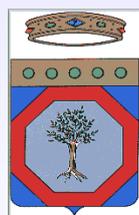


# PROGRAMMA D'AZIONE PER LA LOTTA ALLA SICCIÀ E ALLA DESERTIFICAZIONE

Indicazione delle aree vulnerabili in Puglia

Versione a cura di Luca Montanarella, Roberto Paracchini ed Ezio Rusco



**Regione PUGLIA**  
Settore Programmazione  
Ufficio Informatico e Servizio Cartografico



**PROGRAMMA D'AZIONE PER LA LOTTA ALLA SICCIÀ E  
ALLA DESERTIFICAZIONE**  
Indicazione delle aree vulnerabili in Puglia

## Indice

OBIETTIVI DELLO STUDIO .....	4
IL CONTRIBUTO DELLA COMMISSIONE EUROPEA PER LA LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE NELLE REGIONI MEDITERRANEE.....	4
INDICATORI CHIAVE PER LA DESERTIFICAZIONE A LIVELLO REGIONALE .....	5
<i>Qualità del suolo</i> .....	6
<i>Qualità del clima</i> .....	9
<i>Qualità della vegetazione</i> .....	18
<i>Qualità della gestione e fattori umani</i> .....	20
DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI DESERTIFICAZIONE (ESAS) .....	23
RISULTATI OTTENUTI CON L'APPLICAZIONE INTEGRALE DELLA METODOLOGIA MEDALUS .....	24
MODIFICHE APPORTATE ALLA METODOLOGIA MEDALUS.....	25
COMPARAZIONE TRA LE DIVERSE METODOLOGIE ADOTTATE.....	27
BIBLIOGRAFIA .....	32

## **Obiettivi dello studio**

L'obiettivo principale del seguente lavoro è l'individuazione delle aree a rischio di desertificazione nella Regione Puglia.

Lo studio è strettamente collegato alla delibera del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica del 21 Dicembre 1999 riguardante il Programma nazionale per la lotta alla siccità e alla desertificazione (Deliberazione n. 299/99).

La Delibera ha posto come necessità primaria quella di “[...] adottare misure durevoli di lotta alla desertificazione, che garantiscano una protezione integrata delle risorse suolo, acqua e aria e nello stesso tempo consentano e favoriscano uno sviluppo delle attività socio-economiche compatibili con la protezione dell’ambiente [...]”.

Da questa necessità è partita la raccolta dei dati e la realizzazione di una carta delle zone pugliesi maggiormente esposte al rischio di desertificazione.

Questo lavoro vuole quindi essere di supporto alla regione Puglia per l'adozione di standard e metodologie idonee alla prevenzione ed alla mitigazione dei fenomeni di desertificazione nelle “aree vulnerabili”.

Infine, lo studio si propone come punto di partenza per la ricerca delle cause e dei processi di desertificazione e come primo step per l'analisi dell'evoluzione temporale e spaziale del fenomeno in Puglia.

## **Il contributo della Commissione Europea per la lotta alla desertificazione nelle regioni mediterranee**

Al giorno d'oggi è ampiamente riconosciuto che la lotta alla desertificazione è urgente non solo nelle regioni caratterizzate da deserti estesi ma anche nel Mediterraneo. Negli stati membri dell'Unione Europea che si trovano affacciati sul Mediterraneo la degradazione del territorio è divenuta un problema primario. Due terzi della Spagna, le regioni dell'Algarve e dell'Alentejo nel sud del Portogallo, il Mezzogiorno in Italia, la maggior parte delle grandi isole greche e la Corsica sono tutte affette dal rischio di desertificazione.

Questo problema economico, sociale ed ambientale è strettamente collegato al suolo, alla copertura vegetale ed all'utilizzo delle riserve d'acqua e la sua espansione è una vera e propria minaccia non solo per la biodiversità, che include gli habitat naturali, ma anche per la sostenibilità della produzione di beni primari per la vita dell'uomo.

La complessità del problema, dovuta al suo carattere intersettoriale, implica un'appropriata pianificazione, concrete azioni ed un approccio amministrativo (gestionale) integrato. La lotta alla desertificazione sarà un processo a lungo termine, ma la necessità è quella di un'azione rapida ed urgente.

I programmi e le attività della Commissione Europea mirano all'identificazione del problema, alla comprensione delle interazioni e delle cause, alla definizione delle misure appropriate da adottare e forniscono i mezzi economici necessari per assistere le iniziative nazionali e regionali.

La complessità dei fattori fisici e socio-economici che causano la degradazione del territorio nel nord del Mediterraneo richiede un'investigazione scientifica approfondita. Sebbene la Commissione supporti un numero di programmi di ricerca relativi alla desertificazione e realizzi studi mirati in quest'area mediterranea attraverso il suo Centro di Ricerca di Ispra, le attività di ricerca stanno diventando sempre di più multidisciplinari per quanto riguarda l'approccio al cambiamento climatico, alla biodiversità ed alle condizioni forestali.

Caratterizzate da specifiche condizioni climatiche, da un particolare ecosistema sensibile e dalla presenza umana da lungo periodo, le regioni mediterranee stanno anche soffrendo progressivamente della degradazione e desertificazione quale conseguenza di una serie di processi tra loro collegati. Questo fatto ha portato la Commissione Europea a stabilire un'area specifica di ricerca all'interno dei suoi programmi di studio.

Il Quarto Programma Quadro di Ricerca (Ambiente 91-94 e Ambiente e Clima 94-98) ha identificato la desertificazione nel Mediterraneo come una delle priorità. Circa 55 progetti di ricerca multi-disciplinari sono stati supportati dal 1991 al 1998. Progetti che hanno mirato alla comprensione della complessa genesi ed evoluzione della desertificazione. Sono state così sviluppate metodologie per l'identificazione di aree sensibili, si sono identificati indicatori utili alla risposta di problemi studiati a scale temporali e spaziali differenti ed, infine, sono stati proposti concetti di monitoraggio e di gestione di quelle aree.

Il Quinto Programma Quadro (1998-2002) continua lo sviluppo di queste iniziative all'interno del Programma di Sviluppo Sostenibile per il Nuovo Ambiente. Una delle chiavi d'azione di questo programma riguarda il Cambiamento Globale, il Clima e la Biodiversità. Un esempio di progetto di ricerca è il Progetto MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) che ha adottato un approccio multidisciplinare per lo studio del fenomeno della desertificazione.

Lanciato nel 1991, il progetto Medalus si è sviluppato attraverso tre fasi ed è terminato nel Giugno del 1999. È stato un progetto che ha combinato la competenza europea nella ricerca sul cambiamento climatico, l'approvvigionamento idrico, i processi nei paesaggi semi-aridi, la crescita della vegetazione, i cambiamenti socio-economici, eccetera, collegando il tutto tramite la modellazione matematica al fine di stimare la sensibilità di specifici luoghi o regioni con le cause di desertificazione e sviluppando sistemi per aiutare le loro attenuazioni.

Nel contesto del progetto l'attenzione è stata rivolta principalmente agli ambienti del Mediterraneo dove la perdita fisica di suolo, causata dall'erosione idrica, e la conseguente perdita d'elementi nutritivi sono i problemi dominanti.

Le linee guida del progetto spiegano quali sono gli indicatori di desertificazione ed auspicano l'utilizzo di una metodologia uniforme ed un obiettivo scientifico basato su larga scala che individui regioni dove il rischio di desertificazione è più alto. Questi Indicatori Regionali dovrebbero essere basati su materiali disponibili, includendo immagini satellitari, dati topografici (mappe e DEM), dati climatici e geologici e del terreno oltre agli schemi di utilizzazione del suolo per quanto riguarda l'impatto degli aspetti socio-economici.

## **Indicatori chiave per la desertificazione a livello regionale**

La desertificazione è la conseguenza di una serie d'importanti processi di degradazione del suolo, specialmente nelle zone dove l'acqua è il fattore limitante principale per il rendimento dell'uso del suolo stesso.

A livello regionale possono essere utilizzati indicatori chiave per la stima della capacità del suolo a resistere a processi di degradazione oppure per la valutazione dell'idoneità del suolo di supportare specifici usi.

Tali indicatori possono essere suddivisi in quattro categorie che definiscono la qualità del suolo, la qualità del clima, la qualità della vegetazione e la qualità della gestione. Quest'approccio include parametri che possono essere facilmente trovati nelle relazioni esistenti sul suolo, sulla vegetazione e sul clima.



Il parent material è definito usando la carta geologica dell'area di studio. I vari tipi di materiali parentali sono raggruppati nelle seguenti classi, in accordo con la loro petrologia e composizione mineralogica ed in base alla loro sensibilità alla desertificazione:

Classe principale	Gruppo	Tipo
Rocce ignee	Ignee acide	Granito, Granodiorite, Quarzodiorite, Riolite, Piroclastite.
	Ignee basiche	Gabbro, Basalto, Dolerite.
	Ignee ultrabasiche	Peridotite, Pirossenite, Serpentino, Roccia ricca in minerali del ferro.

Classe principale	Gruppo	Tipo
Rocce metamorfiche	Metamorfiche acide	Quarzite, Gneiss, Ardesia, Fillade.
	Metamorfiche basiche	Scisto, Gneiss ricco in ferro-magnesio, Marmo.
Rocce sedimentarie	Sedimenti clastici	Conglomerato, Arenaria, Siltite, Mudstone, Argilla, Calcarea, Marna.
Rocce inconsolidate		Deposti fluviali, lacustri, marini e colluviali.

Tabella 2. Classi principali di materiale parentale consolidato e inconsolidato.

La profondità del suolo è definita dalle seguenti classi: molto poco profondo (profondità <15 cm), poco profondo (15-30 cm), moderatamente profondo (30-75 cm) e profondo (>75 cm).

Il gradiente del pendio è descritto usando le mappe topografiche di scala appropriata. Sono state distinte le seguenti classi di pendenza dominanti: <6%, 6-18%, 18-35% e >35%.

Le condizioni di drenaggio sono definite sulla base della profondità di lineamenti idromorfici come le screziature di ferro o manganese o i colori grigi, e la profondità della falda acquifera. Sono distinguibili le seguenti classi di drenaggio:

- Suoli molto ben o ben drenati. Sono suoli con screziature di Fe o Mn o colori grigi ad una profondità maggiore di 100 cm dalla superficie. Il suolo non è abbastanza umido vicino alla superficie o il suolo non rimane umido durante il periodo di crescita delle piante. L'acqua è rimossa dal suolo rapidamente.
- Suoli da moderatamente drenati a qualche caso di drenaggio povero. Fe, Mn o screziature grigie sono presenti nel suolo, a profondità compresa tra 30 e 100 cm dalla superficie. Il suolo è abbastanza umido vicino alla superficie o il suolo rimane umido durante la crescita prematura delle piante. L'acqua è rimossa dal suolo lentamente.
- Suoli poco o molto poco drenati. Screziature di Fe e Mn sono presenti nei primi 30 cm di suolo o sono presenti i colori grigi tipici delle condizioni riducenti. Una falda acquifera permanente solitamente esiste ad una profondità maggiore di 75 cm. In alcuni di questi suoli la falda d'acqua può raggiungere la superficie durante il periodo umido dell'anno. L'acqua è rimossa dal suolo così lentamente che i suoli sono umidi a profondità superficiali per lunghi periodi.

I frammenti di roccia (>6 mm) alla superficie del suolo sono definiti, in accordo con la percentuale di copertura, in tre classi: >60%, 20-60% e <20%.

### TESSITURA

Classe	Descrizione	Tessitura	Indice
1	Buona	F FSA FS SF FA	1
2	Moderata	AS FL FLA	1.2
3	Povera	A AL	1.6
4	Molto povera	S	2

### GRADIENTE

Classe	Descrizione	%	Indice
1	Piatto; poco ondulato	<6	1
2	Ondulato	6-18	1.2
3	Inclinato	18-35	1.5
4	Molto inclinato	>35	2

### PIETROSITÀ

Classe	Descrizione	Pietrosità %	Indice
1	Molto pietroso	>60	1
2	Pietroso	60-20	1.3
3	Debolmente pietroso	<20	2

### DRENAGGIO

Classe	Descrizione	Indice
1	Drenaggio buono	1
2	Drenaggio imperfetto	1.2
3	Drenaggio scarso	2

### MATERIALE PARENTALE

Classe	Descrizione	Materiale parentale	Indice
1	Buono	Scisti, Rocce basiche ed ultrabasiche, Conglomerato Rocce inconsolidate	1.0
2	Moderato	Calcare, Marmo, Granito, Riolite, Ignimbrite, Gneiss, Arenaria, Siltite	1.7
3	Povero	Marna, Piroclastiti	2.0

### PROFONDITÀ

Classe	Descrizione	Profondità (cm)	Indice
1	Profondo	>75	1
2	Moderato	75-30	2
3	Sottile	30-15	3
4	Molto sottile	<15	4

### QUALITÀ DEL SUOLO

Classe	Descrizione	Range
1	Alta qualità	<1.13
2	Moderata qualità	Da 1.14 a 1.45
3	Bassa qualità	>1.46

Tabella 3. Classi ed indici per i diversi parametri utilizzati nella valutazione della qualità del suolo.

