

**SPAZIALIZZAZIONE DI DATI CLIMATICI PER LA
COSTRUZIONE DI INDICI DI ARIDITÀ ALLA SCALA NAZIONALE**

Dr.ssa Nicoletta Gazzea

Tutor: Dr.ssa Stefanina Viti

Con la collaborazione dell'Ing. Maria Ioannilli

PREFAZIONE

Il presente lavoro è il risultato del *tirocinio* svolto dall'Ingegnere Nicoletta Gazzea presso il Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici nel periodo compreso tra Gennaio 2006 e Marzo 2006.

Il tirocinio ha riguardato l'elaborazione di una procedura innovativa per la determinazione della mappa dell'indice di aridità a scala Nazionale.

Il lavoro svolto ha previsto una prima fase di analisi delle principali metodologie di elaborazione degli indici climatici e delle diverse tecniche di spazializzazione dei dati esistenti e l'acquisizione e verifica dei dati stessi.

Nella seconda fase è stata elaborata la procedura, vera e propria, per la determinazione della mappa dell'indice di aridità.

Si ritiene che l'Ingegnere Nicoletta Gazzea abbia svolto questo *tirocinio* con notevole assiduità ed impegno.

Il tutor

Dott.ssa Stefania Viti

ABSTRACT

Il presente lavoro di tirocinio-tesi è stato svolto nell'ambito di una collaborazione tra la facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e il Settore Desertificazione del Servizio AMB-BIL (Servizio Tutela delle risorse naturali e Bilancio Ambientale) del Dipartimento di Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi tecnici). L'obiettivo principale di tale studio è stato l'elaborazione di una procedura innovativa per la determinazione della mappa dell'indice di aridità a scala nazionale. Tale lavoro rientra tra le attività del progetto SIDES (Sistema Informativo per il monitoraggio, la valutazione e la mitigazione dei fenomeni di DESertificazione nelle aree italiane particolarmente affette), finalizzato all'allestimento ed all'implementazione di un Sistema Informativo per la raccolta di dati ed informazioni relativi ai processi di desertificazione.

Il lavoro svolto ha previsto le seguenti fasi:

- la FASE I, a carattere prettamente bibliografico, è consistita nell'analisi delle metodologie più diffuse di calcolo dell'indice di aridità, nello studio dei principali elementi teorici della geostatistica e delle diverse tecniche di spazializzazione dei dati climatici ed infine nell'acquisizione e la verifica dei dati stessi.
- la FASE II è consistita invece nell'elaborazione della procedura, vera e propria, per la determinazione della mappa dell'indice di aridità. La scelta operata è stata quella di non spazializzare direttamente il risultato puntuale, ma le misure delle variabili necessarie alla sua determinazione per tener conto, nella spazializzazione stessa, dei fattori che influenzano direttamente le variabili principali.

In dettaglio si è utilizzata l'equazione suggerita dall'UNEP (United Nations Environment Programme) e scelto il periodo di riferimento 1961-1990, trentennio standard suggerito dalla WMO (World Meteorological Organization). Sono state effettuate, dapprima, le scelte preliminari sui dati climatici (precipitazione cumulata e temperature medie) e sulla distribuzione delle stazioni di misura, successivamente sono state effettuate delle verifiche su di essi con lo scopo di determinare i valori corretti delle medie climatologiche delle precipitazioni cumulate e delle temperature annue da utilizzarsi nel calcolo dell'indice di aridità. Si è scelta e poi applicata la tecnica di spazializzazione di dati del *Kriging Universale*, ritenuta più idonea e che permette anche di utilizzare le informazioni relative alle variabili secondarie (quote, distanza dal mare ed esposizione dei versanti). Si è svolta un'analisi di correlazione qualitativa tra le variabili primarie e quelle secondarie

individuando solamente una forte correlazione tra le temperature e le quote. Si è quindi implementata la spazializzazione dei dati ottenendo 12 mappe mensili delle medie climatologiche delle temperature medie e della precipitazione cumulata. Attraverso tali mappe è stato possibile calcolare l'evapotraspirazione potenziale mensile ed annua rispettivamente mediante la formulazione di Thornthwaite e di Langbein per determinare l'indice di aridità. Infine si è mappato l'indice stesso. Sono stati inoltre calcolati e mappati altri due indici di aridità, quello globale di umidità di Thornthwaite e quello di De Martonne al fine di poter operare un confronto. Infine sono state elaborate le conclusioni relative ai risultati ottenuti attraverso l'utilizzo delle diverse metodologie di calcolo e in merito alle aree italiane risultate maggiormente affette.

