che venivano apportati

al suolo. Quando vengono realizzate nuove infrastrutture o costruiti nuovi edifici (o peggio capannoni industriali), viene occupato in via definitiva un suolo che un tempo è stato sicuramente produttivo. Non si tratta certo di impedire che tali necessarie opere possano venire realizzate ma sarebbe il tempo di considerare le potenzialità produttive e protettive dei suoli che vengono impermeabilizzati nel tentativo di preservare quelli a maggior vocazione agricola o i terreni identificabili come strategici per il ruolo di protezione nelle falde sottostanti.

Allo stesso modo, nelle attività agrarie e forestali è troppo poco diffusa la consapevolezza che pratiche che non salvaguardano i suoli dall’erosione sono la premessa per una perdita certa di fertilità, di materia organica e di capacità produttiva, a scapito di chi dovrà utilizzarli in futuro; il tutto senza considerare il notevole incremento di pericolosità delle inondazioni, dovuto all’abbondanza di sedimenti derivanti dall’erosione che si accumulano nelle acque, aumentandone il potenziale distruttivo.





Un ulteriore accenno deve essere dedicato al tema della contaminazione dei suoli e al monitoraggio necessario. Le attività industriali e agrarie, gli scarichi delle nostre città e dei nostri paesi, quando non vengono previste adeguate opere di mitigazione degli effetti inquinanti o vengono attuate pratiche non corrette o addirittura illegali, provocano contaminazione del suolo e delle acque di falda (ivi inclusa anche l'eccessiva fertilizzazione che provoca utrofizzazione delle falde per lisciviazione di elementi chimici e salinizzazione dei suoli). I siti contaminati nel nostro Paese sono molto numerosi. E' necessario al più presto individuarli con precisione e per ciascuno prevedere un piano di bonifica per ricondurre i suoli alle loro iniziali condizioni di produttività e di capacità di attenuazione nei confronti delle sostanze inquinanti.

### 1.1.2 LE MINACCE

La Regione Piemonte, con il completamento della "Carta dei suoli" regionale a scala 1:250.000 e con le conoscenze di maggior dettaglio disponibili per gran parte del territorio di pianura e collina, ha previsto di poter rispondere con puntualità alle problematiche sollevate nella legislazione europea in merito alle principali minacce individuate per il suolo.

Tale convinzione deriva, in parte, da un incremento significativo nella disponibilità di informazioni sul suolo negli ultimi anni, ma anche dallo sviluppo di sperimentazioni metodologiche per interpretazione dei dati pedologici, ai fini del raggiungimento di specifici obiettivi regionali.

Volendo focalizzare l'analisi sui principali fenomeni che compromettono la protezione del suolo in Piemonte, di seguito vengono riportati i principali elementi di criticità riscontrate, tenendo però conto che, anche per le minacce non direttamente analizzate in questo sintetico documento, sono state avviate delle attività sperimentali utili a dare una prima definizione dell'entità.

Le considerazioni più specifiche che vengono qui proposte su alcune minacce che incombono sul suolo sono tratte dalle Note illustrative della Carta dei Suoli del Piemonte a scala 1:250.000 (IPLA - Regione Piemonte, 2007)

### 1.1.3 CONTAMINAZIONE

#### *Metalli pesanti e inquinanti organici*

Sono stati registrati accumuli significativi in diverse zone, soprattutto nei suoli acidi, legati all'uso di rame in viticoltura, tali da evidenziare un problema di fitotossicità.

Nel passato, in seguito ad indagini svolte sull'accumulo di piombo da traffico veicolare, è stata evidenziata un'elevata quantità nelle fasce (0-5 m), limitrofe alle strade extra-urbane ad alto traffico; il problema appare ora di minore importanza vista la progressiva scomparsa delle



benzine al piombo. Per ultimo si menziona la presenza, non di origine antropica, ma in qualche modo considerevole preoccupante alla pari di un inquinamento, di metalli pesanti come il cromo e il nickel, contenuti in abbondanza nelle "pietre verdi", presenti in molti bacini fluviali del Piemonte. Nelle pianure dei fiumi, Scrivia e Bormida ad esempio, coltivate anche ad orticole, i livelli nel suolo di questi metalli pesanti sono elevatissimi, ma è dimostrato che, essendo di origine litogenetica, il loro potenziale di traslocazione ai vegetali è piuttosto basso.

I contaminanti organici (considerati pericolosi per la salute umana – Reg. (CE) 850/04) più

comuni sono i PCB (policlorobifenili), gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i PCDD/PCDF (diossine e furani).

I dati disponibili relativi alla presenza di questi composti nei suoli piemontesi indicano che tutti sono al di sotto dei limiti di legge, ma che il contenuto di diossine e furani nello strato superficiale dei suoli naturali (non arati) tende a raggiungere i limiti consentiti ormai un po' ovunque. Situazione diversa per PCB e IPA per i quali si registrano soglie di attenzione soltanto a livello locale. E' infine da ricordare l'effetto accumulo dei contaminanti organici che tendono ad essere complessati negli strati superficiali dei suoli, mentre l'effetto diluizione è presente nei suoli agrari dove tali composti vengono rimescolati in tutta la profondità dell'orizzonte lavorato (in genere 30-40 cm).

#### *Fertilizzanti e fitofarmaci*

Gli eccessi di concimazioni, sia organiche sia minerali, sono causa essenzialmente di inquinamento delle acque circolanti nel suolo, ma non si deve escludere la possibilità di accumulo diretto nel suolo di certi elementi, ad esempio il fosforo, in determinate condizioni pedologiche. Sono stati registrati nei topsoil di suoli agrari numerose situazioni di concentrazione di fosforo considerabili "dotazioni elevate" che non sono per ora oggetto di limiti di legge ma rappresentano un potenziale rischio di grave contaminazione delle acque. Per quanto riguarda i fitofarmaci, dati analitici da accumulo nel suolo sono stati registrati su serie di campioni insufficienti per valutazioni di tipo regionale sulla contaminazione, utili tuttavia per evidenziare potenziali conseguenze del trasferimento delle molecole inquinanti dal suolo alla catena alimentare e alle acque di falda. A questo proposito sono state attivate ricerche che prevedono la modellizzazione del comportamento di fitofarmaci in alcuni suoli rappresentativi di ambienti agrari piemontesi.

#### *Bonifica siti contaminati*

Dai dati regionali risulta che i siti ufficialmen-

te riconosciuti come contaminati sul territorio piemontese sono circa 800, di cui alcuni già bonificati e altri che non necessitano di un vero e proprio intervento di bonifica; per la maggior parte dei siti l'istruttoria di bonifica è in corso. L'impatto sul suolo è attribuito al 31% dei casi registrati.

#### *1.1.4 PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA*

Dai dati elaborati dalla "Carta dei suoli del Piemonte" a scala 1:250.000, i suoli di pianura hanno un contenuto di carbonio organico "moderatamente basso", in media pari a 1,58% espresso in volume, con un valore equivalente in peso di 55 t/ha (entrambi i valori riferiti ad un topsoil di 30 cm di profondità). I suoli di collina invece sono meno ricchi di carbonio: 1,15% è il valore medio, ma ben al di sotto dell'unità per i suoli coltivati a vigneto. Questi ultimi rappresentano certamente la superficie più critica: il contenuto, valutato "basso", dipende dalle perdite in sostanza organica dovute in parte all'erosione naturale, in parte a quella innescata dalle pratiche agrarie adottate nella viticoltura. I suoli di montagna hanno invece elevate riserve di carbonio organico potendo contare su un valore medio pari a 3,1%, equivalente a 112 t/ha. Su gran parte delle aree di pianura e collina, sottoposte a coltura, si registra una costante diminuzione della sostanza organica.

#### *1.1.5 EROSIONE*

Una prima elaborazione sul territorio collinare piemontese, effettuata secondo la metodologia elaborata da Wischmeier (Predicting rainfall





erosion – 1978), riporta valori di perdita annua di suolo anche superiori a 60 t/ha nella classe più alta di erosione, che nella maggioranza dei casi è caratterizzata dalla presenza diffusa della viticoltura nelle aree collinari.

La perdita di suolo a causa dei fenomeni erosivi superficiali, innescati dalle precipitazioni piovose, è una realtà di tutto il sistema collinare piemontese: Collina di Torino, Roero, Langhe, Monferrato, Colli tortonesi. Su questi territori, ovviamente, si possono rilevare intensità dif-



ferenti del fenomeno. Tutte le aree coperte dal bosco, attualmente in fase di espansione per l'abbandono dei territori agrari marginali, sono meno soggette a perdite di suolo mentre i terreni coltivati (viticoltura, frutticoltura, corilicoltura, cerealicoltura) subiscono in alcuni casi perdite molto ingenti. *In questo ambito molto può essere fatto tramite l'utilizzo di pratiche agrarie conservative come la coltivazione lungo le curve di livello, la realizzazione di solchi acquai trasversali ai versanti e, soprattutto, l'inerbimento degli interfilari che, prove sperimentali realizzate in Regione, hanno dimostrato essere la pratica di maggiore efficacia.*

Per quanto riguarda la montagna è da segnalare come, malgrado le pendenze rilevanti, l'estesa copertura forestale riduca



di molto l'evidenza dell'erosione anche se, in alcune situazioni, il trasporto solido delle acque è assai ingente e può creare gravi problemi di dissesto.

Per quanto riguarda la pianura, infine, si deve tenere conto che la perdita di suolo limitata che si registra non può e non deve essere trascurata, in quanto alle particelle fini del terreno agrario sono spesso associati i principali nutrienti (P e N), che possono indurre l'eutrofizzazione delle acque.

#### 1.1.6 IMPERMEABILIZZAZIONE

Urbanizzazione e consumo di suolo sono stati oggetto di ampie e articolate elaborazioni con la messa a punto di indicatori legati all'incremento delle superfici edificate, fino a più complesse analisi realizzate con tecniche di telerilevamento.



Incrociando questi dati con la "Capacità d'uso dei suoli" e con gli attuali prezzi del mercato fondiario piemontese, possono essere condotte stime del valore delle terre che sono state per sempre perdute; più difficile si presenta la stima della perdita di valore paesaggistico e del danno ambientale.

L'impermeabilizzazione è certamente una delle minacce di maggior impatto sui suoli piemontesi: tale fenomeno ha interessato e interessa tutte le aree periurbane, concentrandosi soprattutto nei territori circostanti i capoluoghi di provincia e lungo gli assi interessati da infrastrutture di connessione quali autostrade e linee ferroviarie. Nel Biellese, in particolare, si è assistito negli ultimi anni ad un proliferare di edifici adibiti ad uso industriale che hanno coperto percentuali assai rilevanti di territorio. Per alcune aree ad intenso sviluppo si segnala un incremento del consumo di suolo fino ad un massimo dell'1,5% nel periodo 1991-2001.



In contrasto a questa minaccia, che elimina per sempre dalle possibilità produttive i suoli, si dovrebbe procedere dando una maggiore importanza alla "Capacità d'uso dei suoli" che vengono impermeabilizzati e provvedendo al ripristino del territorio attraverso la rimozione delle infrastrutture che hanno concluso la loro vita funzionale, con interventi di de-impermeabilizzazione attiva (meccanica) e passiva (naturale).

Incrociando i dati cartografici relativi alle prime tre classi di capacità d'uso dei suoli (le più frequenti nelle aree produttive della pianura) con il consumo di suolo si deriva la tabella che segue che consente di comprendere la gravità di quanto si sta affermando.

Capacità d'uso	Suolo disponibile 1991	Suolo disponibile 2005	Consumo 1991-2005
1a classe	101.060 ha	99.145 ha	1.915 ha
2a classe	356.293 ha	349.416 ha	6.877 ha
3a classe	312.938 ha	307.146 ha	5.792 ha
<b>totale</b>	<b>770.291 ha</b>	<b>755.707 ha</b>	<b>14.584 ha</b>

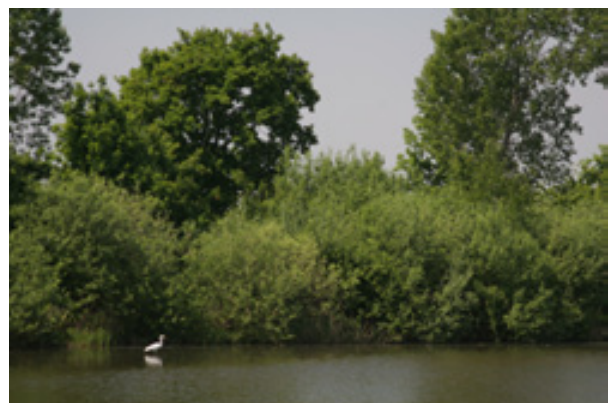
### 1.1.7 COMPATTAZIONE

La compattazione del suolo è un fenomeno legato alle attività agrarie che, almeno con i dati attuali a disposizione, è di difficile valutazione. Applicando un metodo indiretto è stato calcolato il rischio di compattazione dei suoli piemontesi sulla base di informazioni relative alle pratiche agronomiche e di meccanizzazione. Un significativo risultato si potrebbe ottenere incrociando l'elaborazione con i dati pedologici regionali della "Carta dei suoli" a scala 1:250.000, selezionando le tipologie di suolo a maggior rischio di compattazione per caratteri specifici come tessitura e presenza di condizioni di idromorfia.

Da una simile analisi risulterebbero certamente ad alto rischio le aree con colture fortemente impattanti, come la risicoltura in sommersione (diffusa su circa 120.000 ha di territorio regionale), che richiede la compattazione del suolo finalizzata alla riduzione della permeabilità.

### 1.1.8 BIODIVERSITÀ

E' stato sperimentato in Piemonte l'impiego di un metodo di stima di un indicatore della qualità biologica del suolo, il cosiddetto QBS (Qualità biologica del suolo).





lità Biologica del Suolo), in correlazione con la fauna del suolo, allo scopo di parametrizzare la biodiversità del suolo. La caratterizzazione dei suoli basata sulla matrice biologica, e in particolare l'uso di microartropodi come indicatori, rappresenta il metodo ufficialmente accettato da APAT (Agenzia per la Protezione dell'Am-



biente e Servizi Tecnici). Secondo queste ricerche il 94% e 71% delle stazioni monitorate rispettivamente nei boschi naturali e nelle colture arboree forestali, rappresentate prevalentemente da pioppeti maturi, sono ricadute nelle classi più elevate di qualità biologica; nelle classi più basse di qualità si collocano i seminativi avvicendati, costituiti soprattutto da colture di mais e grano.

### 1.1.9 DESERTIFICAZIONE

Malgrado il Piemonte sia una regione del nord-Italia, circondata da un semicerchio montano ricco di corsi d'acqua, alcune aree di ridotta estensione territoriale sono tuttavia soggette a fenomeni di degrado molto spinto del suolo, che può talora essere definito come "desertificazione". Grazie all'impegno dell'Assessorato all'Ambiente della Regione Piemonte, su questi aspetti, si sono aperti filoni di ricerca e di attività, che hanno consentito lo sviluppo di metodologie atte ad identificare con precisione le porzioni territoriali regionali su cui concentrare gli sforzi finalizzati alla mitigazione del fenomeno.



## 1.2 IL CLIMA

La Regione Piemonte è situata alla testata della Pianura Padana ed è limitata su tre lati da catene montuose, che ne occupano il 49% del territorio, con le vette più elevate del continente europeo.

Tale geografia definisce e regola la peculiarità climatica del Piemonte, zona di scontro delle masse d'aria continentali provenienti dalla Piana del Po, dell'umidità proveniente dal Mediterraneo e delle correnti atlantiche nord-occidentali che interagiscono con i rilievi innescando frequenti circolazioni locali e favorendo la presenza di microclimi.

I maggiori controlli esercitati sul clima dallo spazio fisico in Piemonte sono dovuti principalmente alla natura dei rilievi, mentre una trascurabile influenza è esercitata dalla variazione della latitudine, data la relativa esiguità dell'estensione Nord-Sud del territorio (2° 20' di differenza di latitudine).

### 1.2.1 PRECIPITAZIONI

La distribuzione annuale delle precipitazioni in Piemonte presenta un andamento bimodale, con due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno invernale ed uno estivo.

In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere in Piemonte quattro tipi di regime pluviometrico;

di questi, tre sono di tipo continentale (minimo principale in inverno), mentre il quarto è di tipo mediterraneo (minimo principale in estate):

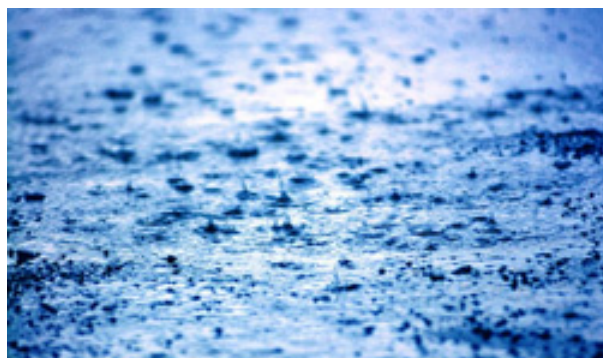
- prealpino: con minimo principale in inverno, massimo principale in primavera e secondario in autunno;



- subalpino: con minimo principale in inverno, massimo principale in autunno e secondario in primavera;
- subcontinentale: con minimo principale in inverno, massimo principale in autunno e secondario in estate;
- sublitoraneo: con minimo principale in estate, massimo principale in autunno e secondario in primavera.

Il regime pluviometrico più frequente in Piemonte, esteso sul 58% circa della regione, è il regime prealpino. Esso comprende le aree di pianura, ad esclusione di quella alessandrina, buona parte del Monferrato, la pianura cuneese e tutte le Alpi Cozie, alta valle di Susa esclusa. Il secondo regime pluviometrico in ordine di estensione è il sublitoraneo, che si estende su quasi il 24% del Piemonte. Comprende la pianura alessandrina, il basso Monferrato, le Langhe, una parte delle Alpi Marittime e l'alta valle di Susa.

Gli altri due regimi, subalpino e subcontinentale, sono limitati alla zona settentrionale del Piemonte e si estendono rispettivamente sul 13% e sul 5% circa della regione. In questi regimi si ha una maggior concentrazione delle piogge verso il periodo estivo, più evidente nel regime subcontinentale. Il regime subalpino si estende sull'alta pianura novarese e vercellese, la valle Sesia e buona parte della valle Toce.







Il regime subcontinentale si estende su una limitata area prossima al lago Maggiore.

Restrungendo il campo di analisi al semestre Marzo-Agosto, considerabile come più cruciale per i suoi effetti sulla siccità, si può notare come i massimi assoluti di pioggia si verificano in corrispondenza delle zone montane e pedemontane, con una diminuzione in corrispondenza delle porzioni endalpiche, più marcate in Alta Valle di Susa (notoriamente xerica), Alta Val Chisone e Valli Maira e Varaita.

I valori mediamente più bassi del semestre, che si attestano intorno ai 300-400 mm, sono collocati nelle sopracitate valli e, su superfici molto più estese, nelle aree di pianura a partire dal fianco settentrionale dei rilievi appenninici con minimi sui 300 mm in piccole porzioni di territorio, la più estesa delle quali risulta essere nell'Alessandrino. L'isoieta dei 500 mm segue con buona approssimazione il limite tra la pianura e la montagna, arrivando a comprendere anche alcune aree di pianura più prossime alle montagne.

Le zone di maggiore piovosità sono quattro. La più importante per entità di apporti ed estensione spaziale si allunga, con asse orientato NE-SO, dal Lago Maggiore alle Valli di Lanzo; in tale area si ha il massimo valore semestrale con precipitazioni che raggiungono e superano i 1000 mm nel Verbano.

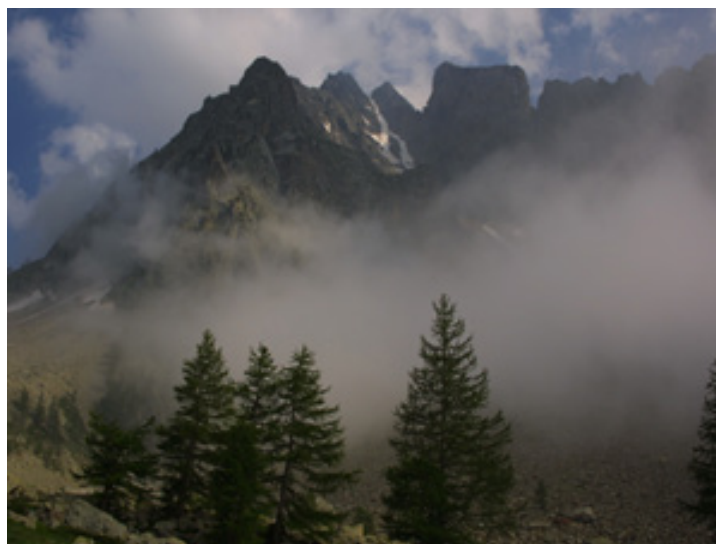
Il secondo massimo pluviometrico si individua sulle Alpi Marittime in cui gli afflussi passano dai 400 mm della pianura cuneese meridionale e delle Langhe fino agli

oltre 600 mm della zona montuosa della Valle Gesso.

La terza area in ordine decrescente con forma subellittica delimitata dall'isoieta dei 500 mm si colloca sulle Prealpi tra la bassa Val Chisone e la bassa Val Pellice e tocca punte di 600 mm.

Infine, un'area di dimensione ridotta si trova all'estremità sudorientale della regione, sui rilievi appenninici al confine tra Piemonte, Liguria, Lombardia ed Emilia Romagna e coincide all'incirca con i bacini dello Scrivia e del Curogne. Qui le isoiete seguono con buona approssimazione l'andamento delle isoipse; le precipitazioni aumentano dai 400 mm semestrali del margine tra pianura e collina fino agli oltre 600 mm dei settori montuosi più prossimi allo spartiacque.

Occorre infine osservare che l'analisi delle serie temporali di precipitazione, relative all'intero territorio nazionale, evidenzia un significativo cambiamento nella distribuzione temporale della precipitazione, con un aumento dell'intensità degli eventi piovosi ed un aumento della durata massima di periodi privi di precipitazione (ISAC-CNR, 2009). Analogamente, l'analisi di indici standard di siccità indica un generale aumento di condizioni secche (ISAC-CNR, 2009). Se tali tendenze si mantengono, si avrà sia un aumento dell'erosione, sia delle siccità, entrambi elementi predisponenti alla desertificazione.



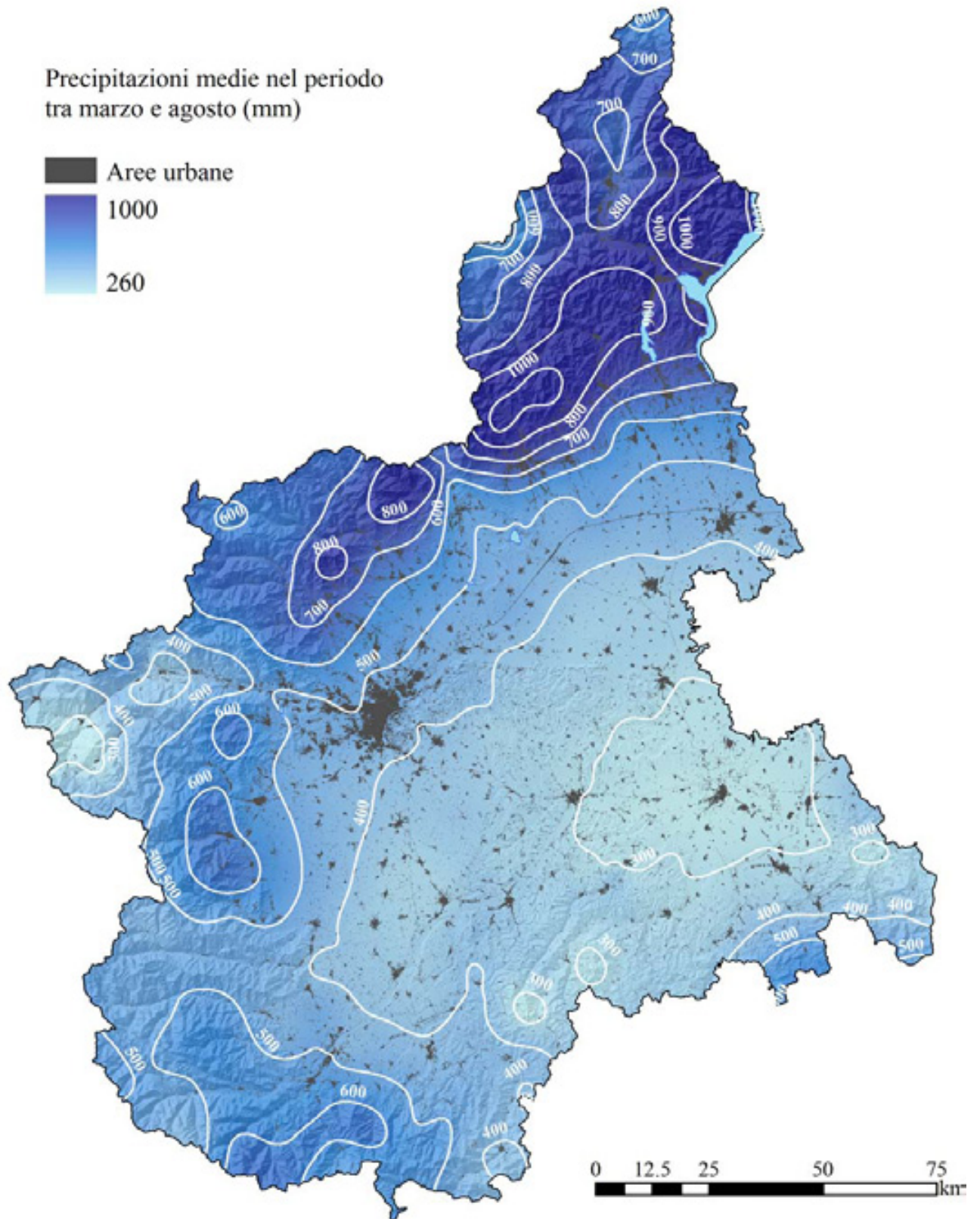


Figura 1. Distribuzione dell'altezza di pioggia media cumulata nel periodo Marzo-Agosto in Piemonte.



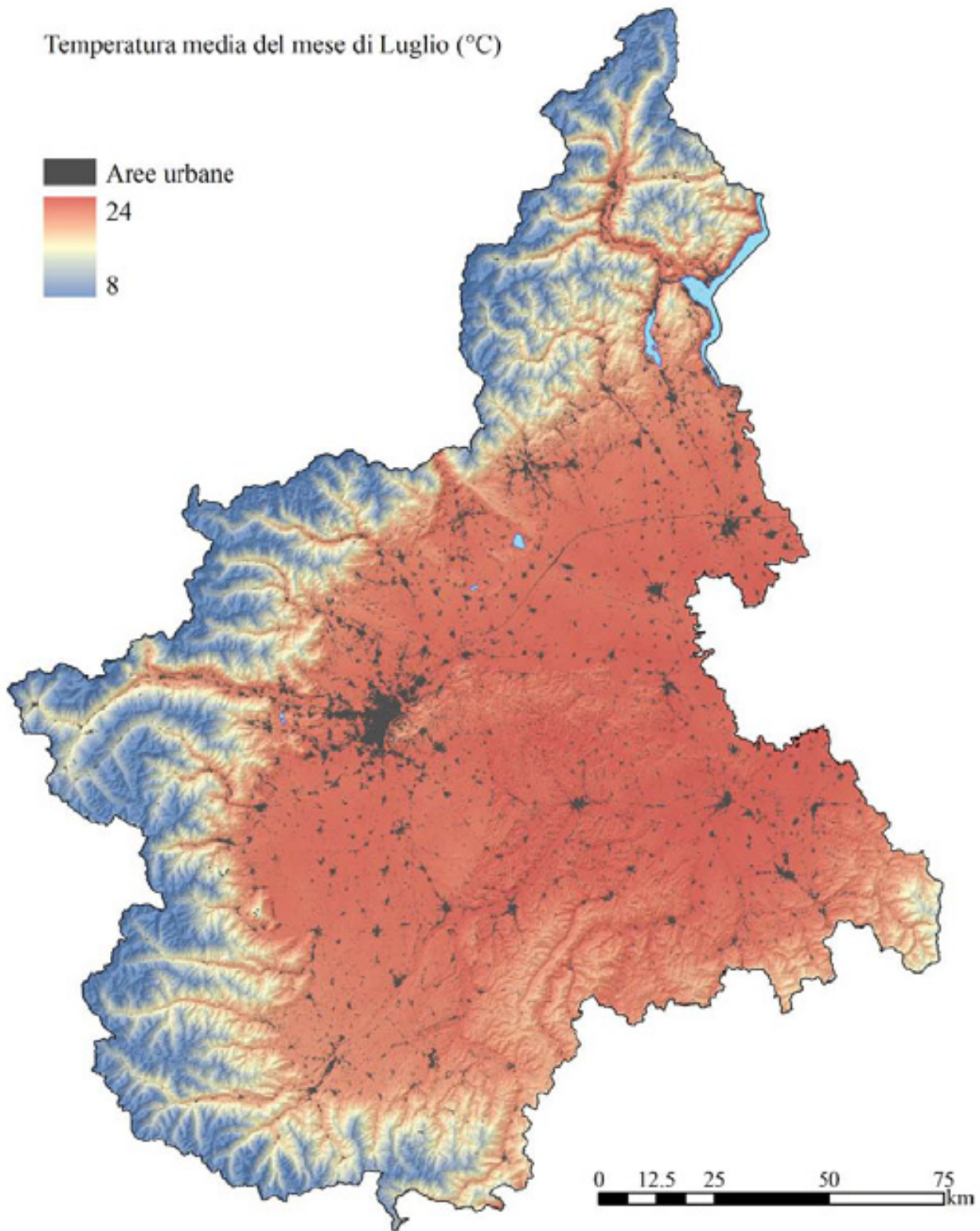


Figura 2. Distribuzione della Temperatura media cumulata nel mese di Luglio in Piemonte.

### 1.2.2 TEMPERATURE

Dall'analisi della termometria emerge che l'intervallo entro il quale sono comprese le temperature medie annue va dai 13 °C circa delle principali città di pianura, a valori negativi alle quote superiori ai 2.500 metri. La temperatura media annua decresce regolarmente con la quota salvo che in alcune situazioni nelle quali si osservano scarti dovuti a condizioni locali. È il caso per esempio delle isole di calore urbane (dove si ha una temperatura media lievemente superiore a quella che si registra, a parità di quota, in aree rurali) e di alcuni fondovalle come Domodossola, Varallo, Luserna S. Giovanni, dove si osservano temperature medie annue lievemente inferiori rispetto ad altre località poste alle stesse quote.

Nelle aree di pianura la temperatura media mensile supera i 10 °C da aprile fino a ottobre, mentre nelle zone montane sopra i 500 metri il periodo con temperature medie mensili superiori ai 10°C si accorcia progressivamente fino ad annullarsi al di sopra dei 2.700 metri per almeno 6 mesi l'anno. Valori medi mensili superiori a 5 °C si hanno da marzo a novembre sino a 800 m circa, mentre per arrivare a dati medi mensili di almeno 7 °C nel medesimo arco temporale bisogna scendere nelle aree di pianura al di sotto dei 500 metri; a quote superiori il periodo si accorcia spostandosi verso i mesi estivi.

Il mese più freddo, a tutte le quote, è gennaio, quando il fenomeno di inversione termica è particolarmente evidente. I valori massimi si hanno tra i 300 ed i 750 metri, mentre valori inferiori si hanno sia al di sopra, sia al di sotto di queste quote. In situazioni particolari i comportamenti cambiano: a Pallanza per esempio il clima è evidentemente mitigato dalla presenza del lago (Carollo, 1989).

Focalizzando l'analisi al rischio di siccità, bisogna rilevare che il mese più caldo risulta essere sempre quello di luglio. Le temperature medie mensili più elevate, 24 °C circa, si registrano nelle grandi città di pianura (Alessandria, Asti, Novara e Torino), per diminuire fino a 8 °C intorno ai 2.500 metri.

L'escursione termica annua risulta elevata in tutta la regione, a causa della lontananza dal mare che potrebbe mitigare le variazioni di temperatura; per cui il clima del Piemonte si avvicina ad un regime più prettamente continentale. I valori dell'escursione termica diurna media annua variano fra le pianure e le cime delle colline, per esempio sono all'incirca di 8,3 °C a Torino città a circa 250 m di altitudine, mentre a poca distanza, a 710 m di altitudine in vetta alla collina scende a 6.3 °C (Di Napoli e Mercalli, 2008); nel regolare decremento dell'escursione termica media annua con la quota, si osserva l'eccezione di Pallanza, dove i valori sono inferiori rispetto ad altre località poste alla stessa altitudine, a causa dell'effetto di mitigazione da parte del lago.

### 1.2.3 EFFETTI DEL CLIMA

Il clima, inteso come l'insieme di temperatura, precipitazioni piovose e nevose, grado di umidità dell'aria, ventosità e irraggiamento solare, oltre ad influenzare la pedogenesi del suolo, influenza anche molti degli altri fattori che in questo paragrafo verranno presi in considerazione. Il clima condiziona la vegetazione e la degradazione delle rocce, contribuisce al modellamento del paesaggio, influisce sul grado di erosione superficiale e sui dissesti, limita e/o favorisce le attività dell'uomo.

Rispetto ai suoli, schematicamente, si può affermare che maggiore è il livello di precipitazioni e maggiore è il processo di alterazione e traslocazione di materiali nel suolo dall'alto verso







il basso; viceversa minori sono le precipitazioni - e maggiore la temperatura - minore sarà la traslocazione ed evidente l'arricchimento di sali (carbonati soprattutto) in prossimità della superficie. Le precipitazioni, particolarmente quelle ad elevata intensità, innescano fenomeni erosivi, dissesti superficiali o frane, e possono condurre ad esondazioni fluviali con deposito di nuovi materiali alluvionali. Pronunciate escursioni termiche e cicli ripetuti di gelo-disgelo, inumidimento e disseccamento, favoriscono la disgregazione delle rocce, quindi la formazione di suolo. Il clima, nel suo complesso, condiziona l'accumulo o la perdita di sostanza organica nei suoli ed è la variabile ambientale primaria nel determinare periodi di siccità o di carenza idrica in genere, con le ovvie conseguenze sulle produzioni agrarie e sullo stato di salute del patrimonio boschivo regionale.