L'Indice di qualità del suolo (SQI) è quindi calcolato come la media geometrica dei sei livelli secondo il seguente algoritmo (Bellotti et al., 1997; Basso et al., 1998a; Basso et al., 1998b; Ferrara et al., 1998):

$$\text{SQI} = (\text{Tessitura} * \text{Materiale parentale} * \text{Pietrosità} * \text{Profondità} * \text{Gradiente} * \text{Drenaggio})^{1/6}$$

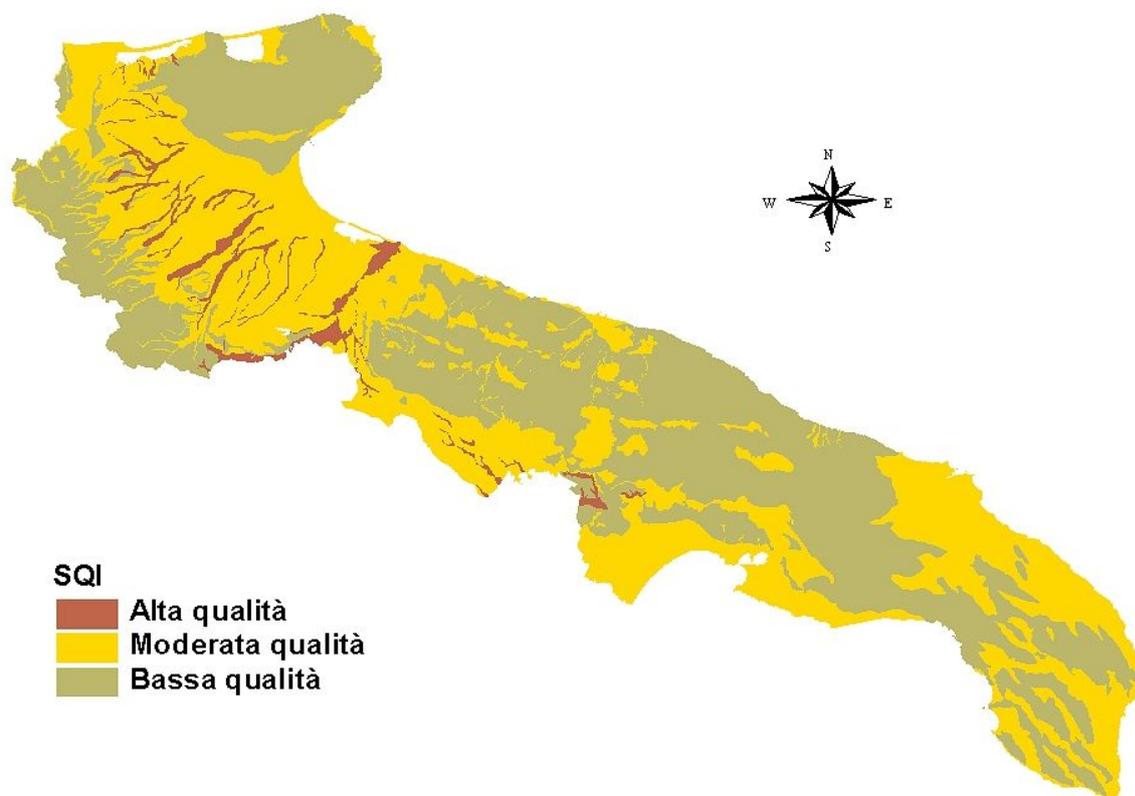


Figura 2. Carta della qualità del suolo per la Puglia per quanto riguarda il rischio di desertificazione.

### Qualità del clima

L'irregolare distribuzione delle precipitazioni durante l'anno, l'occorrenza di eventi estremi e la natura fuori fase delle stagioni vegetative e della pioggia nelle zone semi-aride ed aride del Mediterraneo sono i fattori principali che contribuiscono alla degradazione del territorio.

Le condizioni atmosferiche che caratterizzano un clima desertico sono quelle che creano un ampio deficit di acqua e cioè dove l'evapotraspirazione potenziale (ETp) è molto maggiore della Precipitazione (P).

Queste condizioni sono valutate da diversi indici. Uno di questi è l'indice bioclimatico FAO-UNESCO (1977):  $P/ETp$ . Le aree sensibili alla desertificazione possono essere suddivise nelle seguenti categorie:

- a) Zone aride  $0.03 < P/ETp < 0.20$
- b) Zone semi-aride  $0.20 < P/ETp < 0.50$
- c) Zone sub-umide  $0.50 < P/ETp < 0.75$

Nei confronti dell'evoluzione pedogenetica e più ancora nei riguardi dello sviluppo vegetale, uno dei fattori limitanti più importanti è rappresentato dall'aridità che si protrae per un periodo più o meno lungo nell'anno. Per valutare il grado di aridità occorre conoscere non solo la quantità delle precipitazioni, ma anche la temperatura e l'entità dell'evaporazione, dato che una certa quantità di precipitazioni non determina di per sé condizioni di aridità se non è accompagnata da alte temperature.

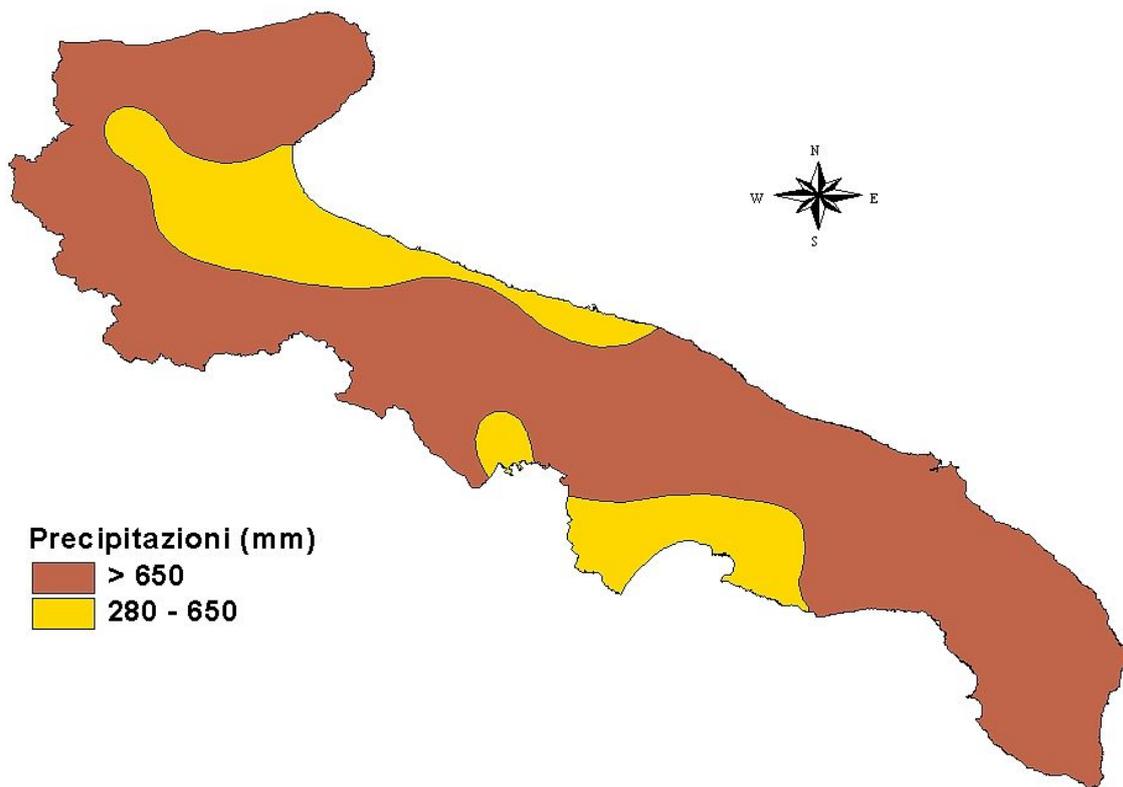


Figura 3. Distribuzione delle precipitazioni nella regione Puglia tenendo conto della classificazione proposta in Medalus (vedi tabella 4).

Come prima prova, per la Puglia sono state scelte due tra le espressioni più significative dell'indice di aridità e cioè quelle di Lang e di De Martonne.

Il primo ha messo in relazione la piovosità media annua con la temperatura e ha definito questo rapporto "pluviofattore":

$$f=P/T$$

con  $f$  = pluviofattore di Lang,  $P$  = valore totale annuo delle precipitazioni (mm) e  $T$  = valore della temperatura media annua (°C).

Successivamente De Martonne ha proposto alcune espressioni dell'indice di aridità che tendono a puntualizzare quanto non contenuto nel pluviofattore in merito soprattutto alle quantità specifiche della temperatura e delle precipitazioni ridotte da Lang al solo rapporto reciproco, per cui, località diverse con valori di  $T$  e  $P$  differenziati possono presentare lo stesso quoziente del pluviofattore.

Le formule dell'indice di aridità sono state sviluppate sia in relazione a periodi annuali ( $A$ ) che mensili ( $a$ ), così come riportate successivamente.

$$A = P/(T+10)$$

$$a = 12 p/(t+10)$$

( $A, a$  = indici di aridità;  $P, p$  = precipitazioni;  $T, t$  = temperature)

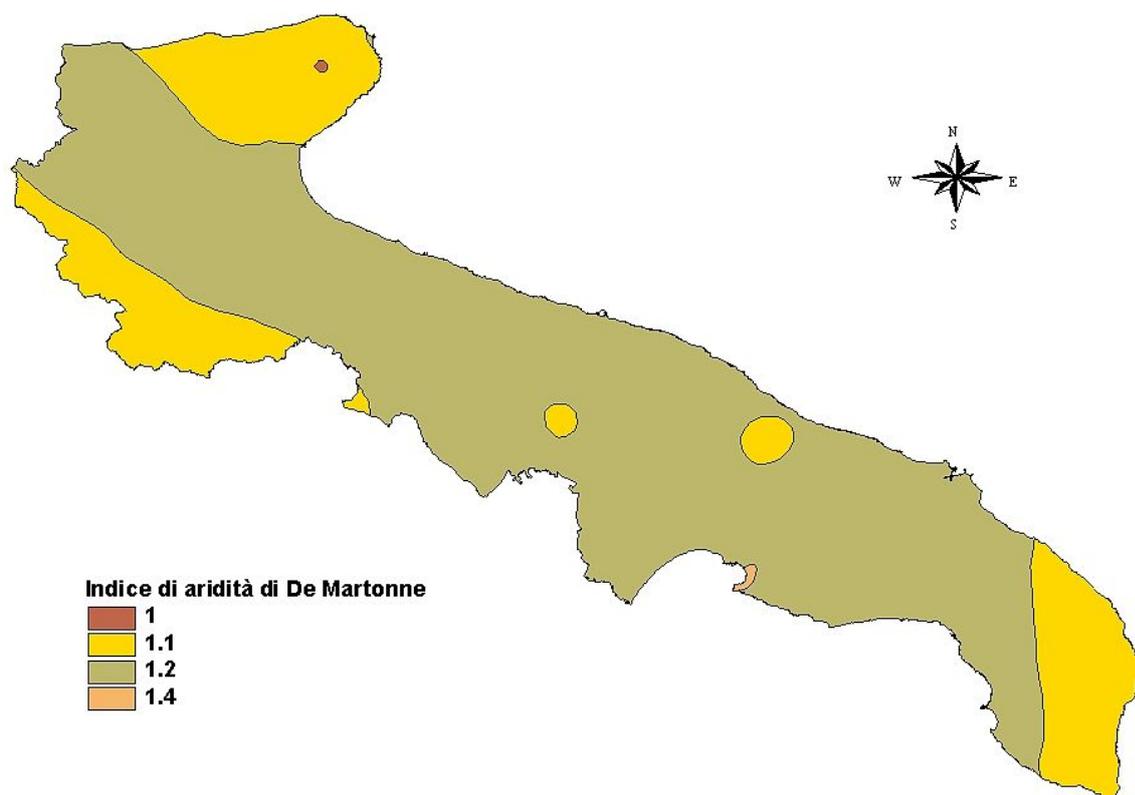


Figura 4. Carta dell'indice di aridità calcolato con la formula di De Martonne. I valori in legenda sono ricondotti a quelli della tabella 4 dove compare la classazione del fattore "Aridità" fatta con l'indice di Bagnouls-Gausson.