Per lo svolgimento di tale lavoro è stato necessario, oltre che reperire i dati di input forniti dalla banca dati SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale), utilizzare alcuni strumenti informatici:

- Arcinfo e Microsoft Access per effettuare le analisi statistiche e i controlli dei dati;
- Statistica 6.0 per svolgere le analisi di correlazione tra le variabili principali e quelle secondarie;
- Programma inedito in Fortran realizzato dal Prof. GIUSEPPE RASPA del Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali, delle Materie Prime e Metallurgia dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" per la spazializzazione dei dati;
- Surfer 7 ed ArcGis 9.0 per elaborare e mappare i dati ottenuti dalla spazializzazione;
- ArcGis 9.0 per elaborare e mappare le variabili necessarie alla determinazione dell'indice di aridità e l'indice stesso ottenuto utilizzando le diverse metodologie di calcolo.

Le principali criticità riscontrate hanno riguardato:

- la gestione ed elaborazione della grande mole di dati che non ha permesso l'utilizzo della maggior parte dei software esistenti;
- la scarsa densità di stazioni di misura in alcune Regioni di Italia con particolare riguardo alla Sardegna che è stata esclusa dallo studio.

Il confronto tra le mappe ottenute ha dimostrato che, pur applicando diverse metodologie di calcolo dell'indice di aridità, le regioni risultate affette sono sempre le stesse (Sicilia, Puglia, Calabria, Basilicata, Molise, Toscana, Emilia-Romagna) e la differenza che emerge riguarda invece il diverso grado di intensità con il quale le aree risultano affette. La

Regione Italiana più arida è risultata, ad esclusione della Sardegna, la Sicilia dove si sono riscontrati i valori di aridità maggiori seguita dalla Puglia. Per le altre Regioni elencate si è individuata una semiaridità localizzata in alcune loro aree.

ABSTRACT

The present work has been carried out within a collaboration between the faculty of Engineering for the Environment and the Territory of the University of the Studies of Rome “Tor Vergata” and the Desertification Field of Service AMB-BIL (Natural resources Protection and environmental Budget Service) of the Department of State of the Environment and environmental Metrology of the APAT (Agency for Environmental Protection and Technical Services). The main objective of such study has been the elaboration of an innovative procedure for the determination of the map of the dryness index at national scale. Such job is part of the activities of SIDES project (Informative System for the monitoring, the estimation and the mitigation of the phenomena of DESertification in the Italian affected areas), finalized to the preparation and the implementation of Informative System for the collection of data and relative information about the desertification processes.

The work has been carried out as follows:

- PHASE I, the bibliographical research, consists in the analysis of the more widespread methodologies to calculate the dryness index, the study of the main geostatistic concepts and the various techniques of climatic data spatialization, and at last the acquisition and verification of the same data.
- PHASE II consists in the elaboration of the true and own procedure, to determine the map of the dryness index. The operated choice hasn't been the interpolation of the punctual result directly, but the variable measures necessary to its determination in order to hold account the factors that influence the main variable.

In detail the equation suggested from the UNEP (United Nations Environment Programme) and the period of reference 1961-1990 thirties years standard suggested from the WMO (World Meteorological Organization) have been used. At first they have been carried out the preliminary choices on the climatic data (accumulated precipitation and medium temperatures) and on the distribution of the measure stations, subsequently they have been carried out of the verifications on they to determine the correct values of the climatologic averages of the accumulated precipitations and the annual temperatures to use themselves in the calculation of the dryness index. The data spatialization method choose is the Universal Kriging and then it's applied, so it allows also to use the secondary variable information (quotas, distance from the sea and aspect). Then a qualitative correlation analysis between primary and secondary variables has been carried out. The only one that having characterized a strongly correlation is the temperature against the quota. Therefore

the data spatialization has been implemented obtaining 12 monthly maps of the climatologic averages of the medium temperatures and the accumulated precipitation. Through such maps it has been possible to calculate the annual and monthly evapotranspiration respective by formulation of Thornthwaite and Langbein in order to determine the dryness index. At last the same index has been mapped. They have been moreover calculated and mapped others two dryness indices, the humidity total of Thornthwaite and the De Martonne index to operate a comparison. At last they have been elaborated the conclusions about the results obtained using the various methodologies of calculation and with respect to the turned out Italian affected areas. For the development of such work it has been necessary, beyond that of the collection of the input data from the data bank SCIA (National System for the collection, the elaboration and the spread of the Climatologic data of environmental Interest), and to use some instruments informed:

- Arcinfo and Microsoft Access in order to carry out the statistics analyses and the data controls;
- Statistics 6,0 in order to carry out the correlation analyses between the main variable and the secondary;
- Unknown Program in Fortran realized from the Prof. GIUSEPPE RASPA of the Department of Chemical Engineering, the Materials, the Raw materials and Metallurgy of the University of the Studies of Rome “La Sapienza” for the data spazialization;
- Surfer 7 and ArcGis 9,0 in order to elaborate and to map the data obtained from the spazialization;
- ArcGis 9,0 in order to elaborate and to map the necessary variable to determine the dryness index.