In Piemonte l'influenza del clima sui processi della pedogenesi e sul comportamento del suolo può essere riassunta come segue:

- Sull'arco alpino, in particolare nelle Alpi settentrionali e in quelle marittime, l'elevato livello di precipitazioni ha favorito la decarbonatazione, l'acidificazione e la formazione di suoli ad elevato grado evolutivo.
- L'accumulo di sostanza organica, nelle aree non influenzate da una falda superficiale, è direttamente correlabile all'abbondanza di precipitazioni e alle temperature. Per questo motivo i suoli sono maggiormente ricchi in sostanza organica nelle aree più piovose (Piemonte settentrionale e meridionale) e, mediamente, alle quote più elevate.

- Nelle aree con temperature medie più elevate e minori precipitazioni (ad esempio nell'Alessandrino e in Valle Susa) si sono di frequente formati orizzonti arricchiti di carbonati poiché l'evaporazione è maggiore rispetto alla percolazione dell'acqua in profondità.

- In tutto il sistema collinare e nelle aree montane a minore copertura vegetale, l'effetto dell'erosione innescata da intense precipitazioni piovose è causa di continue asportazioni di materiali che ringiovaniscono i suoli e non permettono l'avanzare della pedogenesi.

- Su tutte le fasce fluviali in concomitanza di abbondanti precipitazioni si possono verificare fenomeni di esondazione con deposito di nuovi materiali sulla superficie.

- I suoli dei "terrazzi antichi" si sono probabilmente evoluti in condizioni climatiche diverse dalle attuali, caratterizzate da maggiori temperature medie e maggiore umidità (clima prossimo a quello tropicale) che hanno favorito l'evoluzione del suolo con l'abbondante sviluppo di ossidi di ferro.

- Le zone caratterizzate dalla presenza di suoli con capacità di ritenuta idrica relativamente bassa sono spesso colpite da fenomeni siccitosi, in presenza di prolungati periodi caldi e privi di precipitazioni.



### 1.3 LA VEGETAZIONE

Il rapporto che intercorre tra suolo e copertura vegetale è stretto e biunivoco: il suolo consente lo sviluppo e la crescita delle piante ma è la presenza della vegetazione che stabilizza il suolo, lo protegge dall'erosione, ne arricchisce la fertilità e ne consente a sua volta l'evoluzione.

In Piemonte, come peraltro in gran parte del territorio italiano, da alcuni decenni si è registrato un netto aumento della superficie forestale per via dell'abbandono dei terreni ritenuti marginali per l'agricoltura e per il fenomeno dell'inurbazione.

La diminuzione dell'impatto antropico su molta parte delle basse valli alpine e appenniniche e su parte dei rilievi collinari, ha coinciso, come detto, con l'espansione dei boschi ma anche con una ripresa dei processi pedogenetici.

Le formazioni forestali infatti, oltre a ridurre le perdite per erosione, producono periodicamente la cosiddetta "lettiera", quindi favoriscono l'accumulo di sostanza organica e il processo di humificazione, spesso precursore di altri processi pedogenetici che conducono i suoli alla loro evoluzione. Il tipo di evoluzione è poi in parte dipendente proprio dalle tipologie forestali presenti: boschi che producono una lettiera di difficile decomposizione (conifere in genere ma in minor misura anche il faggio) sono indirettamente responsabili della acidificazione dei suoli e favoriscono il processo di dilavamento; boschi che producono lettieri più facilmente decomponibili (latifoglie in genere) conducono ad una maggiore e migliore incorporazione della sostanza organica e ad una acidificazione meno spinta.

I pascoli d'alta quota sono le formazioni vegetali che maggiormente garantiscono al suolo una buona dotazione di sostanza organica, derivante soprattutto dagli apparati radicali che annualmente in gran parte si decompongono e si rinnovano.



Un ruolo fondamentale della vegetazione è infine da attribuire proprio nella formazione del suolo. Sono infatti i licheni e le prime specie erbacee pioniere che, colonizzando le pietraie e le rocce affioranti, favoriscono la disgregazione e l'alterazione superficiale ad opera dei sottili e robusti apparati radicali. E' in seguito a questa colonizzazione che si accumula la prima sostanza organica, successivamente utilizzata e incrementata nei cicli vegetativi successivi.





## 1.4 LA GESTIONE DEL TERRITORIO

L'agricoltura non è propriamente da considerare tra i fattori della pedogenesi ma certamente le attività legate alle produzioni agrarie possono avere un effetto molto evidente su caratteristiche e qualità del suolo.

E' da quando l'uomo ha cominciato a coltivare i campi che è iniziato un rapporto difficile, quanto necessario, con il suolo e con il suo sfruttamento. Nei secoli passati, le esigenze sempre crescenti di prodotti agricoli – soprattutto dovute alla crescita costante della popolazione e delle attività commerciali – ha condotto al disboscamento di vaste superfici.



L'intera pianura padana, un tempo coperta per gran parte da boschi planiziali, è stata trasformata nella più ampia area agricola italiana. In questo graduale processo, anche le superfici pianeggianti piemontesi hanno subito i medesimi effetti: ad oggi dell'originario bosco planiziale non ne rimangono infatti che poche centinaia di ettari; di questi i nuclei di maggiore rilevanza sono protetti da alcuni Parchi regionali ("Raconigi" nel Cuneese, "Stupinigi" e "La Mandria" nel Torinese, "Partecipanza di Trino" nel Vercellese).

Ma è solo negli ultimi decenni, con l'innovazione tecnologica nel campo della meccanizzazione agraria, che è iniziata una nuova trasformazione, meno evidente del passato disboscamento ma, se possibile, con conseguenze altrettanto importanti. L'utilizzo di macchine operatrici sempre più potenti e di pratiche agronomiche sempre più invasive, ha consentito un



aumento netto delle produzioni ma ha avuto – e ha – come conseguenza un parziale degrado del suolo, sia per quanto riguarda le qualità fisiche e chimiche, sia per ciò che concerne la stabilità superficiale.

Con ciò non si vuole certo fare un ragionamento puramente naturalistico o conservativo, che non tenga nel debito conto le ovvie necessità di produzione e il valore dell'innovazione tecnologica in generale e di quella agraria in particolare. Si vuole però sottolineare che ogni azione che poniamo in essere nei confronti del suolo ha un suo effetto e che è sempre necessario verificarne i costi e i benefici anche con un'ottica di lungo periodo, sapendo che il suolo è a tutti gli effetti una risorsa non rinnovabile se non in tempi molto lunghi.

L'agricoltura piemontese, in tutto questo, non è stata diversa dall'agricoltura europea: ha tratto i massimi vantaggi dallo sfruttamento del suolo, senza badare molto alla salvaguardia della ri-





sorsa. Gli effetti più eclatanti delle attività agrarie sui suoli regionali possono essere schematicamente riassunti nei seguenti otto punti (in corsivo, alla fine di ogni punto, si inseriscono in modo sintetico quali azioni possono ridurre tali impatti negativi):

1. Perdita di sostanza organica: intense e profonde lavorazioni unite alla rottura e alla messa a coltura dei prati permanenti, favoriscono la mineralizzazione della sostanza organica riducendone il quantitativo presente nel suolo.

*Lavorazioni poco profonde, reintegro della sostanza organica tramite concimazioni organiche, estensione della superficie a prato.*

2. Diminuzione della fertilità: la monocoltura ripetuta per più anni e le abbondanti irrigazioni riducono la disponibilità degli elementi nutritivi, diminuendo la fertilità complessiva del suolo.

*Rotazioni colturali, previsione di un periodico riposo colturale, adeguate concimazioni minerali e organiche, irrigazione ridotta al minimo necessario in rapporto alla coltura in atto.*

3. Perdita di suolo: le profonde lavorazioni, soprattutto sulle superfici in pendenza, conducono alla perdita di suolo per erosione idrica superficiale. Anche nelle aree pianeggianti, durante i mesi nei quali il suolo non ha alcuna

copertura vegetale, possono essere rilevate perdite di materiale per erosione idrica. La disposizione dei filari sui versanti lungo la linea di massima pendenza aumenta nettamente il rischio di erosione.

*Riduzione al minimo delle lavorazioni soprattutto sulle superfici in pendenza, realizzazione di fossi di scolo diagonali, disposizione dei filari lungo le linee di livello, inerbimento degli interfilari, inserimento nel ciclo colturale delle cosiddette "cover crops": colture che durante i mesi nei quali il suolo è "nudo" possono garantire una adeguata protezione.*

4. Diminuzione della permeabilità e compattazione: l'utilizzo di macchine operatrici sovradimensionate e la compattazione intenzionale degli orizzonti sottostanti la soletta di aratura (in particolare nella risicoltura in sommersione), conducono a modificazioni importanti della dinamica delle acque all'interno del suolo, riducendone la permeabilità.

*Utilizzo di macchine dimensionalmente adeguate alle reali esigenze, modifica periodica della profondità di aratura, limitazione della risicoltura in sommersione ai terreni più adatti (ricchi di limi e argille e poveri di sabbie grossolane e ghiaie).*

5. Perdita della struttura: le lavorazioni del terreno distruggono la naturale struttura del suolo modificando le caratteristiche fisiche







riducendone la capacità protettiva nei confronti delle acque di falda.

*Realizzazione di adeguati piani di concimazione tenendo conto delle naturali dotazioni del suolo, utilizzo di antiparassitari in modo non eccessivo rispetto alle reali esigenze produttive.*

Tutto ciò che si è detto riguardo alle attività agrarie è, nei fatti, da attribuire all'impatto antropico sui suoli. Si vuole però di seguito sottolineare altri aspetti importanti delle modificazioni indotte dall'uomo sulla risorsa suolo.

degli orizzonti superficiali. *Riduzione del numero di lavorazioni e riduzione della profondità di aratura.*

6. Modifica della naturale successione degli orizzonti: livellamenti realizzati a rilevante profondità, su ampie superfici, conducono alla eliminazione della naturale successione degli orizzonti pedologici, con rischio di emersione degli strati profondi poveri di sostanza organica e di elementi nutritivi e frequentemente ricchi di ghiaie.

*Riduzione dei livellamenti a piccole superfici, utilizzi di sistemi di irrigazione che non richiedono il livellamento dei campi (a pioggia, a goccia).*

7. Induzione di condizioni di idromorfia: la periodica sommersione delle camere di risaia genera condizioni di episaturazione (condizioni "antraquiche"), che si evidenziano per l'evidente riduzione del ferro negli orizzonti superficiali (colori grigi), mentre negli orizzonti più profondi sono i colori bruni e rossastri (ferro ossidato) a prevalere. *Riduzione della coltura del riso in sommersione.*

8. Contaminazione: l'utilizzo di fertilizzanti (chimici e organici) e di antiparassitari può indurre ad una contaminazione del suolo,

Le modificazioni possono essere indotte per via indiretta o diretta. Per via indiretta si cita ad esempio l'abbassamento delle falde che si è registrato costantemente negli ultimi decenni in Piemonte, a causa soprattutto dell'aumento costante dei prelievi. In questo modo aree un tempo paludose possono essere oggi poste a coltura, senza particolari problemi, mentre aree che avevano a supporto delle colture una falda non troppo profonda si trovano ad avere necessità di apporti idrici notevoli, per ottenere adeguate produzioni. Anche dal punto di vista della pedogenesi, suoli un tempo caratterizzati da idromorfia permanente possono essere sottoposti, gradualmente, ad una parziale riossidazione degli orizzonti più superficiali.





Tre aspetti tra i più eclatanti della realtà regionale, ascrivibili alle modifiche per via diretta, sono l'urbanizzazione, l'apertura di cave per estrazione di materiali (ghiaia, sabbia, argilla) e la realizzazione di discariche per i rifiuti. Queste attività, ovviamente necessarie, sono però spesso effettuate senza tenere in debito conto che il suolo cementificato - o asportato dalle operazioni di estrazione per la realizzazione di cave o discariche - viene eliminato per sempre, perdendo completamente le potenzialità di immagazzinamento idrico, di produzione agraria e di protezione delle acque superficiali e sotterranee.

E' auspicabile che nel prossimo futuro la qualità del suolo che si ha in progetto di cementificare - o asportare - sia uno dei parametri fondamentali da prendere in considerazione, per evitare il rischio che i suoli migliori dal punto di vista della produzione e quelli di maggior valore naturalistico, vengano eliminati per sempre da interventi non lungimiranti.





## CAPITOLO 2

### ATTUAZIONE DEL PROGETTO PILOTA A SCALA REGIONALE

#### 2.1 IL PROGETTO PILOTA

Sulla base del Progetto CLIMAGRI in Piemonte, il 19% del territorio, pari a 4.852 su 25.399 km<sup>2</sup>, è a rischio desertificazione.

Nel Dicembre 2007, è stato pertanto sottoscritto, tra il Ministero dell' Ambiente e per la Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per la Difesa del Suolo e la Regione Piemonte - Direzione Ambiente, uno specifico Accordo di Collaborazione con l'obiettivo di sviluppare un "Progetto pilota per contrastare fenomeni di siccità e desertificazione nel territorio della Regione Piemonte".

Di seguito si forniscono dettagliate informazioni sul resoconto finale delle attività previste dal suddetto Progetto Pilota.

#### 2.2 INQUADRAMENTO E OBIETTIVI

La Direzione Ambiente, in qualità di soggetto incaricato per lo sviluppo e l'attuazione del "Progetto pilota di lotta alla siccità ed alla desertificazione per il territorio della Regione Piemonte", ha inteso articolare le attività progettuali in piena coerenza con le cinque fasi individuate dalle "Linee Guida" allegate all'Accordo di collaborazione di cui al punto precedente, che prevedono:

- la mappatura e delimitazione delle aree a rischio di desertificazione sul territorio regionale;
- la definizione dei possibili interventi di prevenzione e mitigazione;
- la realizzazione di un intervento di prevenzione e di mitigazione a carattere sperimentale e/o dimostrativo.

Per il raggiungimento degli obiettivi dettati dalle suddette linee guida è stato ritenuto utile sottoscrivere una specifica Collaborazione istituzionale con i seguenti Soggetti:

- Università di Torino: Dipartimento di

Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale (DEIAFA);

- Università di Torino: Dipartimento di Economia "S. Cognegni de Martiis" (Di. Ec.);

- Istituto per le Piante da Legno e l' Ambiente (IPLA S.p.A.) - Torino.

Un'attività finalizzata all'attuazione di un progetto pilota per contrastare fenomeni di siccità e desertificazione nel territorio regionale è infatti di interesse della Regione Piemonte - Direzione Ambiente, per assolvere ai propri compiti istituzionali, derivanti dall'art. 93 - comma 2, del Decreto legislativo n. 152/2006 e dei suddetti Organismi di ricerca quale attività di applicazione della metodologia ESAs (Environmentally Sensitive Areas) a tutto il territorio regionale, finalizzata alla predisposizione, su specifiche aree critiche, di linee di intervento di prevenzione e di mitigazione dei processi di degrado strettamente legati alla siccità ed alla desertificazione;

Il Raggruppamento scientifico specificamente costituito ha proceduto allo sviluppo del progetto pilota in coerenza con gli indirizzi forniti dalla linee guida sopra citate e con l'intento di perseguire tre principali obiettivi:

- estendere l'applicazione della metodologia ESAs a tutto il territorio della Regione Piemonte al fine di pervenire alla pre-



disposizione di una cartografia, in scala 1:250.000, delle aree soggette o minacciate da fenomeni di siccità, degrado del suolo e processi di desertificazione;

-introdurre una valutazione socio-economica dei danni ambientali ed economici derivanti da siccità e desertificazione in quanto la desertificazione può essere interpretata ed analizzata con riferimento a due classi di problemi: quelli relativi ad una sua origine naturale e quelli relativi ad una sua origine antropica, (abbandono o eccessivo sfruttamento del territorio);

-procedere alla individuazione di linee di intervento di prevenzione e di mitigazione di processi di degrado strettamente legati con la siccità e la desertificazione ed in particolare alla realizzazione di due interventi dimostrativi di prevenzione/mitigazione in Alta Valle di Susa - Bacini Idrografici Gailambra e Perilleux.

Per la completa attuazione delle attività progettuali e con riferimento agli indirizzi della Comunicazione (COM(2006)231) riguardante la

Strategia Tematica europea per la Protezione dei suoli e della relativa proposta di Direttiva (COM(2006)232), sono state pertanto individuate le seguenti fasi di lavoro:

*Fase 1 - Acquisizione dei dati e strutturazione degli stessi ai fini della costruzione delle categorie di indici previsti dalla metodologia ESAs.*

La schematica logicità di tale applicazione metodologica permette, a partire dalle singole caratteristiche fisiche, climatiche e di gestione del territorio il calcolo di singoli indici di qualità:

- Indice di Qualità del Suolo (SQI - Soil Quality Index);
- Indice di Qualità del Clima (CQI - Climate Quality Index);
- Indice di Qualità della Vegetazione (VQI - Vegetation Quality Index);
- indice di Qualità di Gestione del Territorio (MQI - Management Quality Index).

La successiva aggregazione e combinazione dei suddetti 4 indici sintetici permette la determinazione dell'indice finale di sensibilità ESAI (Environmentally Sensitive Areas to desertification Index).

*Fase 2 - Mappatura e delimitazione delle Aree a rischio di desertificazione nel territorio della Regione Piemonte.*

In questa fase, funzionalmente alla realizzazione della copertura geografica, in scala 1:250.000, delle aree a rischio di desertificazione, è prevista la realizzazione di carte tematiche derivanti dall'applicazione della metodologia ESAs sia per quanto riguarda gli indici sintetici e sia per ogni singolo indicatore.

*Fase 3 - Individuazione delle misure e delle azioni di mitigazione e di lotta alla desertificazione.*

Schema della metodologia ESAs



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

Sulla base delle criticità riscontrate nella precedente Fase 2 di caratterizzazione e classificazione delle aree soggette a rischio di desertificazione, si procederà all'individuazione di possibili misure/azioni di prevenzione e miti-



gazione finalizzate a contrastare i processi di degrado in atto.

*Fase 4 - Realizzazione di interventi di prevenzione e mitigazione a carattere sperimentale e/o dimostrativo.*

In questa fase è prevista la realizzazione di due interventi a carattere sperimentale/dimostrativo. Con riferimento ai Piani pluriennali di Manutenzione Ordinaria (PMO) del territorio montano, elaborati dalle Comunità Montane, ai sensi dell'art. 8, comma 4, della l.r. n. 13/1997 che ne garantisce la copertura finanziaria, è stato possibile procedere, con la collaborazione dell'Autorità d'Ambito n. 3 - Torinese, della Comunità Montana Alta Valle Susa e con il supporto tecnico del Consorzio Forestale Alta Valle Susa, all'individuazione di due specifici interventi la cui realizzazione consentirà di contrastare fenomeni di degrado del suolo e rimediare a situazioni di carenza idrica.

*Fase 5 - Attività di informazione e di sensibilizzazione.*

Nel corso del periodo di svolgimento delle attività di progetto è prevista la programmazione di attività di informazione e sensibilizzazione rivolte ai vari livelli istituzionali ed ai cittadini. E' prevista inoltre la realizzazione di una

postazione-mostra e laboratorio, che consenta attraverso modalità interattive ed innovative il trasferimento, ad un pubblico non esperto, delle informazioni e delle problematiche legate ai processi di degrado che possono innescare il fenomeno della desertificazione.

*Fase 6 - Attività di integrazione con attività internazionali.*

Il progetto, pur non prevedendo dirette azioni di "gemellaggio" con progetti in ambito internazionale, presenta elementi di interazione con alcune attività internazionali delle quali la Sezione di Idraulica Agraria del Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale (DEIAFA), dell'Università degli Studi di Torino, è stata referente scientifico. Di tali attività e dei relativi risultati sarà fornita una sintetica descrizione nello specifico paragrafo.





## CAPITOLO 3

### DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ SVOLTA

Con riferimento alle fasi di lavoro precedentemente richiamate si fornisce la descrizione relativa ai risultati ottenuti mediante lo sviluppo delle attività previste da ciascuna fase.

#### **3.1 FASE I: ACQUISIZIONE DATI E STRUTTURAZIONE DEGLI ARCHIVI**

Questa prima fase di attività funzionale alla raccolta ed alla successiva strutturazione dei dati necessari per la costruzione degli indici previsti della metodologia ESAs è stata svolta in stretta collaborazione tra IPLA S.p.A. ed i Dipartimenti dell'Università di Torino.

In particolare i dati meteorologici giornalieri di pioggia, delle Temperature massime e minime dell'aria e della velocità del vento sono stati forniti dalla rete di ARPA Piemonte e dalla Rete Agro-Meteorologica (RAM) regionale. Al fine di consentire il calcolo dell'Indice di Qualità del Clima i dati sono stati elaborati dal DEIAFA-Sez. Idraulica Agraria, aggregati a scala pentadica e spazializzati su tutto il territorio Regionale.

I dati sull'uso del suolo sono stati estratti dalla "Carta forestale e dalle altre coperture del territorio", rilevata a scala 1:10.000 e restituita a scala 1:25.000. Tali elaborazioni, di proprietà della Regione Piemonte, derivano dai rilievi coordinati da IPLA S.p.a. e realizzati nell'ambito degli studi dei Piani Forestali Territoriali (PFT). I dati suddetti sono stati forniti al DEIAFA-Sez. Idraulica Agraria per l'elaborazione dell'indice di qualità della vegetazione (VQI).

I dati pedologici sono stati derivati da IPLA dalla relativa carta dei suoli a scala 1:250.000. Tali dati sono stati utilizzati dal DEIAFA-Sez. Idraulica Agraria in modo diretto per il calcolo dell'Indice di Qualità del Suolo ed in modo indiretto per la stima delle proprietà idrologiche del suolo necessarie per l'elaborazione dei bilanci idrici utilizzati nel calcolo dell'Indice di Qualità del Clima.

#### **3.1.1 INDICE DI QUALITÀ DEL SUOLO (SQI)**

L'indice di Qualità del Suolo rappresenta la sintesi di alcune conoscenze su caratteristiche e qualità fondamentali che influenzano direttamente la facilità con la quale avvengono (o possono avvenire) fenomeni di degradazione. Una qualità "Alta" indica suoli meno soggetti a fenomeni di degrado, mentre una qualità "Bassa" individua suoli che con maggiore facilità possono subire danni rilevanti.

L'Indice di Qualità del Suolo richiede la conoscenza di alcuni parametri per la sua elaborazione. In particolare la metodologia ESAs prevede i seguenti parametri:

- la roccia madre;
- la tessitura;
- la pietrosità;
- la profondità;
- il drenaggio;
- la pendenza,
- contenuto di carbonio organico

Tutte le elaborazioni che sono di seguito descritte, sono state svolte a partite dagli oltre 10.000 dati presenti negli archivi del Sistema Informativo Podologico (SIP) dell'IPLA S.p.A. e dai dati della Carta dei Suoli del Piemonte a scala 1:250.000 (consultabile sul sito della Regione al seguente indirizzo internet:

[http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli\\_terreni/suoli1\\_250/carta\\_suoli.htm](http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/suoli1_250/carta_suoli.htm))

Si sottolinea peraltro che la scala 1:250.000 corrisponde alla scala di riferimento richiamata nella normativa per la redazione delle carte sul rischio di desertificazione.

Roccia madre:

Molte delle caratteristiche di un suolo derivano dalle proprietà chimiche e fisiche del substrato litologico (roccia madre) da cui trae origine. Suoli originatisi su substrati litologici differenti reagiscono in maniera differente ai fenomeni erosivi e portano a gradi differenti di desertificazione.

Le informazioni sulle unità litologiche presenti nel territorio regionale sono state ottenute dalla carta delle Unità Litologiche 1:100.000, redatta dalla Regione Piemonte - Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi.

Tessitura

Le caratteristiche tessiturali di un suolo risultano essere di fondamentale importanza per la definizione di alcuni aspetti fisici del sistema pedologico, in particolare la capacità di ritenzione idrica, l'erosibilità, la stabilità degli aggregati e la formazione di croste superficiali. Per esempio i suoli a tessitura sabbiosa tendono a essere più sensibili alla siccità di quelli argillosi perché riescono a trattenere meno acqua e questa viene assorbita dalla vegetazione con maggiore rapidità.

L'elaborazione effettuata nell'ambito della presente ricerca ha preso in considerazione solo i primi 30 cm di suolo (detto "topsoil") in quanto

Classe	Roccia madre	Indice
1	Depositi alluvionali a prevalenti ghiaie sabbie limi.	2.0
2	Depositi morenici a blocchi ghiaie sabbie limi.	1.0
3	Banchi e livelli argillosi con sabbie da fini a grossolane.	1.4
4	Sabbie da fini a medie localmente con banchi e lenti isolate di arenarie.	1.4
5	Argille e marne argillose, marne con locali intercalazioni di conglomerati.	2.0
6	Strati di marne con interstratificazioni ritmiche di sabbie e arenarie.	2.0
7	Siltiti marnose; subordinate intercalazioni arenacee e lenti conglomeratiche.	2.0
8	Arenarie e conglomerati in potenti bancate con livelli marnosi e arenaceo marnosi.	1.4
9	Alternanze di argille, marne, calcari complessi componente argillosa prevalente.	1.4
10	Serpentiniti, lherzoliti, anfiboliti, prasiniti, metagabbri.	1.0
11	Calcescisti con intercalazioni filladiche e lenti di calcari cristallini e di prasiniti.	1.0
12	Dolomie e calcari microcristallini, calcari dolomitici, brecce calcaree.	1.4
13	Gneiss minuti, micascisti, scisti filladici, scisti porfiroidi, quarzitoscisti.	1.4
14	Gneiss occhiadini per lo più massicci, gneiss migmatitici.	1.4
15	Graniti, sieniti, dioriti, migmatiti granitiche, gabbrodioriti, porfiriti, ignimbriti riolitiche.	1.4

Tabella 1. Tipi di roccia madre e corrispondente indice di desertificazione.



ritenuto sicuramente di maggior interesse ai fini del rischio di desertificazione. Rispetto alla tessitura sono stati considerati circa 3000 profili che riportano, archiviata in banca dati, l'analisi della tessitura. La selezione di questi punti e la loro univoca attribuzione ad una delle oltre 400 Unità cartografiche della carta dei suoli a scala 1:250.000, ha consentito di individuare una tessitura media di ciascuna unità. (Figura 3). Oltre alla classe tessiturale (riferita al triangolo proposto dallo United States Department

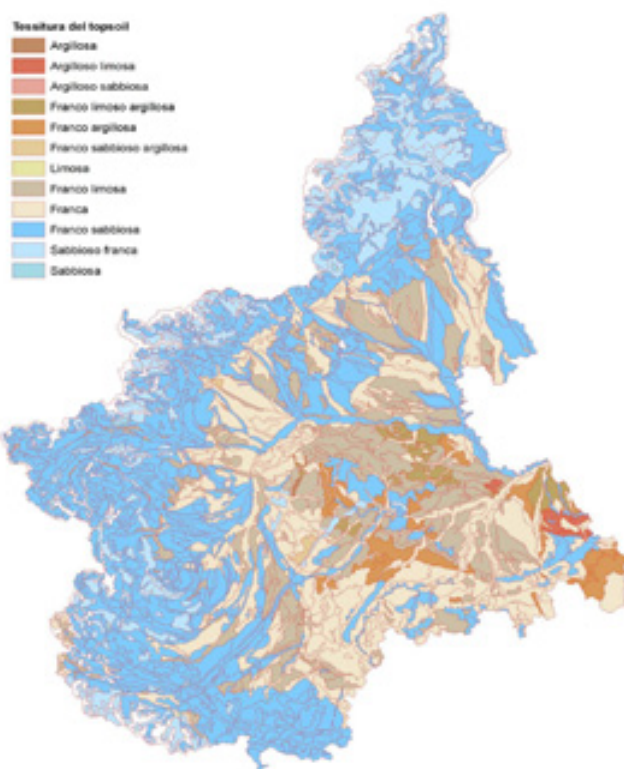


Figura 3 - Carta della Tessitura del Topsoil

of Agriculture - USDA), per riuscire a differenziare maggiormente le diverse Unità cartografiche, sono state individuate, per le tre principali classi granulometriche della terra fine (sabbia, limo e argilla), delle percentuali di riferimento da utilizzare nelle elaborazioni successive.

Le classi tessiturali del suolo state riclassificate, ai fini di valutare il rischio di desertificazione in relazione alla loro capacità di trattenere acqua per lo sviluppo vegetale e di resistere ai processi erosivi come illustrato dalla tabella 2.

Classe	Classe tessiturale	Indice
1	F, FSA, FS, SF, FA	1.0
2	SA, FL, FLA	1.2
3	L, A, AL	1.6
4	S	2.0

Tabella 2. Classi tessiturali e rispettivi valori dell'indice di desertificazione

Scheletro

Lo scheletro rappresenta la frazione minerale del suolo con granulometria superiore a 2 mm. Se in un suolo è presente un'elevata percentuale

di scheletro questo sarà rustico, di difficile lavorazione, con valori di permeabilità direttamente proporzionali alla percentuale di scheletro e potenziali di stock idrico ragionevolmente diminuiti in funzione del volume occupato dagli elementi lapidei. Lo stesso accrescimento della vegetazione, in condizioni di elevata pietrosità può trovare un ostacolo piuttosto marcato.

La percentuale di scheletro (pietrosità) in volume è un dato che è stato valutato dai rilevatori direttamente in campagna in fase di indagine pedologica. Per quanto riguarda l'elaborazione di questo parametro, oltre ai dati dei profili pedologici sono stati utilizzati anche i dati delle trivellate e le valutazioni sulla percentuale di copertura dello scheletro sulla superficie del suolo (dato anche questo presente nella banca dati pedologica). Analogamente a quanto effettuato per la tessitura, anche in questo caso si è prodotto un dato medio attribuito a ciascuna Unità cartografica della Carta dei suoli del Piemonte a scala 1:250.000 (Figura 4).

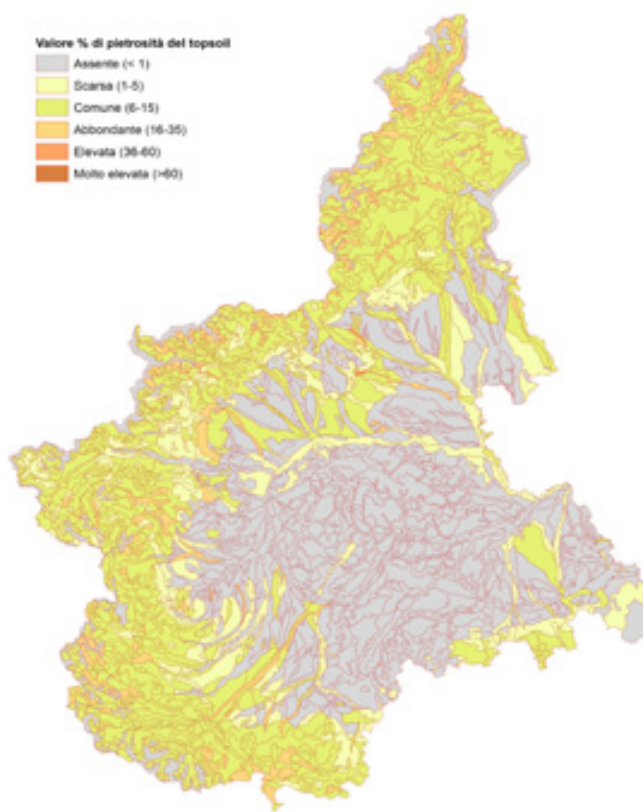


Figura 4 - Carta della Pietrosità del Topsoil



A differenza della tessitura, derivata dalle analisi effettuate nei laboratori dell'IPLA S.p.A., in questo caso si deve tenere conto che rilevatori diversi in anni diversi possono aver dato valutazioni relativamente differenti su un parametro non sempre facile da stimare.

Per contro tuttavia si deve tenere in considerazione l'elevatissimo numero di osservazioni che riducono al minimo l'influenza di eventuali errori di valutazione.

Classe	Pietrosità (%)	Indice
1	> 15	1.0
2	5 - 15	1.3
3	< 5	2.0

Tabella 3. Classificazione della pietrosità e rispettivo indice di desertificazione

### Drenaggio

Nella metodologia originale di calcolo dell'ESAI viene considerata la capacità di drenaggio in quanto, in ambiente mediterraneo, può considerarsi uno dei fattori chiave nella regolazione dei processi di salinizzazione, i quali, oltre a provocare radicali cambiamenti nel bi-

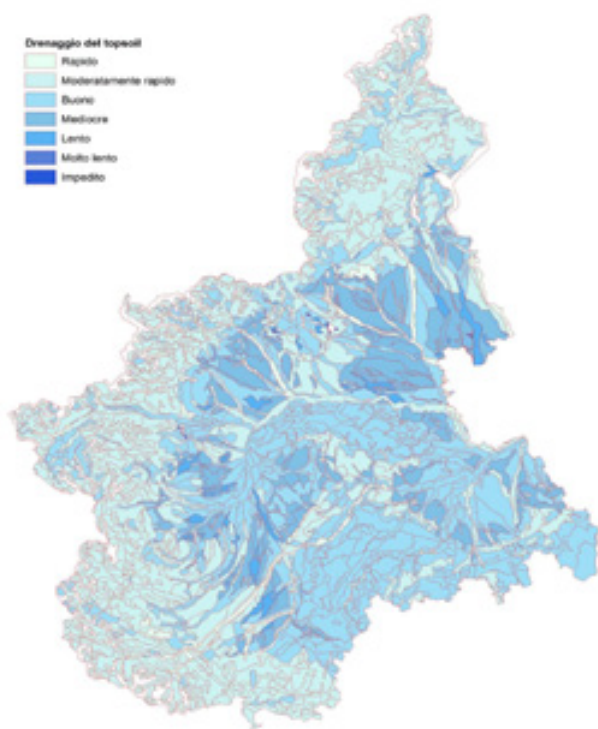


Figura 5 - Carta del Drenaggio

lancio idrico del suolo, creano una situazione sfavorevole alla crescita della vegetazione e, di conseguenza, anche alle colture agrarie.

La capacità di drenaggio di un suolo, legata direttamente a numerosi parametri fisici del suolo stesso (ma non solo) che vanno dalla tessitura alla struttura, alla frequenza e alla durata dei periodi di saturazione, può essere ragionevolmente valutata grazie alla presenza/assenza di caratteri idromorfi negli orizzonti pedologici (colori grigi conseguenti alla presenza di ferro allo stato ridotto).