La carta ottenuta considerando l'indice di De Martonne mostra una scarsa differenziazione spaziale dei valori (si riconosce infatti un'ampia zona con valore 1.2, estesa su quasi tutto il territorio pugliese) e questo fatto porta, in fase di calcolo della qualità del clima, ad un risultato troppo generico ed approssimativo.

È stata così effettuata una seconda prova di regionalizzazione del dato climatico di aridità, spazializzando il valore dell'indice di Bagnouls-Gausson delle stazioni meteorologiche della Puglia.

Il concetto dell'indice di aridità bioclimatico di Bagnouls-Gausson può essere utilizzato per derivare l'indice di aridità da dati meteo facilmente disponibili. L'indice (BGI) è così definito:

$$BGI = \sum_i (2T_i - P_i) k$$

Dove  $T_i$  è la temperatura media per i mesi  $i$  in °C,  $P_i$  è il totale delle precipitazioni per i mesi  $i$  in mm e  $k$  rappresenta la proporzione di mesi durante i quali  $(2T_i - P_i) > 0$ .



Figura 5. Carta dell'indice di aridità calcolato con la formula di Bagnouls-Gaussien. I valori di BGI delle stazioni meteorologiche fanno riferimento ai valori della tabella 4.

La maggiore spazializzazione dei dati rispetto alla carta della figura 3 porta ad un calcolo più dettagliato dell'indice di qualità climatica.

L'applicazione degli indici di aridità (pluviofattore di Lang, De Martonne, Bagnouls-Gaussien) per la definizione del CQI non hanno fornito i dati sperati.

Sono state a tal punto tentate altre strade miranti ad una miglior identificazione del CQI. A partire dal presupposto che la misura dell'aridità di una stazione dovrebbe essere strettamente collegata con il deficit idrico della stazione stessa sono stati redatti i bilanci idrici per le stazioni termopluviometriche della Puglia presenti nel database del Corine Erosion.

I bilanci idrici sono stati redatti per singola stazione e per differenti valori di AWC (Available Water Capacity). L'AWC è strettamente influenzata dalla tipologia di suolo e, pur esistendo delle formule per il calcolo di questo parametro, o l'applicazione di pedotransfer rules, si è optato per l'assegnazione di valori di AWC standard.

È inoltre da segnalare che la definizione e spazializzazione del parametro AWC sarà possibile in un successivo momento, ovvero, quando si renderanno disponibili delle cartografie pedologiche a scala appropriata e con caratterizzazione delle Unità Cartografiche per tipologie di suolo ben definite.

I valori di AWC utilizzati per la redazione dei bilanci idrici sono stati: 200 mm, 100 mm, 75 mm, 50 mm, 25 mm. Il metodo usato per la definizione del bilancio idrico è stato quello di Billaux che calcola l'evapotraspirazione (PE = potential evapotraspiration) sulla base della formula di Thorntwhaite-Mather.

L'applicazione di altri modelli per il calcolo del bilancio idrico, quali il Newhall Method System è stata abbandonata in quanto forniscono risultati sicuri unicamente per l'AWC standard di 200 mm.

Il deficit idrico calcolato con il bilancio è il deficit idrico reale, e non potenziale, in quanto calcolato sulla base dell'evapotraspirazione reale (AE=actual evapotraspiration). Ovviamente quando le precipitazioni (P = precipitation) sono maggiori dell'ETP la AE coincide con l'ETP stessa.

La tabella relativa ai risultati raggiunti e un esempio del modello adottato per il bilancio idrico è fornito nelle seguenti pagine.

Stazione	PD	D200	g200	D100	g100	D75	g75	D50	g50	D25	g25
BARI (Osservatorio)	30	326	127	406	151	430	156	455	165	480	174
ALTAMURA	29	269	112	349	139	373	143	398	149	423	165
LOCOROTONDO	30	241	91	318	124	341	131	366	133	391	138
LECCE (Osservatorio)	30	341	112	427	136	451	140	476	151	501	153
MONTELEONE	30	130	5	187	86	208	93	232	104	256	110
CRISPIANO	30	307	113	391	138	415	142	440	150	465	160
FOGGIA	27	370	139	432	160	456	161	481	168	506	173
CASTELLANA GROTTI	30	284	110	365	137	390	141	414	148	439	165
VIESTE	30	382	136	471	155	495	161	520	168	545	180
S.SEVERO	23	333	125	419	148	443	151	468	161	493	170
CERIGNOLA	29	360	135	434	157	459	158	484	163	509	171
ANDRIA	30	274	122	354	148	378	150	403	155	428	164
LATIANO	26	307	111	390	137	415	141	439	150	464	164
MANDURIA	24	318	112	402	136	427	140	452	147	477	162
RUVO DI PUGLIA	27	348	130	435	142	459	141	484	142	509	143
BRINDISI	29	336	124	421	149	446	154	471	164	496	173
OTRANTO	29	309	94	392	117	416	120	441	127	466	135
S. MARIA DI LEUCA	30	249	112	436	138	461	145	486	159	511	164
MONTE S. ANGELO	30	167	55	232	108	254	117	278	121	303	129
SPINAZZOLA	26	256	103	334	129	358	136	383	141	408	158
SERRACAPRIOLA	27	271	107	351	135	375	139	400	157	425	160

PD= periodo di riferimento in anni

D200= deficit in mm per AWC di 200 mm

g200= deficit in giorni per AWC di 200 mm

## DATI CLIMATICI E BILANCIO IDRICO (Thornthwaite-Mather)

STAZIONE DI RILEVAMENTO : **BARI (Osservatorio)** CODICE **3123**  
 LATITUDINE : **41,07** RIFER.:  
 RISERVA IDRICA UTILE mm : **200** QUOTA (m slm) **12**  
 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO: **0,5**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
T	8,6	9,2	11,1	14,3	18,0	22,4	24,8	24,5	22,0	17,9	14,0	10,3	16,4
It	2,3	2,5	3,3	4,9	7,0	9,7	11,3	11,1	9,4	6,9	4,8	3,0	76,1
K	0,8	0,8	1,0	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	
P	58	49	46	35	28	20	9	22	44	64	75	76	526
PE	16	18	31	52	87	127	153	140	102	66	37	21	852
P-PE	42	31	15	-17	-59	-107	-144	-118	-58	-2	38	55	-326
AWL	0	0	0	-17	-76	-183	-327	-445	-503	-505	0	0	-505
ST	150	181	195	184	137	80	39	22	16	16	54	108	
CST	42	31	15	-12	-47	-57	-41	-17	-5	0	38	55	
AE	16	18	31	47	75	77	50	39	49	64	37	21	526
D				5	12	51	103	101	52	2			326
S	0	0	0								0	0	0
RO	0	0	0								0	0	
TMD	150	181	195	184	137	80	39	22	16	16	54	108	

### Classificazione del Clima secondo Thornthwaite

Indice di aridità **la= 38** Tipo di clima: D - semiarido  
 Indice di umidità **lh= 0** B'2 -Secondo mesotermico  
 Indice di umidità globale **lm = -38** #N/A  
 b'4 conc.estiva efficienza termica: **49%**

### Classificazione del Clima secondo Köppen

Gruppo principale: **BS** clima secco (steppa)  
 Sottogruppo: **BSk** steppa delle medie latitudini

### Zone fitoclimatiche secondo Pavari

Zona fitoclimatica: **Lauretum**  
 Sottozona: **a) sottozona calda**  
 Tipo: **II Tipo: con siccità estiva**

### Indici climatici

Pluviofattore di Lang: **32** regioni aride; terre salse  
 Indice di aridità di De Martonne: **20** clima semiarido; deflusso idrico definitivamente endoreico  
 Indice di Emberger: **97,21**

### Classificazione dei regimi di temperatura e di umidità secondo la Soil Taxonomy (USDA)

Regime di umidità (Billaux): **Xeric**  
 Regime di temperatura: **Thermic**

I dati di deficit idrico in mm e in giorni in cui la sezione di controllo<sup>1</sup>, così come definita dalla Soil Taxonomy, risulta completamente secca sono stati elaborati per poterli inserire all'interno dell'equazione di definizione del Climate Quality Index. Per ottenere tale risultato sono state rispettate le seguenti condizioni:

- "classare" il dato in 6 classi come l'indice di Bagnouls-Gausson fornito dalla metodologia ufficiale del progetto Medalus.
  - mantenere invariati i pesi assegnati a ciascuna classe dell'indice di Bagnouls-Gausson.
- Un'ulteriore problema si è presentato nella scelta dell'unità di misura di espressione del dato di deficit idrico. Esso può essere espresso in mm oppure in giorni. Si è optato per l'utilizzo dell'unità di misura del deficit idrico in giorni che consente una migliore definizione delle classi e dei pesi da assegnare.

Nella tabella allegata viene fornita la suddivisione in classi di deficit idrico espresso in giorni.

<b>Classe</b>	<b>Giorni di deficit idrico</b>	<b>Peso attribuito</b>
1	95-105	1
2	106-120	1.1
3	121-135	1.2
4	136-150	1.4
5	151-165	1.8
6	161-175	2

Il dato così definito è stato spazializzato. Dal dato spazializzato si è passati al calcolo del CQI. Sono state effettuate delle prove di calcolo del CQI per tutte le classi di deficit idrico espresso in giorni (200, 100, 75, 50, 25 mm; vedi figura 8).

Come facilmente presupponibile, utilizzando le classi estreme di AWC e conseguente deficit idrico (giorni) per il calcolo del CQI si ottengono dei risultati in termini di ESAs, una volta inserito il dato CQI con gli altri parametri, eccessivamente sbilanciati in una direzione (aree critiche) o nell'altra (aree non interessate dalla desertificazione).

In conseguenza a queste considerazioni, le ESAs sono state definite utilizzando un CQI che considera il parametro "aridità" utilizzando i dati di deficit idrico, espressi in giorni, derivanti dal calcolo del bilancio idrico per AWC di 100 e 75 mm.

Nella seguente figura sono indicate la definizione delle ESAs con l'uso di differenti CQI definiti per AWC di 200-100-75-50-25 mm.

---

<sup>1</sup> La sezione di controllo, così come definita dalla Soil Taxonomy, ha il suo limite superiore indicato come "il limite inferiore raggiunto dal fronte di inumidimento provocato da una precipitazione di 25 mm in 24 ore"; quello inferiore è "il limite più profondo raggiunto dal fronte di inumidimento provocato da una precipitazione di 75 mm in 48 ore"



Figura 6. Carta dell'indice di aridità ottenuta considerando il bilancio idrico calcolato con AWC di 100 mm.