The main difficulty has regarded: the management and the elaboration of the great size of data that has not allowed to use the most known software; the insufficient density of measure stations in some Italian Regions with particular regard to the Sardinia that it has been excluded from the study. The comparison between the maps obtained has demonstrated that, also applying various methodologies of calculation of the dryness index, the turned out regions afflicted are always the same (Sicilia, Puglia, Calabria, Basilicata, Molise, Toscana, Emilia-Romagna) while the difference regards the various afflicted intensity degree. The more dryness Italian Region is, to exclusion of the Sardinia, the Sicilia where they are determined the greater values of drynesses. The second dryness Region is the Puglia. The other Regions, present in the previous listed, has been characterized of some localized semidryness areas.

INTRODUZIONE	1
METODOLOGIA	2
PARTE I	
CAPITOLO 1	4
DESERTIFICAZIONE	4
1.1 UNCCD: United Nations Convention to Combat Desertification	4
1.1.1 Obiettivi della Convenzione	5
1.1.2 I Paesi firmatari	5
1.1.3 Organi di Governo	7
1.2 RUOLO E INIZIATIVA ITALIANA PER LA LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE	8
1.2.1 I Piani di Azione Nazionale (PAN)	8
1.2.2 Individuazione delle aree sensibili alla desertificazione	10
1.3 SIDES	12
1.3.1 Raccolta e analisi delle informazioni a livello nazionale e regionale	13
1.3.1.1 Concetti base della Metodologia MEDALUS ^[29]	14
1.3.1.1.1 Indicatore qualità del suolo SQI (Soil Quality Index)	15
1.3.1.1.2 Indicatore qualità del clima CQI (Climate Quality Index)	16
1.3.1.1.3 Indicatore qualità della vegetazione VQI (Vegetation Quality Index)	18
1.3.1.1.4 Indicatore qualità di gestione MQI (Management Quality Index)	20
1.3.2 Definizione della struttura del sistema	23
1.3.3 Implementazione del sistema	26
1.3.3.1 Aspetti climatici	26
1.3.3.2 Aspetti vegetazionali	28
1.3.3.3 Aspetti pedologici	29
1.3.3.4 Aspetti gestionali	29
CAPITOLO 2	31
INDICE DI ARIDITA'	31
2.1 DEFINIZIONE DI INDICE DI ARIDITA'	31
2.2 PRINCIPALI METODI PER DETERMINARE L'INDICE DI ARIDITA'	32
2.2.1 Pluviofattore di Lang	32

2.2.2 Indice di aridità di De Martonne	33
2.2.3 Indice di aridità di De Martonne-Gottmann	34
2.2.4 Quoziente pluviometrico di Emberger (Q)	35
2.2.5 Indice globale di umidità (I_m) di Thornthwaite	35
2.2.6 Indice di aridità (UNEP)	37
2.2.7 Indice di aridità di Bagnouls-Gausson	38
2.3 EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE	39
2.3.1 Formula di Thornthwaite	40
2.3.2 Formula di Langbein	41
2.3.3 Metodo Penman	42
2.3.4 Metodo FAO-Penman corretto	43
2.3.5 Metodo FAO-Penman	43
2.3.6 Metodo Penman-Monteith	44
2.3.7 Metodo Hargreaves-Samani ^[42]	45
CAPITOLO 3	46
DATI CLIMATICI	46
3.1 ORGANIZZAZIONE METEOROLOGICA MONDIALE: World Meteorological Organization (WMO) ^[10]	46
3.2 SISTEMA NAZIONALE PER LA RACCOLTA, L'ELABORAZIONE E LA DIFFUSIONE DEI DATI CLIMATOLOGICI DI INTERESSE AMBIENTALE (SCIA) ^[13]	46
3.3 PRINCIPALI RETI DI OSSERVAZIONE DEI DATI CLIMATICI PRESENTI IN ITALIA ^[3]	48
3.4 PROPRIETA' E CARATTERISTICHE DELLE SERIE STORICHE DEI DATI ELEMENTARI CLIMATOLOGICI	50
3.4.1 Tipo e distribuzione spaziale delle stazioni di misura	50
3.4.1.1 Teorie e criteri per la scelta delle stazioni di misura dei dati climatologici	51
3.4.1.2 Scelta delle stazioni di misura dei dati climatologici in relazione ai concetti base della geostatistica	53
3.4.2 Lunghezza e completezza delle serie temporali	56
3.4.3 Qualità e omogeneità dei dati	56
3.4.3.1 Qualità dei dati	56
3.4.3.2 Omogeneità dei dati ^[51, 52]	57
3.5 PROPRIETA' E CONTROLLI DI ATTENDIBILITA' DEGLI INDICATORI CLIMATOLOGICI	61