Nella realtà piemontese l'accumulo di sali può ancora essere considerato un fenomeno che non desta preoccupazione, quindi, il ruolo svolto dal drenaggio, è stato rivisto considerando che un suolo poco drenante ostacola i processi di infiltrazione verso gli orizzonti profondi del suolo, contribuendo, durante eventi piovosi particolarmente intensi, alla formazione di ruscellamento superficiale. Inoltre un suolo molto poco drenante è più facilmente soggetto a fenomeni di idromorfia che condizionano negativamente lo sviluppo della vegetazione o può essere interessato da processi erosivi in presenza di pendenze più o meno accentuate.

Le sette classi di drenaggio proposte dalla cartografia a disposizione sono state quindi riclassificate come riassunto dalla seguente tabella 4.

L'incrocio con la Carta dei Suoli regionale a scala 1:250.000, analogamente a quanto effettuato per tessitura e pietrosità, ha consentito di evidenziare la classe di drenaggio e permeabilità prevalente per ognuna delle Unità cartografiche (Figura 5).

Classe	Classi di drenaggio	Indice
1	Rapido, moderatamente rapido	1.0
2	Buono, mediocre	1.2
3	Lento, molto lento, impedito	2.0

Tabella 4. Classi di drenaggi o e relativo indice di desertificazione

### Profondità utile

All'interno della metodologia ESAs si parla genericamente di profondità del suolo. In que-

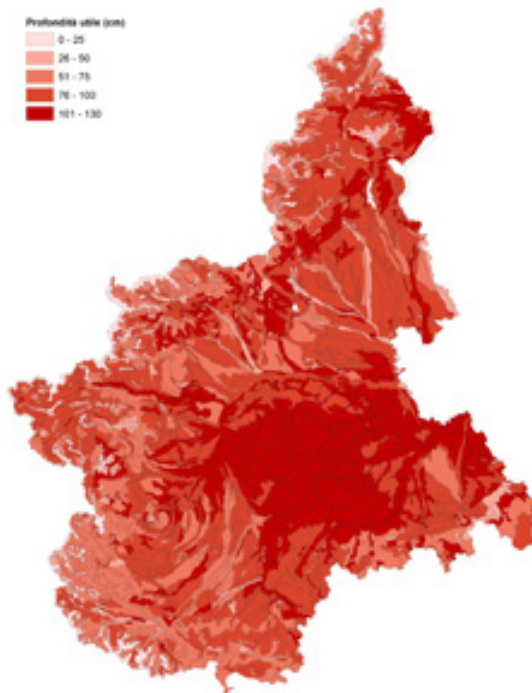


Figura 6 - Carta della Profondità utile.

sto caso si è ritenuto più opportuno elaborare il dato di profondità utile del suolo, intesa come la profondità alla quale possono scendere senza particolari limitazioni gli apparati radicali delle piante. Si assume come orizzonte limitante l'approfondimento radicale quello che presenta una radicabilità (percentuale di volume esplorabile dalle radici) minore o uguale al 30%. Tale scelta è stata attuata in considerazione del fatto che quando si parla di degrado del suolo si intende in larga misura una diminuzione della capacità dello stesso di sostenere una adeguata copertura vegetale o produzioni agro-silvo-pastorali.



L'assegnazione di una profondità utile media ad ogni Unità cartografica ha richiesto elaborazioni più complesse rispetto a quelle sino ad ora descritte. In questo caso infatti il dato non è presente in tutte le

osservazioni della banca dati ma solo in alcune migliaia di esse, concentrate peraltro nelle aree di rilevamento degli ultimi 10-15 anni. Prima di tale periodo, infatti, questo dato non veniva sistematicamente valorizzato.

Per tale motivo, al fine di raggiungere il risultato richiesto, è stato necessario procedere parallelamente con diverse elaborazioni: da una parte selezionando le osservazioni con il dato direttamente rilevato e conseguentemente assegnato alle Unità cartografiche, estendendolo alle aree prive di rilievi diretti. I due approcci sono stati infine corretti nelle Unità cartografiche che evidentemente mostravano dati non conformi alle conoscenze attuali dei suoli (Figura 6).

Classe	Profondità (cm)	Indice
1	> 100	1.0
2	75 - 100	1.2
3	51 - 75	1.6
4	< 50	2.0

Tabella 5. Classi di profondità utile del suolo e relativo indice di desertificazione

#### Pendenza

La pendenza è, tra le variabili morfologiche, quella che ha una relazione più diretta non solo con i fenomeni idrologici ma anche con la stabilità dei versanti ed il tipo di vegetazione. Al crescere della pendenza il deflusso dell'acqua è più rapido e aumenta la capacità erosiva e la probabilità del verificarsi di dissesti lungo i versanti.

La carta delle pendenze è stata ricavata attraverso l'elaborazione del Data Elevation Model (DEM). Le classi di pendenza che definiscono le diverse classi del relativo indice di desertificazione sono state modificate rispetto alla metodologia originale. Tale modifica è stata apportata in modo da considerare classi di pendenza standard che trovano ampio riscontro in letteratura.

Classe	Pendenza (%)	Indice
1	< 5	1.0
2	6 - 20	1.2
3	21 - 40	1.5
4	41 - 60	1.7
5	> 60	2.0

Tabella 6. Classificazione della pendenza e relativo indice di desertificazione

Contenuto di carbonio organico

I dati relativi al carbonio organico, disponibili alla scala 1:250.000 per l'intero territorio regionale, sia in percentuale che in peso per ettaro, sono stati recentemente acquisiti nell'ambito di un progetto regionale che aveva l'obiettivo di individuare l'attuale capacità dei suoli piemontesi di trattenere il carbonio in forma organica. I dati, relativi al cosiddetto topsoil (i primi 30 centimetri di suolo), hanno indubbiamente una valenza centrale rispetto a tutti gli aspetti legati alla capacità dei suoli di trattenere l'acqua e, relativamente al rischio di degrado o degrado attuale, a quelli connessi alla fertilità del suolo, intesa come capacità di fornire adeguato sostentamento alle colture in termini di disponibilità di elementi nutritivi.

Va ricordato che l'utilizzo del quantitativo di carbonio organico nei suoli non è espressamente ed esplicitamente previsto nel calcolo dell'Indice di Qualità del Suolo. Ciononostante si è ritenuto che fosse elemento centrale per l'interpretazione della variabile suolo, in parti-

colar modo rispetto alle evidenze o i rischi di degrado o, addirittura, di desertificazione.

Il contenuto di carbonio organico del suolo è in gran parte compreso fra i costituenti della frazione solida ed è di prevalente origine biologica. La sua influenza si manifesta in particolare nella struttura del suolo oltre che sulla capacità di scambio cationico, sulla porosità e sulle proprietà di ritenzione idrica, contribuendo significativamente a migliorare la fertilità di un terreno.

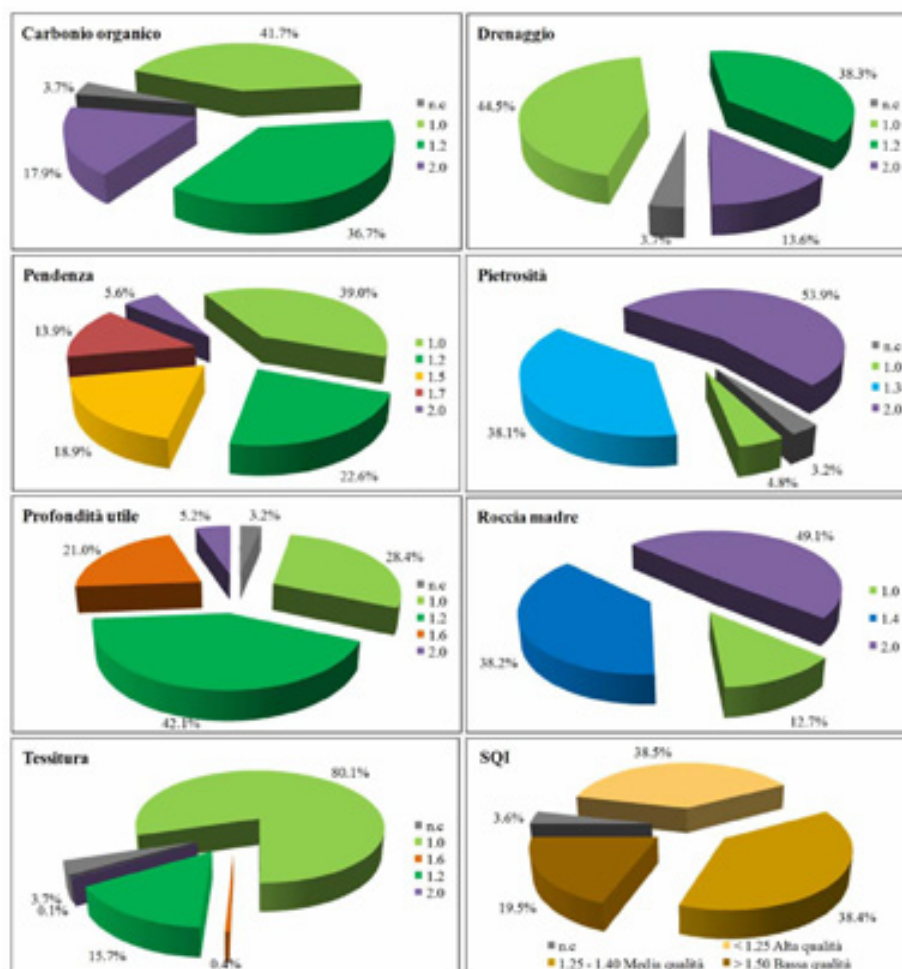


Figura 7 - Suddivisione del territorio regionale rispetto all'indice di qualità del suolo (SQI) ed alle componenti che concorrono alla sua elaborazione

Come risultato un suolo ricco di carbonio organico ha una maggiore resistenza alla compattezza e una propensione all'erodibilità inferiore. Infine un elevato quantitativo di sostanza organica favorisce le condizioni ottimali per lo sviluppo e la funzione attiva della biomassa vegetale.



Classe	Carbonio organico (%)	Indice
1	> 0,025	1.0
2	0,01 - 0,025	1.2
3	< 0,01	2.0

Tabella 7. Contenuto di carbonio organico nel suolo e relativo valore dell'indice di desertificazione

### L'elaborazione dell'Indice di Qualità del suolo

Attraverso le elaborazioni riguardanti i parametri sopra descritti è stato possibile procedere al calcolo dell'Indice di Qualità del Suolo (SQI).

Il processo di calcolo e la successiva restituzione cartografica dell'indice è stato sviluppato dal DEIAFA in collaborazione con i pedologi dell'IPLA S.p.A.

### 3.1.2 INDICE DI QUALITÀ DEL CLIMA (CQI)

Per il calcolo dell'Indice di Qualità del Clima sono stati considerati due diversi parametri:

- il cumulato semestrale di precipitazioni;
- l'Indice di Aridità.

Le elaborazioni sono state effettuate a partire dalle serie giornaliere (dal 1990 al 2007) di dati di pioggia, temperatura e velocità del vento fornite dalla rete di stazioni meteorologiche gestite da Arpa Piemonte e quelle della Rete Agrometeorologica Regionale, per un totale di 450 stazioni.

#### Spazializzazione dei dati meteorologici

La generazione di mappe che descrivano la distribuzione spazializzata di una grandezza misurata in un numero finito di punti sparsi sul territorio rappresenta un problema ricorrente in numerose discipline, in particolar modo nelle scienze agrarie e forestali.

Prima di passare alla fase di spazializzazione delle variabili meteorologiche, i dati delle singole stazioni sono stati sottoposti a una prima elaborazione al fine di individuare, ed eliminare, eventuali dati anomali (outliers) e quindi a una procedura di ricostruzione dei dati mancanti nelle serie delle singole stazioni mediante regressione lineare in modo da ottenere un da-

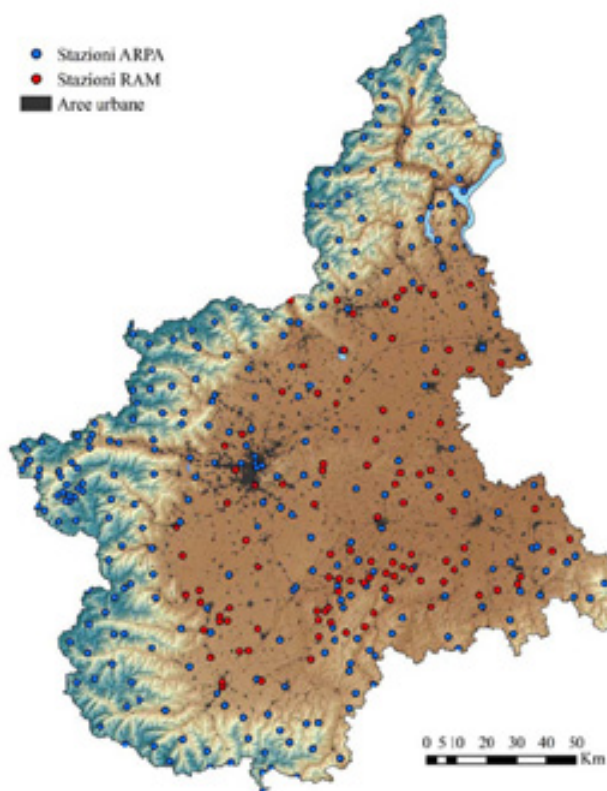


Figura 8 - Distribuzione delle stazioni meteorologiche all'interno del territorio regionale

tabase climatico quanto più completo possibile.

I dati utilizzati fanno riferimento ad un arco temporale di 18 anni, dal 1990 al 2007. La Figura 8 illustra la distribuzione delle stazioni meteo utilizzate, appartenenti alle reti di misura gestite dalla RAM (Rete Agrometeorologica Regionale) e dall'ARPA Piemonte.

Dopo un'analisi delle differenti tecniche di interpolazione disponibili nei pacchetti software di geostatistica si è scelto di utilizzare per le temperature il metodo della regressione multivariata, mentre per le precipitazioni e la velocità del vento, è stato impiegato il metodo delle *Splines*.

Tutte le grandezze meteorologiche sono state spazializzate con passo temporale pentadico e con una risoluzione di 250 m/pixel in quanto si ritiene che questa scala rappresenti un buon compromesso tra il dettaglio temporale e i tempi di calcolo per effettuare le elaborazioni.

## Temperature

Per ciò che concerne le temperature massime e minime è stato utilizzato un metodo basato sulla regressione multivariata.

Tale tecnica permette di relazionare il valore di una variabile a diverse variabili territoriali: quota, esposizione e pendenza dei versanti, dislivello rispetto al fondovalle più vicino e copertura del suolo. Per ogni stazione di misura sono stati definiti i valori relativi a questi 5 fattori che sono stati utilizzati per la calibrazione dell'algoritmo interpolatore secondo un'equazione del tipo:

$$T = a \cdot Q + b \cdot Rad + c \cdot Pen + d \cdot Q_f + e \cdot BTC + T_0$$

Dove Q è la quota altimetrica (metri); Rad è la radiazione solare ( $W/m^2/anno$ ); Pen è la pendenza dei versanti (gradi);  $Q_f$  rappresenta elevazione dal fondovalle più vicino (metri); BTC è la biopotenzialità territoriale ( $Mcal/m^2/anno$ );  $T_0$  è il dato noto.

I valori di Q, Pen,  $Q_p$  sono stati elaborati dal DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) prodotto dalla NASA ricampionato a 250 metri. La radiazione solare è stata stimata a partire dal DEM mediante un modello in ambiente GIS che sfrutta un l'algoritmo da Rich et al. (1994), e successivamente sviluppato da Fu and Rich (2000-2002). I valori di BTC sono stati definiti invece sulla base della carta dell'uso del suolo (IPLA), riclassificandola con i valori di BTC suggeriti da Ingegnoli (2002, 2003). La procedura di interpolazione è stata sviluppata ed implementata in ambiente di programmazione IDL (Interactive Data Language), in collaborazione con l'Ing. E. Borgogno della Sezione di Topografia del DEIAFA.

## Precipitazioni e velocità del vento

Per quanto concerne le precipitazioni e la velocità del vento i dati sono stati interpolati tra di loro, utilizzando il metodo classico delle Splines: metodologia comunemente adottata per l'interpolazione di questo tipo di dati.

Le *Splines* infatti sono funzioni interpolanti co-

stituite da un insieme di polinomi raccordati tra loro utilizzati per interpolare una serie di punti in modo continuativo. Esse sono costituite da polinomi continui "a tratti". Rispetto ai comuni polinomi utilizzati per l'interpolazione di dati, le Splines risultano essere più stabili (ovvero rappresentano curve meno oscillanti rispetto ai polinomi classici tradizionali). Per maggiori dettagli si rimanda all'abbondante letteratura geostatistica dedicata.



### Cumulato semestrale di precipitazioni (PI)

Il cumulado annuo di precipitazioni previsto nella metodologia originale ed il relativo criterio di attribuzione dell'indice sono stati rivisti in modo tale da meglio rappresentare il ruolo della componente pluviometrica del territorio della Regione Piemonte.

Per ogni anno del periodo considerato è stato calcolato il valore cumulado delle precipitazioni lungo il periodo compreso tra Marzo ed Agosto e i risultati sono stati mediati tra di loro in modo da ottenere un valore medio annuo della quantità di precipitazione per ogni cella della griglia.

In funzione di tale valore è stato attribuito l'*Indice di Precipitazione (PI)*, secondo la classificazione riportata nella seguente tabella 8.

Classe	Precipitazioni (mm)	PI
1	> 700	1.0
2	450-700	1.5
3	< 450	2.0

Tabella 8. Classificazione del cumulado di precipitazioni e valore del relativo indice.

### Indice di Aridità (AI)

A differenza da quanto originariamente proposto nella metodologia originale, secondo cui l'indice di aridità deve essere calcolato attraverso la formula di Bagnouls-Gaussen (1953), l'indice di aridità utilizzato nel presente studio è basato su un modello di bilancio idrico, simile a quello utilizzato dal S.A.R. (Servizio Agrometeorologico Regionale della Regione Sardegna), in cui viene presa in considerazione anche la componente pedologica (profondità, punto di appassimento e capacità di campo).

L'approccio offerto da tale metodologia fornisce un dato più esaustivo e differisce in modo sostanziale in tal modo dall'indice di Bagnouls-Gaussen, e dagli altri numerosi indici bioclimatici disponibili in letteratura, che sono elaborati esclusivamente sulla base di partire da parametri meteorologici.

A livello pratico, infatti, un bilancio idrico del suolo a scala territoriale assume rilevante importanza ai fini della valutazione della disponibilità spaziale e temporale della risorsa idrica, (e quindi della sua salvaguardia), consentendo peraltro l'individuazione delle zone soggette, per particolari condizioni climatiche o pedologiche, a un maggiore stress idrico.

In questo studio, al fine della redazione del bilancio idrico, è stato utilizzato il modello di Tournon (1981). Questo modello rientra nella categoria dei modelli "a serbatoio", in quanto il contenuto idrico del suolo può essere paragonato alla risalita o discesa del livello idrico all'interno di un serbatoio. Il livello dell'acqua aumenta quando le precipitazioni superano l'evapotraspirazione, mentre scende quando l'evapotraspirazione è più alta rispetto alle precipitazioni. Se l'umidità del suolo supera la capacità di campo dello strato utile considerato (30 cm), l'acqua in eccesso viene allontanata sotto forma di ruscellamento superficiale o filtrazione verso gli orizzonti più profondi. In entrambi i casi viene supposto che l'acqua in eccesso fuoriesca dal "serbatoio" e venga persa. Per una trattazione più dettagliata del modello si rimanda ai paragrafi seguenti.

### Caratteristiche di ritenzione idrica dei suoli

Il suolo ricopre un ruolo di assoluta rilevanza nella determinazione dei volumi d'acqua immagazzinati. La stima delle caratteristiche idrologiche del suolo diventa dunque il primo passo necessario alla redazione di un bilancio idrico. Così come per le variabili meteorologiche, anche le informazioni relative alle proprietà del suolo sono state elaborate alla risoluzione di 250 m di lato per pixel.

Parte delle proprietà dei suoli del Piemonte (profondità utile, composizione granulometrica, scheletro e sostanza organica) sono state ricavate dalla Carta dei Suoli redatta dall'IPLA a scala 1:250000 in formato elettronico, mentre la capacità di campo ed il punto di appassimento sono stati ricavati utilizzando la procedura elaborata da Saxton et al. (2006), la quale permette, attraverso una serie di pedofunzioni, di calcolare i suddetti parametri a partire dai valori percentuali di sabbia, argilla e carbonio organico. Il contenuto di sostanza organica è stato ricavato indirettamente moltiplicando il contenuto medio di carbonio organico espresso in percentuale per il fattore di conversione di Van Bemmelen (Soil Survey Division Staff, 1993),



che si basa sull'assunzione secondo cui la sostanza organica del suolo contenga mediamente il 58 % di carbonio organico.

A partire dai dati di granulometria, scheletro e sostanza organica si è proceduto al calcolo della capacità di campo (CC), del punto di appassi-



mento (PA) e, successivamente, dell'acqua utilizzabile (RU). La quantità d'acqua utilizzabile nell'orizzonte di suolo considerato nel bilancio idrico è stata calcolata come differenza fra la capacità di campo ed il punto di appassimento. A tale valore è stata sottratta la percentuale di scheletro e moltiplicato il risultato per la profondità utile.

$$RU = CC - PA$$

### Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione (ET) è un fattore chiave nella modellazione dei processi idrologici e per la sua stima sono state proposte nel corso degli anni numerose formule. Nel presente lavoro l'evapotraspirazione effettiva a scala regionale è stata calcolata seguendo la metodologia descritta da Crago et al. (2010), a sua volta basata sulla Relazione di Complementarità (CR) tra evapotraspirazione potenziale ( $ET_0$ ) ed evapotraspirazione effettiva ( $ET_e$ ) sviluppata da Bouchet (1963). In condizioni ottimali l'evapotraspirazione effettiva è pari all'evapotraspirazione potenziale così come all'evapotraspirazione potenziale apparente ( $ET_p$ ), (Brutsaert, 2005). Man mano che il suolo si secca  $ET_e$  scende al di sotto di  $ET_0$  liberando l'energia che può aumentare il flusso di  $ET_p$ .

La relazione tra  $ET_e$  e  $ET_p$  è espressa dalla seguente formula:

$$ET_0 - ET_e = ET_p - ET_0$$

In accordo con Brutsaert e Strickler (1979)  $ET_0$  è stata calcolata con la formula di Priestley-Taylor (1972) mentre  $ET_e$  viene calcolata attraverso la formula di Penman (1948). L'evapotraspirazione effettiva potenziale è quindi data dalla seguente formula:

$$ET_p = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{(R_n - G) + \frac{\gamma}{\lambda} E_A}{\lambda}$$

Dove  $ET_p$  è l'evapotraspirazione potenziale apparente [ $\text{mm d}^{-1}$ ];  $\Delta$  è la pendenza della curva di pressione di vapore saturo [ $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ];  $\gamma$  è la

costante psicrometrica dell'aria [ $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ];  $R_n$  è la radiazione netta [ $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ];  $G$  è il flusso di calore del suolo [ $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ];  $\lambda$  è il calore latente di vaporizzazione [ $\text{MJ kg}^{-1}$ ];  $E_A$  è il potere essiccante dell'aria [ $\text{mm d}^{-1}$ ].

Il potere essiccante dell'aria EA è calcolato in funzione della velocità del vento e del deficit di pressione di vapore.

$$E_A = 0.26(1 + 0.5v_2)(e_s - e_a)$$

Dove  $v_2$  è la velocità media del vento a 2 metri di altezza [ $\text{m s}^{-1}$ ];  $e_s$  è la pressione di vapore a saturazione [ $\text{kPa}$ ];  $e_a$  è la pressione di vapore effettiva [ $\text{kPa}$ ].

Il calcolo delle variabili  $R_n$ ,  $\Delta$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$ ,  $e_s$ ,  $e_a$ ,  $G$ , è stato eseguito seguendo la metodologie descritte nel capitolo 3 e nell'allegato 3 del quaderno FAO56 (Allen et al., 1998).

### Bilancio idrico del suolo

Come accennato in precedenza, nel presente studio è stato utilizzato il modello di bilancio idrico proposto da Tournon (1981). In tale modello il suolo si comporta come un serbatoio, svuotandosi e riempiendosi in funzione dell'andamento delle precipitazioni e dell'evapotraspirazione.

Definiti i parametri necessari (acqua facilmente utilizzabile, punto di appassimento, precipitazioni ed evapotraspirazione) attraverso le metodologie sopra riportate, nel modello descritto da Tournon i valori di evapotraspirazione potenziale giornaliera  $ET_0$  vengono moltiplicati per il coefficiente  $f$ , il quale tiene in considerazione il contenuto idrico del suolo, al fine di ottenere un'evapotraspirazione reale giornaliera secondo la formula:

$$ET_e = fET_0$$

Il coefficiente  $f$  ha la funzione di correggere l'evapotraspirazione reale in funzione dell'evapotraspirazione potenziale e del contenuto idrico. L'acqua presente nel suolo viene resa

disponibile quando il potenziale matriciale presenta valori prossimi allo zero e fino a quando il contenuto idrico non raggiunge una determinata soglia dipendente dalla tipologia di suolo (e dal tipo di coltura). Per valori via via più scarsi di contenuto idrico, e di conseguenza valori più elevati di tensione matriciale, l'evapotraspirazione non è più funzione soltanto delle condizioni meteorologiche ma delle condizioni di umidità del suolo. Il coefficiente di evapotraspirazione  $f$  risulta dunque fornito dalla relazione:

$$f_i = \frac{w_i - w_{PA}}{RU}$$

Dove  $w_i$  è lo stock idrico presente al giorno  $i$  [mm];  $w_{PA}$  è lo stock idrico corrispondente al punto di appassimento (mm);  $RU$  è la riserva idrica utilizzabile (mm).

Il coefficiente  $f$  decresce con andamento lineare al decrescere dello stock idrico limitando l'intensità del flusso evapotraspirativo in modo inversamente proporzionale allo stock idrico presente nel suolo.

Infine l'equazione del bilancio idrico è data da:

$$w_i = w_{i-1} + P_i - ET_{a,i}$$

Dove  $P_i$  rappresenta la precipitazione relativa al giorno  $i$ .

Una volta effettuata la simulazione di bilancio idrico a scala pentadica lungo tutto l'intervallo temporale considerato, l'indice di aridità è stato attribuito in base al numero medio di giorni in cui lo stock idrico del suolo era inferiore al valore soglia del 30% della RU.

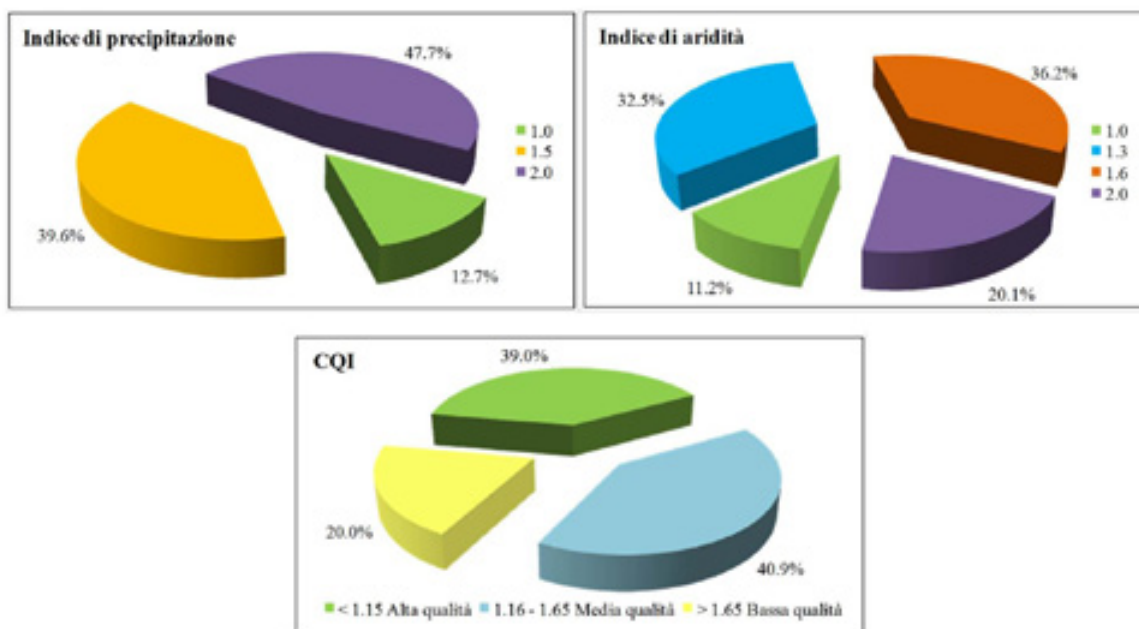


Figura 9 - Suddivisione del territorio regionale rispetto all'indice di qualità del clima (CQI) ed alle componenti che concorrono alla sua elaborazione.

### 3.1.3 INDICE DI QUALITÀ DELLA VEGETAZIONE (VQI)

Gli aspetti vegetazionali sono stati analizzati elaborando la carta dell'uso del suolo (1:10.000) prodotta da IPLA da cui sono state ricavate le informazioni sulla vegetazione che, come quelle sull'uso del suolo, sono state elaborate e riclassificate al fine di ottenere le coperture cartografiche relative agli indici di qualità necessari per l'elaborazione del Vegetation Quality Index (VQI).

L'Indice di Qualità della Vegetazione è stato elaborato attraverso l'utilizzo dei seguenti parametri:

- rischio di incendio e capacità di recupero;
- protezione all'erosione;
- resistenza alla siccità;
- copertura vegetale

Le tipologie vegetazionali presenti nella carta dell'uso del suolo IPLA sono molto più numerose rispetto alle 12 classi utilizzate nella metodologia originale descritta da Kosmas et al., 1999. Con riferimento a tale difformità le diverse tipologie vegetazionali sono state quindi analizzate ed è stato assegnato loro il valore di indice più appropriato in relazione ai diversi aspetti considerati (Tabella 9).

#### Resistenza alla siccità

Indica la capacità delle specie vegetali a resistere in condizioni di stress idrico. In ambiente mediterraneo la vegetazione è naturalmente adattata a sopravvivere a periodi più o meno siccitosi: è quindi diversa la capacità di resistenza agli stress idrici da parte delle piante che si trovano in Piemonte. Valori maggiori dell'indice sono stati assegnati alle tipologie vegetazionali con maggiore fabbisogno idrico.

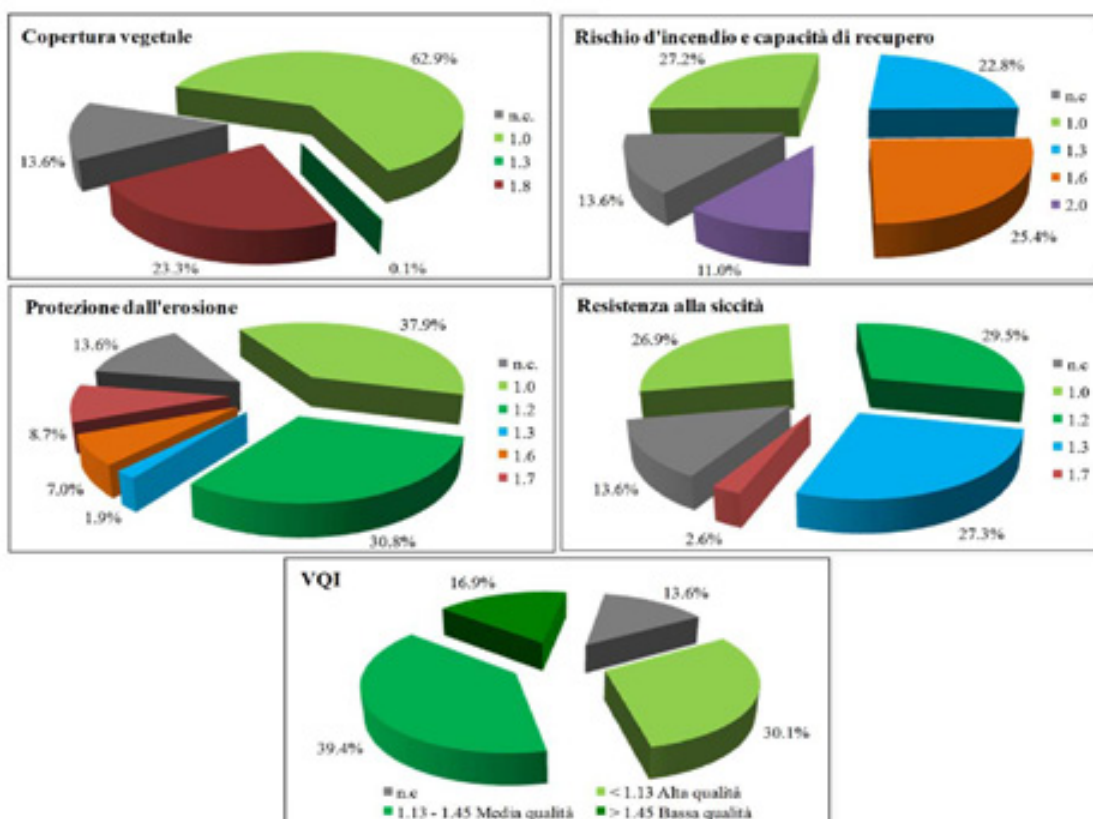


Figura 10 - Suddivisione del territorio regionale rispetto all'indice di qualità della vegetazione (VQI) ed alle componenti che concorrono alla sua elaborazione.