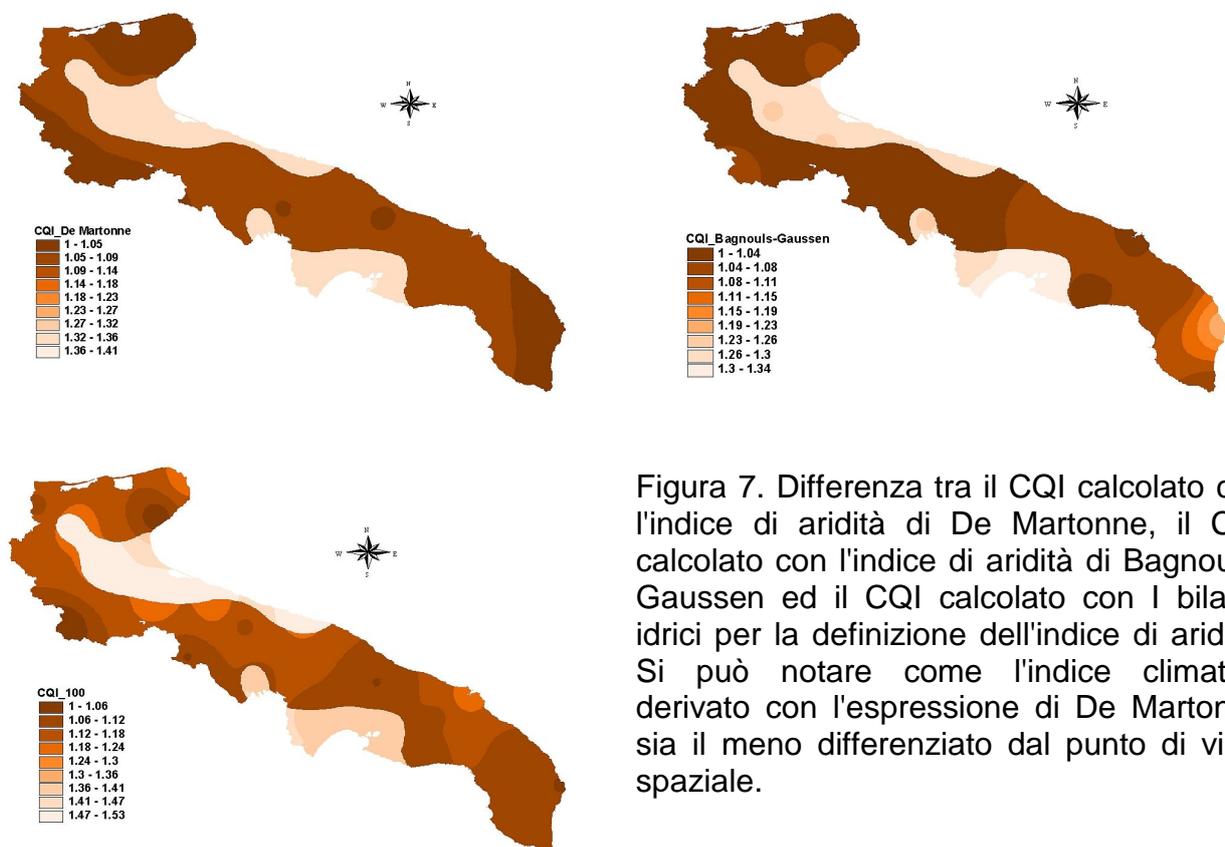


Figura 7. Differenza tra il CQI calcolato con l'indice di aridità di De Martonne, il CQI calcolato con l'indice di aridità di Bagnouls-Gausson ed il CQI calcolato con i bilanci idrici per la definizione dell'indice di aridità. Si può notare come l'indice climatico derivato con l'espressione di De Martonne sia il meno differenziato dal punto di vista spaziale.

L'aspetto del pendio è considerato un fattore importante per i processi di degradazione del terreno. L'aspetto agisce sul microclima a seconda dell'angolo e della durata con la quale i raggi del sole colpiscono la superficie del suolo.

Nella regione mediterranea i pendii esposti a sud e ad ovest sono più riscaldati ed hanno tassi di evaporazione più alti e capacità di stoccaggio idrico più bassa rispetto ai pendii esposti a nord e ad est. Perciò la copertura vegetale è più lenta (tardiva) nei pendii meridionali ed occidentali ed il tasso di erosione è più alto rispetto ai pendii settentrionali ed orientali.

Come conseguenza, i pendii esposti a sud solitamente hanno una copertura vegetale inferiore rispetto ai pendii esposti a nord (Poesen et al., 1998) e quindi il grado di erosione aumenta.

In Medalus sono stati assegnati due valori all'aspetto del pendio (valore 1 per i pendii esposti a NW e NE e valore 2 per i pendii esposti a SW e SE). Bisogna considerare che questi due valori sono relativi alla zona dell'isola greca di Lesvos che ha un'ampiezza di 70 per 60 Km.

Per la Puglia è stata applicata una semplificazione e cioè è stato assegnato il valore 1 all'aspetto di tutto il territorio, tenendo conto della diversità di estensione e di condizioni climatiche generali tra Puglia e Lesvos.

La Puglia, in generale, è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo con inverni miti ed estati calde, lunghe e, in gran parte della regione, secche. I tratti costieri, grazie all'azione mitigatrice dei mari Adriatico e Ionio, presentano inoltre un clima più tipicamente marittimo, con escursioni termiche stagionali meno spiccate. L'entroterra, ovvero il Tavoliere ed il promontorio del Gargano, presentano invece delle caratteristiche climatiche più prettamente continentali, con maggiori variazioni delle temperature stagionali. Le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse su tutta la regione, risultando concentrate nei mesi invernali e, un po' su tutto il territorio, caratterizzate da un regime estremamente variabile.

Il calcolo dell'indice climatico (CQI) è stato effettuato combinando i tre attributi (piovosità, aridità e aspetto, quest'ultimo con valore 1) nell'algoritmo qui sotto riportato. L'indice di qualità è stato quindi classificato in tre classi come si può vedere nella tabella 4.

$$\text{CQI} = (\text{Piovosità} \cdot \text{Aridità} \cdot \text{Aspetto})^{1/3}$$

#### PIOVOSITÀ

Classe	Piovosità (mm)	Indice
1	>650	1
2	650-280	2
3	<280	4

#### ARIDITÀ

Classe	BGI range	Indice
1	<50	1
2	50-75	1.1
3	75-100	1.2
4	100-125	1.4
5	125-150	1.8
6	>150	2

#### QUALITÀ DEL CLIMA

Indice di qualità climatica	Descrizione	Intervallo (Range)
1	Alta qualità	<1.15
2	Moderata qualità	Da 1.15 a 1.81
3	Bassa qualità	>1.81

Tabella 4. Classi ed indici per la stima della qualità climatica.

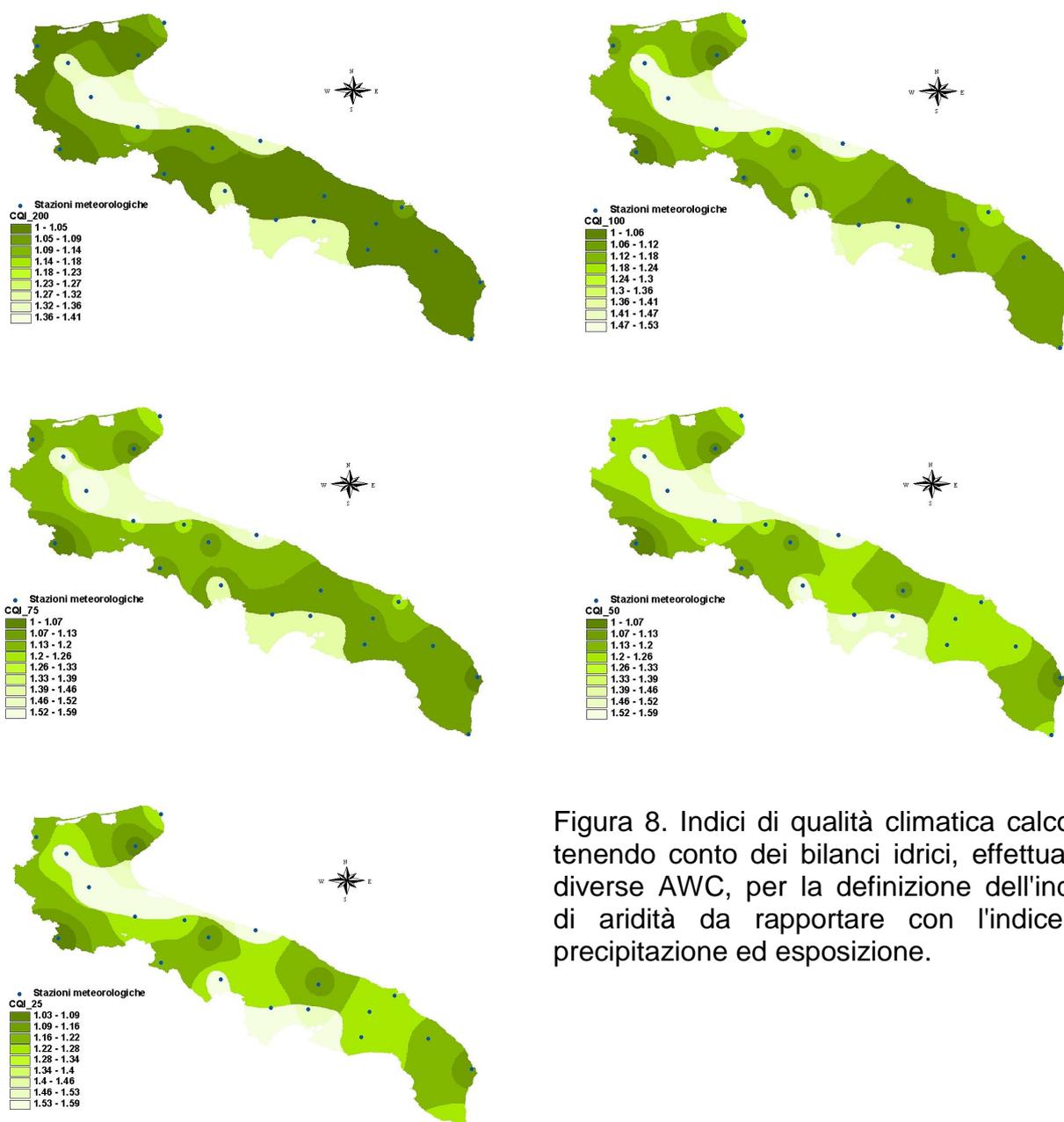


Figura 8. Indici di qualità climatica calcolati tenendo conto dei bilanci idrici, effettuati a diverse AWC, per la definizione dell'indice di aridità da rapportare con l'indice di precipitazione ed esposizione.

### Qualità della vegetazione

Il componente biotico dominante di un territorio in termini di desertificazione è la copertura vegetale del territorio.

La copertura vegetale è decisiva per il controllo del fenomeno di run-off e può essere prontamente alterata lungo le aree collinose mediterranee a seconda delle condizioni climatiche e del periodo dell'anno.

In aree con precipitazioni annuali inferiori ai 300 mm e con un elevato tasso di evapotraspirazione, la capacità d'acqua del suolo per le piante è ridotta drasticamente ed il suolo rimane relativamente spoglio favorendo il flusso d'acqua sul terreno dovunque un evento di precipitazione accade.

Gli indicatori chiave della desertificazione in relazione alla vegetazione agricola o naturale esistente possono essere considerati in relazione a:

- a) rischio d'incendi ed abilità alla ricopertura;
- b) protezione dall'erosione offerta dal suolo;
- c) resistenza alla siccità;
- d) percentuale di copertura vegetale.

Secondo quanto proposto in Medalus, i tipi dominanti di vegetazione nella regione mediterranea sono stati raggruppati in quattro categorie a seconda del rischio d'incendi. Altre quattro categorie sono vengono usate per classificare la vegetazione a seconda della protezione del suolo dall'erosione. Cinque categorie, invece, sono usate per classificare la vegetazione rispetto alla resistenza alla siccità. Infine, sono state distinte tre classi di copertura vegetale.

### RISCHIO D'INCENDIO

Classe	Descrizione	Tipo di vegetazione	Indice
1	Basso	Terreni spogli, raccolti agricoli perenni, raccolti agricoli annuali (mais, tabacco, girasole)	1
2	Moderato	Raccolti agricoli annuali (cereali, praterie), querce, mista mediterranea, Macchia/foresta sempreverde	1.3
3	Alto	Macchia mediterranea	1.6
4	Molto alto	Foreste di pini	2

### PROTEZIONE ALL'EROSIONE

Classe	Descrizione	Tipo di vegetazione	Indice
1	Molto alta	Macchia mediterranea mista/Foresta sempreverde	1
2	Alta	Macchia mediterranea, foreste di pini, praterie permanenti, raccolti perenni sempreverdi	1.3
3	Moderata	Foreste decidue	1.6
4	Bassa	Raccolti agricoli perenni decidui (mandorli, frutteti)	1.8
5	Molto bassa	Raccolti agricoli annuali (cereali), praterie annuali, vigneti	2

### RESISTENZA ALLA SICCIÀ

Classe	Descrizione	Tipo di vegetazione	Indice
1	Molto alta	Macchia mediterranea mista, foreste sempreverdi, macchia mediterranea	1
2	Alta	Conifere, decidui, olivi	1.2
3	Moderata	Alberi agricoli perenni (vigneti, mandorli, frutteti)	1.4
4	Bassa	Praterie perenni	1.7
5	Molto bassa	Raccolti agricoli annuali, praterie annuali	2

### COPERTURA VEGETALE

Classe	Descrizione	Copertura %	Indice
1	Alta	>40	1
2	Bassa	40-10	1.8
3	Molto bassa	<10	2

### QUALITÀ DELLA VEGETAZIONE

VQI	Descrizione	Range
1	Alta qualità	<1.13
2	Moderata qualità	1.13-1.38
3	Bassa qualità	>1.38

Tabella 5. Classi ed indici dei parametri usati per la stima della qualità della vegetazione.

L'indice di qualità della vegetazione (VQI) è stato calcolato come media geometrica delle caratteristiche vegetali sopra citate messe in relazione con la sensibilità alla desertificazione usando un particolare algoritmo. Quindi il VQI è stato classificato in tre classi che definiscono la qualità della vegetazione rispetto alla desertificazione.