CAPITOLO 4	64
TECNICHE DI TRATTAMENTO DEI DATI PER LA COSTRUZIONE DELL'I_A	64
4.1 INTRODUZIONE	64
4.2 INTRODUZIONE ALLA GEOSTATISTICA	64
4.2.1 Concetti fondamentali: teoria delle variabili aleatorie	65
4.2.2 Ipotesi di ergodicità e stazionarietà del processo stocastico	66
4.2.2.1 Modelli stazionari, non stazionari, quasi stazionari e intrinseci	67
4.2.3 Momenti della Funzione Aleatoria	68
4.2.3.1 Momento del primo ordine: il valore atteso	68
4.2.3.2 Momento del secondo ordine: varianza, covarianza, correlogramma e variogramma	69
4.2.3.2.1 Varianza	69
4.2.3.2.2 Covarianza	69
4.2.3.2.3 Funzione di correlazione o correlogramma	70
4.2.3.2.4 Variogramma teorico	71
4.2.4 Modellazione del variogramma nel caso di stazionarietà, quasi stazionarietà e stazionarietà intrinseca	72
4.2.4.1 Determinazione dei variogrammi sperimentali	72
4.2.4.2 Identificazione del modello della funzione aleatoria	74
4.2.4.3 Parametri principali del variogramma	75
4.2.4.4 Comportamento nell'origine del variogramma	76
4.2.4.5 Modelli del variogramma	77
4.2.4.6 Anisotropia spaziale del variogramma	85
4.2.5 Modelli non Stazionari	87
4.2.5.1 Approccio dicotomia: modello con deriva	87
4.2.5.2 Modello intrinseco di ordine k	88
4.2.6 Analisi multivariata	90
4.3 TECNICHE DI INTERPOLAZIONE SPAZIALE	91
4.3.1 Definizione di interpolazione	91
4.3.2 Classi di metodi di interpolazione^[8]	92
4.3.3 Metodi semplici per interpolare i dati relativi ad una determinata variabile	93
4.3.3.1 Poligono di Thiessen	93
4.3.3.2 Triangular Irregular Networks (TINs) ^[8]	94
4.3.3.3 Spatial moving average	94
4.3.3.3.1 Inverse Square Distance	94
4.3.3.3.2 Regularized smoothing Spline with Tension ^[8]	95

4.3.3.4 Trend Surfaces ^[8]	95
4.3.3.5 Regressione lineare	95
4.3.3.5.1 <i>Gradient plus Inverse Distance Square (GIDS)</i> ^[43]	96
4.3.3.5.2 <i>Moving Window Regression (MWR)</i> ^[34]	97
4.3.4.1 Metodi Stazionari per interpolare dati	97
4.3.4.1.1 <i>Kriging Ordinario</i>	98
4.3.4.1.2 <i>Kriging Semplice o Kriging a media nota</i> ^[45, 53]	100
4.3.4.1.3 <i>Cokriging Ordinario</i> ^[21, 45, 53]	101
4.3.4.2 Metodi non Stazionari per interpolare dati	103
4.3.4.2.1 <i>Kriging Universale</i> ^[5, 43, 45, 53]	103
4.3.4.2.2 <i>Kriging in FAI-k</i> ^[45]	105
4.3.4.2.3 <i>Kriging con deriva esterna</i> ^[45]	106
PARTE II	
CAPITOLO 5	108
LA METODOLOGIA ADOTTATA	108
5.1 OBIETTIVO DEL PROGETTO	108
5.2 AREA DI STUDIO	108
5.2.1 Morfologia ed orografia	108
5.3 MODELLO CONCETTUALE	109
CAPITOLO 6	114
ELABORAZIONI DEI DATI CLIMATICI PER LA REALIZZAZIONE DEL SET DI MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE	114
6.1 PROCEDURA DI ELABORAZIONE DEI DATI	114
6.2 PROPRIETA' E CARATTERISTICHE DEI DATI DI INPUT	115
6.3 ELABORAZIONE DEI DATI DI INPUT	117
6.4 ANALISI DEI RISULTATI	163
CAPITOLO 7	171
TECNICA DI INTERPOLAZIONE GEOSTATISTICA ADOTTATA	171
7.1 PROCEDURA PER L'APPLICAZIONE DELLA TECNICA DI SPAZIALIZZAZIONE	171
7.2 ANALISI DI CORRELAZIONE QUALITATIVA	172
7.2.1 Variabili secondarie	172