CLASSE	CODICE	Resistenza alla siccità	Protezione dall'erosione	Copertura vegetale	Rischio di incendio
Acque	AQ__	N.c	N.c	N.c	N.c
Aree estrattive	ES__	N.c	N.c	N.c	N.c
Rocce, macereti e ghiacciai	RM__	N.c	N.c	N.c	N.c
Aree urbanizzate	UI__	N.c	N.c	N.c	N.c
Abetine	AB__	1.0	1.3	1.0	2.0
Acero-tiglio-frassineti	AF__	1.0	1.2	1.0	2.0
Impianti di conifere	AL00C	1.2	1.2	1.0	1.6
Impianti di latifoglie di pregio	AL00L	1.3	1.3	1.3	1.6
Pioppeti	AL00P	1.3	1.3	1.0	1.3
Impianti indifferenziati	AL00X	1.3	1.3	1.0	1.6
Alneti planiziali e montani	AN__	1.0	1.2	1.0	1.0
Castagneti	CA__	1.0	1.3	1.0	1.3
Cerrete	CE__	1.6	1.0	1.0	1.6
Canneti	CN__	1.0	1.3	1.0	2.0
Faggete	FA__	1.0	1.3	1.0	1.0
Nocciolieti	FV00N	1.6	1.2	1.0	1.6
Lariceti e cembrete	LC__	1.3	1.0	1.0	1.6
Ostrieti	OS__	1.3	1.0	1.0	1.6
Praterie non utilizzate	PB__	1.0	1.3	1.0	1.6
Peccete	PE__	1.0	1.0	1.0	1.6
Praterie	PL__	1.0	1.3	1.0	1.6
Pinete di pino marittimo	PM__	1.3	1.0	1.0	1.0
Pinete di pino uncinato	PN__	1.3	1.0	1.0	1.6
Praterie rupicole	PR__	1.3	1.0	1.0	1.6
Pinete di pino silvestre	PS__	1.3	1.0	1.0	1.0
Prato- pascoli	PT__	1.3	1.3	1.0	1.3
Prati stabili di pianura	PX__	1.0	1.7	1.0	1.0
Quercu - carpineti	QC__	1.0	1.2	1.0	1.6
Querceti di roverella	QR__	1.3	1.0	1.0	1.6
Querceti di rovere	QV__	1.0	1.3	1.0	1.6
Robineti	RB__	1.0	1.0	1.0	1.6
Rimboschimenti	RI__	1.0	1.3	1.0	1.3
Seminativi irrigui	SE00I	1.3	1.2	1.0	1.0
Seminativi in sommersione	SE00S	1.0	1.0	1.0	1.0
Formazioni legnose riparie	SP__	1.0	1.3	1.0	2.0
Torbiere	TB__	1.3	1.0	1.0	1.3
Zone umide	ZU__	1.0	1.2	1.0	1.0
Arbusteti planiziali, collinari e montani	AS__	1.0	1.7	1.8	1.6
Boscaglie pioniere e d'invasione	BS__	1.3	1.0	1.8	1.6
Cespuglieti pascolabili	CB__	1.6	1.3	1.8	1.3
Cespuglieti	CP__	1.3	1.0	1.8	2.0
Coltivi abbandonati	CV__	1.6	1.0	1.8	1.6
Frutteti	FV00F	1.6	1.3	1.8	1.3
Vigneti	FV00V	1.7	1.0	1.8	1.3
Frutteti e vigneti indifferenziati	FV00X	1.3	1.2	1.8	1.3
Greti	GR__	1.7	1.0	1.8	2.0
Arbusteti subalpini	OV__	1.3	1.0	1.8	2.0
Praterie aride di greto	PG__	1.6	1.0	1.8	1.6
Seminativi in asciutta	SE00A	1.6	1.2	1.8	1.3
Seminativi indifferenziati	SE00X	1.7	1.3	1.8	1.0
Aree verdi di zone urbane	UV__	1.0	1.3	1.8	1.6

Tabella 9. Classi della legenda della carta I.P.L.A. S.p.a. e delle corrispondenti tipologie d'uso del suolo.

### Copertura vegetale

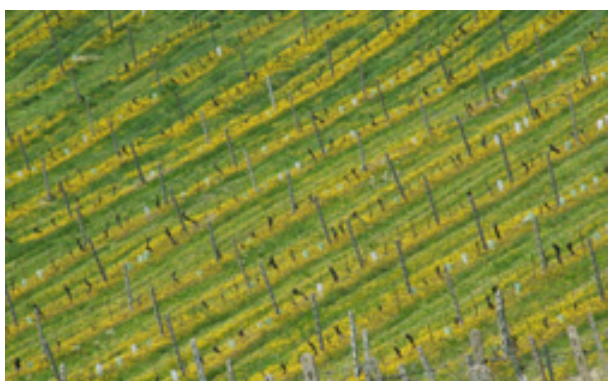
Molti studi effettuati dimostrano che la variazione dell'intensità del ruscellamento superficiale e del trasporto di sedimenti è da attribuire ai cambiamenti vegetazionali e di uso del suolo. Diversi autori hanno dimostrato che sia il ruscellamento che la perdita di suolo diminuiscono esponenzialmente all'aumentare della percentuale di suolo occupata dalla vegetazione. Al di sotto del 40% di copertura i processi erosivi su versanti acclivi subiscono un'accelerazione (Thornes, 1988); questo valore può essere influenzato dalle differenti tipologie vegetazionali, e da altre caratteristiche territoriali ma comunque mostra come i processi erosivi più intensi si manifestino soltanto quando una buona parte del suolo sia denudato ed esposto all'azione erosiva delle precipitazioni.

### Protezione dall'erosione

La vegetazione e l'uso del suolo, insieme alle precipitazioni, sono i fattori che regolano l'intensità del ruscellamento superficiale e dell'erosione. Vaste aree in cui dominano colture come i cereali e la vite che prevedono frequenti lavorazioni dell'interfilare sono localizzate in aree collinari con suoli molto erodibili. Tali tecniche lasciano il suolo nudo per buona parte dell'anno, aumentando il rischio di desertificazione e creando le condizioni favorevoli per il ruscellamento e l'erosione. La migliore protezione è offerta dai boschi di conifere e latifoglie in cui è presente un sottobosco ben sviluppato.

### Rischio d'incendio e capacità di recupero

Tale indice rappresenta la capacità di una certo tipo di vegetazione (o di una certa tipologia



di un uso del suolo) a resistere in caso di passaggio del fuoco e recuperare dopo l'evento. La vegetazione reagisce infatti agli incendi in modi estremamente differenti; alcune specie si sono adattate a resistere al calore (resistenza) ad esempio sviluppando apparati protettivi (e.g. una corteccia molto spessa, come le querce mediterranee o il larice), altre invece hanno sviluppato strategie per recuperare velocemente i danni provocati dal fuoco (resilienza) sfuggendo al calore grazie a forme di resistenza ipogee.

Queste capacità inoltre variano lungo l'arco della stagione e con il grado di sviluppo della vegetazione stessa. Il rischio di desertificazione dovuto al fuoco è pertanto legato alle caratteristiche intrinseche della vegetazione nonché alla durata, l'intensità e la frequenza degli incendi.

Gli incendi oltre alla combustione totale o parziale della biomassa epigea possono influenzare anche le caratteristiche del suolo, riducendone la porosità e distruggendo la sostanza organica.

### **3.1.4 INDICE DI QUALITÀ DI GESTIONE DEL TERRITORIO (MQI)**

La metodologia ESAs, oltre a richiedere una serie di indicatori sui parametri relativi all'ambiente fisico, richiede anche l'elaborazione di un parametro di pressione antropica esercitata sull'ambiente. Una determinata area, indipendentemente dalle sue dimensioni è caratterizzata infatti dalla sua destinazione d'uso, la quale è collegata con un certo tipo di gestione che a sua volta è il risultato dell'interazione di fattori di tipo ambientale, sociale, economico, tecnologico e politico. L'utilizzo del territorio da parte delle attività umane è un aspetto fondamentale nel determinare i processi che possono portare al degrado del suolo e alla progressiva desertificazione.

Il modello, per il calcolo dell'indice di qualità della gestione, considera, in particolare, l'intensità di uso e le eventuali politiche di tutela ambientale applicate nell'area oggetto di studio.

Classe	Codice	Intensità d'uso del suolo
Acque	AQ__	N.c.
Aree estrattive	ES__	N.c.
Rocce, macereti e ghiacciai	RM__	N.c.
Aree urbanizzate	UI__	N.c.
Abetine	AB__	1.0
Acero-tiglio-frassineti	AF__	1.0
Impianti di conifere	AL00C	1.2
Impianti di latifoglie di pregio	AL00L	1.2
Pioppeti	AL00P	1.2
Impianti indifferenziati	AL00X	1.2
Alneti planiziali e montani	AN__	1.0
Castagneti	CA__	1.0
Cerrete	CE__	1.0
Canneti	CN__	1.0
Faggete	FA__	1.0
Nocciolieti	FV00N	2.0
Lariceti e cembrete	LC__	1.0
Ostrieti	OS__	1.0
Praterie non utilizzate	PB__	1.0
Peccete	PE__	1.0
Praterie	PL__	1.2
Pinete di pino marittimo	PM__	1.0
Pinete di pino uncinato	PN__	1.0
Praterie rupicole	PR__	1.0
Pinete di pino silvestre	PS__	1.0
Prato- pascoli	PT__	2.0
Prati stabili di pianura	PX__	1.5
Quercio - carpineti	QC__	1.0
Querceti di roverella	QR__	1.0
Querceti di rovere	QV__	1.0
Robineti	RB__	1.0
Rimboschimenti	RI__	1.0
Seminativi irrigui	SE00I	1.5
Seminativi in sommersione	SE00S	1.5
Formazioni legnose riparie	SP__	1.0
Torbiere	TB__	1.0
Zone umide	ZU__	1.0
Arbusteti planiziali, collinari e montani	AS__	1.0
Boscaglie pioniere e d'invasione	BS__	1.0
Cespuglieti pascolabili	CB__	1.5
Cespuglieti	CP__	1.0
Coltivi abbandonati	CV__	1.0
Frutteti	FV00F	2.0
Vigneti	FV00V	2.0
Frutteti e vigneti indifferenziati	FV00X	2.0
Greti	GR__	1.0
Arbusteti subalpini	OV__	1.0
Praterie aride di greto	PG__	1.0
Seminativi in asciutta	SE00A	2.0
Seminativi indifferenziati	SE00X	2.0
Aree verdi di zone urbane	UV__	1.2

Tabella 10. Classi della legenda della carta I.P.L.A. S.p.a. e delle corrispondenti tipologie d'uso del suolo.

### Intensità d'uso

L'indice dell'intensità d'uso è stato analizzato separatamente per:

- Aree naturali
- Aree agricole
- Aree pascolive

### Politiche di protezione

L'applicazione di specifiche politiche ambientali riduce e previene gli impatti dovuti a un certo tipo di uso rispetto a un'area ove tali politiche non siano in vigore. Il modello considera in particolare l'intensità di uso e le eventuali politiche di tutela ambientale applicate nell'area oggetto di studio.

Qui di seguito vengono elencate le diverse norme legislative di tutela ambientale considerate:

- Aree protette - Zone di Protezione Speciale (ZPS) - 1:25.000;
- Aree protette - Siti di Importanza Comunitaria (SIC) - 1:25.000;
- Aree protette - Siti di Importanza Regionale (SIR) - 1:25.000;
- Aree protette - Parchi e Riserve naturali nazionali, regionali e provinciali - 1:25.000;
- Aree vincolate ai sensi dell'art. 139 del D.lgs. n. 490 del 29/10/99 (Galassini) -1:25.000;





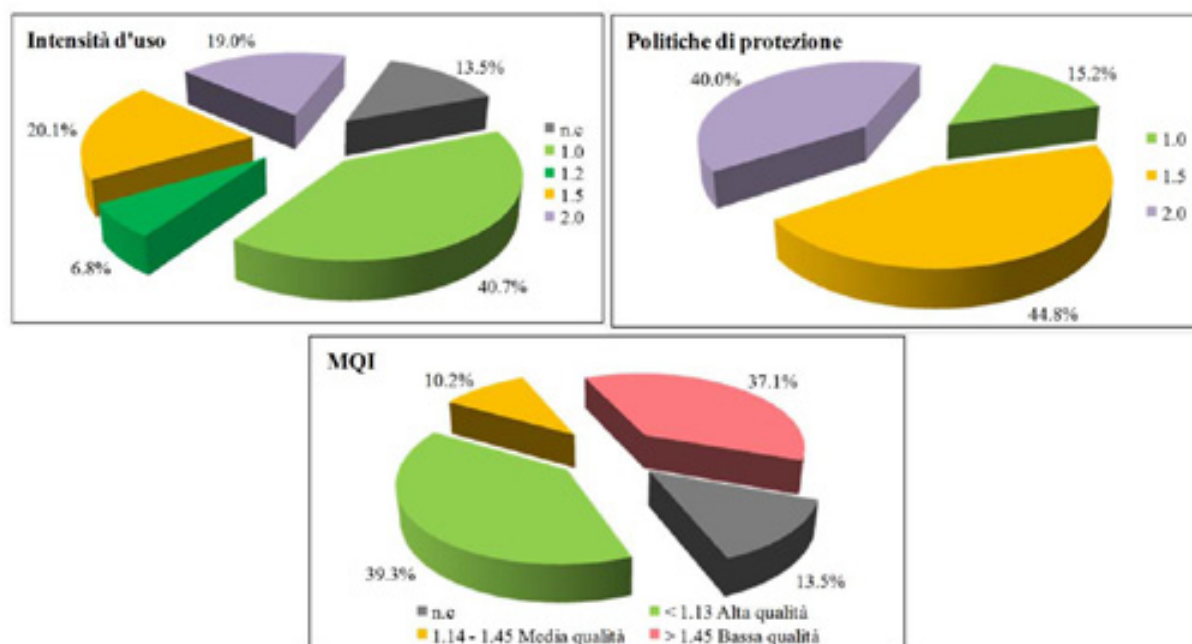


Figura 11 - Suddivisione del territorio regionale rispetto all'indice di qualità della gestione del territorio (MQI) ed alle componenti che concorrono alla sua elaborazione.

- Aree vincolate ai sensi degli artt. 136 -157 del D.lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 (Vincoli 1497) - 1:25.000;
- Aree vincolate ai sensi del R.D. 30/12/1923 N. 3267 (Vincolo Idrogeologico) - 1:25.000.

(è stata effettuata una rilevazione dati presso i principali Consorzi irrigui), si è proceduto all'integrazione dell'indice MQI con i risultati della suddetta rilevazione. I risultati di questa attività è descritto in dettaglio nel paragrafo seguente.

### 3.1.5 PROPOSTA DI INTEGRAZIONE DEL METODO ESAs

L'individuazione del rischio desertificazione con la metodologia ESAs viene correlata soprattutto a cause di tipo climatologico, pedologico ed ambientale, e molto limitatamente a cause antropiche in senso stretto, riflettendo in ciò la sua vocazione a valutazioni di aree con maggiori problemi di erosione fisica e minor pressione antropica. In una realtà come quella regionale piemontese, ad elevata densità demografica e produttiva, agricola, industriale e terziaria, la componente antropica, intesa nei suoi comportamenti complessi e dinamici, assume una rilevanza molto elevata, tale da consigliare un arricchimento degli indici previsti. In questo contributo si è scelto di valutare l'incidenza dell'azione antropica attraverso un arricchimento dell'indice MQI (Management Quality

Classe	Politica applicata	Indice
1	Parchi, SIC., SIR, ZPS	1.0
2	Vincolo idrogeologico	1.5
3	Nessuna	2.0

Tabella 11 - Classi delle politiche ambientali e relativo indice

L'applicazione di specifiche politiche ambientali riduce e previene gli impatti dovuti a un certo tipo di uso rispetto a un'area ove tali politiche non siano in vigore. Il modello considera in particolare l'intensità di uso e le eventuali politiche di tutela ambientale applicate nell'area oggetto di studio.

Sulla base dell'analisi relativa al rapporto tra fabbisogno e disponibilità di risorsa idrica e, con particolare riferimento al settore irriguo



or degree of human Indexed stress), che stima la gestione qualitativa ed il grado di stress ambientale indotto dall'azione umana, attraverso l'integrazione di ulteriori informazioni nei due sottoindici previsti dal metodo ESAs. Intensità d'uso del territorio **Iu** e Politiche di salvaguardia **Ps**. Tali integrazioni sono state ottenute valutando le dinamiche poste in essere negli ultimi cinque anni sia come impatto d'uso e consumo dell'ambiente, sia come realizzazione di politiche per la salvaguardia, nell'ottica di coglierne la dinamica più recente senza perdere di vista quanto già realizzato in precedenza. In particolare si è ritenuto costituisca un segnale forte di un tendenziale rischio la progressiva riduzione delle disponibilità idriche per usi antropici, produttivi e di consumo, causata da modificazioni nelle precipitazioni meteoriche, accanto ad un tendenziale esaurimento di molte risorse originarie per eccessivo sfruttamento ed un crescente inquinamento ambientale ed idrico. Contestualmente si è ritenuto possano costituire un contrasto efficace ed una riduzione dei danni emergenti l'implementazione di politiche di salvaguardia delle risorse idriche ed ambientali, sia come produzione normativa, sia come attività di controllo e repressione degli abusi, sia come azione diretta per interventi di salvaguardia e di protezione ambientale. Per le aree montane ed alto collinari, che in Piemonte hanno registrato e registrano un progressivo spopolamento umano, sono stati considerati due indi-

ci specifici: uno relativo all'intensità dei micro dissesti, conseguenti l'abbandono residenziale e produttivo dei territori, ed uno relativo alle politiche promosse per la loro riduzione. In sostanza partendo dagli Indici ESAs relativi allo stato in essere, si sono stimate le variazioni e le tendenze più recenti da integrare negli Indici stessi, rivolgendo l'attenzione ai maggiori consumi aggregati: Agricoli Irrigui, corrispondenti a circa l'80% dei prelievi totali, ed Industriali, Potabili, Turistici ed Ambientali, corrispondenti al restante 20%. In particolare la ricerca è stata focalizzata separatamente sul settore agricolo, principale attore nei prelievi ed uso di risorse idriche, anche in considerazione della sua maggior dinamica incrementale nella domanda, e sui restanti attori dei prelievi, riservando ad essi una valutazione complessiva in considerazione della loro minor dinamica nella domanda.





Integrazione dell'indice MQI con variabili antropiche

L'integrazione effettuata, mantenendo l'algoritmo di calcolo proposto dal metodo ESAs, ha assunto la seguente modalità: partendo da  $MQI = [Intensità\ d'uso \cdot Politiche\ di\ salvaguardia]^{1/2}$  si è ottenuto  $MQI = [(Intensità\ d'uso + Integrazioni) \cdot (Politiche\ di\ salvaguardia + Integrazioni)]^{1/2}$  in simboli  $MQI = [(I_u + I_i) \cdot (P_s + P_i)]^{1/2}$ .

L'Indice di variazione nell'Intensità d'uso (**Ii**) è stato stimato come sommatoria di indici relativi a riduzioni nelle disponibilità idriche locali o all'emergere di situazioni di scarsità permanente, quali potenziali precondizioni della desertificazione. L'indice di variazione delle politiche di salvaguardia (**Pi**), è stato stimato come sommatoria di indici relativi a variazioni intervenute nelle politiche regionali e locali a protezione delle risorse idriche ed ambientali, e nelle azioni contrastanti fenomeni di desertificazione. L'insieme dei due indici può così sintetizzare le variazioni intervenute negli ultimi cinque anni nelle attività antropiche locali nelle duplici dimensioni di carattere produttivo e consumo, di tutela ambientale e territoriale.

Il criterio di valutazione assunto è stato quello di "appesantire" l'indice **Iu** sommandovi decimali in base all'incidenza della tendenza negativa registrata, da un valore massimo ad un valore nullo nei casi di assenza di tali tendenze; parallelamente è stato alleggerito l'indice **Ps** sottraendovi decimali in base al peso della tendenza riequilibratrice individuata. Questa scelta è corrisposta alla decisione di dar peso alle dinamiche più recenti, considerando e valorizzando le evoluzioni in atto come integrazione dei livelli raggiunti sia nella problematicità che nella salvaguardia territoriale, ma utilizzando valori decimali che non penalizzando le aree virtuose, stimate con l'indice ESAs originario, possono premiare le aree arretrate ma dinamiche ed impegnate nella salvaguardia.

Il principale problema incontrato nella conduzione delle ricerche è stata la disomogeneità statistica e delle informazioni disponibili circa le aree ed i territori considerati, nel senso di non corrispondenza, per ogni integrazione proposta, dei dati disponibili o rilevati ad identiche unità territoriali. Le informazioni a disposizione o raccolte hanno riguardato infatti dimensioni territoriali ed amministrative diverse essendo fornite rispettivamente da Regione, Province, Comuni, Consorzi irrigui, Autorità d'Ambito (A.ATO), Comunità Montane, Comprensori irrigui, ecc. Istituzioni ed Enti con diversi ruoli e finalizzazioni delle informazioni disponibili,





sempre riferite alle proprie aree di competenza, ciascuna delle quali con diverse caratteristiche antropiche, territoriali, ambientali, fisiche. Occorre anche osservare che le dimensioni territoriali su cui insistono i fenomeni antropici e comportamentali considerabili di tipo omogeneo, sono assolutamente variabili nel tempo e dipendenti da percorsi storici complessi in senso economico e politico. Ad esempio l'assunzione dei bacini idrografici come aree di osservazione delle disponibilità idriche in relazione alle tendenze economiche in atto e previste, non sarebbe risultata utile, per quanto ragionevole e significativa, poiché i fenomeni antropici, economici e produttivi, i criteri del loro insediamento, le conseguenti incidenze territoriali, rispondono a logiche non territoriali, né razionali in senso ambientale, ma solo economico. Inoltre l'individuazione di aree di osservazione omogenee da un punto di vista antropico e programmatico, per definire gli interventi necessari rispetto al problema della scarsità idrica, avrebbe richiesto una quantità di osservazioni puntuali eccessiva, praticabile solo in tempi lunghi e con grandi difficoltà. Questo limite della disomogeneità delle osservazioni e delle aree corrispondenti, ha generato la produzione di valutazioni e tabelle, con i relativi Indici, su basi territoriali non sempre comuni od omogenee. L'unica aggregazione operativa di dati possibile, ma non di minor rilevanza, è risultata quella geografica e mappale, dove per sovrapposizione sulle dimensioni territoriali prescelte si sono fatti confluire le diverse informazioni e conoscenze.



Un secondo problema ha riguardato la valutazione dell'inquinamento idrico, dal momento che esso risulta determinante nella riduzione di risorse direttamente utilizzabili, richiedendo un più o meno ampio intervento di recupero o disinquinamento, dai costi significativi nella prospettiva d'uso potabile ma anche produttivo, industriale, turistico, e venendo a determinare contingenti riduzioni nelle disponibilità (ad esempio con sospensioni nell'erogazione, divieti di balneazione fluviale e lacustre). Tuttavia si è scelto di considerare solo il tema della riduzione quantitativa e non quello della perdita di qualità idrica considerando quest'ultimo un aspetto riguardante essenzialmente i costi economici necessari per gli interventi di depurazione, senza una conseguenza immediata in termini di riduzione assoluta delle disponibilità, pur riconoscendo che l'inquinamento e la contaminazione delle risorse generano di fatto un tendenziale processo di desertificazione, (al limite con tutte le risorse inquinate si rimane senza acqua).

Un terzo problema di fondo ha riguardato le aree colpite da abbandono umano in relazione alla conseguente dispersione di risorse idriche o la loro riduzione in termini di disponibilità produttiva immediata, perdita o inaridimento delle sorgenti. E' risultato alquanto difficile stimarne l'entità per assenza di rilevazioni ma anche per la consapevolezza si sia trattato e si tratti perlopiù di una loro minor disponibilità locale, non necessariamente generale potendo tali risorse idriche alimentare, per trasferimenti sotterranei, altre disponibilità locali.

#### *L'Indice integrato Iui*

Le integrazioni **Ii** relative all'indice **Iu** (utilizzo del territorio) del metodo ESAs sono state stimate nelle varie porzioni di territorio regionale su cui sono risultati disponibili dati o si è effettuata la raccolta di nuove informazioni. Relativamente agli usi produttivi agricoli considerati con il metodo ESAs, si sono individuati due indici di variazione delle disponibilità idriche:

- Ic Carenza idrica: intesa come variazione nella disponibilità irrigua contingente;

- Id Deficit idrico: inteso come limite alle espansioni produttive o territoriali per mancanza di risorse idriche.

Per le altre criticità idrico-ambientali, (quindi non irrigue e non idropotabili), si è stimato un indice **It Criticità territoriale** ed idrica (siccità e desertificazione) eventualmente presente nei vari territori osservati.

I valori previsti sono stati:  $I_c=[0/0,1/0,15/0,2]$   $I_d=[0/0,1/0,15]$   $I_t=[0/0,1/0,15]$  dove il valore [0] ha indicato una dinamica in assenza di peggioramenti o di scarsità progressiva, mentre i valori [0,1/0,15/0,2] hanno segnalato dinamiche negative crescenti, incidendo infatti in modo progressivamente peggiorativo sugli Indici ESAs (sono stati esclusi valori negativi, che avrebbero migliorato gli indici non essendo stati individuati casi o territori di incremento naturale delle risorse idriche o recupero di aree desertiche). Tali indici integrativi **Ii** sono stati "sommati" agli indici ESAs in quanto hanno rappresentato loro correzioni o integrazioni in base al peso attribuito agli effetti dell'azione antropica in quel determinato territorio, ed hanno modificato indirettamente le attribuzioni iniziali delle Classi di appartenenza ESAs. Per ogni porzione territoriale sono potuti intervenire uno o più indici, pur riguardando ciascuno problematiche diverse, per la possibilità di coesistenza territoriale di problematiche e situazioni di siccità locale; raramente si è verificato comunque il caso di un'incidenza dell'insieme di tutti gli indici. Questo ha significato che le integrazioni agli Indici ESAs hanno agito in un intervallo massimo di valori [0/0,45].

Per le aree montane ed alto collinari si è stimato un indice relativo ad uno specifico fenomeno di desertificazione (**Ia= Abbandono umano**) valutato attraverso la problematica posta dalla diffusione di microdissesti idrogeologici, causati anche dall'assenza di manutenzione continua conseguente l'abbandono produttivo e residenziale. I valori previsti sono stati  $I_a=[0/0,1/0,15]$  per segnalare dinamiche negative crescenti.



#### L'Indice integrato Psi

Gli indici integrativi **Pi** delle Politiche di salvaguardia, **Ps**, sono stati stimati, per quanto possibile, con riferimento alle stesse porzioni di territorio considerate per gli indici **Ii**.

L'indice **Pcd= Politiche irrigue** è stato stimato relativamente alle risorse irrigue e alle politiche di salvaguardia realizzate negli ultimi cinque anni, con valori compresi nell'intervallo  $Pcd=[-0,3/-0,2/-0,1/0]$ . Per le criticità idriche generali si è stimato l'indice **Pt= Politiche territoriali** per desertificazione,  $Pt=[-0,1/0]$ . I segni negativi nei valori degli indici hanno stimato gli incrementi positivi nelle politiche di protezione delle risorse, dal maggiore incremento [-0,3], al medio [-0,1], alla presenza di attività ordinarie, valore [0]. Non si è considerata la possibilità di arretramento nella protezione ambientale, cioè valori positivi di **Pcd**, perché nella realtà regionale piemontese non sono apparsi peggioramenti o riduzioni nell'attività pubblica di tutela ambientale, dato il livello di attenzione e sensibilità sociale raggiunta.

Per le aree montane ed alto collinari colpite da abbandono umano, l'indice di variazione delle politiche di salvaguardia **Pa= Politiche abbandono umano**, è stato stimato attraverso la valutazione delle azioni di tutela ambientale, (interventi previsti e finanziati), poste in essere negli

**Tabella 12- Carenza idrica per uso irriguo, indice  $I_c=[0/0,1/0,15/0,2]$ . Deficit idrico per uso irriguo, indice  $I_d=[0/0,1/0,15]$ . Indice  $I_{cd}$  somma dei due indici precedenti. Tutti indici numerici positivi con valori assoluti maggiori per condizioni peggiori. Carenza e Deficit sono espressi in valori (%)**

CONSORZIO IRRIGUO DI II° GRADO	Indice $I_c$	Carenza (%)	Indice $I_d$	Deficit (%)	Indice $I_{cd}$
EST SESIA 1201	0,15	20%(20%)	0,1	20%	0,25
OVEST SESIA 1202	0,15	20%(17%)	0,1	20%	0,25
ANGIONO FOGLIETTI 1203	0,15	25%(25%)	0	5%	0,15
OSSOLANO 1204	0,15	20%(20%)	0	0%	0,15
DEL CANAVESE 1205	0,15	25%(17,5%)	0	10%	0,15
SINISTRA DELLA STURA 1206	0,15	30%(30%)	0,1	20%	0,25
VALLI DI SUSÀ E CENISCHIA 1207	0,15	30%(30%)	0	0%	0,15
BEALERE DORA RIPARIA 1208	0,2	40%(40%)	0	5%	0,2
VALSANGONE 1209	0,1	10%(9,6%)	0	10%	0,1
CHISOLA – LEMINA 1210	0,15	20%(20%)	0	0%	0,15
VAL CHISONE – PINEROLESE 1211	0,2	35%(37%)	0	10%	0,2
VAL PELLICE – CAVOURESE 1212	0,2	35%(44,5%)	0,1	15%	0,3
CHIERESE ASTIGIANO 1213	0,1	12%(18,7%)	0,15	30%	0,25
SINISTRA PO - VALLE PO 1214	0,15	20%(29,6)	0,1	20%	0,25
SALUZZESE – VARAITA 1215	0,1	10%	0	5%	0,1
PIANURA CUNESE – TORINESE 1216	0,1	15%(17,5%)	0,15	30%	0,25
AREA SAVIGLIANESE 1217	0,1	10%	0	5%	0,1
MAIRA-BUSCHESE-VILFALETTESE 1218	0,15	30%(30%)	0,15	30%	0,3
VALLE MAIRA 1219	0,2	50%(50%)	0	10%	0,2
RISORGIVE MELLEA CENTALLESE 1220	0,15	25%(24%)	0,1	20%	0,25
SINISTRA STURA DI DEMONTE 1221	0,15	30%(28%)	0	0%	0,15
VALLE GRANA – CARAGLIESE 1222	0,15	30%(40%)	0	5%	0,15
FOSSANESE BRAIDESE 1223	0,2	35%(37,8%)	0,1	20%	0,3
BEALERA MAESTRA-DESTRA STURA 1224	0,15	20%(25,6%)	0,15	60%	0,3
VALLE GESSO E VERMENAGNA –					
CUNESE- BOVESANO 1225	0,2	35%(25%)	0,1	20%	0,3
CONSORZIO DEL PESIO 1226	0,15	25%(30%)	0,1	15%	0,25
ELLERO, CORSAGLIA, CASOTTO 1227	0,2	40%(40%)	0,15	70%	0,35
ALTA VALLE TANARO CEBANO CN 1228	0,2	20%(20%)	0	5%	0,2
TANARO ALBESE - LANGHE ALBESI 1229	0,15	20%(20%)	0,15	22%	0,3
CONSORZIO IRRIGUO ROERO 1230	0	0%	0	5%	0
ALTA LINGA-BORMIDA E UZZONE 1231	0,15	20%(21%)	0,15	50%	0,3
DESTRA PO - AGRO CASALESE 1232	0,15	30%(30%)	0,15	50%	0,3
CONSORZIO CANALE DE FERRARI 1233	0	0%(0%)	0,1	20%	0,1
CONSORZIO DESTRA BORMIDA 1234	0,1	10%(9,3%)	0,15	30%	0,25
ALESSANDRINO ORIENTALE SCRIVIA 1235	0,15	20%(19,4%)	0,1	20%	0,25
BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE 1236	0,15	15%(14,3%)	0,1	15%	0,25

Fonte. Rilevazione diretta presso i Consorzi irrigui

ultimi cinque anni, con valori dal significato identico ai precedenti, dall'intensità massima dell'intervento di salvaguardia a quella minima  $P_a=[-0,15/-0,1/0]$ .

L'indice ESAs arricchito delle integrazioni, pur rimanendo invariato nel metodo di valutazione,  $MQI_i=[(I_u + I_i) \cdot (P_s + P_i)]^{1/2}=[I_{ui} \cdot$

$P_s]^{1/2}$ , quindi nel significato predittivo assunto, consente di migliorare la conoscenza delle problematiche in atto in ogni porzione di territorio considerata ed in ogni destinazione d'uso prevalente considerata. La Tabella 13 riassume le integrazioni dinamiche proposte e pertinenti agli Indici ESAs relativi all'Intensità d'uso del suolo ed alle Politiche di salvaguardia.



### 3.1.6 LA STIMA DELLE SITUAZIONI DI CARENZA E DEFICIT, INDICI *Ic Id*

#### L'indice *Ic*

La Tabella 12 riporta i valori definiti di **Carenza idrica** in atto ed i corrispondenti Indici, cioè l'indicazione della mancanza di risorse idriche sufficienti a soddisfare la domanda dei soci coltivatori, carenza stimata come valore medio degli ultimi cinque anni. I valori di Carenza vengono presentati sia come valutazione della riduzione complessiva di risorse idriche registrata da

Tabella 13. Integrazioni proposte agli Indici ESAs

Parametri ESAs	Indice <i>Iu</i> (1/1,5/2)	Integrazioni proposte <i>Ii</i>
<b>Intensità d'uso del suolo <i>Iu</i></b>	1. Territorio ad uso agricolo 2. Terreni a pascolo 3. Aree naturali 4. Aree estrattive minerarie 5. Aree ricreative	<i>Ic</i> Carenza idrica, irrigua [0/0,1/0,15/0,2] <i>Id</i> Deficit idrico, irriguo [0/0,1/0,15] <i>It</i> Criticità territoriale [0/0,1] <i>Ia</i> Abbandono umano [0/0,1/0,15]
<b>Parametri ESAs</b>	Indice <i>Ps</i> (1/1,5/2)	Integrazioni proposte <i>Pi</i>
<b>Politiche salvaguardia <i>Ps</i></b>	Protezione ambientale e territoriale	<i>Pcd</i> Variazioni politiche irrigue (-0,3/-0,2/-0,1/0) <i>Pt</i> Variazioni politiche territoriali (-0,1/0) <i>Pa</i> Variazioni politiche abbandono (-0,15/-0,1/0)

parte degli utenti dei Consorzi, sia come media ponderata delle riduzioni di ciascuna fonte utilizzata come registrata da parte (degli utenti) del Consorzio, (dato indicato in parentesi): i lievi scostamenti in detrazione o incremento sono da attribuire essenzialmente alle sovra e sottostime delle riduzioni parziali, di ciascuna fonte utilizzata. I dati indicati, occorre precisarlo, sono



corrisposti ai prelievi effettivi (ed effettuati) relativi alle superfici irrigate, quindi prelievi inferiori rispetto ai prelievi potenziali derivanti dai diritti di prelievo per concessioni storiche, (ora di competenza regionale), e legati alle superfici irrigabili stabilite storicamente. La stima della Carenza idrica ha riguardato quindi le riduzioni in atto nei prelievi conseguenti soprattutto le minori disponibilità naturali e le variazioni colturali intervenute negli ultimi anni, caratterizzate da maggiori idroesigenze (mais), senza contemplare incrementi superficiali rispetto alle aree utilizzate nel recente passato (verso la

superficie totale concessa). I dati sulla Carenza sono riferiti ovviamente all'emergere di problematiche tipicamente e solamente stagionali, ma di assoluto rilievo, poiché l'uso irriguo pur riguardando un intervallo temporale limitato, i tre mesi estivi di massima temperatura, risulta determinante per l'esito produttivo, comportandone

anche una grave compromissione fino al suo annullamento, oltre che essere significativo sul piano ambientale. I dati sulla Carenza idrica sono stati trasformati in Indice con i seguenti valori: 0 per assenza di variazioni (la realtà migliore); 0,1 per decrementi fino al 15% (la realtà media inferiore); 0,15 per decrementi fino al 30% (la realtà media superiore); 0,2 per decrementi maggiori (la realtà peggiore). Quindi i valori  $Ic = [0/0,1/0,15/0,2]$  corrispondono alle riduzioni percentuali di risorse idriche negli intervalli [(0%)(1-15%)(16-30%)(>30%)].