**VQI = (Rischio d'incendio\*Protezione all'erosione\*Resistenza alla siccità\*Copertura vegetale)<sup>1/4</sup>**

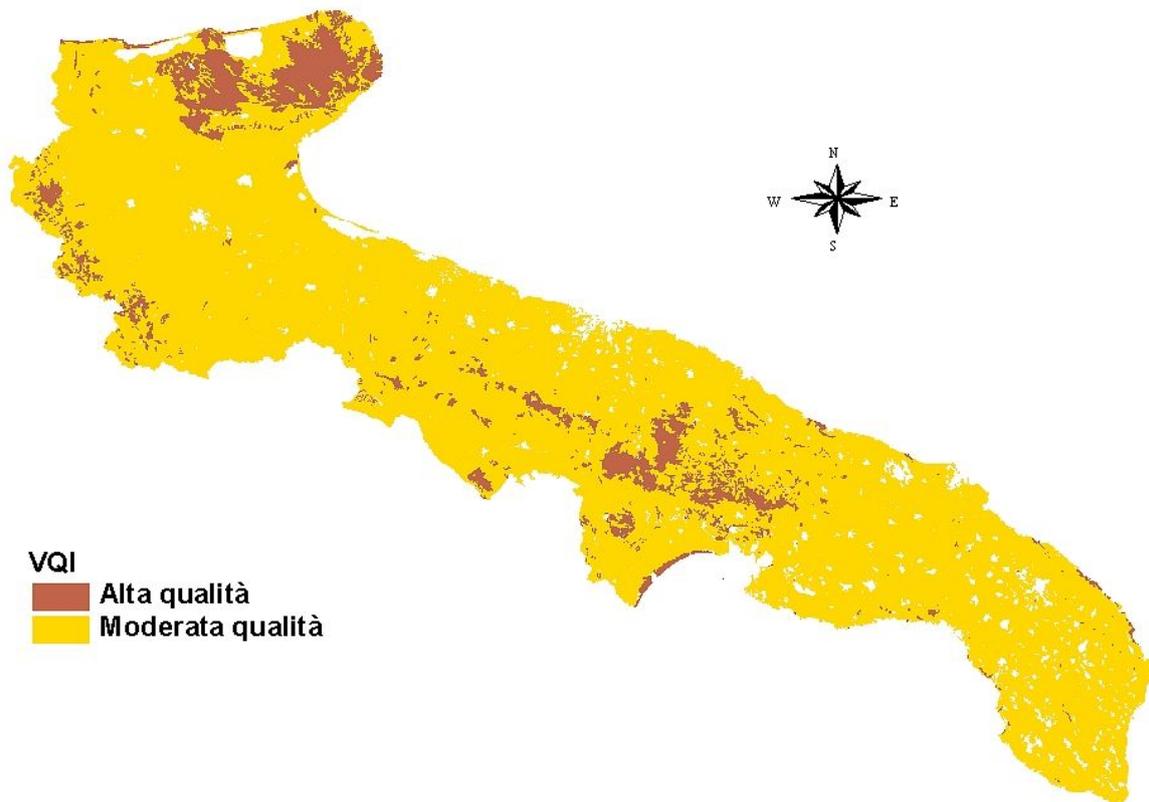


Figura 9. Carta della qualità della vegetazione per la Puglia, relativa al rischio di desertificazione.

#### Qualità della gestione e fattori umani

La definizione delle aree regionali a rischio di desertificazione richiedono sia indicatori chiave relativi all'ambiente fisico che indicatori dello "stress" indotto dall'uomo.

Una parte di terreno, senza riguardo a quanto sia ampia, è caratterizzata da un particolare uso. Questo uso è associato ad un tipo di gestione dettata principalmente dal clima e cambia sotto l'influenza di fattori ambientali, sociali, economici, tecnologici e politici.

A seconda di un particolare tipo di gestione, le risorse del territorio sono soggette ad un certo grado di stress. Tuttavia, l'esistenza di politiche ambientali in certe aree moderano gli impatti di un certo tipo di utilizzo del suolo rispetto ad aree dove tali politiche non esistono. L'uso del suolo può essere classificato in base a diversi criteri che portano a gerarchizzare i tipi di uso. Il numero di criteri impiegato è dettato dal livello di dettaglio desiderato così come dalla disponibilità di dati.

Il principale criterio di classificazione è basato sullo scopo primario in base al quale il suolo è usato. Da questo criterio i tipi di *land use* possono essere così distinti:

- terreni agricoli;
- pascoli;
- aree naturali (foreste).

### **Intensità di uso del suolo**

Per ognuno dei sopracitati tipi di uso del suolo è stata stimata un'intensità d'uso.

#### a) Terreni agricoli.

L'intensità d'uso del suolo per i terreni agricoli è stimata caratterizzando la frequenza di irrigazione, il grado di meccanizzazione, l'esistenza di terrazzi, l'uso di fertilizzanti e agrochimici, la varietà di coltivazioni usate, eccetera.

In questo modo sono stati creati tre livelli di intensità d'uso del suolo così distinti:

- *Intensità d'uso del suolo bassa* (LLUI). Aree ad agricoltura estensiva dove vengono usate varietà di piante locali, non sono applicati fertilizzanti e pesticidi, i raccolti dipendono principalmente dalla fertilità dei suoli e dalle condizioni ambientali. La meccanizzazione è limitata. In caso di raccolti stagionali, un raccolto è coltivato per anno oppure il terreno rimane a riposo.
- *Intensità d'uso del suolo media* (MLUI). Aree dove vengono usate varietà migliori, insufficienti sono i fertilizzanti applicati ed è preso un inadeguato controllo delle malattie. La meccanizzazione è ristretta ai più importanti lavori come la seminazione, l'applicazione di fertilizzanti, eccetera.
- *Intensità d'uso del suolo alta* (HLUI). Aree ad agricoltura intensiva dove vengono usate varietà migliorate. L'applicazione di fertilizzanti ed il controllo delle malattie sono adeguati. Le coltivazioni sono fortemente meccanizzate.

#### b) Pascoli.

L'intensità d'uso del suolo di zone a pascolo è definita stimando il tasso di approvvigionamento sostenibile (in animali per ettaro) e comparando lo stesso con il numero attuale di animali che pascolano nell'area.

A causa della scarsità di informazioni a tal riguardo, per la regione Puglia è stato assunto un valore medio di intensità d'uso (Indice = 1.5) secondo quanto riportato nella tabella 6.

#### c) Aree naturali (foreste).

Una distinzione maggiore può essere fatta tra le foreste naturali e le foreste gestite. Nel caso delle foreste naturali la qualità della gestione viene considerata alta, per definizione. In caso di foreste gestite, l'intensità d'uso è determinata dalla domanda di prodotti forestali. La domanda è tuttavia un parametro difficile da determinare. Un approccio è la stima della produzione sostenibile di una foresta e la sua comparazione con la produzione attuale (rapporto produzione attuale/produzione sostenibile).

### **Politica**

Un'attenzione particolare è data alle politiche di protezione del territorio come le politiche di supporto dei terrazzi, politiche in favore dell'agricoltura estensiva, politiche di protezione costiera, eccetera. Naturalmente la loro efficacia dipende dal grado con il quale sono osservate. L'informazione deve quindi essere raccolta sulle politiche esistenti e sulla loro implementazione/imposizione.

Per quanto riguarda la Puglia sono stati considerati i siti di "Natura 2000" cioè aree ad ampia valenza naturalistica presenti su buona parte del territorio regionale.

In relazione alla politica di protezione ambientale sono state definite tre classi come si può vedere nella tabella successiva.

### **RACCOLTI**

Classe	Descrizione	Indice
1	Bassa intensità d'uso del suolo (LLUI)	1
2	Media intensità d'uso del suolo (MLUI)	1.5
3	Alta intensità d'uso del suolo (HLUI)	2

## PASCOLI

Classe	Descrizione	Tasso di stoccaggio	Indice
1	Bassa	ASR<SSR	1
2	Moderata	ASR=SSR to 1.5*SSR	1.5
3	Alta	ASR>1.5*SSR	2

## AREE NATURALI

Classe	Descrizione	Caratteristiche di gestione	Indice
1	Bassa	A/S = 0	1
2	Moderata	A/S < 1	1.2
3	Alta	A/S = 1 o maggiore	2

## POLITICA

Classe	Descrizione	Gradi di rispetto della politica	Indice
1	Bassa	Completo: >75% dell'area è sotto "protezione"	1
2	Moderata	Parziale: 75-25% dell'area è sotto protezione	1.5
3	Alta	Incompleto: <25% dell'area è sotto protezione	2

## QUALITÀ DELLA GESTIONE

Classe	Descrizione	Range dell'indice
1	Alta	Da 1 a 1.25
2	Moderata	Da 1.26 a 1.50
3	Bassa	> 1.50

Tabella 6. Classi ed indici dei parametri usati per la stima della qualità della gestione del territorio.

L'indice di qualità della gestione (MQI) è stato stimato come media geometrica dell'intensità d'uso del suolo e dell'imposizione della politica di protezione ambientale usando il seguente algoritmo:

$$\text{MQI} = (\text{Intensità d'uso del suolo} * \text{Politica})^{1/2}$$

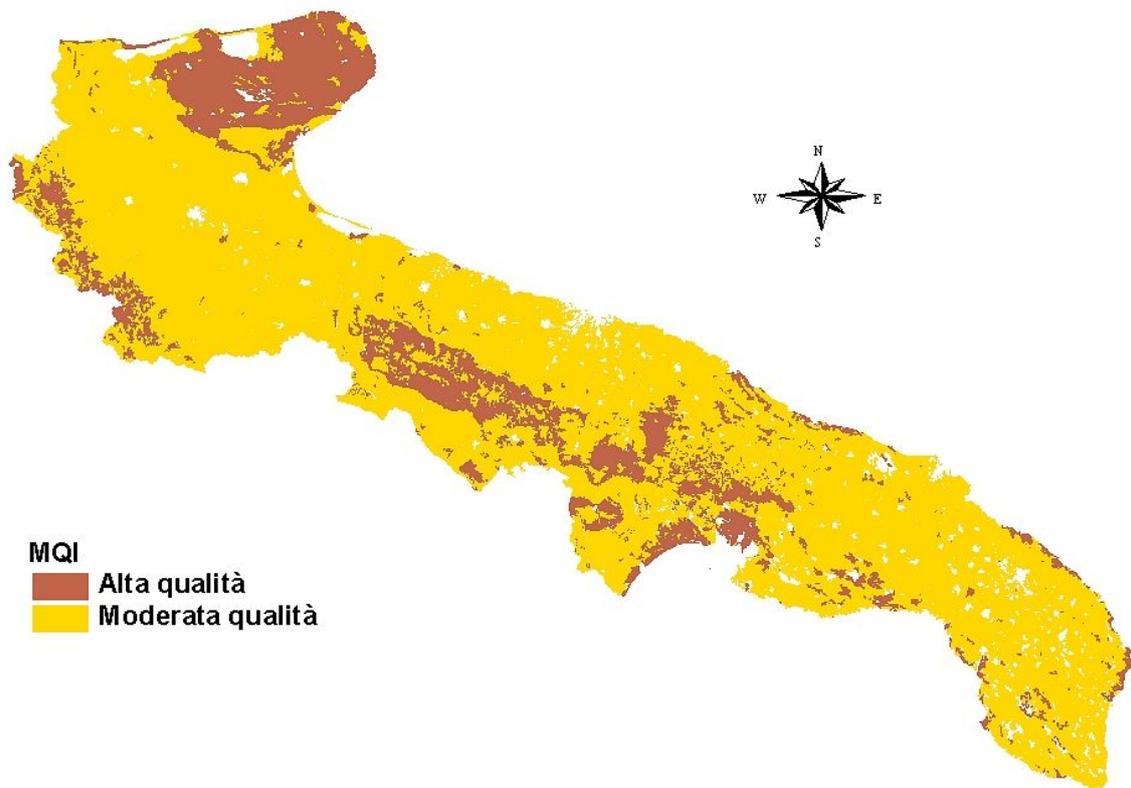


Figura 10. Carta della qualità di gestione per la Puglia, relativa al rischio di desertificazione.

### **Definizione delle aree a rischio di desertificazione (ESAs)**

Il passo finale comprende il collegamento delle caratteristiche ambientali (qualità del suolo, qualità del clima, qualità della vegetazione e qualità della gestione) per la definizione dei diversi tipi di aree a rischio di desertificazione.

I quattro indici di qualità sopra citati sono collegati tra loro per la stima dell'indice ESAI secondo la seguente espressione:

$$\text{ESAI} = (\text{SQI} \cdot \text{CQI} \cdot \text{VQI} \cdot \text{MQI})^{1/4}$$

L'intervallo dell'indice ESAI comprende tre sottoclassi come si può vedere nella tabella 7. Ogni tipo di ESAs è definita in base ad una sottoclassificazione (a tre punti) che va dal valore 3 (alta sensibilità) al valore 1 (bassa sensibilità).

Tipo	Sottotipo	Intervallo dell'ESAI
Critica	C3	>1.53
Critica	C2	1.53-1.42
Critica	C1	1.41-1.38
Fragile	F3	1.37-1.33
Fragile	F2	1.32-1.27
Fragile	F1	1.26-1.23
Potenziale	P	1.22-1.17
Non affetta	N	<1.17

Tabella 7. Tipi di aree a rischio di desertificazione e relativi intervalli d'indice.

I tre tipi principali di ESAs sono definiti in base al grado di degradazione del suolo.

Le aree denominate "Critiche" sono aree degradate a causa del cattivo uso del terreno, il quale rappresenta una minaccia all'ambiente delle aree circostanti. Queste sono le aree molto erose e soggette ad un'alto deflusso e perdita di elementi.

Le aree "Fragili" sono le aree dove qualsiasi cambiamento dell'equilibrio delle attività naturali o umane può portare all'aumento del rischio di desertificazione. In queste zone un cambiamento climatico di lunga durata (come quello causato dall'effetto serra) può portare ad una riduzione del potenziale biologico a causa della siccità, con conseguente perdita di copertura vegetale ed aumento del rischio di erosione. Un altro fattore negativo come il cambiamento dell'uso del suolo (ad esempio uno spostamento verso una coltivazione di cereali su suoli sensibili) può produrre un immediato aumento del deflusso e dell'erosione superficiale.

Le aree denominate "Potenziabili" sono aree anch'esse a rischio di desertificazione e quindi necessitano di una pianificazione accurata pur essendo meno a rischio delle aree fragili. In queste aree se una particolare utilizzazione del suolo è attuata con criteri gestionali non corretti si possono creare i problemi dell'erosione e del deflusso superficiale (compreso quello di pesticidi o fertilizzanti verso le zone vallive).

Infine le aree "Non affette" sono quelle aree stabili, non soggette al rischio di desertificazione. Queste aree sono pianeggianti, con suoli bene drenati e a tessitura grossolana o più fine e sono soggette a condizioni climatiche umide indipendentemente dalla loro copertura vegetale.

## Risultati ottenuti con l'applicazione integrale della metodologia Medalus

L'applicazione della metodologia derivante dal progetto Medalus, per le aree pugliesi, ha portato a dei risultati che appaiono non così rispondenti alla realtà del territorio indagato. Infatti l'intera Regione Puglia presenta aree a forte rischio di desertificazione. Se ciò può corrispondere a verità per alcune porzioni del territorio regionale, caratterizzate da indici di qualità bassi (clima, suolo, vegetazione, gestione) appare quantomeno fuorviante per altre. Le aree che più hanno sollevato dubbi sono riconducibili al promontorio del Gargano dove, anche nell'area della Foresta Umbra, con presenza di faggio, il rischio di desertificazione è riconducibile al grado di aree "critiche". Si sono rese necessarie a tal punto alcune modifiche alla metodologia originale. Viene di seguito fornita una descrizione delle modifiche apportate alla metodologia Medalus.

## Modifiche apportate alla metodologia Medalus

Nonostante una miglior definizione del CQI, ottenuta come esposto nel paragrafo "Qualità del clima", l'identificazione delle ESAs mostra ancora un territorio regionale praticamente interamente a rischio di desertificazione (si veda figura 11). Sono state allora tentate altre vie ed è stata fatta un'attenta analisi sui parametri, sia dei singoli indici di qualità, sia sul modo di definire le ESAs. Un primo ragionamento è stato compiuto sull'indice di qualità del suolo. Si è constatato come nell'equazione di definizione del SQI compaiono tutti termini strettamente riferibili al suolo e soltanto la pendenza sia invece riconducibile maggiormente ad una situazione stazionale. Inserire il parametro "pendenze" nell'equazione del SQI può risultare fuorviante per questo indice introducendo un fattore di moltiplicazione non strettamente collegato al suolo. A partire da questa considerazione e dalla definizione stessa di "desertificazione" data dalla Convenzione sulla Desertificazione (United Nations Conference on Environment and Development - UNCED) che stabilisce che "la desertificazione è la degradazione delle terre, in ambienti aridi, semi-aridi e sub-umidi, derivante da numerosi fattori, comprese le variazioni climatiche e le attività umane" sono state condotte le azioni riportate nella pagina successiva.

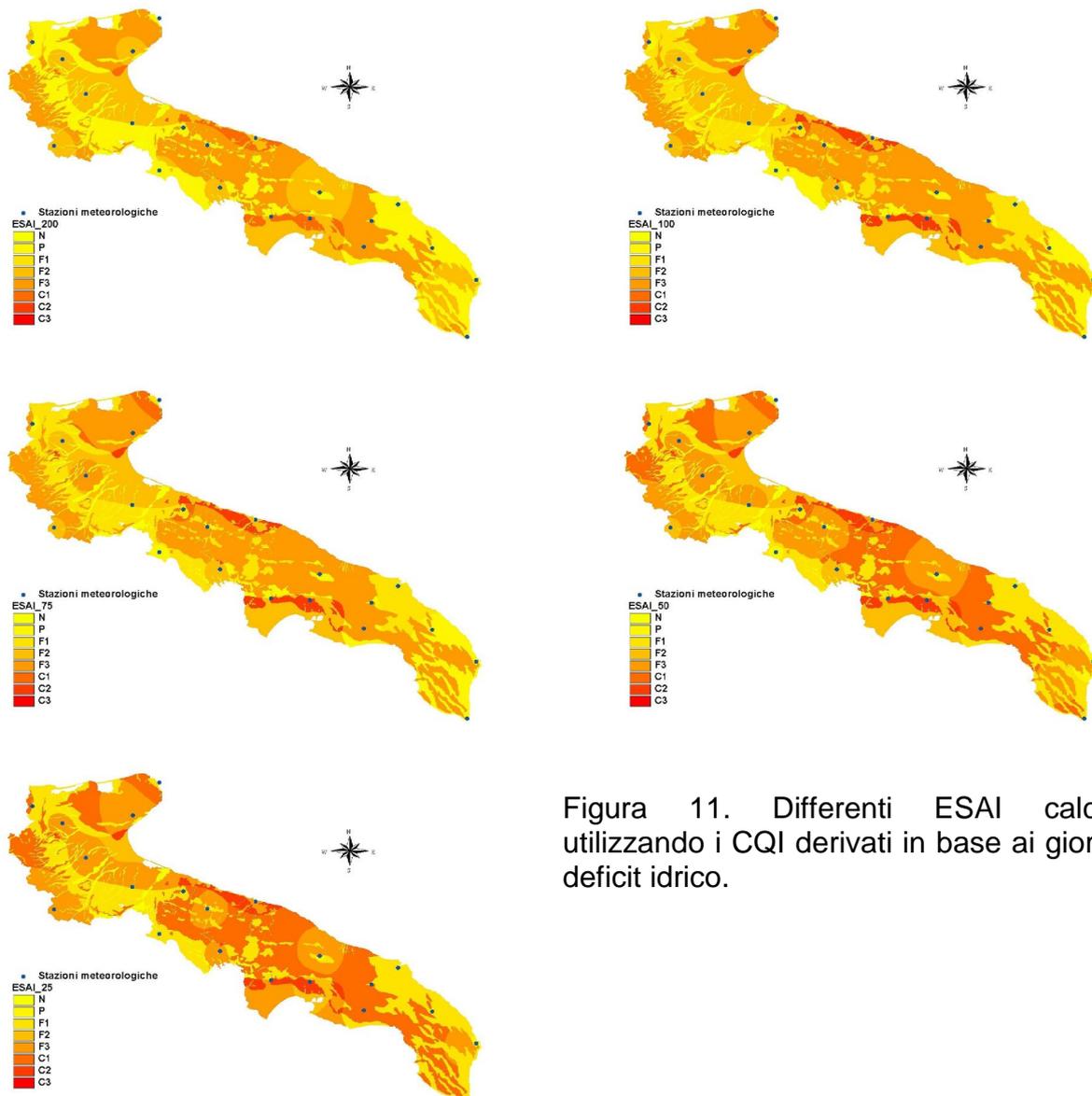
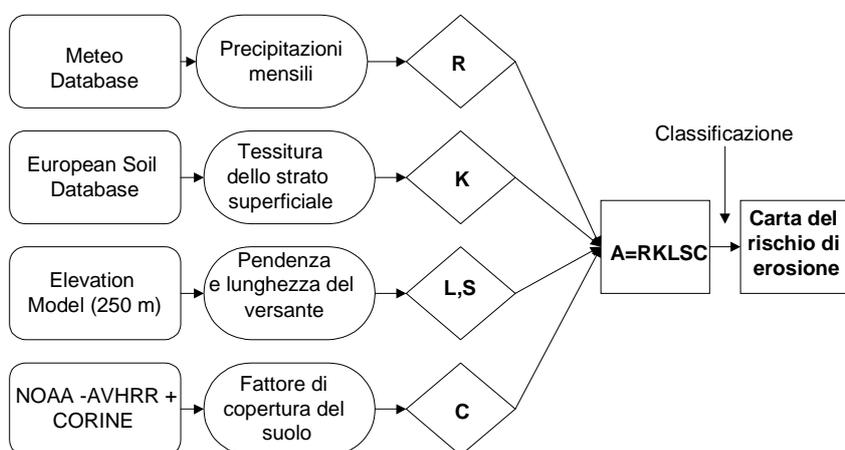


Figura 11. Differenti ESAI calcolati utilizzando i CQI derivati in base ai giorni di deficit idrico.

- 1) È stato eliminato il parametro "pendenza" dall'equazione di definizione del SQI;
- 2) È stato aggiunto un indice di qualità strettamente riferibile al parametro erosione.

Proprio in funzione della definizione di desertificazione, che parla molto chiaramente di fenomeni di "degrado", si può affermare che i processi erosivi acquisiscono una particolare rilevanza. Il progetto Medalus non ha un vero e proprio indice direttamente riferibile all'erosione. Tuttavia alcuni dei parametri che influenzano l'erosione sono riscontrabili a livello del SQI, per quanto riguarda le pendenze, come precedentemente accennato, e del VQI per quanto concerne la protezione all'erosione.

Utilizzando la Carta del rischio d'erosione per l'Italia prodotta dalla Commissione Europea, sono state condotte delle prove per verificare i risultati ottenibili considerando l'erosione come un indice a se stante. La carta del rischio d'erosione è stata definita con l'equazione USLE (Universal Soil Loss Equation) che prende in considerazione i fattori riportati nel seguente diagramma di flusso:



Dall'equazione di definizione del SQI è stato eliminato il fattore relativo alla pendenza: la nuova equazione che si è determinata è la seguente:

$$SQI=(Tessitura*Material\ parentale*Pietrosità*Profondità*Drenaggio)^{1/5}$$

E' stato inserito il rischio d'erosione elevandolo al rango di indice di qualità. La classazione del rischio d'erosione per la definizione dell'indice di qualità è avvenuta sulla base della seguente tabella:

Classe	Descrizione	Rischio d'erosione (t/ha/anno)	Indice
1	Molto basso	0-1	1
2	Basso	1-3	1.1
3	Moderatamente basso	3-5	1.2
4	Moderato	5-10	1.4
5	Moderatamente alto	10-20	1.6
6	Alto	20-40	1.8
7	Molto alto	>40	2

La nuova equazione per il calcolo dell'Indice delle aree ambientali sensibili è divenuta:

$$ESAI=(SQI*CQI*VQI*MQI*EQI)^{1/5}$$

## Comparazione tra le diverse metodologie adottate

I risultati ottenuti per l'identificazione delle Aree ambientali sensibili (ESA) sono stati tra loro molto differenti in relazione alla metodologia adottata. In linea di principio l'impianto metodologico di base è stato derivato dal progetto Medalus ma alcune variazioni sono state effettuate. I risultati grafici di queste elaborazioni vengono riportate nelle figure seguenti.