#### L'indice *Id*

Questo secondo Indice definito sinteticamente **Deficit idrico**, stima le variazioni previste dai Consorzi nelle disponibilità di risorse e nelle domande irrigue degli utilizzatori, sulla base delle conoscenze attuali e del trend registrato negli ultimi (cinque) anni. Tale

Indice, riportato in Tabella 12 stima il Deficit attraverso la giacenza di domande insoddisfatte di maggiori risorse irrigue per incremento delle colture maggiormente idroesigenti, per espansioni delle superfici irrigue degli attuali soci, ma anche per nuove adesioni di soci produttori e nuove aree da servire. Segnala quindi le valutazioni espresse in termini più di impossibilità che di difficoltà, a soddisfare nel recente passato e nell'immediato futuro le richieste, già esistenti ed in attesa di accettazione, di ulteriori risorse. Indirettamente è un segnale della crescita dei rischi di scarsità quindi di desertificazione e necessaria salvaguardia ambientale. Questo dato ha rilevato quindi le previsioni e le aspettative (di tipo adattivo), formulate dai gestori e dai soci fruitori con riferimento al proprio territorio. I valori assunti dal Deficit sono stati trasformati in Indice con i seguenti valori: 0 per assenza di deficit (la realtà migliore, quella che consente espansioni ulteriori) e per deficit rispetto alle richieste esistenti fino al 10%; 0,1 per deficit rispetto alle richieste esistenti fino al 20% (la realtà media); 0,15 per deficit maggiori (la realtà peggiore). Quindi i valori  $I_d = [0/0,1/0,15]$  corrispondono alle riduzioni percentuali di risorse idriche negli intervalli [(0-10%)(11-20%)(>20%)]. Per le aree extra consortili, ma appartenenti ai comprensori irrigui regionali, di dimensioni comunque non significative, i due indici sono stati individuati facendo ricorso alle competenze di esperti delle istituzioni competenti e delle associazioni di categoria, nonché a professionisti ed operatori di settore.

I valori stimati dell'Indice  $I_c$  hanno segnalato, nella loro sinteticità, un dato comune risultante da quasi tutte le dichiarazioni: una sostanziale riduzione delle risorse disponibili e quindi indirettamente un incremento del rischio di situazioni tendenzialmente di desertificazione. I valori stimati dell'Indice  $I_d$  hanno, a loro volta, segnalato una previsione ampiamente diffusa, circa la tendenza verso ulteriori riduzioni di risorse e quindi l'attuale difficoltà, quasi impossibilità,

ad espandere le aree irrigue, benché previste nelle concessioni storiche, e/o la crescita produttiva di colture molto idroesigenti. Con queste segnalazioni i Consorzi dimostrano la presa d'atto, come si osserverà successivamente, della necessità di una maggior regolazione d'uso tra utenti e di più razionali ed efficaci politiche di salvaguardia. Questa consapevolezza implica anche accettare l'idea e la necessità di progettare ed acquisire innovazioni razionalizzanti i consumi, le colture agrarie, anche per scongiurare eventuali competizioni con usi locali alternativi che virtualmente già si sono affacciate.

L'indice complessivo  $I_{cd}$  somma dei due singoli indici ha segnalato per ogni area consortile l'effetto combinato e cumulato della carenza e dei deficit idrici stimati. I valori sono risultati variare, ovviamente, da 0 a 0,35, esattamente [ $n^{\circ}1=0$   $n^{\circ}4=0,1$   $n^{\circ}7=0,15$   $n^{\circ}4=0,2$   $n^{\circ}11=0,25$   $n^{\circ}8=0,3$   $n^{\circ}1=0,35$ ], con una concentrazione nei valori superiori come segnale di una scarsità crescente e diffusa non più trascurabile o comunque ad un livello di rischio, in talune circostanze meteoriche e nella stagione irrigua, da richiedere maggior attenzione e ricerca di soluzioni nuove. Colpisce anche i non addetti ai lavori il fatto che siano i Consorzi montani e pedemontani ad aver segnalato i maggiori livelli di Carenza e Deficit; tuttavia a ben vedere ciò può esser corrisposto ad una sostanziale riduzione dei ghiacciai permanenti e delle riserve nevose, oltre che ad un elevato imbrigliamento delle acque ad uso idroelettrico.



Un dato ulteriore, inevitabile con l'attuale trend nei consumi e nelle disponibilità, riguarda la potenziale competizione, sebbene ancora contenuta, oltretutto tra settori produttivi locali, soprattutto irriguo, potabile e turistico, tra diverse aree geografiche di utilizzo delle acque superficiali e sotterranee.

### **3.1.7 SCARSITÀ GENERALE. LO STATO QUALITATIVO DELLE RISORSE IDRICHE SECONDO LE VALUTAZIONI DEGLI AMBITI TERRITORIALI OTTIMALI DEL PIEMONTE - INDICE IT**

La valutazione della scarsità idrica generale come segnale di rischio desertificazione, si è ritenuto potesse essere rinvenuta in documenti redatti a livello regionale, quali gli studi e le analisi per la programmazione degli interventi o come preliminari per azioni di regolazione e governo, oltre che come assolvimento di obblighi legislativi e corretta gestione territoriale. Le valutazioni dello stato quantitativo e qualitativo delle risorse idriche vengono effettuate periodicamente dalle Autorità di Ambito Territoriale Ottimale (A.ATO), cui sono delegate le competenze di regolazione e salvaguardia, e per la componente potabile ed ambientale costantemente dalle ARPA. I Piani di Ambito ATO e gli Studi propedeutici allo loro redazione Fase II, rappresentano uno strumento fondamentale di programmazione dell'attività e degli investimenti necessari alla gestione delle risorse idriche in rapporto alla loro utilizzazione. Tali documenti contengono dati e informazioni utili per una valutazione dello stato delle acque nei punti di monitoraggio sia dei corpi idrici superficiali, perlopiù con riferimento alle aree idrografiche, sia delle falde sotterranee.

Anche in questo caso si è attribuito un *Indice integrativo* sintetico sulla base delle indicazioni contenute nei documenti utilizzati relativamente agli aspetti quantitativi, mentre le valutazioni qualitative non sono state considerate ai fini dell'indice, ritenendole responsabili piuttosto di maggiori costi nei necessari trattamenti di disinquinamento e potabilizzazione, anche se l'aspetto qualitativo incide indirettamente sulla minor disponibilità (immediata) di risorse

idriche ad uso antropico e produttivo. Occorre osservare che le valutazioni quantitative nei documenti utilizzati sono espresse secondo due criteri: la Criticità quantitativa o la Disponibilità quantitativa, con giudizi sintetici non numerici. Nella stima dell'indice si è tenuto conto di ciò omogeneizzando il più possibile le diverse definizioni. I valori individuati rientrano nell'intervallo  $It=[0/0,1/0,15]$ , corrispondente a: [0= Criticità minima e medio/bassa o Disponibilità: Abbondante, Buona, Buona/sufficiente, Sufficiente/Modesta] [0,1= Criticità media bassa, media, media/alta o Disponibilità: Buona/scarsa, Sufficiente/critica e criticità media e criticità media/bassa] [0,15= Criticità alta o Disponibilità: Critica e Criticità medio/alta e alta].

La situazione che è emersa sul piano quantitativo ha confermato la presenza di numerose situazioni di criticità o di disponibilità limitata (primaverile ed estiva), nelle diverse aree idrografiche e corpi idrici superficiali e sotterranei in una realtà regionale molto variegata e non facilmente sintetizzabile: delle 60 situazioni considerate, (27 aree idrografiche e 22 corpi idrici), ne risultano 22 con indice 0, quindi 17 con indice 0,1 e ben 25 con indice 0,15. La problematicità riguarda soprattutto per i corpi idrici superficiali, ma anche per i prelievi sotterranei si segnalano numerose situazioni di vulnerabilità o difficoltà.

Anche questa valutazione dell'offerta idrica nelle varie aree idrografiche regionali relative agli Ambiti Territoriali Ottimali prospetta una tendenza comune alla divaricazione tra la riduzione quantitativa nelle disponibilità e la crescita dei prelievi e dei consumi. Un quadro che risulta peraltro confermato costantemente nel corso delle rilevazioni presso tutti i soggetti e le diverse fonti contattate, soprattutto trova conferma nei dati ufficiali contenuti nei documenti regionali relativi alle aree idrografiche ed al Piano Tutela delle Acque. Se si dovesse considerare anche l'aspetto qualitativo la dimensione problematica apparirebbe ancora più preoccupante.



### 3.1.8 LA DESERTIFICAZIONE UMANA - EFFETTI AMBIENTALI NELLE AREE INTERESSATE DALL'ABBANDONO UMANO - INDICE IA

Un aspetto specifico di desertificazione in Piemonte risulta essere quella umana, come fenomeno di progressivo e crescente abbandono di ampi territori, specie montani e di alta collina, in precedenza abitati ed utilizzati, sebbene si tratti di un fenomeno talvolta non sufficientemente considerato o trascurato nelle valutazioni relative al deperimento ambientale. Per questo si è proposta una quarta integrazione **Ia** effetti della desertificazione umana, per valutare alcune conseguenze del processo di desertificazione antropico. Il dissesto territoriale è stato conside-

rato un aspetto pertinente alla problematica della desertificazione, essendo ritenuto, da esperti ed addetti istituzionali, causato anche o soprattutto dalla ridotta manutenzione territoriale continua e puntuale. In particolare si sono considerati i micro-dissesti intervenuti nelle aree appartenenti alle Comunità Montane, che con le nuove delimitazioni risultano corrispondere pressoché interamente alle Aree Forestali regionali, trascurando i macro-dissesti le cui cause ed origini riguardano perlopiù eventi che prescindono dall'abbandono umano. Sebbene non tutti i micro-dissesti si possono ritenere riconducibili all'abbandono umano, una gran parte, la maggiore, sì, proprio quale conseguenza, di-

**Tabella 14. Possibili effetti ambientali dell'abbandono umano. Coefficiente di dissesto Ia=[0/0,1/0,15]**

COMUNITA' MONTANA ex l.r. 19/2008		Aree Forestali	Coefficiente di dissesto	Indice
Provincia di Alessandria				
1	Valli Curone Grue e Ossona, Val Borbera e Valle Spinti	1/2	8,63	0,15
2	Alta Val Lemme, Alto Ovadese, Alta Valle Orba, Valle Ero e Bormida di Spigno	3/4	4,13	0,1
Provincia di Asti				
3	Langa Astigiana e Val Bormida	5	4,51	0,1
Provincia di Biella				
4	Val Sessera, Valle di Mosso e Prealpi Biellesi	41	7,42	0,15
5	Valle Del Cervo -La Bursch	41	7,42	0,15
6	Valle Dell'Elvo	45	13,43	0,15
Provincia di Cuneo				
7	Valli Gesso Vermenagna Pesio e Bisalta	11	2,34	0
8	Valle Stura	10	1,91	0
9	Valli Grana e Maira	8/9	2,29	0
10	Valli Po, Bronda, Infernotto e Varaita	6/7	1,53	0
11	Alta Valle Tanaro, Valli Mongia e Cevetta, Langa Cebana e Valli Monregalesi	12/13	7,88	0,15
12	Alta Langa e Langa Valli Bormida Uzzone	14	2,84	0
Provincia di Torino				
13	Val Chiusella, Valle Sacra e Dora Baltea Canavesana	36	3,82	0,1
14	Alto canavese	33	4,59	0,1
15	Valli Orco e Soana	34	4,56	0,1
16	Valli di Lanzo, Ceronda e Casternone	32	4,65	0,1
17	Valle Susa e Val Sangone	30/(28)	4,68/10,1	0,1
18	Valli Chisone, Germanasca, Pellice e Pinerolese Pedemontano	28	5,84	0,1
Provincia del VCO				
19	Valli Antigorio, Antrona, Anzasca, Ossola e Vigezzo	15/16/17/18/19	6,06	0,15
20	Due Laghi, Cusio Mottarone e Val Strona (Interprovinciale con sede In Provincia di Novara)	21-44	2,38	0
21	Val Grande, Alto Verbano e Valle Cannobina	23	5,52	0,1
Provincia di Vercelli				
22	Valsesia	38	5,88	0,1
TOTALE Piemonte numero dissesti in aree Comunità Montane 6433		Coefficiente 4,89		

**Fonte. Elaborazioni effettuate sulla base di dati del Settore Economia Montana della Regione Piemonte.**



retta ed indiretta, dell'assenza di micro manutenzione ambientale di aree prima coltivate ed abitate, della regolazione quotidiana necessaria alle modificazioni apportate dall'agire umano sull'ambiente. L'indice delle conseguenze territoriali **Ia** si è valutato quindi attraverso la proxy più accessibile, il censimento realizzato in anni recenti di tutti i micro-dissesti avvenuti nelle aree forestali montane regionali. Tale censimento è stato redatto in fase di valutazione di ammissibilità ai finanziamenti necessari per la loro sistemazione e la stabilizzazione delle aree degradate. L'esistenza di valutazioni regionali sulle dichiarazioni delle Comunità Montane, cioè delle richieste di finanziamento, le elaborazioni statistiche sui programmi, progetti ed interventi, la selezione delle richieste puntuali, rispetto alle numerose decisioni assunte dalle amministrazioni locali, (dalla sistemazione e recupero territoriale alla promozione turistica, dal folklore alle infrastrutture, ecc.), ha consentito il superamento di notevoli difficoltà di selezione ed ha offerto informazioni sufficienti a tracciare una prima significativa valutazione della situazione e delle dinamiche in atto. I micro-dissesti considerati dal competente Assessorato regionale sono:

Erosione fluvio-torrentizia di sponda; Erosione fluvio-torrentizia di fondo; Erosione di versante generalizzata; detriti di falda soggetti a riattivazione e coni detritici solo parzialmente stabilizzati; Aree soggette a movimenti di massa superficiali (colamenti e creeps); Aree soggette a movimenti di massa profondi; Frane singole di dimensioni rilevanti; Aree soggette a frane di roccia lapidea e/o caduta di blocchi; Aree soggette a cadute di valanghe.

Nella Tabella 14 sono state riportate le stime di un coefficiente di dissesto calcolato come rapporto tra micro dissesti censiti e superfici delle Comunità Montane in cui sono avvenuti, [Coeff.= (N° Dissesti) / (Superficie Totale Com. Mon.)], avendo attribuito correttamente le Aree Forestali alle rispettive Comunità Montane. L'Indice stimato **Ia** è stato derivato dal coefficiente stesso ed ha assunto i valori  $Ia=[0/0,1/0,15]$  pari a: 0 per un coefficiente nell'intervallo [0-3] dal significato di assenza o livello minimo di effetti negativi; 0,1 per un coefficiente nell'intervallo [3,1-6] ed intorno al valore medio totale, dal significato di presenza significativa di effetti negativi; 0,15 per coefficiente oltre il valore [6,1] dal significato di presenza rilevante di effetti negativi.

La stima delle possibili conseguenze dell'abbandono in termini di micro dissesti è stata effettuata e deve essere considerata in termini prudenziali, ritenendo probabile che una quota degli stessi sia dipesa da cause naturali o co-



munque non riconducibili all'azione antropica; va inoltre segnalato che la stima del coefficiente si è basata su informazioni riguardanti il numero degli eventi ma non la loro gravità o entità economica (sebbene di dimensioni analoghe nell'ordine di grandezza). Tuttavia il coefficiente calcolato ha rappresentato in modo verosimile ed attendibile un aspetto rilevante, tra gli altri, delle conseguenze dell'abbandono umano. Con tale premessa si è osservata una diffusa presenza di valori positivi dell'indice in molte aree montane, con l'eccezione delle Comunità cuneesi in cui i coefficienti di dissesto sono apparsi di entità decisamente inferiore. Un aspetto che non è stato possibile considerare ha riguardato la dimensione delle opere di manutenzione necessarie per contenere le perdite o le dispersioni di fonti e riserve idriche in precedenza utilizzate, di sorgenti e condotte abbandonate a seguito di abbandono residenziale umano. Informazioni di tal tipo avrebbero potuto evidenziare un ulteriore tendenziale contributo al rischio di siccità derivante da abbandono, ma pur ricercando fonti informative inerenti, gli scarsi risultati ottenuti, solo stime soggettive molto prudenziali, non hanno consentito di valutare correttamente la dispersione e la riduzione delle risorse, (al netto delle restituzioni sotterranee), non conseguenti la riduzione delle precipitazioni meteoriche e delle riserve nevose.

La distribuzione dell'indice dei micro dissesti ha messo in evidenza una situazione preoccupante con 6 Comunità Montane dall'Indice 0,15 quindi 10 con indice 0,1 ed infine 6 con indice 0.

### 3.1.9 INDICE INTEGRATO COMPLESSIVO IUI

Una volta calcolati gli indici integrativi parziali **Ic**, **Id**, **It** sulla base dei dati disponibili, è stato possibile determinare l'indice integrato complessivo **Iui**=[**Iu**+**Ii**]=**Iu**+[(**Ic**) (**Id**) (**It**)], ottenibile dai possibili valori degli indici parziali **Ic**=[0/0,1/0,15/0,2] **Id**=[0/0,1/0,15] **It**=[0/0,1/0,15], relativamente ad ogni porzione

di territorio presa in considerazione e per ogni destinazione d'uso prevalente del territorio stesso. L'effetto complessivo di incremento del rischio di desertificazione, somma dell'indice o degli indici parziali pertinenti le dinamiche registrate, cioè l'indice integrativo **Ii**, può quindi assumere un valore compreso tra 0 e 0,5 essendo tali valori estremi corrispondenti alle ipotesi che non vi siano incidenze dell'azione antropica o siano massime con intervento contemporaneo di tutti gli indici stimati.



L'insieme dei valori possibili dell'indice integrativo risulta:

[0/0,1/0,15/0,2/0,25/0,3/0,35/0,4/0,45/0,5]

L'integrazione con gli indici ESAs precedentemente calcolati, **Iu**=[1/1,5/2], comporta di conseguenza la seguente combinazione di valori:

**Iui**=[1/1,1/1,15/1,2/1,25/1,3/1,35/1,4/1,45/1,5/1,55/1,6/1,65/1,7/1,75/1,8/1,85/1,9/1,95/2/2,1/2,15/2,2/2,25/2,3/2,35/2,4/2,45/2,5].

#### Politiche contro la scarsità irrigua

L'Indice **Ps** previsto dal metodo ESAs viene stimato con riferimento alla presenza e realizzazioni di politiche di salvaguardia ambientale nelle varie porzioni territoriali prese in considerazione, quindi una indicazione sintetica del livello normativo e di regolazione raggiunto. La logica delle integrazioni proposte si individua nella possibilità di arricchire il realismo delle stime valutando in particolare le politiche rivol-



te alla tutela delle risorse idriche, considerando-le in grado di tutelare indirettamente il territorio dalla desertificazione.

Le politiche deliberate, realizzate ed in fase di realizzazione, sono state considerate quali azioni efficaci di riduzione dei danni causati dall'azione antropica, cioè quali azioni antropiche virtuose in grado di realizzare una riduzione, (un miglioramento), dell'Indice **Ps** stimato in precedenza con il metodo ESAs. La valutazione ha riguardato le attività di salvaguardia riferite alle risorse idriche da parte della Regione Piemonte, dei Consorzi Irrigui, delle Province come sempre con riferimento agli ultimi cinque anni.

L'indice individuato **Pcd** è stato stimato in specifico attraverso l'implementazione di politiche per la razionalizzazione dell'uso delle risorse irrigue e la tutela delle riserve, (sempre facendo riferimento alle porzioni territoriali in cui sono state avviate e/o realizzate opere documentate e significative). Per le restanti numerose politiche di salvaguardia territoriale attuate dalle istituzioni competenti, già richiamate, si è stimato un indice non riferito all'azione complessiva, risultata elevata e soprattutto omogenea per le diverse aree, ma assegnando un valore all'indice **Pt** con riferimento alle politiche territoriali di particolare rilevanza, significatività od originalità.

### 3.1.10 POLITICHE VERSO GLI USI IRRIGUI - INDICE **Pcd**

L'indice delle Politiche salvaguardia **Ps** è stato arricchito, per le aree comprensoriali irrigue, valutando con un indice sintetico **Pcd** le variazioni incrementali degli interventi protettivi deliberati e realizzati a favore delle risorse idriche ad uso irriguo, la cui incidenza si ricorda è la maggiore a livello regionale, quindi valutando tutti gli interventi rivolti alla tutela, alla regolazione, al risparmio, alla razionalizzazione degli usi, sempre attraverso le dinamiche registrate negli ultimi cinque anni. L'indice **Pcd** è stato stimato attraverso due parametri: un primo parametro individuato attraverso la valutazione della specifica "propensione ad evolversi" di ogni Consorzio verso soluzioni organizzative e gestionali di maggior efficienza, quindi valutandone i miglioramenti in termini di capacità organizzativa e di efficienza complessiva, soprattutto con riferimento alla distribuzione delle risorse idriche; il punteggio previsto ha contemplato un intervallo numerico da un valore minimo (1) ad un valore massimo (5), il primo in corrispondenza di una attività di semplice ordinarietà ed il secondo di una elevata capacità e dinamica evolutiva. Un secondo parametro è stato individuato, sempre per ogni Consorzio, nella "propensione progettuale" intesa come capacità innovativa, rivolta all'incremento di efficienza nell'uso delle risorse idriche, valutata in base ai progetti presentati alla Regione Piemonte per ottenere finanziamenti specifici.

Le tre tipologie di razionalizzazione prese in considerazione dalla Regione Piemonte hanno riguardato progetti (quindi finanziamenti), erogati secondo la seguente suddivisione:

**Priorità 1:** progetti di trasformazione totale, per le superfici richiedenti i finanziamenti, degli attuali sistemi irrigui in sistemi innovativi (impianti irrigazione a goccia, pioggia, trasporto con-



trollato, ecc.), per realizzare riduzioni nei consumi idrici.

**Priorità 2:** progetti che in parte razionalizzano l'irrigazione ed in parte il trasporto idrico dai pozzi di prelievo alle superfici utilizzatrici con condotte in pressione, realizzando in tal modo una riduzione delle dispersioni e perdite, ma anche sistemi di collegamenti ed integrazioni tra pozzi, (rete idrica), per una loro miglior gestione.

**Priorità 3:** progetti di solo miglioramento nel trasporto idraulico e nei collegamenti tra pozzi (rete idrica).

Si è trattato quindi di politiche regionali rivolte alla valorizzazione e miglioramento dell'uso del fattore produttivo acqua e contestualmente rivolte alla riduzione delle dispersioni nei trasporti e miglior utilizzo delle risorse naturali esistenti (falde sotterranee). Ovviamente i progetti di razionalizzazione hanno riguardato diverse estensioni superficiali, più o meno ampie, su cui è intervenuto il nuovo metodo irriguo, per cui il coefficiente di valutazione degli effetti positivi ne ha tenuto conto assegnando valori intermedi tra quelli previsti; più esattamente: Priorità 1 in parentesi tonda: 5 per i primi 7 progetti, 4 dall'ottavo al quattordicesimo progetto, 3 dal quindicesimo al ventunesimo. Priorità 2 in parentesi quadra: 2 per i primi due progetti e 1,5 per i restanti tre; Priorità 3 in parentesi graffa: 1 per l'unico progetto presentato.

La Tabella 15 raccoglie i valori attribuiti agli indici  $P_{cd}=[-0,3/-0,2/-0,1/0]$ , relativi all'intensità e dimensione degli interventi realizzati, avendo assunto i valori negativi maggiori come attestazione delle azioni più significative ed i valori nulli come assenza di incrementi negli interventi di salvaguardia. Non sono stati considerati valori positivi perché non si è ritenuto che siano intervenute riduzioni dell'azione di salvaguardia regionale.

La distribuzione dei valori dell'Indice, [6 Consorzi con -0,3] [5 Consorzi con -0,2] [16 Consorzi con -0,1] [9 Consorzi con 0], ha evidenziato la presenza di un gruppo consistente di

Consorzi attivi nella ricerca di efficienza nella gestione ed innovativi nella razionalizzazione dell'uso irriguo, e comunque una sensibilità generalizzata alle necessità di affrontare i nuovi problemi posti dalla riduzione delle risorse attraverso interventi ed investimenti che migliorino la razionalità dei prelievi e degli usi. La diffusa consapevolezza della tendenziale necessità di razionalizzazione è evidenziata anche dal fatto che solamente 9 Consorzi appaiono meno sensibili all'introduzione di innovazioni, in forza delle loro sufficienti disponibilità attuali e della stabilità della domanda espressa dai loro utenti, mentre si è riscontrata una correlazione inferiore alle attese tra Consorzi dichiaranti Carenza e Deficit idrico e scelte di innovazioni ed ammodernamenti.

### **3.1.11 POLITICHE DI RISISTEMAZIONE DELLE AREE ABBANDONATE - INDICE PA**

Il terzo Indice **Pa** ha riguardato le politiche di salvaguardia programmate ed in parte realizzate nelle aree montane ed alto collinari soggette a dissesti idrogeologici, le stesse aree considerate in precedenza per l'indice **Ia** e soggette ad abbandono umano. Tali politiche di salvaguardia **Pa** si è ritenuto poterle far corrispondere alla realizzazione di azioni di ripristino dei dissesti, con erogazione di fondi necessari, e di produzioni normative adeguate, sempre con riferimento agli ultimi cinque anni. Anche per questa valutazione si sono incontrate difficoltà in relazione alla pluralità di soggetti competenti, Comunità Montane, Corpo Forestale dello Stato, Regione, Province, Comuni, per cui le informazioni utili risultano disperse negli Strumenti di programmazione di riferimento. Solo l'attivazione di osservazioni sistematiche della Regione Piemonte ha reso disponibili le informazioni necessarie, pur se ovviamente non finalizzate agli obiettivi di questa ricerca. I coefficienti stimati sono stati concepiti come rapporto tra il numero di "interventi previsti", sulla base di progetti presentati, ed il numero totale degli "interventi censiti" a livello locale, dichiarati e verificati, quindi: Coefficiente = Interventi previsti/Totale censiti. Molti interventi sono stati realizzati in

**Tabella 15. Politiche di salvaguardia risorse per uso irriguo. Pcd=[-0,3/-0,2/-0,1/0] indice numerico negativo con valore assoluto maggiore per condizioni migliori.**

CONSORZIO IRRIGUO DI II GRADO	Propensione Evolutiva	Propensione Innovativa	Indice Pcd
ASSOCIAZIONE IRRIGAZIONE EST SESIA 1201	5	5 (6)	-0,3
ASSOCIAZIONE D'IRRIGAZIONE OVEST SESIA 1202	3	0	0
CONSORZIO IRRIGUO MI MIGLIORAMENTO FONDIARIO A. FOGLIETTI 1203	4	0	0
CONSORZIO OSSOLANO IRRIGAZIONE 1204	2	0	0
COMPRESORIO IRRIGUO DEL CANAVESE 1205	1/2	4 (13)	-0,1
CONSORZIO COMUNI ED UTENTI SULLA RIVA SINISTRA DELLA STURA 1206	2	4 (8)	-0,1
CONSORZIO IRRIGUO DELLE VALLI DI SUSÀ E CENISCHIA 1207	4	4 (11)	-0,3
CONSORZIO UNIONE BEALERE DERIVATE DALLA DORA RIPARIA 1208	2	0	0
CONSORZIO VALSANGONE 1209	3	3 (19)	-0,1
CONSORZIO CHISOLA – LEMINA 1210	4	1 {1}	-0,1
CONSORZIO IRRIGUO VAL CHISONE – PINEROLESE 1211	5	5 (5)	-0,3
CONSORZIO IRRIGUO VAL PELLICE – CAVOURESE 1212	5	3 (16)	-0,1
CONSORZIO DI IRRIGAZIONE CHIERESE ASTIGIANO 1213	3	5 (3)	-0,2
CONSORZIO IRRIGUO DI II GRADO SINISTRA PO - VALLE PO 1214	4	2 [2]	-0,1
CONSORZIO IRRIGUO DI II GRADO SALUZZESE – VARAITA 1215	3	5 (2)	-0,2
CONSORZIO IRRIGUO DELLA PIANURA CUNEESE – TORINESE 1216	3	0	0
COMPRESORIO IRRIGUO AREA SAVIGLIANESE 1217	2	0	0
CONSORZIO IRRIGUO MAIRA - BUSCHESE - VILLAFALLETTESE 1218	3	3 (15)	-0,1
ASSOCIAZIONE IRRIGUA VALLE MAIRA 1219	1	5 (4)	-0,1
AGGREGAZIONI CONSORZI IRRIGUI RISORGIVE MELLEA CENTALLESE 1220	3	1,5 [4]	-0,1
AGGREGAZIONE CONSORZI SINISTRA STURA DI DEMONTE 1221	4	3 (17)	-0,2
AGGREGAZIONE CONSORZI VALLE GRANA – CARAGLIESE 1222	2	0	0
CONSORZIO COMPRESORIALE DI II GRADO FOSSANESE BRAIDEESE 1223	4	2 [1]	-0,1
CONSORZIO IRRIGUO DI II GRADO BEALERA MAESTRA – DESTRA STURA 1224	5	4 (9)	-0,2
VALLE GESSO - VALLE VERMENAGNA - CUNEESE- BOVESANO 1225	4	4 (10)	-0,3
CONSORZIO DEL PESIO 1226	5	3 (20)	-0,1
CONSORZIO COMPRESORIO VALLI ELLERO, CORSAGLIA, CASOTTO 1227	2	0	0
ASSOCIAZIONE CONSORZI ALTA VALLE TANARO CEBANO 1228	2	4 (12)	-0,1
CONSORZIO COMPRESORIALE TANARO ALBESE - LANGHE ALBESI 1229	2	3 (18)	-0,1
CONSORZIO IRRIGUO ROERO 1230	4	5 (5)	-0,3
CONSORZIO IRRIGUO DI II GRADO ALTA LANGA-BORMIDA E UZZONE 1231	2	4 (14)	-0,1
CONSORZIO DI IRRIGAZIONE DESTRA PO - AGRO CASALESE 1232	2	3 (21)	-0,1
CONSORZIO DI IRRIGAZIONE CANALE DE FERRARI 1233	3	5 (7)	-0,2
CONSORZIO IRRIGUO DESTRA BORMIDA 1234	3	0	0
CONSORZIO IRRIGUO ALESSANDRINO - ORIENTALE – SCRIVIA 1235	4	1,5 [3]	-0,1
CONSORZIO DI BONIFICA DELLA BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE 1236	5	5 (1)	-0,3
<b>Fonte. Ricerca diretta presso i Consorzi</b>			

anni passati, (e ciò risulta nel censimento come opere già realizzate e concluse), ma si è ritenuto conforme alla logica assunta in questo lavoro considerare quelli in atto e non tanto il livello di intervento raggiunto, quindi la dinamica recente espressa proprio dagli interventi previsti e con progetto approvato in base ai finanziamenti disponibili. Occorre ricordare che per le spese

e gli investimenti relativi ai dissesti territoriali le Comunità Montane dispongono anche di fondi derivanti da quote percentuali delle tariffe del servizio idrico integrato, tuttavia nell'individuazione esatta dell'uso di tali voci di spesa sono emerse complessità non risolvibili nel breve periodo.



Tabella 16. Politiche di salvaguardia in aree montane e di alta collina -  $Pa=[-0,15/-0,1/0]$

COMUNITA' MONTANA ex l.r. 19/2008		Aree Forestali	Coefficiente	Indice
Provincia di Alessandria				
1	Valli Curone Grue e Ossona, Val Borbera e Valle Spinti	1/2	64,24%	-0,15
2	Alta Val Lemme, Alto Ovadese, Alta Valle Orba, Valle Erro e Bormida di Spigno	3/4	28,90%	0
Provincia di Asti				
3	Langa Astigiana e Val Bormida	5	65,71%	-0,15
Provincia di Biella				
4	Val Sessera, Valle di Mosso e Prealpi Biellesi	41	35,11%	-0,1
5	Valle Del Cervo -La Bursch	41	35,11%	-0,1
6	Valle Dell'Elvo	45	59,90%	-0,1
Provincia di Cuneo				
7	Valli Gesso Vermenagna Pesio e Bisalta	11	72,34%	-0,15
8	Valle Stura	10	50,43%	-0,1
9	Valli Grana e Maira	8/9	75,47%	-0,15
10	Valli Po, Bronda, Infernotto e Varaita	6/7	79,20%	-0,15
11	Alta Valle Tanaro, Valli Mongia e Cevetta, Langa Cebana e Valli Monregalesi	12/13	47,80%	-0,1
12	Alta Langa e Langa Valli Bormida Uzzone	14	31,20%	-0,1
Provincia di Torino				
13	Val Chiusella, Valle Sacra e Dora Baltea Canavesana	36	57,63%	-0,1
14	Alto canavese	33	40,23%	-0,1
15	Valli Orco e Soana	34	20,64%	0
16	Valli di Lanzo, Ceronda e Casternone	32	61,30%	-0,15
17	Valle Susa e Val Sangone	29/30/(28)	52,35%	-0,1
18	Valli Chisone, Germanasca, Pellice e Pinerolese Pedemontano	25/26/(28)	67,54%	-0,15
Provincia del VCO				
19	Valli Antigorio, Antrona, Anzasca, Ossola e Vigezzo	15/16/17/18/19	40,21%	-0,1
20	Due Laghi, Cusio Mottarone e Val Strona (Interprovinciale con sede In Provincia di Novara)	21-44	65,71%	-0,15
21	Val Grande, Alto Verbano e Valle Cannobina	23	57,61%	0
Provincia di Vercelli				
22	Valsesia	38	29,84%	0
TOTALE Piemonte		Coefficiente 46,44%		

Fonte: Elaborazioni effettuate su dati della Regione Piemonte Assessorato per la Montagna

I valori degli indici  $Pa=[-0,15/-0,1/0]$ , come elementi di integrazione  $Pi$  (degli Indici  $Ps$ ), nelle relative aree pertinenti, sono stati considerati: -0,15 per elevati livelli di interventi protettivi previsti oltre 61% di quelli totali; -0,1 per livelli di interventi protettivi previsti compresi nell'intervallo 31-60% di quelli totali; 0 per interventi protettivi fino al 30% di quelli totali.