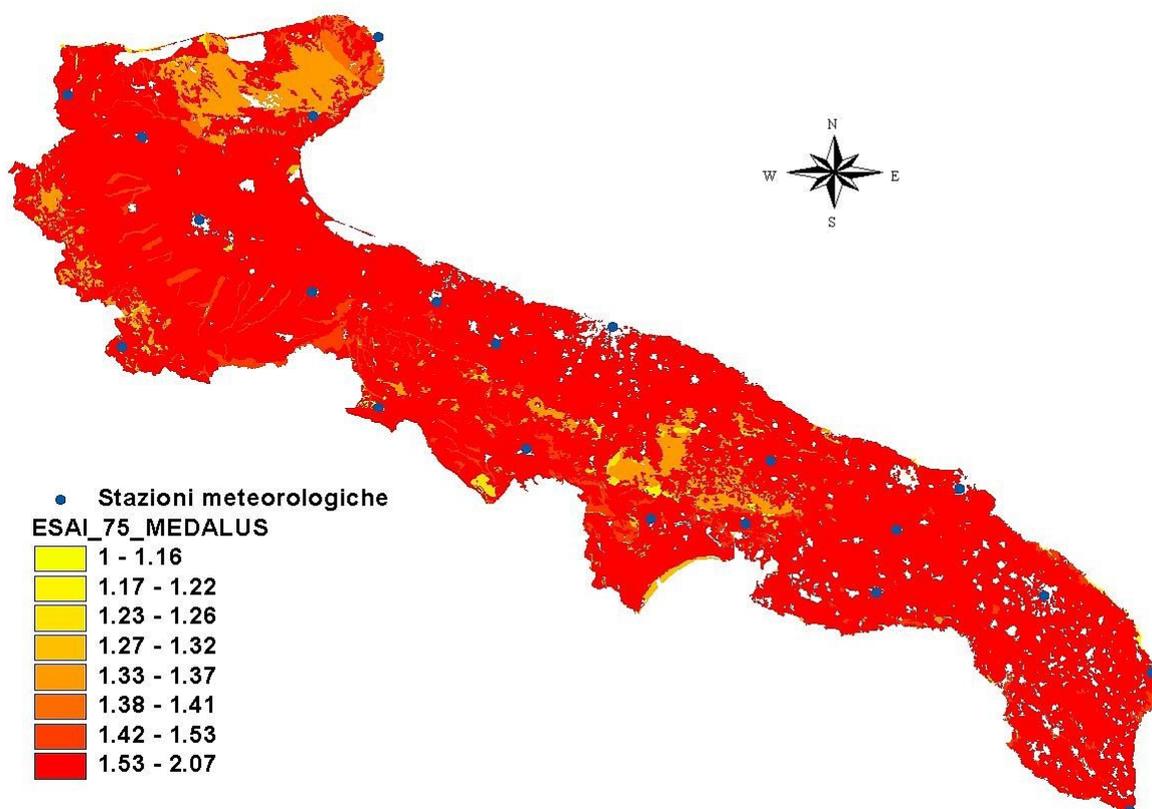


Figura 12. Risultato dell'elaborazione con metodologia Medalus modificata per quanto concerne il CQI (bilancio idrico per singola stazione e spazializzazione del dato di deficit)

Come evidenziato in figura 12 praticamente tutto il territorio regionale appartiene ad aree critiche e fragili (vedi tabella 7). Una situazione di tal tipo, come precedentemente affermato, risulta non rispondente alla realtà (si veda in particolare il promontorio del Gargano).

Ad un'attenta analisi dell'equazione della definizione delle ESAs i parametri che più influenzano un risultato di tal tipo sono il VQI e il MQI. Ciò in relazione ai grandi accorpamenti di uso del suolo e vegetazione che vengono fatti per la definizione del VQI e

della difficoltà di avere dati certi ed attendibili per il MQI. A partire da questi presupposti è stata fatta la scelta di porre questi due parametri pari a 1.

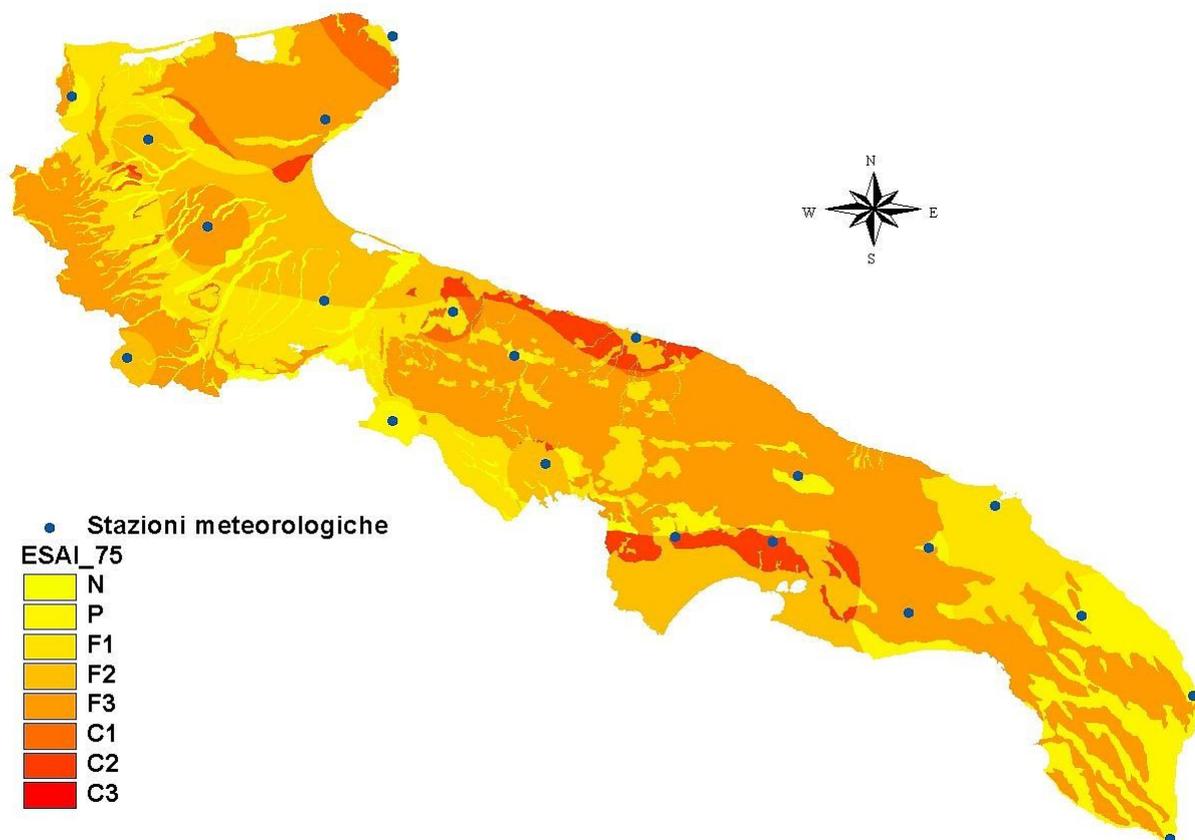


Figura 13. Definizione delle ESAs con VQI e MQI pari a 1.

Da questa nuova elaborazione si constata come la definizione delle ESAs acquista una valenza maggiormente corrispondente alla realtà e le singole delineazioni appaiono più rispondenti alla realtà territoriale.

Le aree "critiche" appartengono alla scarpata dell'arco ionico Tarantino e alle zone appartenenti al ripiano più basso delle Murge baresi. Tuttavia permangono ancora alcuni dubbi sulla grande presenza di aree "fragili" anche in zone dove, soprattutto da un punto di vista climatico, non vi sono i presupposti per un risultati di tal tipo.

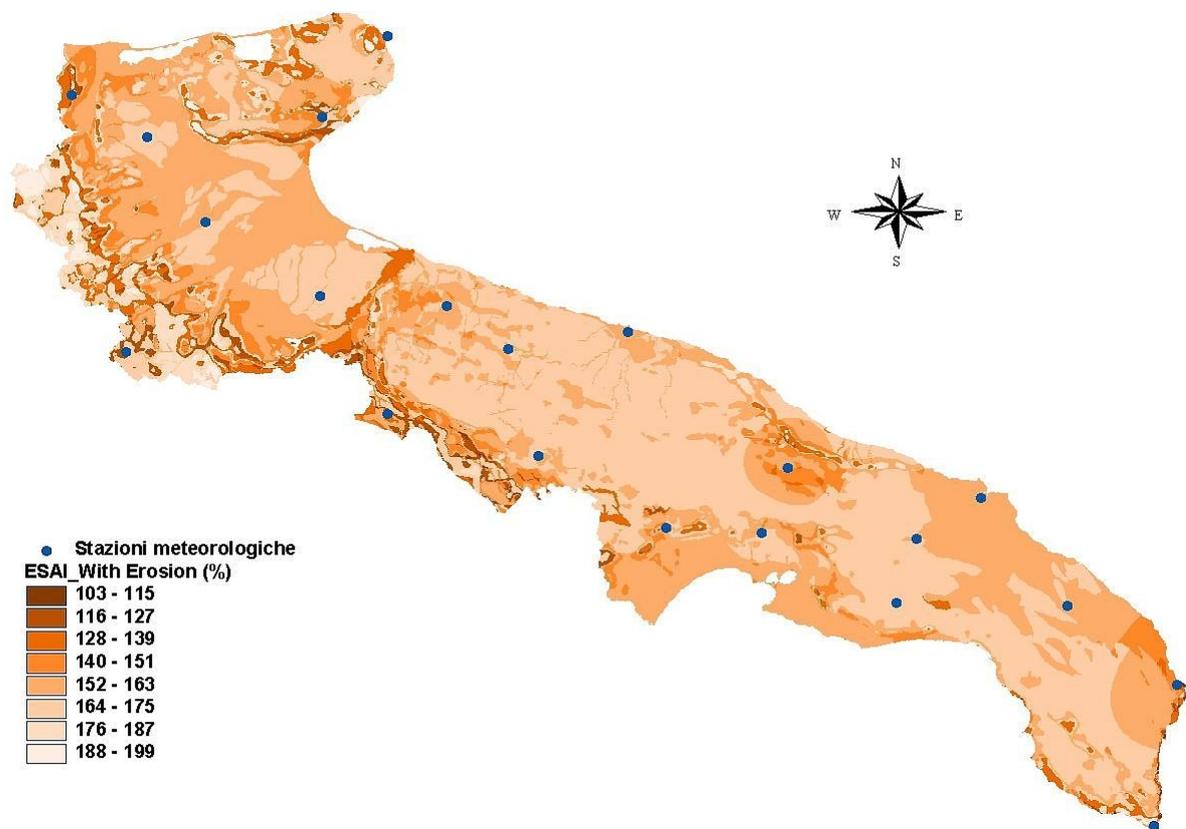


Figura 14. Metodologia Medalus modificata con l'inserimento di un indice di qualità sull'erosione e con VQI e MQI pari a 1.

L'ultima elaborazione eseguita è stata effettuata considerando l'equazione per la definizione delle ESAs modificata come segue:

$$ESAI=(SQI*CQI*VQI*MQI*EQI)^{1/5}$$

Questo tipo di elaborazione pare essere quella più rispondente alla realtà territoriale analizzata. Per ottenere una prima validazione dei risultati ottenuti sono stati effettuati dei controlli tra le ESAs, così delineate, e le immagini da satellite Landsat 5 TM.

Al fine di avere un parametro di riferimento sono state selezionate le immagini riferibili al periodo estivo. Inoltre è stato fatto un RGB con le bande 4-5-3 che permette di valutare il contenuto idrico dei suoli.

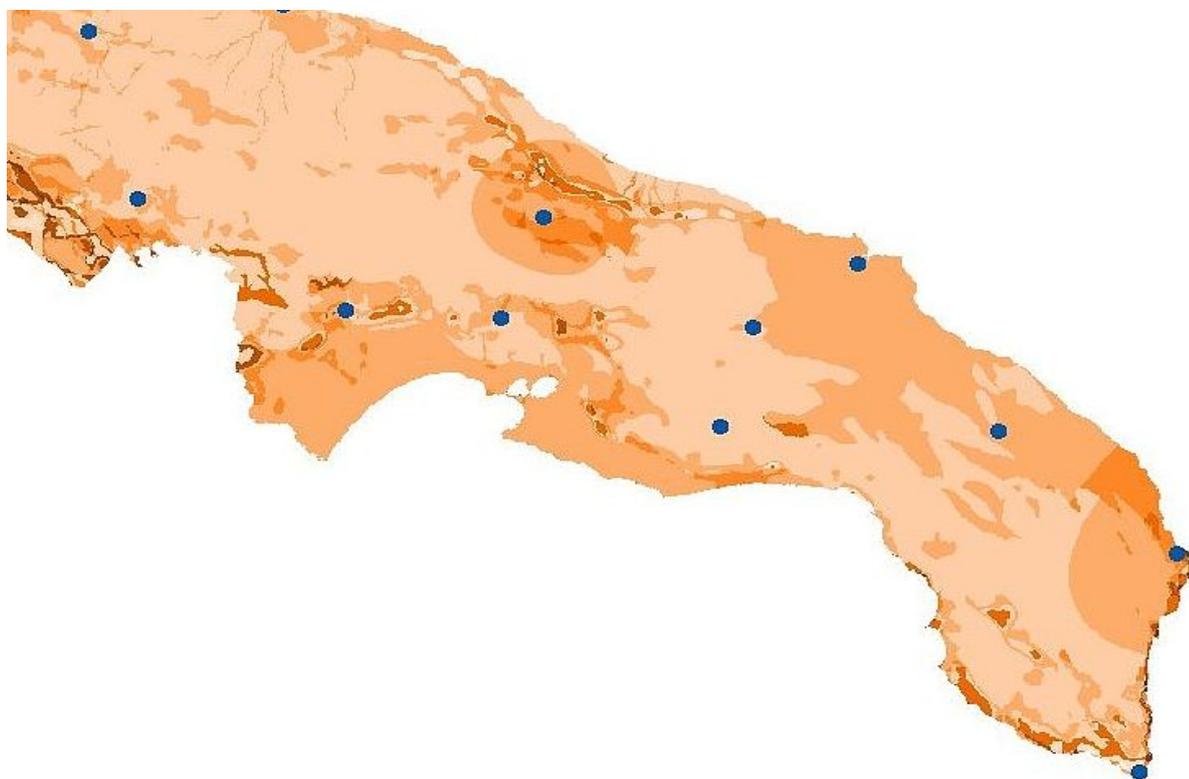


Figura 15 a. Immagini Landsat 5 TM (RGB 4-5-3)

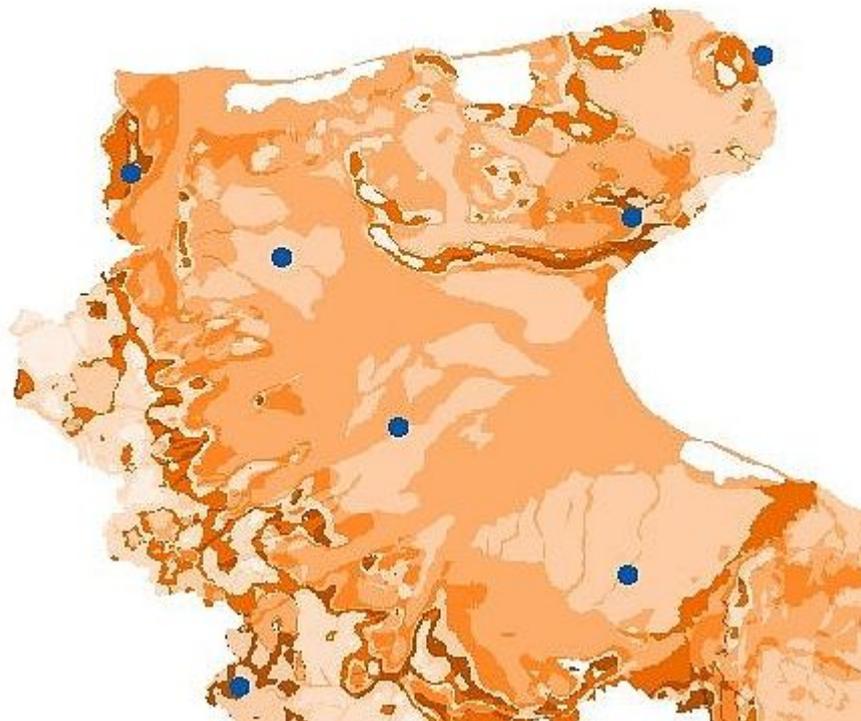


Figura 15 b. Immagini Landsat 5 TM (RGB 4-5-3)

## Bibliografia

- Aru A., Baldaccini P., 1979 - *Comprensorio irriguo destra Ofanto - Studio pedologico*. Consorzio di bonifica della fossa premurgiana - Bari.
- Aru A., Baldaccini P., Fierotti G., 1979. *Studi pedologici per scopi irrigui in tre aree campione della Puglia*. Cassa per le opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia Meridionale (Cassa per il Mezzogiorno), Progetto Speciale n. 14, Roma.
- Aru A., Baldaccini P., Mancini F., 1981 - *I suoli irrigabili del Salento* -
- Aru A., Baldaccini P., Mancini F., 1982. *Studi dei suoli dell'agro brindisino e delle loro attitudini all'irrigazione*. Cassa per il Mezzogiorno.
- Bartelli L.J., 1977. *Natural landscape systems*. Seminario "Carta pedologica", Bologna.
- Bonardi G., D'Argenio B., Perrone V., 1988. *Carta geologica dell'Appennino Meridionale. Scala 1:250.000*. Università di Napoli, CNR, 74° Congresso della Società Geologica Italiana, Sorrento 13-17 settembre 1988.
- C. Bini, O. Ferretti, E. Ghiara, R. Gragnani - *Distribuzione e circolazione degli elementi in traccia dei suoli. Suoli della Regione Puglia*.
- Carnicelli S., Ferrari G.A., Magaldi D., 1989. *Les accumulations carbonatées de type "calcrete" dans les sols et formations superficielles d'Italie méridionale*. Bari.
- Carrante V., Della Gatta L., Perniola M., Lopez G., 1957. *I terreni agrari della provincia di Taranto*. Supplemento agli "Annali della sperimentazione agraria", Stazione Agraria Sperimentale di Bari.
- Christian C.S., Stewart G.A., 1974. *Methodology of integrated surveys*. Conference on principles and methods of integrated aerial studies of natural resources for potential development. Tolouse 21-25 September 1974, Ed. UNESCO.
- Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G., 1988. *Carta geologica delle Murge e del Salento. Scala 1:250.000*. Mem. Soc. Geol. It., 42.
- Costantini E.A.C., Tellini G., 1990. *Studio pedologico di alcune aree sperimentali del nord, centro e sud Italia*. Progetto coordinato del Ministero Agricoltura e Foreste "Ordinamenti culturali". Bari.
- De Dominicis A., 1919. *La crosta pugliese e la sua origine. Indagini di chimica pedologica in terra di Bari. Nota I*. Pubblicazioni della Stazione Agraria Sperimentale in Bari per lo studio dell'Agricoltura, Anno 1, n. 2. Bari.
- De Dominicis A., 1920. *La crosta pugliese e la sua origine. Indagini di chimica pedologica. Nota II*. Pubblicazioni della Stazione Agraria Sperimentale in Bari per lo studio dell'Agricoltura, Volume 1, n. 3. Bari.
- Della Gatta L., Lopez G., 1958 - I terreni agrari di alcune zone pedecollinari della provincia di Foggia.
- Della Gatta L., Lopez G., 1968. *Caratteri agronomici del comprensorio irriguo di sinistra Ofanto*. Stazione Agraria Sperimentale, Bari.
- Della Gatta L., Lopez G., Perniola M., 1968. *Caratteri agronomici del comprensorio irriguo del Fortore*. Istituto Sperimentale Agronomico, Bari.
- European Commission, Soil Erosion Risk Assessment in Italy, 1999, EUR 19022 EN.
- European Commission, The Medalus Project Mediterranean desertification and land use. Manual of key indicators and mapping environmentally sensitive areas to desertification. EUR 18882
- Fao-Unesco, FAO's activities in combatting desertification, S1770/E.
- FAO-Unesco, Fao consevation Guide, Role of forestry in combating desertification, 1993

- FAO-Unesco, 1988. *Soil map of the world: Revised Legend*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Ferrari G.A., Magaldi D. - *Land suitability evaluation for Mediterranean Regions*.
- Geotecneco S.p.a., 1974. *Regione Puglia - Indagine sull'ambiente fisico*.
- Giordano A., 1982 *Rilevamento e cartografia dei suoli*. In: Enciclopedia delle Scienze De Agostini, vol VII, pp 126-135, Istituto Geografico De Agostini, Novara.
- Lippi Boncampi C., 1958 - *Rilevamento geo-pedologico del Gargano*.
- Lopez G., 1968 - *Breve relazione riguardante i dati analitici di terreno dei comprensori irrigui di Lauro e Caldoli*. Stazione Agraria Sperimentale, Bari.
- Lopez G., 1968 - *Caratteri agronomici del comprensorio irriguo del Fortore*. Istituto Sperimentale Agronomico, Bari.
- Lopez G., 1968 - *Caratteri agronomici del comprensorio irriguo di sinistra Ofanto*. Stazione Agraria Sperimentale, Bari.
- Lopez G., 1971 - *Analisi chimiche e fisiche sui suoli dei comprensori irrigui "La Martella" e "Capo d'Acqua-S.Francesco"*. Stazione Agraria Sperimentale, Bari.
- Lopez G., 1971 - *Studio agro-pedologico dei suoli irrigabili con le acque dell'invaso di Monte Cotugno sul fiume Sinni*. Stazione Agraria Sperimentale, Bari.
- Lopez G., 1971. *Studio dei terreni agrari della provincia di Brindisi*. Istituto Sperimentale Agronomico, Bari.
- Lopez G., 1979 - *Studio dei terreni agrari della provincia di Lecce*. Ente per lo sviluppo dell'irrigazione e della trasformazione fondiaria in Puglia e Lucania, Bari.
- Lopez G., 1991 - *Indagine pedologica dei suoli dello schema Basento-Bradano, Distretti M-B (agri di Minervino Spinazzola)*. Istituto Sperimentale Agronomico, Bari.
- Lopez G., inedito. *Descrizione profili dell'area Minervino-Altamura*
- Lopez G. - *Limitazioni d'uso dei suoli pugliesi e loro gravità (secondo profili desunti dalla cartografia)*.
- Lopez G. - *Schema di legenda per i suoli della Regione Puglia (scala 1:50.000)*.
- Lopez G. - *Classificazione zonale dei terreni del Gargano (FG), desunta dallo studio Lippi-Boncampi - Profili tipo*.
- Magaldi D., 1983. *Calcareous crust (caliche) genesis in some Mollisols and Alfisols from southern Italy: a micromorphological approach*. Berkhamsted.
- Mancini F., Aru A., 1976 - Arco ionico tarantino. Lotto 2°, sublotto B, Studio pedologico.
- Mancini F., 1986. *Utilizzazione delle risorse idriche nel litorale adriatico barese per la valorizzazione del comprensorio - Studio pedologico*. Consorzio di Bonifica Apulo Lucano.
- Minieri V., 1955. *Il significato paleoclimatico e l'età della "crosta calcarea" nell'area del foglio 175 (Cerignola)*. Napoli.
- Pantanelli E., 1939. *Le terre del tavoliere di Puglia*. In: Ministero Agricoltura e Foreste, Fondazione per la sperimentazione agraria. Annali della sperimentazione agraria, Vol. XXXVI. Roma.
- Pantanelli E., Bocassini U., Brandonisio V., 1937. *Studio chimico-agrario dei terreni della provincia di Bari*. Stazione agraria sperimentale di Bari. In: Ministero Agricoltura e Foreste, Fondazione per la sperimentazione agraria. Annali della sperimentazione agraria, Vol. XXII. Roma.

Palumbo L., Poli G., Spedicato M., 1987. *Quadri territoriali, equilibri sociali e mercato nella Puglia del Settecento*. A cura di G. Poli. Regione Puglia, Assessorato alla Cultura e P.I. - Università di Bari, Istituto di Scienze Storico-politiche. Congedo Editore, Galatina (Lecce).

Poli G., 1990. *Territorio e contadini nella Puglia moderna. Paesaggio agrario e strategie produttive tra XVI e XVIII secolo*. Congedo Editore, Galatina (Lecce).

Principi P., 1952. *I terreni agrari delle Puglie*. Italia Agricola, 1952, 3. Roma.

Sanesi G., 1986. *Progetto AGRON-Puglia - Vol 2, Rapporto pedologico e profili*. CIHEAM, Valenzano.

Soil Survey Staff, 1980. *Tassonomia del suolo*. Ediz. italiana a cura di C. Giovagnotti. Edagricole, Bologna.

Soil Survey Staff, 1994. *Keys to Soil Taxonomy*. U.S.D.A. Soil Conservation Service, Sixth Edition,

Testini C., 1986, *Progetto AGRON-Puglia - Vol 1, Rapporto chimico-agrario*. CIHEAM, Valenzano.

United Nations Conference on Environment and Development -UNCED :

Vlora A. K., 1972. *Gli squilibri territoriali nel costituendo comprensorio del Nord Barese*. Estratto dagli Annali della Facoltà di Magistero dell'Università degli Studi di Bari, vol. XI.