La distribuzione dell'Indice relativo alle Politiche di salvaguardia nelle rispettive aree ha segnalato una attività vivace ed efficiente, essendosi rilevato che 8 Comunità Montane hanno espresso il valore 0,15 quindi 10 Comunità il valore 0,1 ed infine 4 Comunità il valore 0.

Un'altra politica di tutela delle aree desertiche ha riguardato l'azione di rimboscimento, per la quale si sarebbe dovuto considerare il tasso di crescita del manto vegetale forestale ed il conseguente tasso di decadimento di anidride carbonica e polveri varie presenti nell'atmosfera. Tuttavia la traduzione in termini di coefficienti da integrare ai precedenti valori dell'indice  $Ia$  è risultata problematica ed opinabile, per la scarsità di informazioni disponibili, o meglio per la non completa disponibilità di dati puntuali, circa la crescita estensiva ed intensiva dei manti forestali negli ultimi cinque anni. Anche assumere la spesa complessiva affrontata per azioni di salvaguardia e rimboscimento non è

risultato possibile per la dispersione delle informazioni presso i vari Enti competenti (Regione, Corpo Forestale, Comunità Montane, Province, Comuni) che ha pertanto reso impossibile la loro elaborazione. I numerosi lavori realizzati dall'Istituto per Piante da Legno e l'Ambiente (IPLA) avrebbero consentito una valutazione relativa solo per ampie aree dell'arco alpino e collinare, una valutazione complessiva che non avrebbe potuto contribuire all'individuazione di indici locali, di base, stimabili solo con indagini locali relative alle dinamiche nelle estensioni forestali, non realizzabili nel breve periodo.

#### *Indice integrato Psi*

Per ogni porzione di territorio preso in considerazione e per ogni relativo utilizzo prevalente, risulta possibile calcolare l'indice integrato **Psi** dopo aver individuato gli indici parziali relativi alle dinamiche registrate nelle politiche di salvaguardia delle risorse idriche  $Psi = Ps + Pi = Ps + [(Pcd), (Pt)]$ . Considerando gli intervalli degli indici rispettivamente  $Pcd = [-0,3/-0,2/-0,1/0]$  e  $Pt = [-0,1/0]$ , l'indice integrativo **Pi** può assumere i valori  $[-0,4/-0,3/-0,2/-0,1/0]$ , dai casi estremi di assenza di variazioni o di variazione simultanea massima e cumulata, accanto a quelli intermedi, sempre in termini di effetti riduttivi dell'indice stimato inizialmente con metodo ESAs. Anche in questo caso viene preferita l'operazione somma dell'indice integrativo a quello iniziale, perché ciò significa integrare il contributo antropico dinamico nel precedente indice relativo allo stato di salvaguardia raggiunto ed in atto. In questo modo viene pesato in modo significativo il ruolo delle politiche di salvaguardia attraverso la riduzione di **Psi** e quindi il valore della media geometrica MQI. Ovviamente l'integrazione con gli indici ESAs,  $Ps = [1/1,5/2]$  comporta maggior combinazione di possibili valori:

$Psi = [0,6/0,7/0,8/0,9/1/1,1/1,2/1,3/1,4/1,5/1,6/1,7/1,8/1,9/2]$ . Nella realtà la possibilità di valori estremi appare rara, implicando una condizione in cui operino contestualmente tutte le condizioni considerate o nessuna.



#### **3.1.12 CALCOLO NUOVO INDICE MQI.**

Come evidenziato in precedenza, per ogni porzione territoriale presa in considerazione, ed in base alla disponibilità di dati significativi, si è assunta la logica di integrare gli indici **Icd**, **It** ed **Ia**, come incremento peggiorativo del valore stimato **Iu** con il metodo ESAs; quindi integrare gli indici migliorativi **Pcd**, **Pt** e **Pa**, come riduzione migliorativa del valore stimato **Ps** con il metodo Medalus. Questo nell'ovvia considerazione che le stime iniziali degli indici **Iu** e **Ps** corrispondessero correttamente al livello raggiunto nell'Intensità d'uso del territorio ed altrettanto correttamente alle Politiche di salvaguardia poste in essere, con riferimento alle disponibilità di risorse idriche ed alle loro variazioni, considerate queste ultime un segnale significativo dei rischi di desertificazione. Le integrazioni sono corrisposte ed hanno rappresentato le variazioni intervenute negli ultimi cinque anni per effetto della doppia azione an-



Risultati qualitativi calcolati con  $MQI_i = [Iui \cdot Psi]^{1/2}$

Psi→ ↓Iui	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
1	0,71	0,77	0,83	0,89	0,95	1	1,04	1,09	1,14	1,18	1,22	1,26	1,3	1,34	1,38	1,41
1,05	0,72	0,79	0,85	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,17	1,21	1,25	1,29	1,33	1,37	1,41	1,45
1,1	0,74	0,81	0,88	0,94	0,99	1,05	1,1	1,15	1,19	1,24	1,28	1,33	1,37	1,41	1,44	1,48
1,15	0,75	0,83	0,89	0,96	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22	1,26	1,31	1,36	1,4	1,44	1,48	1,52
1,2	0,77	0,85	0,92	0,98	1,04	1,09	1,15	1,20	1,25	1,30	1,34	1,38	1,43	1,47	1,51	1,55
1,25	0,78	0,87	0,93	1,00	1,06	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37	1,41	1,46	1,50	1,54	1,58
1,3	0,80	0,88	0,95	1,02	1,08	1,14	1,19	1,25	1,3	1,35	1,39	1,44	1,49	1,53	1,57	1,61
1,35	0,81	0,9	0,96	1,04	1,1	1,16	1,22	1,27	1,32	1,37	1,42	1,47	1,51	1,56	1,6	1,64
1,4	0,84	0,92	0,99	1,06	1,12	1,18	1,24	1,29	1,35	1,4	1,45	1,49	1,54	1,59	1,63	1,67
1,45	0,85	0,93	1,00	1,08	1,14	1,20	1,26	1,32	1,37	1,42	1,47	1,52	1,57	1,61	1,66	1,7
1,5	0,87	0,95	1,02	1,09	1,16	1,22	1,28	1,34	1,4	1,45	1,50	1,55	1,6	1,64	1,69	1,73
1,55	0,88	0,96	1,04	1,09	1,18	1,24	1,3	1,36	1,42	1,47	1,52	1,57	1,62	1,67	1,71	1,76
1,6	0,89	0,98	1,06	1,13	1,20	1,26	1,33	1,38	1,44	1,50	1,55	1,60	1,65	1,7	1,74	1,79
1,65	0,9	0,99	1,07	1,15	1,21	1,28	1,34	1,41	1,46	1,52	1,59	1,62	1,67	1,72	1,77	1,81
1,7	0,92	1,01	1,09	1,17	1,24	1,3	1,37	1,43	1,48	1,54	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,84
1,75	0,93	1,02	1,1	1,18	1,25	1,32	1,38	1,45	1,51	1,56	1,62	1,67	1,72	1,77	1,82	1,87
1,8	0,89	1,04	1,12	1,20	1,27	1,34	1,41	1,47	1,53	1,59	1,64	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9
1,85	0,96	1,04	1,13	1,22	1,28	1,36	1,42	1,49	1,55	1,61	1,66	1,72	1,77	1,82	1,87	1,92
1,9	0,97	1,06	1,15	1,23	1,3	1,37	1,44	1,51	1,57	1,63	1,69	1,74	1,79	1,85	1,9	1,95
1,95	0,98	1,08	1,17	1,25	1,32	1,4	1,46	1,53	1,59	1,65	1,7	1,77	1,82	1,87	1,92	1,97
2	1,00	1,09	1,18	1,26	1,34	1,41	1,48	1,55	1,61	1,67	1,73	1,79	1,84	1,9	1,95	2
2,05	1,01	1,11	1,19	1,28	1,36	1,43	1,50	1,57	1,63	1,69	1,75	1,81	1,87	1,92	1,97	2,02
2,1	1,02	1,12	1,21	1,3	1,37	1,45	1,52	1,58	1,65	1,71	1,77	1,83	1,89	1,94	1,99	2,05
2,15	1,03	1,13	1,22	1,31	1,39	1,47	1,54	1,60	1,67	1,73	1,79	1,85	1,91	1,96	2,02	2,07
2,2	1,05	1,15	1,24	1,33	1,41	1,48	1,55	1,62	1,69	1,75	1,81	1,88	1,93	1,99	2,04	2,10
2,25	1,06	1,16	1,25	1,34	1,42	1,50	1,57	1,64	1,71	1,77	1,83	1,90	1,95	2,01	2,07	2,12
2,3	1,07	1,17	1,27	1,36	1,44	1,52	1,59	1,66	1,73	1,79	1,86	1,92	1,98	2,03	2,09	2,14
2,35	1,08	1,19	1,28	1,37	1,45	1,53	1,6	1,68	1,75	1,81	1,88	1,94	2,00	2,06	2,11	2,17
2,4	1,09	1,20	1,30	1,38	1,47	1,55	1,62	1,70	1,77	1,83	1,90	1,96	2,02	2,08	2,13	2,19
2,45	1,10	1,21	1,31	1,40	1,48	1,56	1,64	1,71	1,78	1,85	1,91	1,99	2,04	2,10	2,16	2,21
2,5	1,11	1,22	1,32	1,41	1,50	1,58	1,66	1,73	1,80	1,87	1,94	2	2,06	2,12	2,18	2,24
2,55	1,13	1,24	1,33	1,43	1,51	1,60	1,67	1,74	1,82	1,89	1,95	2,02	2,08	2,14	2,20	2,26
2,6	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	1,61	1,69	1,77	1,84	1,91	1,97	2,04	2,10	2,16	2,22	2,28

tropica sull'ambiente, distruttiva a causa delle azioni negative di sfruttamento e costruttiva per merito delle azioni positive di tutela. Occorre ricordare che le due integrazioni proposte hanno intenzionalmente cercato di valutare le variazioni intervenute, i trend in atto, e non tanto il livello di sfruttamento e salvaguardia raggiunto, le cui valutazioni dovrebbero essere realizzate preliminarmente attraverso gli indici del metodo ESAs. L'unico aspetto irrisolto è consistito nelle non sempre coincidenti dimensioni geografiche di riferimento per i dati disponibili, differenze nei riferimenti territoriali tra

le integrazioni stimate e quelli ESAs individuati inizialmente.

Il calcolo dei nuovi valori dell'indice Qualità di Gestione del Territorio, MQI, è consistito dunque nell'integrazione degli indici calcolati inizialmente, secondo il metodo ESAs, per ogni

**La matrice relativa ai valori calcolabili con il metodo Medalus  $MQI_i = [Iu \cdot Ps]^{1/2}$  risulta:**

Psi→ ↓Iui	1	1,5	2
1	1	1,22	1,41
1,5	1,22	1,5	1,73
2	1,41	1,73	2





porzione territoriale presa in considerazione e per ogni utilizzazione prevalente del territorio, con i nuovi indici integrativi, rimanendo invariato l'algoritmo di calcolo Medalus, ed il suo significato. Quindi:

$$- I_{ui} = I_u + I_i = I_u + [(I_{cd}), (I_t), (I_a)]$$

$$- P_{si} = P_s + P_i = P_u + [(P_{cd}), (P_t), (P_a)]$$

Le medie geometriche, corrispondenti ai risultati dell'algoritmo di calcolo  $MQI_i = [(I_u + I_i) \cdot (P_s + P_i)]^{1/2} = [I_{ui} \cdot P_{si}]^{1/2}$  hanno determinato la matrice MQI che contempla tutte le possibili combinazioni, quindi l'incidenza contestuale di tutte o di alcune o di nessuna delle integrazioni proposte, benché di norma risulti rilevante un solo indice integrativo dell'Intensità d'uso ed un solo indice integrativo delle Politiche di salvaguardia, quelli più pertinenti alle porzioni territoriali osservate. La maggior articolazione degli indici I<sub>ui</sub> e P<sub>si</sub> evidenzia una valutazione più attenta alle modificazioni apportate dall'azione antropica sull'ambientale, sia in termini di Intensità d'uso che di Salvaguardia, con l'ulteriore specificità d'aver stimato gli indici nella loro dinamica negli ultimi cinque anni. Integrando ai valori assegnati con il metodo ESAs ad ogni porzione territoriale presa in considerazione e ad ogni destinazione prevalente individuata, i valori stimati si ottiene una migliore determinazione del livello di incidenza antropica in atto.

### 3.1.13 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE CIRCA LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE ANTROPICA

I criteri ed il metodo di valutazione sintetica conclusiva circa le tendenze alla desertificazione in atto, a causa dell'azione antropica, sono rimasti invariati con le integrazioni proposte. Utilizzando il metodo e gli indici ESAs la valutazione del rischio di desertificazione è rappresentato da tre livelli o intervalli numerici relativi al Management Quality Indice: [**Alta** con valori di MQI inclusi nell'intervallo 1-1,25, **Moderata** con MQI nell'intervallo 1,26-1,5, **Bassa** con MQI >1,51].

Tuttavia la maggior articolazione della precedente matrice dei valori MQI ha consentito di individuare due linee di confine, due frontiere determinate dalla successione di eguali valori, evidenziati, e corrispondenti ai limiti dei livelli previsti dalla Management Quality secondo il metodo ESAs. Le tre aree definite dalle linee evidenziate, costituiscono due frontiere corrispondenti: la prima a sinistra all'assenza di rischi di desertificazione; la centrale a situazioni di rischi tendenziali, la terza a destra a presenza di rischi di desertificazione. Tali linee o frontiere di Qualità sono un risultato ottenibile in specifico attraverso la valutazione proposta, cioè considerando maggiormente l'incidenza dell'azione antropica, distruttiva o riparatrice, mentre il loro profilo curvilineo può risultare più o meno accentuato quanto maggiore o minore è il peso relativo assegnato alle azioni distruttive e di salvaguardia. Infatti l'accentuare il peso delle Politiche di salvaguardia o viceversa quello di Intensità d'uso del suolo comporta una accentuazione di tale andamento, come già appariva nel corso delle stime degli indici di Carenza e Deficit irrigui dove si era posto in evidenza come l'arretratezza nell'uso delle risorse disponibili divenisse una componente rilevante della scarsità contingente e quindi come tutte le azioni di programmazione e razionalizzazione del loro uso potessero ritenersi notevolmente significative ed in sostanza le più efficaci per allontanare le prospettive di radicalizzazione della scarsità.

La seconda componente che determina i livelli cui si collocano tali linee di frontiera risulta dipendere dai valori assoluti assegnati ai due indici iniziali **Iu** e **Ps** e dal peso dato agli indici integrativi **Ii** e **Pi**, soprattutto di questi ultimi in relazione ad una maggior valutazione dell'azione antropica. Questo aspetto metodologico consente una importante flessibilità alla presente proposta di valutazione, poiché i pesi attribuiti, come integrazioni di quelli ESAs, possono essere modificati in funzione delle esigenze di analisi e delle realtà territoriali in osservazione, oppure della situazione ambientale o ciclica in esame. Ad esempio quando si desidera sviluppare l'analisi ad un livello locale più dettagliato o si debbano considerare caratteristiche specifiche della situazione ambientale e dei territori in esame quali la conformazione, l'altitudine e latitudine, il livello di compromissione, il livello di industrializzazione e sfruttamento del territorio stesso, ecc. Occorre tuttavia osservare come una maggior ampiezza della matrice, e quindi degli indici stimati, pur in una dimensione macroterritoriale, mentre può consentire un miglioramento della precisione puntuale delle valutazioni territoriali, può trovare un elemento di debolezza nella difficoltà di disporre concretamente di tutti i dati e le informazioni puntuali necessarie, soprattutto di valori certi e verificati costantemente nel tempo.

Infine si può ritenere che le integrazioni proposte risulterebbero più efficaci nella loro capacità predittiva se si scegliessero frontiere diverse, con una dilatazione dell'area intermedia corrispondente alle situazioni di rischio tendenziale, quella con ogni probabilità più interessante per le realtà temperate, tra le quali quella piemontese. La determinazione delle frontiere risente ovviamente dei valori assegnati alle classi di qualità prestabilite ed al metodo di calcolo prescelto, la media geometrica. Occorrerebbe rivedere prioritariamente gli intervalli delle classi di Qualità alla luce di una maggior articolazione degli indici utilizzati ed a cui si fa riferimento, proprio perché nelle aree temperate e con maggior densità residenziale, abitativa e produttiva, il peso relativo dell'azione antropica risulta di

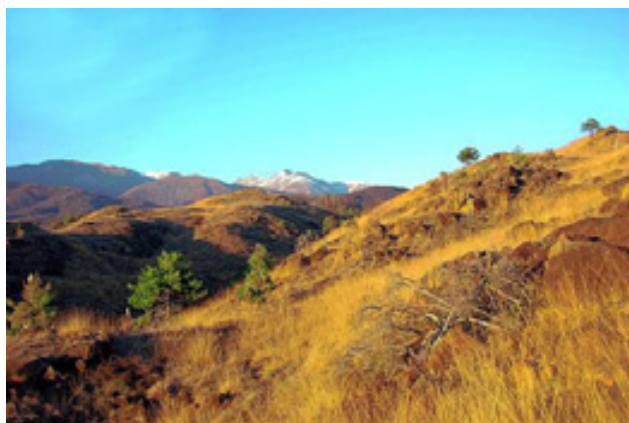
notevole peso, per molti aspetti la variabile centrale o decisiva nei processi di desertificazione o nel loro contenimento.

In conclusione la maggior articolazione della matrice dei valori MQIi ha proposto una alternativa migliorativa al metodo di valutazione prescelto ed ha consentito una valutazione più efficace delle dinamiche in atto, cogliendo nell'azione antropica sia i cambiamenti intervenuti nell'intensità di utilizzo del territorio, sia le variazioni nelle politiche di salvaguardia e non solo i livelli raggiunti. Una proposta che deve essere migliorata e resa più precisa nelle valutazioni e nelle variabili assunte come significative, e tuttavia una scelta necessaria considerando che il territorio del Piemonte è sottoposto ad una intensa azione antropica da cui derivano elevati livelli di sfruttamento delle risorse cui le politiche di razionalizzazione dei prelievi e di tutela ambientale cercano, ed in buona parte riescono, a porvi rimedio.

#### *3.1.14 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALL'INTEGRAZIONE DEGLI INDICI DELLA METODOLOGIA ESAs*

La scelta di integrare gli indici ESAs stimati per ogni porzione territoriale presa in considerazione, in quanto omogenea o significativa, è corrisposta alla necessità di valutare l'impatto dell'azione antropica sul territorio regionale in termini di rischio di desertificazione, attraverso i cambiamenti intervenuti nelle disponibilità idriche, irrigue, potabili, produttive, ecc., quindi nell'apparire o radicarsi di fenomeni di predesertificazione, infine nell'incrementarsi di fenomeni di dissesto idrogeologico. Con le integrazioni individuate si è ritenuto si evidenziasse meglio l'azione antropica di continua ed inevitabile rottura degli equilibri ambientali e di contestuale riequilibrio ambientale. Allo scopo di migliorare e dar maggior realismo alla valutazione dell'impatto dell'azione antropica, accanto alla valutazione del maggior peso sull'ambiente per effetto dell'azione distruttiva o disequilibratrice si è infatti considerata anche la riduzione del peso di tali aspetti negativi grazie alle politiche ed alle azioni di salvaguardia o di riequilibrio poste in essere. La scarsità di

acqua, per quanto stagionale, appare il problema emergente a livello regionale e non tanto o non ancora lo svilupparsi di fenomeni di desertificazione ambientale, presenti solamente in una localizzazione storica, i Monti Pelati, ed ovviamente nelle aree di alta montagna. Scarsità estiva ma in tendenziale crescita anche in altre stagioni, a causa delle tendenze registrate sul lato della domanda e dell'offerta. L'offerta idrica, ancora poco controllata ed ovviamente non prodotta dall'uomo, appare ridursi per effetto dell'irregolarità nelle precipitazioni meteoriche, della riduzione delle risorse superficiali, del peggioramento quantitativo (e qualitativo)



di quelle sotterranee, del disperdersi di fonti, a fronte di una domanda sostanzialmente in costante crescita per usi civici e produttivi. In realtà i cambiamenti climatici non sono documentati in modo inequivocabile ed incontrastato, pur risultando emergere, da alcuni studi ed analisi condotti su dati e statistiche pluriennali per alcune aree piemontesi, evidenti e continue riduzioni delle precipitazioni invernali ed estive. Ciò che viene maggiormente evidenziato e trova maggior consenso è quindi l'irregolarità meteorica con una crescente frequenza di intervalli di tempo, anche prolungati, con forte riduzione o assenza di precipitazioni meteoriche e la conseguente estensione di aree in condizioni di scarsità prolungata. Tale riduzione nelle disponibilità di acque superficiali si accompagna ad una parallela riduzione nelle disponibilità di risorse sotterranee di cui non si conoscono ancora completamente i cicli, la loro alimentazione,

abbassamento o emersione, così come il livello delle loro contaminazioni, tuttavia in progressivo aumento nell'entità e gravità. Questo insieme di tendenze ha modificato il quadro delle disponibilità e reso il bene acqua sempre più limitato, con alcune evidenze inusuali in passato, come aree coltivate o naturali completamente secche nei mesi estivi, situazioni stagionali di totale esaurimento di pozzi e fontanili, corsi d'acqua che svaniscono, salvo emergere successivamente, laghi con livelli in abbassamento, cui si rimedia in parte con un progressivo trasferimento territoriale di risorse idriche, con realizzazione di prelievi a profondità maggiori, ma anche, si è osservato, con importanti interventi di razionalizzazione, programmazione ed incremento dell'efficienza d'uso.

In Piemonte la desertificazione non risulta per ora un fenomeno significativo dal punto di vista economico ed ambientale, tuttavia i trend che si registrano nella domanda ed offerta idriche richiedono attenzione per le possibili ricadute future su alcuni sistemi territoriali, economici e sociali locali. La domanda idrica generante scarsità trova cause che si possono sinteticamente riassumere nella crescente richiesta da parte agricola di estensione irrigua, per scelte colturali più idroesigenti e per nuovi territori irrigui, per le crescenti non sincronie territoriali e temporali tra domanda e disponibilità idriche, per il ritardo nell'adozione di tecniche produttive risparmiatrici di acqua e maggiormente efficienti nella distribuzione; in altri settori produttivi per la crescita delle occasioni di consumo, per il moltiplicarsi di stazioni turistiche invernali e di piste per attività sciistica da





innevare artificialmente, per il moltiplicarsi di consumi turistici e sportivi (piscine ed impianti sportivi idroesigenti, centri benessere, campi di golf, ecc.); in molti settori industriali per il ritardo nell'adozione di sistemi di riciclaggio ed il proliferare di prelievi incontrollati. Tutte situazioni che richiedendo nuove disponibilità hanno evidenziato nuove situazioni di scarsità e di competizione tra usi alternativi. L'uso attuale di risorse idriche e le varie domande settoriali in atto risultano ancora calibrate su un concetto di disponibilità illimitata, certamente a costo molto contenuto, sostanzialmente nullo in alcuni comparti, e gli impianti e le tecniche irrigue utilizzate di conseguenza non risultano progettate in una ottica di minimizzazione dei consumi, di risparmio e di riciclo del fattore produttivo idrico.

In un quadro di questo tipo è sembrato utile integrare la metodologia ESAs, proposta in ambito UE, con valutazioni dei comportamenti antropici responsabili delle tendenze osservate. Il calcolo di indicatori sintetici, per una nuova formula dell'indice sintetico ESAI, e le relative mappature, dovrebbero contribuire a migliorare la conoscenza dei problemi e la programmazione degli interventi necessari a contrastare la crescente scarsità, e successivamente consentire un confronto dei costi delle misure necessarie per prevenirla, valutando anche gli aspetti socioeconomici più significativi per predire le variazioni della domanda e dell'offerta di risorse idriche.

L'approccio economico alla carenza ed al deficit, cioè alla scarsità, come derivanti da com-



portamenti squisitamente antropici, è stato incentrato principalmente sul lato della domanda, considerando il lato dell'offerta solo sulla base delle informazioni rese disponibili da altri contributi scientifici. Gli aspetti problematici del comparto agricolo regionale sul piano economico sono stati definiti sulla base degli stadi progressivi segnalati dagli operatori interessati: Carenza, una situazione da intendersi come mancanza attuale delle risorse idriche necessarie agli usi in atto, una inedita divaricazione tra (maggior) domanda e (minor) offerta, a causa di riduzioni delle risorse originarie tradizionali ed a cui si rimedia con il ricorso al razionamento o con la ricerca di risorse alternative (quali nuovi pozzi scavati a maggior profondità, nuovi invasi), quindi una limitazione alla produzione possibile; Deficit, una situazione da intendersi come limitazione ad un incremento quantitativo di risorsa irrigua legato ad una domanda irrigua per nuovi terreni, nuove colture, quindi una non possibilità di espansione produttiva qualitativa e quantitativa. Le cause della carenza e della scarsità non differiscono sul piano fisico ed ambientale, trattandosi di una divaricazione tra disponibilità di risorse idriche naturali accessibili e domanda emergente, ma le conseguenze in termini produttivi ed economici, oltre che ambientali, sono diverse riguardando la prima il livello produttivo in atto, la seconda il livello produttivo potenziale. Per gli altri settori produttivi regionali e per i prelievi potabili, si sono assunti i riferimenti e le analisi redatte dalle A.ATO e dalle Province, attraverso ricerche dirette che tuttavia non hanno evidenziato particolari situazioni o realtà problematiche, sebbene in uno scenario non dissimile da quello individuato per il settore agricolo.

La valutazione dei danni economici derivanti da scarsità e razionamento delle risorse idriche, non è stata affrontata in termini monetari per mancanza di dati ed informazioni sufficienti al calcolo delle riduzioni delle numerose e diverse produzioni regionali nelle relative qualità merceologiche, sui corsi dei loro prezzi nei diversi mercati regionali e locali, nei flussi di esportazione, preferendo rinviare ad una fase successiva tale approfondimento.

A parte si è proposto un modello teorico di valutazione economica dell'ottimo prelievo, sia in termini di sostenibilità ambientale che di sostenibilità economica. Dalle conclusioni cui porta il modello, sono emerse indicazioni operative delle attività normative e di regolazione del settore, più in generale delle risorse naturali rinnovabili, che da un lato hanno confermato la bontà degli indirizzi assunti dalle politiche pubbliche di salvaguardia attuate ed in fase di attuazione, sebbene debbano essere ancor più sostenute, da un altro lato hanno segnalato la necessità di coinvolgere nella ottimizzazione dell'uso delle risorse direttamente gli utenti, attraverso scelte di miglior uso e razionalizzazione delle risorse stesse, anche attraverso il coordinamento e la cooperazione nella gestione e distribuzione dei prelievi.

Accanto all'uso dell'abbondante raccolta di dati realizzata a livello istituzionale e centrale, Regione Piemonte ed Enti regionali strumentali, si è trattato spesso di individuare informazioni integrative locali che hanno richiesto una osservazione e raccolta puntuale ed organizzata, soprattutto utilizzando metodologie omogenee e comparabili, interviste, questionari, schede tecniche. Occorre tuttavia segnalare che l'indisponibilità di talune informazioni adeguate e le valutazioni soggettive in assenza di informazioni istituzionali e statistiche, han reso necessarie alcune interpretazioni e stime ex novo, senza peraltro ridurre la qualità del loro contributo conoscitivo.

Un fenomeno di desertificazione specifica realizzatosi in Piemonte, di cui si è tenuto conto, deriva da un abbandono progressivo di aree montane ed alto collinari in cui la vita, divenuta sempre più difficile e costosa, in senso strettamente economico e sociale, ha generato come conseguenza un degrado ambientale che per molti aspetti propone problemi analoghi a quelli della desertificazione territoriale, ad esempio in termini di perdita di risorse in precedenza utilizzate, instabilità territoriale, dissesti idrogeologici, perdita di sorgenti idriche, cioè danni da diseconomie esterne. Accanto alla consi-

derazione di tali conseguenze negative, si sono evidenziati anche i risvolti positivi, benefici da economie esterne positive, derivanti dalla crescita forestale in aree disboscate nel tempo, nel recupero di ampi territori alla vegetazione naturale e spontanea, che ha contribuito alla riduzione dell'inquinamento atmosferico ed ha incrementato le biomasse disponibili per produzioni energetiche. La valutazione economico monetaria anche in questo caso non si è potuta realizzare per mancanza di informazioni necessarie e sufficienti su tutte le aree interessate dall'abbandono. Tuttavia integrando con ricerche specifiche gli elementi conoscitivi utili si è proposto un successivo approfondimento di valutazione utilizzando la metodologia dell'analisi costi-benefici.

*Una prima conclusione*, riguarda l'emergere con forza negli ultimi anni di una problematica economica, produttiva, ambientale e sociale, legata alla divaricazione tra riduzione di risorse idriche ed incremento dei consumi, quindi una situazione di stress idrico o di scarsità idrica che si avvia ad assumere ancor più rilevanza economica in alcuni comparti produttivi ed ambientali in alcune aree regionali, sebbene dall'analisi attuale non si profili un rischio significativo, nel breve periodo, di evoluzione territoriale nella direzione di predesertificazione.

*Una seconda conclusione*, certamente scontata per gli addetti, è che allo stato attuale il settore agricolo, in particolare, risente di una insufficiente erogazione idrica a causa di un maggior uso sia per potenziali ampliamenti delle superfici interessate, sia per maggior diffusione di colture più idroesigenti, soprattutto in relazione alla necessità di consentire il conseguimento di livelli di reddito maggiori alle imprese agricole, comparabili con i livelli realizzati in altri settori. Questo significa che occorrerà una spinta innovativa al suo interno, a partire da Consorzi irrigui di II grado, che porti ad una efficiente distribuzione di risorse produttive sempre più scarse, in senso fisico ed economico, ad un loro uso razionale e razionato, con metodi più efficienti di distribuzione ed irrigazione, ad inve-

stimenti che contrastino tale scarsità attraverso infrastrutture quali invasi, laghi artificiali, integrazioni delle reti idriche ed interscambio tra zone diverse. Anche per gli altri settori produttivi e per i prelievi potabili, saranno necessari investimenti per ridurre le dispersioni e migliorare l'uso, il riciclo e recupero delle risorse disponibili, soprattutto investendo nella ricerca di maggior efficienza nell'uso delle risorse originarie, nella riduzione degli sprechi e delle perdite.

*Una terza conclusione*, riguarda le linee di sviluppo delle azioni di regolazione e protezione con un rafforzamento, nel breve periodo, delle dimensioni di conoscenza, ad esempio con il censimento, e controllo, ad esempio con la regolazione, confermando le linee intraprese dalle istituzioni preposte, Regione Piemonte ed Enti Locali, incrementando per quanto possibile le disponibilità finanziarie. Nel medio e lungo periodo saranno necessarie ulteriori ricerche per una maggior conoscenza e programmazione della domanda e delle riserve disponibili, delle tecniche migliori per la loro tutela e per la razionalizzazione del prelievo sostenibile, superficiale e sotterraneo, e parallelamente un maggior sostegno alla ricerca e diffusione di tecniche di processo risparmiatrici di acqua in tutti i settori produttivi, nonché di sistemi di maggior efficienza in tutti i livelli di consumo.

La direzione virtuosa per superare il disequilibrio tra offerta e domanda idrica consiste nel

sempre maggiore ricorso ad innovazioni tecnologiche risparmiatrici di risorse, nel sostenere processi produttivi e produzioni che consentano limitazioni nel loro uso industriale accanto a nuove metodologie colturali agricole, ma anche nuove filosofie comportamentali, nuovi usi più rispettosi degli equilibri ambientali naturali.

La problematica che si affaccia in Piemonte e che ha assunto rilevanza crescente negli ultimi decenni, è comune a molti territori dell'area padana, e consiste in una scarsità derivante da una dicotomia tra crescita dei consumi e riduzione progressiva delle disponibilità naturali. Come già evidenziato l'area territoriale piemontese per la sua collocazione pedemontana dispone ancora di ingenti e diffuse risorse idriche, sebbene sempre più variabili stagionalmente, tali da allontanare la prospettiva immediata di fenomeni di desertificazione, ma tale da porre inediti problemi di distribuzione periodica razionata tra diverse destinazioni ed usi. In definitiva è giusto porsi l'interrogativo, senza una risposta definitiva, in merito alle diverse velocità degli effetti prodotti dalle azioni antropiche distruttive, al netto degli effetti positivi delle azioni antropiche riparatrici, ed alla velocità e capacità di adattamento antropico alle distruzioni stesse. Occorre, in altri termini, chiedersi se riusciremo ad adattarci alle trasformazioni ambientali conseguenti le nostre azioni più velocemente delle conseguenze che le trasformazioni determineranno su di noi.





## CAPITOLO 4

### MAPPATURA DEGLI INDICI DI QUALITÀ

#### 4.1 FASE II: MAPPATURA E DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI DESERTIFICAZIONE

Per applicare tale metodologia al territorio piemontese si è reso necessario apportare alcune modifiche alla procedura originale (Kosmas et al., 1999) in merito all'attribuzione dei valori agli indici che descrivono le diverse componenti ambientali: vegetazione, suolo, gestione del territorio e clima.

Una volta effettuata l'elaborazione di ognuno degli indici previsti dalla metodologia ESAs si è proceduto con l'allestimento delle rispettive rappresentazioni cartografiche.

Nel prosieguo della presente relazione si forniscono quindi le informazioni necessarie alla comprensione dell'approccio analitico con il quale è stato eseguito l'allestimento cartografico relativo ad ognuno degli indici.



#### 4.1.1 CARTA RELATIVA AL SOIL QUALITY INDEX

La realizzazione della carta è stata effettuata mediante l'utilizzo della relazione:

$$SQI = (\text{carbonio organico} \times \text{roccia madre} \times \text{testitura} \times \text{pietrosità} \times \text{profondità del suolo} \times \text{drenaggio} \times \text{pendenza})^{1/7}$$

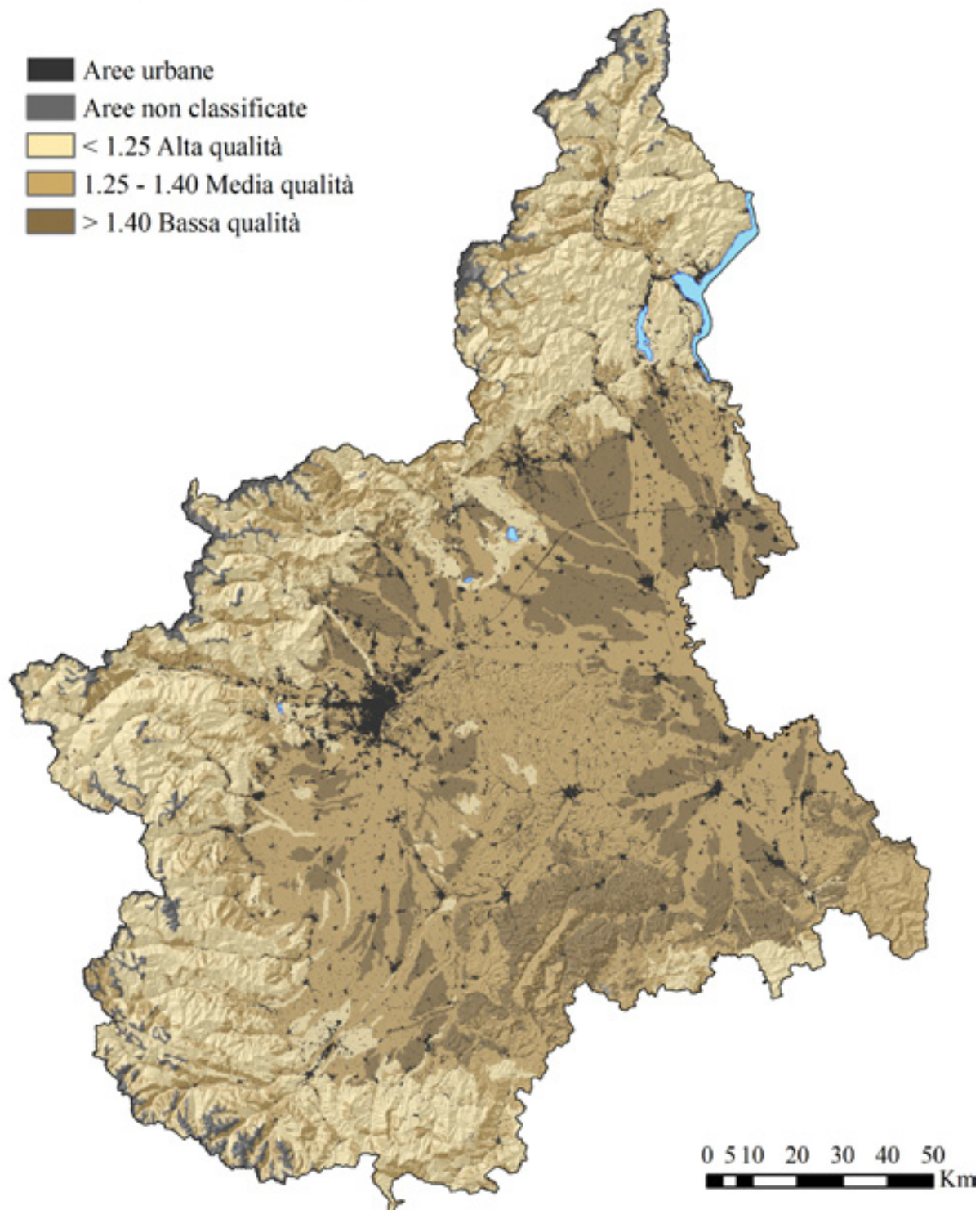


Figura 12 - Carta dell'Indice di Qualità del suolo (SQI)



#### 4.1.2 CARTA RELATIVA AL CLIMATE QUALITY INDEX

La carta è stata effettuata mediante l'utilizzo della relazione:

$$CQI = (\text{indice di precipitazione} \times \text{indice di aridità})^{1/2}$$

Dal valore del cumulo delle precipitazioni nel periodo da Marzo ad Agosto dipende la quantità di acqua disponibile per il sostentamento della vegetazione. Uno scarso apporto idrico durante questo periodo può limitare lo sviluppo o compromettere la sopravvivenza stessa della biomassa vegetale, facendo venire meno l'azione di protezione da essa esercitata nei confronti del suolo.

Il rischio erosivo dovuto alle precipitazioni. Inoltre, al di sotto del valore limite di 280 mm/anno, la perdita di suolo diventa particolarmente intensa (Kosmas et al., 1999).

Per quanto riguarda il calcolo dell'indice di aridità oltre alla componente strettamente climatologica sono stati considerati la capacità di campo e il punto di appassimento, ricavati dalle informazioni relative alla composizione tessiturale del suolo e al contenuto di carbonio organico del topsoil (strato 0-30 cm) per tutto il territorio regionale secondo la relazione descritta da Saxton e Rawls (2006).

Grazie alle informazioni sulle caratteristiche pedologiche il calcolo dell'indice di aridità è stato effettuato attraverso un modello di bilancio idrico del suolo (Tournon, 1981) in ambiente GIS con il quale è stato possibile ricostruire l'andamento giornaliero del contenuto idrico del suolo.

Si evidenzia inoltre che nel calcolo dell'indice di qualità del clima è stato eliminato l'indice di esposizione dei versanti.

La funzione di questo indice si limitava infatti alla semplice considerazione di come l'esposizione risultasse determinante per tutti i processi influenzati dalla radiazione solare. Poiché però nell'attuale elaborazione la stima del flusso evapotraspirativo è stata calcolata in base alla diversa quantità di energia solare che arriva al

suolo in funzione non solo dell'esposizione ma anche dell'ombreggiamento reciproco dei versanti, l'indice di esposizione è stato eliminato poiché avrebbe rappresentato una ripetizione che avrebbe portato alla sovrastima del risultato finale.





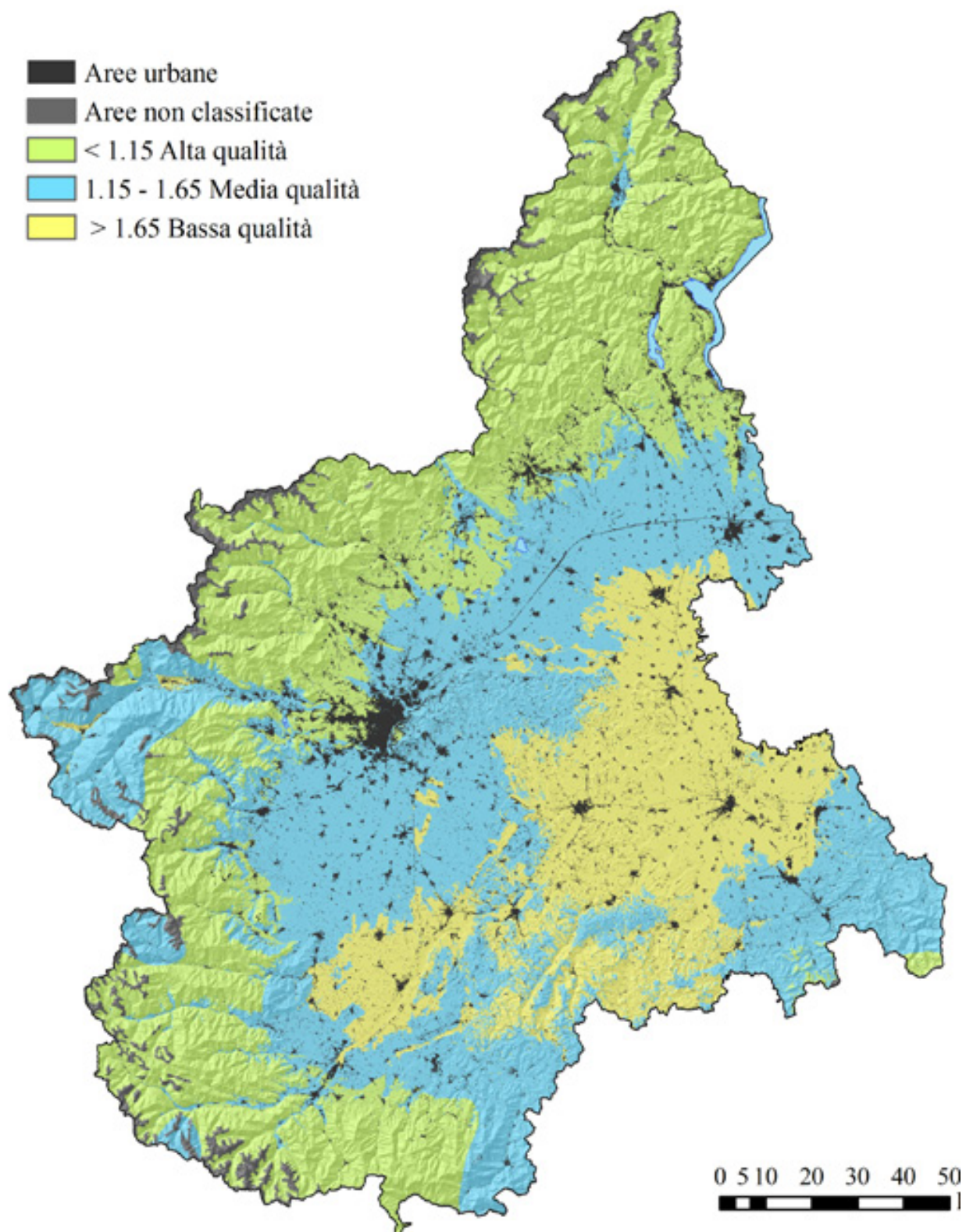


Figura 13 - Carta dell'Indice di Qualità del Clima (CQI)

#### 4.1.3 CARTA RELATIVA AL VEGETATION QUALITY INDEX

La realizzazione della carta è stata effettuata mediante l'utilizzo della relazione:

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

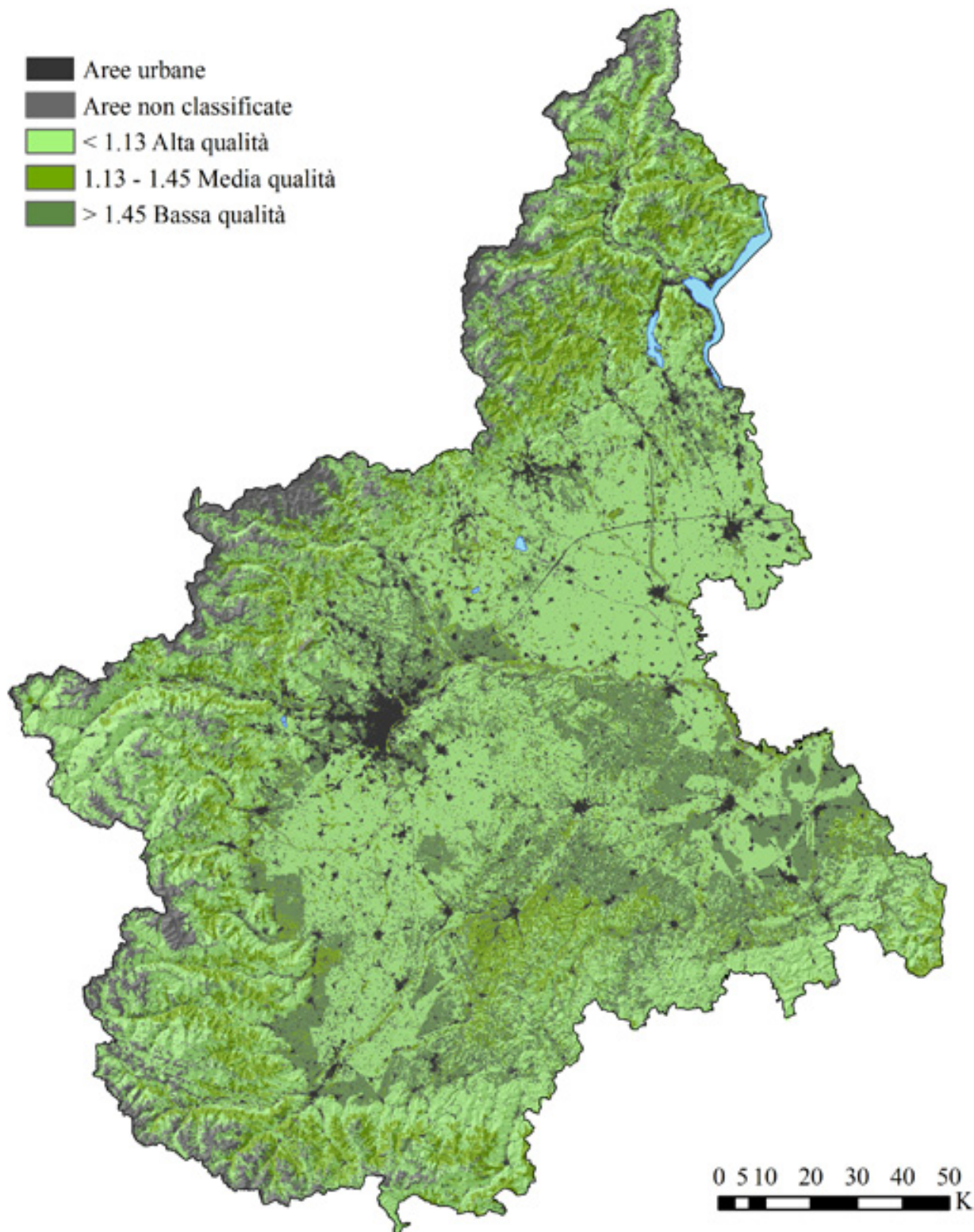


Figura 14 - Carta dell'Indice di Qualità della Vegetazione (VQI)



#### 4.1.4 CARTA RELATIVA AL MANAGEMENT QUALITY INDEX

La realizzazione della carta è stata effettuata mediante l'utilizzo della relazione:

$$MQI = (\text{intensità d'uso} \times \text{politiche di protezione})^{1/2}$$

Le carte necessarie per la definizione del Ma-

agement Quality Index (MQI) in parte sono state reperite tramite il servizio cartografico della Regione Piemonte, in particolare quelle relative ai parchi e al vincolo idrogeologico; in parte sono state ricavate dalla Carta dell'uso del suolo e in parte sono state create ex novo analizzando alcuni parametri quali ad esempio il fabbisogno irriguo.

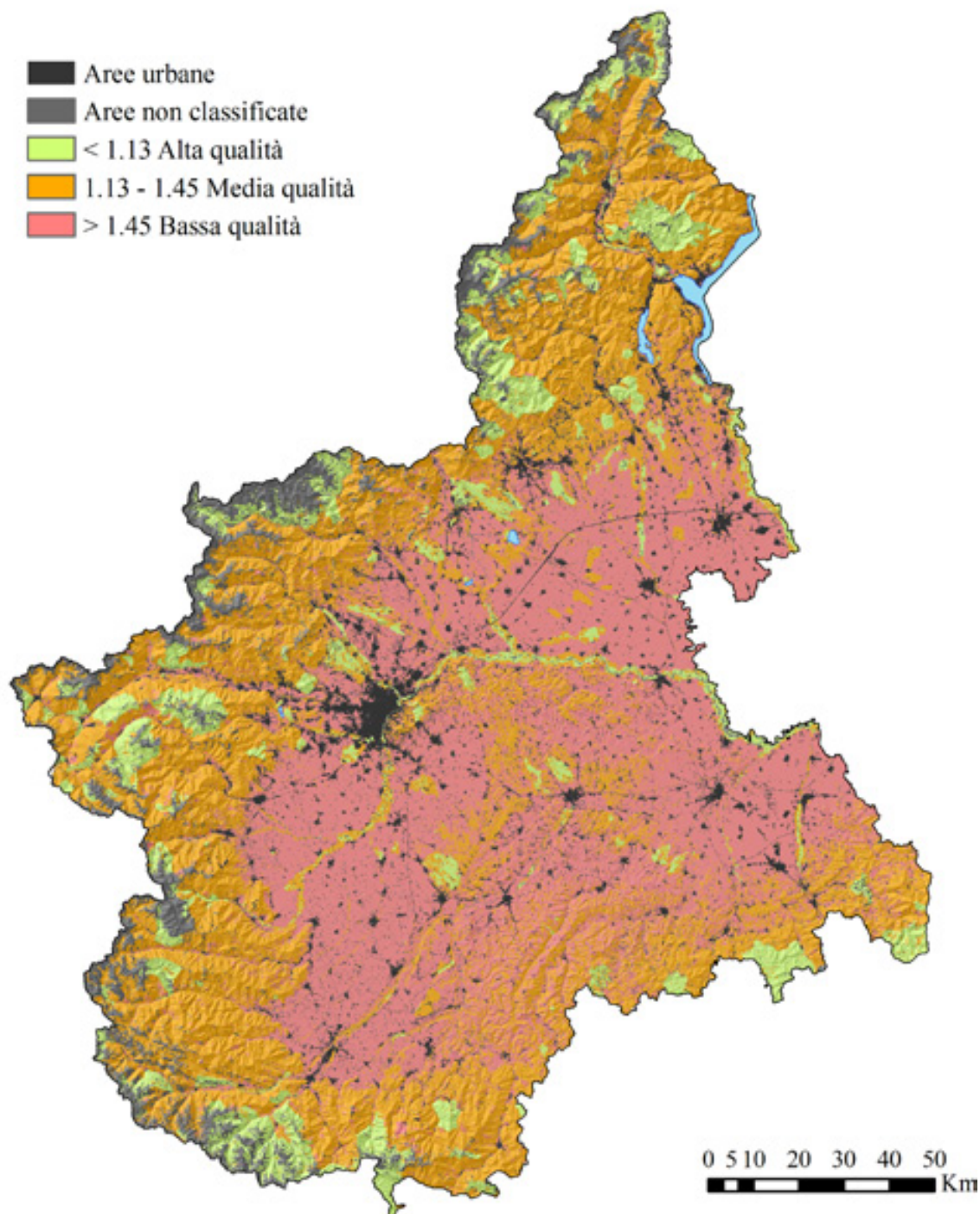


Figura 15 - Carta dell'Indice di Qualità della Gestione del territorio (MQI)



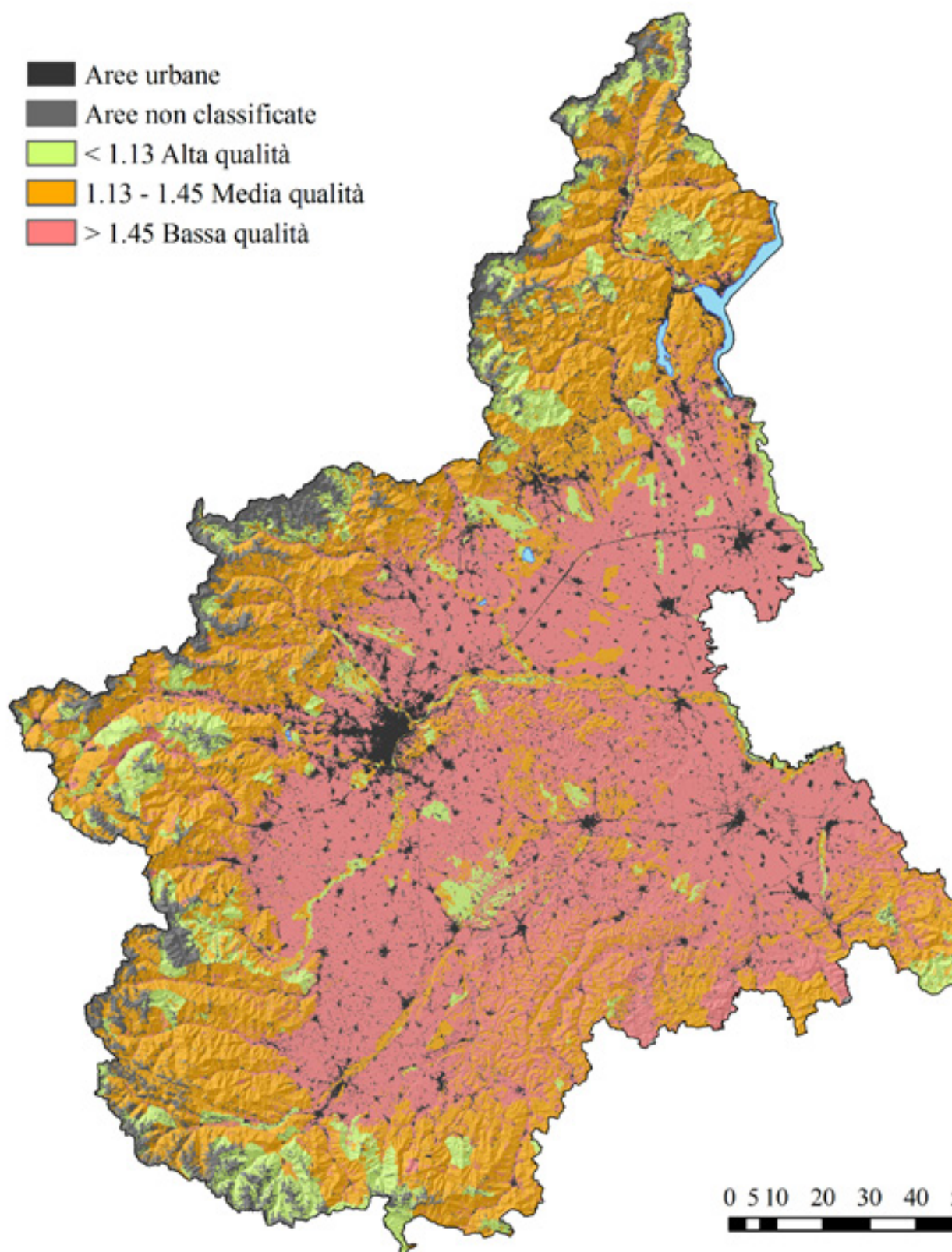


Figura 16 - Carta dell'Indice di Qualità della Gestione del territorio integrato da variabili antropiche (MQI)

#### 4.1.5 LA RAPPRESENTAZIONE DELL'INDICE SINTETICO - ESAI

Attraverso l'integrazione dei dati riguardanti ognuno degli indici caratteristici della metodo-

logia ESAs sopradescritti si è proceduto quindi alla determinazione dell'indice sintetico ESAI (Environmentally Sensitive Area Index).

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

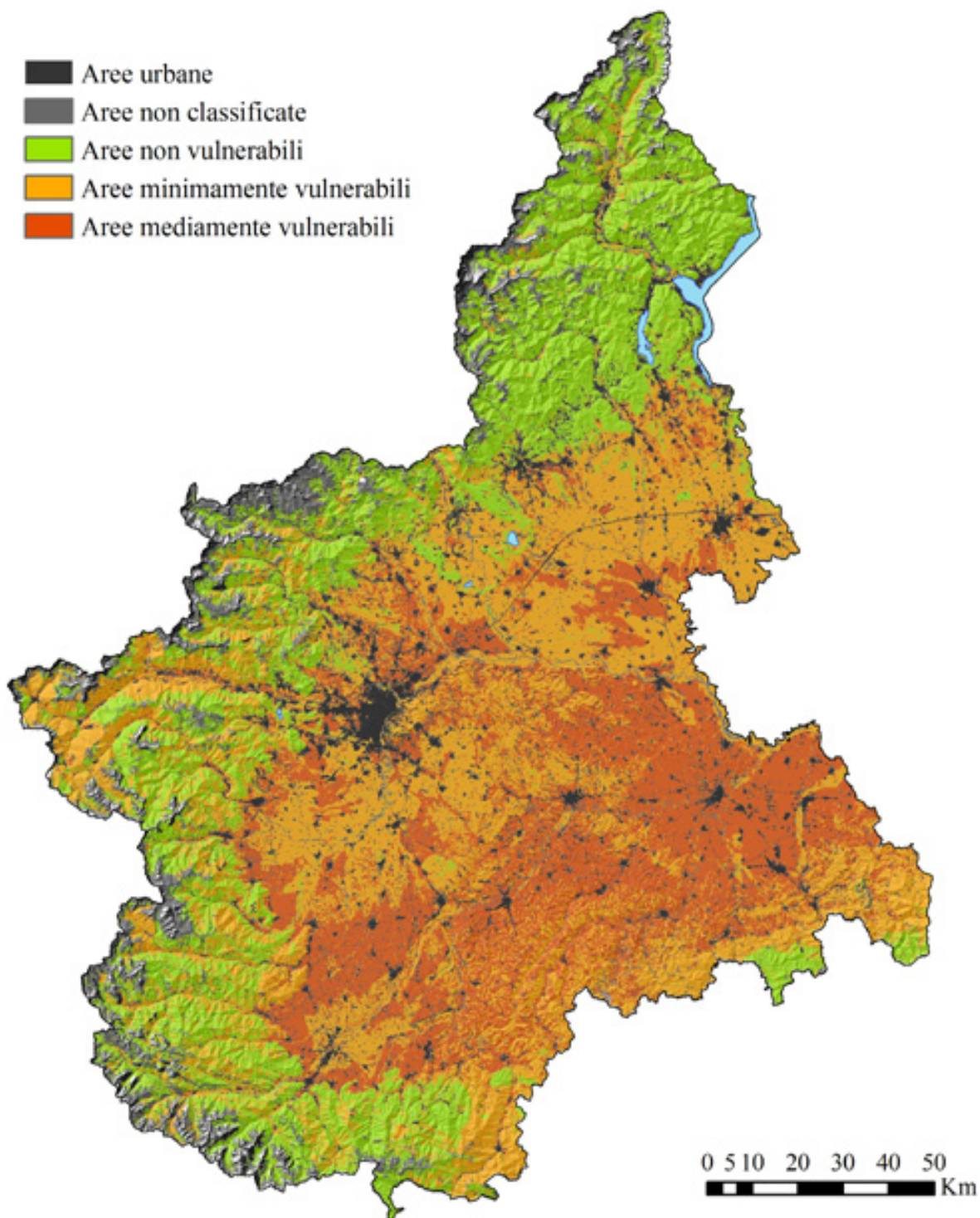


Figura 17 - Carta dell'Indice sintetico di Vulnerabilità alla Desertificazione (ESAI)



Mediante la realizzazione di una specifica copertura geografica in scala 1:250.000, si è quindi proceduto all'individuazione delle aree a rischio di desertificazione in Piemonte.

Come già accennato la mappatura geografica è stata realizzata attraverso la media geometrica dei singoli indicatori. Tale approccio ha consentito, attraverso opportuni affinamenti metodologici, la mappatura definitiva delle aree vulnerabili a rischio di siccità e desertificazione.

#### 4.1.6 COMMENTO ALLA CARTA ESAI

La carta delle aree vulnerabili ai processi di desertificazione del Piemonte è stata elaborata secondo la metodologia ESAs (figura 17) al fine di mantenere una certa omogeneità di approccio nei confronti delle regioni italiane che hanno adottato la stessa metodologia. Tuttavia occorre rilevare che la diversa natura del clima piemontese, rispetto a tali regioni, tutte nel sud Italia, ha reso necessarie alcune modifiche. Infatti i fattori critici principali del Piemonte sono legati alla presenza, in ampie aree della regione, di precipitazioni scarse soprattutto nel periodo estivo, associate a suoli di tessitura grossolana, aventi quindi scarse capacità di ritenzione idrica. In Piemonte si è quindi ritenuta la siccità essere il fattore predisponente principale della desertificazione. Le modifiche al metodo ESAs adottate sono state quindi indirizzate a quantificare il rischio di siccità. Per quanto riguarda il suolo, nel metodo originale ESAs, si aveva una elevata qualità dei fondovalle ghiaiosi in quanto lo scheletro litoide è considerato una difesa dall'erosione. Per il clima si è poi ritenuto più significativo utilizzare solamente le piogge da marzo ad agosto invece di quelle annue (queste ultime nelle regioni del sud-Italia sono correlate all'erosione, in quanto le precipitazioni invernali sono le più importanti nel clima di quelle regioni). Per contro, in Piemonte la scarsa ritenzione idrica dei suoli rende cruciale il quantitativo di pioggia del semestre primaverile-estivo. Infine anche l'indice di gestione del territorio è stato calcolato con particolare riferimento alla capacità delle aree in esame di far fronte alle carenze idriche per mezzo dell'irrigazione, in

modo sostenibile per l'ambiente. Infatti una grande parte della zona evidenziata dalla carta in figura 17 come a maggiore rischio di desertificazione si trova oggi ad essere abbondantemente irrigata. Ciò è legato strettamente al fatto di aver visto il fattore 'siccità' come quello cruciale per il Piemonte.

La carta ottenuta evidenzia quindi come le aree montane siano le meno esposte ai fenomeni di desertificazione, mentre le zone pianeggianti e collinari risultano essere quelle dove si concentrano le maggiori vulnerabilità ambientali. In ambiente montano, oltre ad avere generalmente precipitazioni più abbondanti, la vegetazione, prevalentemente di tipo forestale, esplica un ruolo fondamentale nella difesa del suolo dai fenomeni di erosione superficiale, nonché nel garantire la stabilità dei versanti. Il territorio montano inoltre è in ampie aree sottoposto a diverse forme di tutela ambientale (aree a parco o a vincolo idrogeologico) le quali concorrono ulteriormente alla salvaguardia del territorio, imponendo limitazioni sia nelle modalità che nell'intensità dell'uso del suolo. Tuttavia, anche all'interno delle zone montane, la metodologia ESAs ha permesso di individuare alcune aree che manifestano il rischio di andare incontro a fenomeni di desertificazione, come per esempio la Valle di Susa. Il motivo è legato principalmente alla componente climatica, in relazione alla scarsa piovosità.

Le zone collinari e di pianura, alla luce dell'analisi svolta, risultano essere le maggiormente vulnerabili ai processi di desertificazione. Tali zone sono prevalentemente destinate a produzioni agricole che presentano elevati fabbisogni idrici. Molte coltivazioni lasciano il suolo parzialmente o totalmente privo di copertura per una parte dell'anno, o per l'anno intero nel caso dei vigneti non inerbiti, esponendolo quindi all'azione erosiva degli agenti atmosferici. La pratica dell'irrigazione contrasta di fatto la scarsità idrica che altrimenti si verificherebbe durante il periodo estivo. Scarsità che si è manifestata in modo evidente in alcune annate recenti (per esempio il 2003), in cui il l'effetto



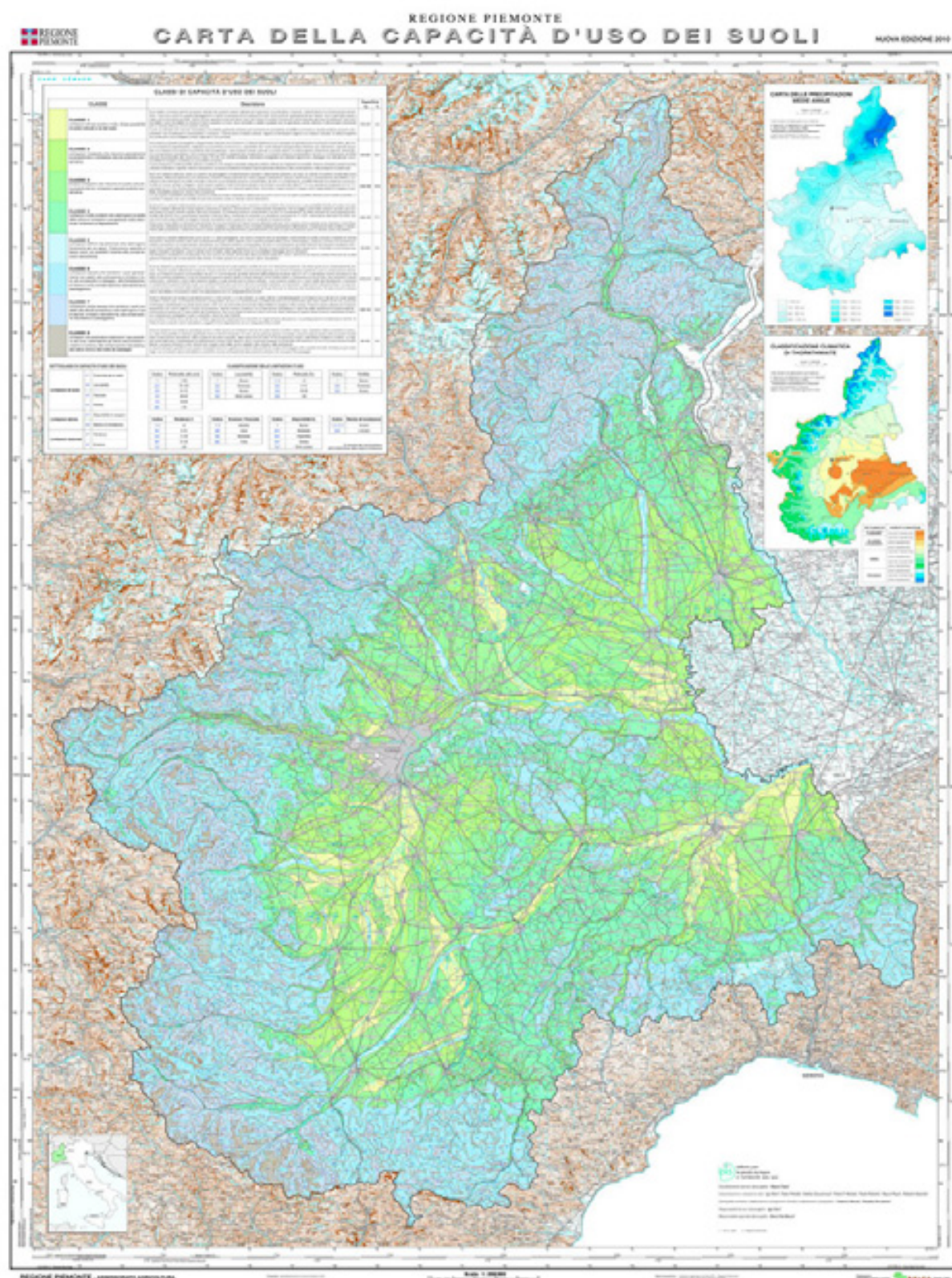


Figura 18 - Carta della Capacità d'Uso del Suolo

combinato di temperature elevate e precipitazioni scarse ha determinato gravissime condizioni di siccità in Piemonte.

#### 4.1.7 CONFRONTO TRA L'INDICE FINALE E LA CARTA DI CAPACITÀ D'USO DEI SUOLI

L'individuazione delle aree più vulnerabili al degrado o addirittura a processi di desertifi-

cazione, ci consente di effettuare un ulteriore ragionamento se poniamo a confronto queste informazioni con quelle desumibili dalla nuova Carta di capacità d'uso dei suoli a scala 1:250.000 riportata in figura 18.

La Capacità d'uso dei suoli è un metodo internazionale, riconosciuto ed utilizzato da decenni, che mette in relazione i caratteri di un suolo con le sue potenzialità produttive. Si parla in senso generico di "potenzialità produttive" in quanto non si tratta di una cartografia di attitudine specifica dei suoli (ad esempio alla coltivazione del mais o del grano) ma di una valutazione di sintesi complessiva sulla loro propensione all'esercizio dell'agricoltura, del pascolo o dell'utilizzo del bosco. Le 8 classi previste rappresentano suoli con limitazioni crescenti dalla 1a (suoli "migliori" per l'utilizzo produttivo) all'8a (suoli "peggiori" per l'utilizzo produttivo). È un metodo che può essere pienamente considerato vicino anche ad aspetti di carattere ambientale: è insito infatti nella definizione di capacità d'uso che i suoli, non di prima classe, possono eguagliare le produttività di quelli migliori con input energetici maggiori (lavorazioni peculiari, uso maggiore di fertilizzanti, etc); si esplicita così il concetto di "bilancio energetico dei suoli", un tema di sicura attualità dal quale non può prescindere chi deve assumere decisioni.

Come si può osservare dal cartogramma relativo alla capacità d'uso dei suoli del Piemonte, i territori attribuiti alla prima classe sono relativamente poco estesi (rappresentano meno del 5% dell'intera superficie regionale); di maggiore estensione i suoli attribuiti alla seconda classe di capacità d'uso che tuttavia rappresentano complessivamente poco più del 15% dell'intera regione. Sovrapponendo i due documenti si può facilmente osservare che gran parte delle prime e delle seconde classi ricadono in territori considerati vulnerabili.

In particolare si evidenziano alcune situazioni meritevoli in futuro di un approfondimento a scala di maggior dettaglio:

- La pianura alessandrina nella quale a suoli

mediamente dotati di buone caratteristiche pedologiche si associano le precipitazioni più scarse della regione con evidenti problemi di deficit idrico durante la stagione estiva e difficoltà concomitanti nel reperire acqua per l'irrigazione

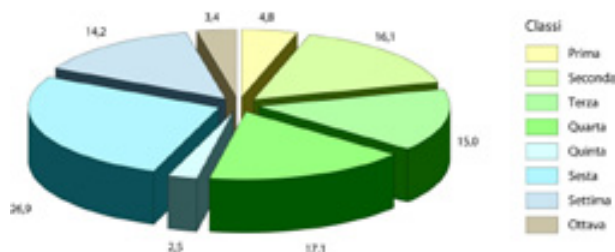


Figura 19 - Distribuzione delle classi della Carta della Capacità d'Uso dei Suoli

- Le aree collinari del Monferrato e delle Langhe dove i suoli inseriti in 4a classe ma dotati di elevato valore (soprattutto in alcune aree) in conseguenza del potenziale vitivinicolo sono soggetti a forti fenomeni erosivi che riducono ulteriormente la fertilità e sono fonte di dissesti.
- Parte delle pianure cuneesi e torinesi, nelle quali suoli anche ad elevata produttività sono soggetti a degrado in conseguenza di un utilizzo intensivo con la monocoltura e sui quali falde in molti casi assai profonde si associano a precipitazioni non certo sufficienti per garantire una adeguata produttività e a suoli con tessiture decisamente grossolane, frequentemente ricchi di ghiaie.

Oggi i dati sulla capacità d'uso dei suoli sono resi disponibili dalla Regione Piemonte - e scaricabili da tutti gli utenti interessati - anche a scala di semidettaglio (1:50.000) su quasi l'intera area di pianura e per una porzione significativa della collina piemontese al seguente indirizzo: [http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli\\_terreni/suoli1\\_50/carta\\_suoli.htm](http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/suoli1_50/carta_suoli.htm).

Approfondimenti di scala relativi anche ai fenomeni di degrado e di rischio di desertificazione potranno consentire ulteriori ragionamenti utili alla pianificazione territoriale e in particolare delle politiche del comparto agro-silvo-pastorale.



## CAPITOLO 5

### MISURE DI MITIGAZIONE, ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE, INFORMAZIONE E DI INTEGRAZIONE CON PROGETTI INTERNAZIONALI

#### 5.1 FASE III: INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE E DELLE AZIONI DI MITIGAZIONE E DI LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE

Sulla base della precedente attività di analisi, caratterizzazione e classificazione delle aree soggette a rischio di desertificazione è stato possibile individuare le possibili linee di azione che arrivassero a concretizzarsi in specifiche misure di prevenzione e mitigazione finalizzate a contrastare i processi di degrado in atto.

In termini generali, ed alla luce delle considerazioni sopra riportate, si può quindi apprezzare come il rischio di siccità e desertificazione viaggi di pari passo con il concetto di sostenibilità ambientale e di etica dello sviluppo. Se da un lato infatti alcuni elementi di input del sistema territoriale non dipendono, quantomeno nel breve periodo ed in modo diretto, dall'attività antropica (e.g. precipitazioni, temperature, tipologia di suolo), molti processi risultano invece influenzabili dall'uomo in modo significativo e nel breve periodo.

Senza la presunzione di voler trattare in modo esaustivo un argomento così ampio e per certi versi controverso per via dei numerosi interessi in gioco, si vogliono fornire qui alcune linee di indirizzo ed alcuni esempi pratici di interventi agro-ambientali di rilevante interesse nella prevenzione e mitigazione del rischio di siccità, che si ritiene in Piemonte essere predisponente alla desertificazione.

Entrando nello specifico si possono individuare alcuni ambiti di intervento che giocano un ruolo strategico nei processi di tutela e salvaguardia dai processi di desertificazione, e in particolare sulla limitazione della pressione antropica sul territorio. Trattandosi di elementi strettamente interconnessi risulterà subito evidente come, pur cercando di tenere separa-

ti i differenti temi, questi tendano a fondersi e influenzarsi vicendevolmente. Tale sfumatura vuol pertanto evidenziare una volta di più come può risultare deleterio un utilizzo imprevedente di risorse limitate e come risulti indispensabile, allo stato attuale, realizzare un'azione multicanale che evolva in cicli virtuosi del sistema. In particolare

#### *1. Ciclo dell'acqua e gestione della risorsa idrica*

Non potendo influire sui quantitativi degli apporti, occorrerebbe agire sulla gestione della risorsa idrica attraverso due elementi chiave: rallentamento del ciclo dell'acqua e risparmio/razionalizzazione della risorsa. In particolare, da un lato occorrerebbe ripristinare le buone pratiche di manutenzio-



ne idraulico-forestale dei versanti in modo da limitare il ruscellamento superficiale, limitare il rischio idrogeologico e favorire, al contempo, la persistenza dell'acqua nel suolo (ripristino della rete idrica minore e valorizzazione della vegetazione). Allo stesso tempo avviare interventi di ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica (per esempio attraverso la quantificazione



dei prelievi irrigui e la valutazione delle perdite dei canali) e di razionalizzazione dello sfruttamento (per esempio incentivazione dell'efficienza idrica, incentivazione di colture poco idroesigenti, valorizzazione alternativa di terreni a scarsa vocazione agricolo-irrigua)

## 2. Tutela e conservazione della risorsa suolo

Relativamente a tale aspetto occorrerebbe fare riferimento a tutti gli elementi di tutela della "risorsa suolo" dalla sua degradazione. La FAO-UNEP-UNESCO (1980) hanno infatti identificato la degradazione del suolo in 5 forme principali: chimica, fisica, biologica, erosiva e per salinizzazione/



alcalinizzazione. Trascurando quest'ultima forma che non riguarda direttamente il territorio piemontese, occorrerebbe avviare politiche incentivanti (ma in molti casi occorrono prima opere di sensibilizzazione verso argomenti talvolta sconosciuti) nei confronti di:

- pratiche agricole assennate e caratterizzate da lavorazioni "pedo-sostenibili" (che escludano compattazioni, formazioni di croste, impermeabilizzazioni e indurimento) e uso consapevole di concimanti e fitofarmaci;

- interventi di miglioramento diretto e indiretto della naturale stabilità dei suoli (e.g.

sequestro di carbonio organico, coperture vegetali antierosive, diminuzione della pressione colturale con coltivazioni a turno più lungo, rotazioni colturali, imboschimento di aree non agricole e/o nude, degradate o abbandonate);

- interventi di manutenzione idraulico-forestale dei versanti (in coerenza con quanto indicato al punto 1).

## 3. Gestione e valorizzazione della risorsa vegetazionale

Da un punto di vista vegetazionale occorre sottolineare come le piante rappresentino un ruolo chiave negli ecosistemi in quanto interagiscono profondamente con tutti gli elementi sino ad ora menzionati venendone, al contempo influenzate. Si noti solamente come la quasi totalità degli esempi di intervento proposti per la conservazione della stabilità dei suoli sia per lo più a carico dei soprassuoli che li occupano. Affinché un intervento però risulti razionale occorre che sia anche sufficientemente remunerativo da garantire la sua sopravvivenza nel tempo. A tal proposito, ed in linea con i principi espressi al punto 1, occorrerà prevedere interventi volti alla valorizzazione del patrimonio boschivo (ma non solo) e dei suoi prodotti derivati (e.g. biomasse energetiche, legname).

Si evidenzia ancora che in molte aree montane del territorio regionale si sta procedendo, grazie alle risorse finanziarie messe a disposizione dalla tariffa del Servizio Idrico Integrato, con





la realizzazione di interventi di difesa e tutela dell'assetto idrogeologico del territorio montano. Infatti l'art. 8, comma 4 della legge regionale 13/1997 in materia di riorganizzazione del servizio idrico integrato dispone che "L'Autorità d'ambito destina una quota della tariffa, non inferiore al 3 per cento, alle attività di difesa e tutela dell'assetto idrogeologico del territorio montano. I suddetti fondi sono assegnati alle Comunità Montane sulla base di accordi di programma per l'attuazione di specifici interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio".

Coerenti con gli obiettivi del presente "Progetto pilota" risultano inoltre gli interventi finanziati attraverso le risorse messe a disposizione dalla legge regionale n. 32/1982 recante "Norme per la conservazione del patrimonio naturale e dell'assetto ambientale".

Per concludere, l'individuazione delle suddette misure è stata effettuata in maniera coerente con gli strumenti di programmazione vigenti ed in particolare con le azioni previste dal Piano regionale di Tutela delle Acque (PTA) e con la filosofia base della Politiche Agricole Comunitarie (PAC) e del Programma di Sviluppo Rurale (PSR), 2007-2013 (in particolare con l'intero asse II), nell'ottica della piena realizzazione degli obiettivi proposti nell'ambito degli accordi di Kyoto.

## 5.2 FASE IV: REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DIMOSTRATIVI

Di seguito si fornisce una descrizione degli interventi dimostrativi di prevenzione previsti dalla Fase IV e che il Consorzio Forestale Alta Valle di Susa (CFAVS) ha realizzato.

### *Intervento relativo al Bacino del Rio Perilleux*

Sono stati realizzati interventi di gestione ordinaria della vegetazione forestale - diradamenti selettivi e rimboschimenti - per complessivi 55.741 euro.

Sono stati inoltre eseguiti interventi di taglio intercalare con prelievo selettivo degli individui o dei gruppi di alberi instabili (si intende con il termine instabile alberi o gruppi non in grado di consolidare il suolo con un corretto apparato radicale o con un portamento non in grado di resistere alla pendenza, al carico della neve, ed alla azione erosiva dell'acqua, oltre ad essere di ostacolo alla crescita corretta degli alberi o gruppi di alberi limitrofi). (Foto1-2)



Foto 1-2. Interventi selvicolturali eseguiti all'interno del rimboschimento del Perilleux



Accanto agli interventi di manutenzione e stabilizzazione del rimboschimento di larice, abete rosso e pino uncinato, sono stati effettuati interventi di manutenzione del reticolo di raccolta acque realizzato con embrici in cemento negli anni '70 ed all'interno delle più recenti ed efficienti trincee drenanti. (Foto 3-4)

A corredo degli interventi di stabilizzazione delle rete idrografica esistente e dei popolamenti forestali di origine artificiale, sono stati effettuati localizzati rimboschimenti per completare la copertura forestale esistente al fine del controllo dell'erosione superficiale e della stabilizzazione del versante. (Foto 5)



Foto 3-4. Interventi di manutenzione del reticolo delle acque



Foto 5. Rimboschimento di larice, pino uncinato per gruppi del piano subalpino

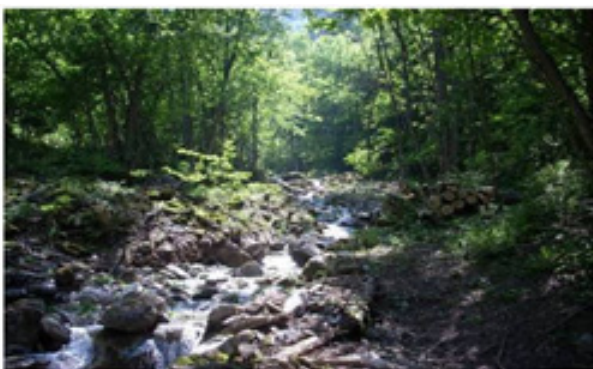
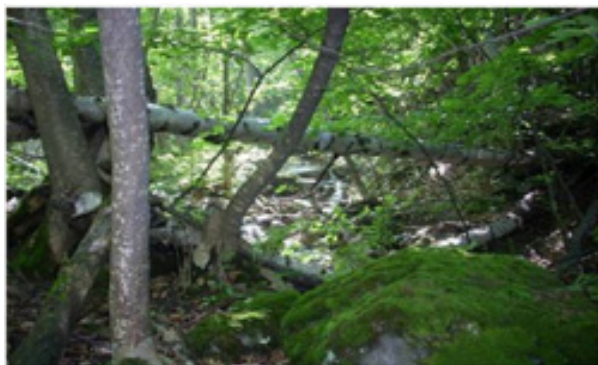
#### Stima dei costi

Descrizione interventi	Importo (€)
Disalveo in materie terrose e ghiaiose anche con trovanti di qualunque dimensione e durezza sino alla profondità di cm 100 sotto il pelo delle acque di magra, compresa l'eventuale rimozione lo spostamento in opera dei trovanti di cui prima e degli eventuali prismi di calcestruzzo di difesa preesistenti per apertura di savanelle, deviazione di acque, formazione di isolotti, anche per fare luogo alla posa di massi naturali, compresa la sistemazione delle pareti e del fondo degli scavi, il ritombamento delle materie di risulta che dovranno comunque essere utilizzate esclusivamente secondo le disposizioni della Direzione dei Lavori, il riempimento dei vani rimanenti ad opera finita, il trasporto e la sistemazione a rifiuto, o rinterro e ad imbottimento di sponda delle materie eccedenti.	2.241,60
Diradamento di superfici boscate degradate in funzione selvicolturale e di riequilibrio ecosistemico, comprendente tutte le opere di decespugliamento ed il taglio delle piante in esubero, nonché di quelle morte, malate o malvenienti secondo le indicazioni della D. L. , successiva raccolta ed accatastamento dei materiali di risulta, sramatura, cernita ed allontanamento dei materiali non utilizzabili e loro trasporto a discarica, trasporto del legname utile al piazzale di carico.	34.750,00
Rimboschimento a collettivi di larice e pino uncinato.	18.750,00
<b>TOTALE</b>	<b>55.741,60</b>



*Intervento relativo al Bacino del Rio Galambra*

Sono stati realizzati interventi di gestione ordinaria delle coperture forestali, di miglioramento dell'efficienza delle reti di drenaggio ed il miglioramento dell'efficienza della sorgente in fraz. Millaures per complessivi 25.017 euro. (Foto 6-7)



**Foto 6-7. Manutenzione delle fasce boscate ai margini del reticolo idrografico principale e secondario**

Sono stati inoltre effettuati interventi di manutenzione delle coperture forestali, finalizzati al mantenimento in efficienza delle fasce boscate ai margini del reticolo idrografico esistente, sia per ridurre le possibilità di erosione delle sponde e sia per conserve in efficienza la capacità di deflusso delle acque superficiali.

Sono stati effettuati interventi di manutenzione del reticolo idrografico artificiale a servizio dei coltivi e dei campi ricostruendo antichi canali irrigui e sistemi di raccolta delle acque per l'irrigazione dei campi. In tali interventi l'obiettivo è stato quello di ricostruire, laddove danneggiato od inefficiente, un sistema di raccolta delle acque trasversale alla massima pendenza racco-

gliendo e convogliando le acque di scorrimento superficiale all'interno del versante. (Foto 8-9)

Si evidenzia che le avverse condizioni atmosferiche e le copiose precipitazioni nevose, che hanno caratterizzato il periodo autunno-inverno 2008/2009, hanno fortemente rallentato le fasi di realizzazione degli interventi programmati per la manutenzione e la messa in sicurezza dei territori sottesi dai suddetti bacini e che comunque si confida di riavviare i lavori con l'avvento del periodo primaverile, con l'obiettivo di poterli portare a compimento entro la fine del corrente anno.



**Foto 8-9. interventi di manutenzione delle coperture forestali, finalizzati al mantenimento in efficienza delle fasce boscate ai margini del reticolo idrografico esistente**

### Stima dei costi

Descrizione interventi	Importo (€)
Disalveo in materie terrose e ghiaiose anche con trovanti di qualunque dimensione e durezza sino alla profondità di cm 100 sotto il pelo delle acque di magra, compresa l'eventuale rimozione lo spostamento in opera dei trovanti di cui prima e degli eventuali prismi di calcestruzzo di difese preesistenti per apertura di savanelle, deviazione di acque, formazione di isolotti, anche per fare luogo alla posa di massi naturali, compresa la sistemazione delle pareti e del fondo degli scavi, il ritombamento delle materie di risulta che dovranno comunque essere utilizzate esclusivamente secondo le disposizioni della Direzione dei Lavori, il riempimento dei vani rimanenti ad opera finita, il trasporto e la sistemazione a rifiuto, o rinterro e ad imbottimento di sponda delle materie eccedenti.	12.760,00
Diradamento di superfici boscate degradate in funzione selvicolturale e di riequilibrio ecosistemico, comprendente tutte le opere di decespugliamento ed il taglio delle piante in esubero, nonché di quelle morte, malate o malvenienti secondo le indicazioni della D. L. , successiva raccolta ed accatastamento dei materiali di risulta, sramatura, cernita ed allontanamento dei materiali non utilizzabili e loro trasporto a discarica, trasporto del legname utile al piazzale di carico.	12.257,50
<b>TOTALE</b>	<b>25.017,50</b>

### 5.3 FASE V. ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE E INFORMAZIONE

Ai fini della divulgazione dei risultati delle attività che hanno caratterizzato il progetto sono state intraprese le seguenti iniziative:

- Taormina 16 e il 19 ottobre 2008 - Partecipazione al III Congresso Nazionale di Selvicoltura, nell'ambito del quale IPLA S.p.A. ha presentato un poster dal titolo: "Protezione del suolo e desertificazione in bassa Valle Susa e Val Casternone" - Igor Boni, Matteo Giovannozzi, Mauro Piazzini, Aldo Leo". Il lavoro è una sintesi delle attività svolte nell'ambito del progetto "Monitoraggio e valutazione funzionale degli interventi di rimboschimento e olivicoltura per la lotta alla desertificazione in Italia". Questa iniziativa è stata realizzata nell'ambito della "Sessione 5" - Attività di informazione e sensibilizzazione - del Congresso.
- Bruxelles, febbraio 2009 - Conferenza internazionale sull'Acqua "Peace with Water" – Presentazione dello sviluppo metodologico del Progetto pilota della regione Piemonte;
- Rimini, 11 settembre 2009 - Partecipazione a "Geoitalia 2009 - VII Forum Italiano di Scienze della Terra" mediante la presentazione, nella sessione poster, del "Progetto pilota per contrastare fenomeni di siccità e desertificazione nel territorio della Regione Piemonte";

- Torino, 23 - 25 ottobre 2009 - Partecipazione ad "Alpi 365 Expo"- Montagna mediante la presentazione di due pannelli relativi al "Progetto pilota per contrastare fenomeni di siccità e desertificazione nel territorio della Regione Piemonte" ed al "Sostegno della tariffa del Servizio Idrico Integrato per l'attuazione di specifici interventi connessi alla tutela ed alla produzione delle risorse idriche ed alla attività di sistemazione idrogeologica del territorio montano.

Lo sviluppo metodologico del Progetto pilota ed i risultati ottenuti sono stati presentati in occasione del seminario/tavola rotonda che si è tenuto, presso il Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino, il 17 giugno 2010 in concomitanza con la celebrazione della Giornata mondiale per la lotta della desertificazione.

Nel corso dell'evento sono intervenuti esperti in materia di difesa del suolo, tutela del paesaggio e di uso sostenibile del territorio che, confrontandosi tra di loro e con i partecipanti al seminario, hanno contribuito a chiarire gli aspetti scientifici del degrado del suolo e ad individuare le possibili linee di intervento per contrastare efficacemente i processi che possono portare alla desertificazione di un territorio.

L'attività relativa alla realizzazione della postazione-mostra e laboratorio (exhibit), è stata conclusa nel mese di giugno 2010. La postazione oltre a consentire l'attivazione del percorso metodologico caratteristico della metodologia

ESAs permette darà la possibilità, attraverso un'interazione logico-didattica guidata, di simulare i processi di degrado del territorio che portano alla desertificazione mediante un dispositivo "testo-immagine" combinato, sequenziale e di facile comprensione coinvolgendo così nel processo di sensibilizzazione anche un pubblico scolastico e non esperto.

#### 5.4 FASE VI: ATTIVITÀ DI INTEGRAZIONE CON ATTIVITÀ INTERNAZIONALI

Il progetto, pur non prevedendo dirette azioni di "gemellaggio" con progetti in ambito internazionale, presenta elementi di interazione con alcune attività delle quali il la Sez. di Idraulica Agraria del DEIAFA dell'Università di Torino è referente scientifico. Di seguito si fornisce una breve descrizione delle attività svolte e dei risultati ottenuti.

Mali: progetto finanziato dal Bando 2006 della Regione Piemonte, riguardante la sicurezza alimentare in Sahel. La sezione di Idraulica Agraria ha partecipato alla realizzazione di un progetto riguardante la protezione di pozzi ad uso potabile denominato "Gocce di speranza per Doumba e Koula, Mali" cofinanziato dalla Regione Piemonte e l'ONG "Comitato Collaborazione Medica (CCM)".

In particolare l'obiettivo è stato quello di fornire adeguato supporto tecnico-scientifico per la costruzione di pozzi ed il conseguente monitoraggio della qualità dell'acqua nonché di fornire indirizzi gestionali adeguati in relazione alle pratiche agricole locali (Salvai et Haverkamp, 2008).

Nell'ambito del progetto sono state messe a punto le linee guida riguardanti le operazioni necessarie per la corretta realizzazione di pozzi in muratura, dalla scelta del luogo di costruzione, alla tecnica costruttiva fino alla scelta dei materiali da impiegare nonché di tutti i dettagli operativi sulle varie fasi di realizzazione dell'opera. Particolare rilievo è stato dato alle operazioni di manutenzione della struttura in muratura e alle buone pratiche da seguire per mantenere in buono stato le condizioni igienico-

sanitarie del pozzo.

Tunisia: partecipazione, negli anni 2000 - 2003 al progetto FAO GCP/TUN/028/ITA denominato "Programma di Conservazione delle Acque e del Suolo nei Governatorati di Kairouan, Siliana e Zaghuan in Tunisia". Tale progetto, terminato nel 2005, è stato il frutto di una cooperazione bilaterale tra Provincia di Torino e Tunisia al fine di garantire uno sviluppo rurale durevole ed un'agricoltura sostenibile anche in un paese fragile da un punto di vista ecosistemico- ambientale, come può essere considerata la Tunisia.

L'attività messa in atto con il progetto ha riguardato parallelamente sia la realizzazione di infrastrutture di base, sia l'attività di ricerca per lo sviluppo agricolo (integrandolo con altre attività di formazione e di sviluppo di reddito delle comunità locali).

Un aspetto indispensabile è stato il coniugare le necessità della popolazione, ed in particolare modo lo sfruttamento agricolo, con la irrinunciabile necessità di interrompere il processo di degrado del suolo e favorire un'inversione di tendenza della situazione ambientale.

A questo proposito il governo tunisino, attraverso il CES (servizio difesa del suolo), e con un massiccio impiego di capitali, ha avviato una imponente opera di costruzione di sistemazioni idrauliche denominate "Couvettes" con una particolare attenzione alle aree più aride e montuose, soprattutto della zona centrale di Kairouan, Siliana, Sidi Bouzid e Zaghuan.

I vantaggi andranno dalla protezione idrogeologica della pianura alla ricarica delle falde freatiche, fino ad arrivare al beneficio che ogni singolo agricoltore consegue nel trattenere sulla propria parcella l'acqua piovana: maggior produzione agricola, minori costi, alimentazione gratuita per il bestiame (Previati et al., 2010).

Complessivamente il progetto ha coinvolto circa 6.200 famiglie dislocate su una superficie di 92.000 ettari.



## CAPITOLO 6

### BIBLIOGRAFIA

Allen R.G., Pereira Luis S., Raes D., Smith M., 1998, “*Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*”, FAO irrigation and drainage paper, 56. Roma, .

Ambito Territoriale Ottimale n.1 “Verbano Cusio Ossola e Pianura Novarese”, “*Piano d’Ambito*”.

Ambito Territoriale Ottimale n.2 “Biellese, Vercellese, Casalese”, “*Piano d’Ambito*”.

Ambito Territoriale Ottimale n.3 “Torinese”, “*Studi Propedeutici Regione Piemonte Fase II*”.

Ambito Territoriale Ottimale n.4 “Cuneese”, “*Indagini e studi finalizzati alla produzione dei programmi di intervento e dei relativi piani finanziari. Rapporto di Sintesi e Quadro di prospettiva*”.

Ambito Territoriale Ottimale n. 5 “Astigiano e Monferrato”, “*Piano d’Ambito*”.

Ambito Territoriale Ottimale n. 6 “Alessandrino”, “*Piano d’Ambito*”.

ARPA, Relazione sullo stato dell’ambiente in Piemonte, Edizioni 2009 e 2006.

Bagnouls F., Gaussen H., 1953 “*Saison sèche et indice xérothermique*”, Docum. pour les Cartes des Prod. Végét. Série: Généralité, 1: 1-49.

Borgogno Mondino E.; Testa S.; Bevilacqua I., 2009, “*Generazione di carte di temperatura mediante metodi di interpolazione spaziale basati su criteri multipli diversi dalla posizione: regressione multivariata*”, Atti del IX Convegno Nazionale dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Ischia Porto. Memoria n° 6-12.

Bouchet R. J., 1963, “*Evapotranspiration réelle, evapotranspiration potentielle, et production Agricole*”, Ann. Agron., 14, 743-824.

Brutsaert W., 2005, “*Hydrology, an Introduction*”, Cambridge University Press, Cambridge, 605 pp.

Brutsaert W., Stricker H., 1979, “*An advection-aridity approach to estimate actual regional evapotranspiration*”, Water Resour. Res., 15, 443-450.

Buchanan J. M., 1980, "*Rent-seeking Under External Diseconomies*", in Buchanan J. M., Tollison R.D., Tullock G., (1980) "Towards A Theory Of The Rent-seeking Society" College Station, Texas A&M Press.

Carollo, A. & V. Libera, 1989, "*Influence des lacs sur la temperature*", Publications de l'Association International de Climatologie pp. 57 - 61.

Casini L., Gallerani V., Viaggi D., 2008, "Acqua, agricoltura e ambiente. Nuovi scenari di politica comunitaria", Franco Angeli.

Coase R.H., 1960, "*The Problem of Social Cost*", in Journal of Law and Economics 3.

Crago R. D., Qualls R. J., Feller M., 2010, "*A Calibrated Advection-Aridity Evaporation Model Requiring No Humidity Data*", Water Resour. Res., doi:10.1029/2009WR008497

Dasgupta P.S., e Heal G. M., 1979, "*Economic Theory And Exhaustible Resources*", Cambridge University Press.

Di Napoli G., Mercalli L., 2008, "*Il clima a Torino*", SMS Bussoleno

FAO-UNEP-UNESCO, 1980. "*Méthode provisoire pour l'évaluation de la dégradation des sols*", M 57 ISBN 92-5-200869-1 Roma, pp.88

Ferraris S., 2008, "*Metodi irrigui per le colture erbacee di pieno campo: efficienza d'uso, consumi energetici, risparmio idrico*". Relazione sul lavoro svolto. Facoltà di agraria, Università di Torino.

Fu P., and Rich P.M., 2002, "*A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry*", Computers and Electronics in Agriculture 37:25-35.

Fu P., 2000, "*A geometric solar radiation model with applications in Landscape ecology*", PhD. Thesis, Department of Geography, University of Kansas, Lawrence Kansas, USA.

Giordano A., 1999, "*Pedologia*", Utet, Torino.

Harris J.M., 2002, "*Environmental and Natural Resource Economics: a contemporary approach*", Boston, NY Houghton Mifflin.

Ingegnoli V., Giglio E., *“Ecologia del paesaggio”*, Sistemi Editoriali,

IPLA, Regione Piemonte, 2010. *“Carta di capacità d’uso dei suoli del Piemonte a scala 1:250.000”*. Selca, Firenze.

IPLA, Regione Piemonte, 2007. *“Carta dei suoli del Piemonte a scala 1:250.000”*, Selca, Firenze.

IPLA, 2007, *“I boschi del Piemonte”*, Regione Piemonte

ISAC-CNR, 2009, *“Clima, cambiamenti climatici globali e loro impatto sul territorio nazionale”*.

SRTM paper, <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html>

Saxton K.E., Rawls W.J., 2006, *“Soil water characteristic estimate by texture and organic matter for hydrologic solution”*, Soil Science Society of American journal.

Thornes J.B., 1988, *“Erosional equilibria under grazing”*, in J. Bintliff, D. Davidson and E. Grant (eds.) *Conceptual Issues in Environmental Archaeology*, Edinburgh University Press, pp. 193-210.

Kosmas C., Kirkby M., Geeson N., 1999, *“Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification”*, European Commission Community Research Project Report EUR 18882.

Merlo C., 2009, *“Acqua Agricoltura Ambiente. Fondamenti tecnici e conoscitivi per il risparmio idrico nell’irrigazione con speciale riferimento alla regione Piemonte”*, Quaderno del Dipartimento di economia e ingegneria agraria, forestale e ambientale, Facoltà di Agraria, Università di Torino.

Neher P.A., 1990, *“Natural Resource Economics: Conservation and Exploitation”*, NY Cambridge University Press

Penman H.L., 1948, *“Natural evaporation from open water, bare soil, and grass”*, Proc. Roy. Soc. London A193, 120-146.

Previati M., Bevilacqua I., Canone D., Ferraris S., Haverkamp R., 2010, *“Evaluation of soil water storage efficiency for rainfall harvesting on hillslope micro-basin built using time domain reflectometry measurements”*, Agricultural Water Management, pp. 449- 456, Vol. 97 (3).



Priestley C.H.B., Taylor R.J., 1972, "*On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters*", Monthly Weath. Rev., 100, 81-92.

Regione Piemonte, 2007, PTA, "*Piano tutela delle acque*", Direzione Pianificazione delle risorse idriche.

Regione Piemonte, 2006, "*Le risorse idriche in Piemonte*", Direzione pianificazione delle risorse idriche.

Rich P.M., Dubayah R., Hetrick W.A., and Saving S.C., 1994, "*Using Viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology*". American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers, pp 524-529.

Salvai L., Haverkamp R., "*Puits fabriqués en briques concaves de ciment: manuel de construction. Rapport du projet*".

Soil Survey Staff, 2006. "*Keys to Soil Taxonomy*", 10 th ed. USDA - Natural Resources Conservation Service, Washington , DC.

Soil Survey Division Staff, 1993, "*Soil Survey Manual*". U.S. Department of Agriculture Handbook 18. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., USA.

"*Strategia tematica per la protezione del suolo*", 2006. Brussels, 22 settembre 2006 COM(2006)231.

Tournon G., 1981, "*Irrigazioni*", in: Manuale di Ingegneria Civile, Cremonese, Roma.

Turner R. K., Pearce D. W., Bateman I., 2003, "*Economia Ambientale*", Il Mulino, Bologna.

UE Project ENV4 CT 95 0119, "*metodologia MEDALUS*", Mediterranean Desertification And Land Use.

USDA, 1993. "*Soil survey manual*", U.S. Government Printing Office.



*Via Principe Amedeo, 17 - 10123 Torino  
Tel. 011 - 432.4503 fax 011 - 432.4632  
E-mail: [direzione10@regione.piemonte.it](mailto:direzione10@regione.piemonte.it)  
Sito web: [www.regione.piemonte.it/acqua/seminario2.htm](http://www.regione.piemonte.it/acqua/seminario2.htm)*







*Direzione Ambiente*

*Via Principe Amedeo, 17 - 10123 Torino*

*Tel. 011 - 432.4503 fax 011 - 432.4632*

*E-mail: [direzione10@regione.piemonte.it](mailto:direzione10@regione.piemonte.it)*

*Sito web: [www.regione.piemonte.it/acqua/seminario2.htm](http://www.regione.piemonte.it/acqua/seminario2.htm)*