7.2.2 Procedura dell'analisi di correlazione tra le variabili primarie e secondarie _____	177
7.3 SELEZIONE DELLA TECNICA DI SPAZIALIZZAZIONE GEOSTATISTICA DA APPLICARE _____	184
7.4 IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE PER LA SPAZIALIZZAZIONE DEI DATI DELLE PRECIPITAZIONI CUMULATE E DELLE TEMPERATURE _____	186
7.4.1 Stima delle precipitazioni cumulate _____	186
7.4.2 Stima delle temperature _____	199
CAPITOLO 8 _____	211
ELABORAZIONI FINALI PER LA DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI ARIDITA' _____	211
8.1 PROCEDURA APPLICATA PER DETERMINARE L'INDICE DI ARIDITA' (UNEP) _____	211
8.2 ELABORAZIONI PER DETERMINARE L'EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE ANNUA _____	212
8.2.1 Determinazione ed elaborazione dell'evapotraspirazione potenziale con la formulazione di Thornthwaite _____	213
8.2.2 Determinazione dell'evapotraspirazione potenziale con la formulazione di Langbein _____	219
8.3 INDICE DI ARIDITA' (UNEP, 1997) _____	221
8.4 ALTRE PROCEDURE PER LA STIMA DELL'INDICE DI ARIDITÀ _____	227
8.4.1 Indice Globale di Umidità di Thornthwaite _____	228
8.4.2 Indice di Aridità di De Martonne _____	230
8.5 CONFRONTO TRA I DIVERSI INDICI DI ARIDITA' DETERMINATI _____	233
CONCLUSIONI _____	235
ALLEGATO I _____	237
Programma per il calcolo delle statistiche di base sui dati di precipitazione (temperature), segmentati per anno, mese, zona, quota. _____	237
ALLEGATO II _____	241
Programma per la determinazione degli indici di aridità e dell'evapotraspirazione _____	241
BIBLIOGRAFIA _____	245

INTRODUZIONE

La lotta contro il processo di desertificazione ha assunto negli ultimi anni sempre una maggiore importanza a scala globale, anche se il fenomeno è legato a fattori principalmente locali, ed ad esso è stata associata anche la lotta contro la siccità che colpisce sempre più Paesi.

Il presente lavoro di tirocinio-tesi è stato svolto nell'ambito di una collaborazione tra la facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e il Settore Desertificazione del Servizio AMB-BIL (Servizio Tutela delle risorse naturali e Bilancio Ambientale) del Dipartimento di Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi tecnici). L'obiettivo principale di tale studio è stato l'elaborazione di una procedura innovativa per la determinazione della mappa dell'indice di aridità a scala nazionale. Tale lavoro rientra tra le attività del progetto SIDES (Sistema Informativo per il monitoraggio, la valutazione e la mitigazione dei fenomeni di DESertificazione nelle aree italiane particolarmente affette), finalizzato all'allestimento ed all'implementazione di un Sistema Informativo per la raccolta di dati ed informazioni relativi ai processi di desertificazione.

METODOLOGIA

La metodologia seguita per raggiungere l'obiettivo stabilito è consistita in due fasi principali:

- la FASE I, a carattere prettamente bibliografico, è consistita nell'analisi delle metodologie più diffuse di calcolo dell'indice di aridità, nello studio dei principali elementi teorici della geostatistica e delle diverse tecniche di spazializzazione dei dati climatici ed infine nell'acquisizione e la verifica dei dati stessi.
- la FASE II è consistita invece nell'elaborazione della procedura, vera e propria, per la determinazione della mappa dell'indice di aridità. La scelta operata è stata quella di non spazializzare direttamente il risultato puntuale, ma le misure delle variabili necessarie alla sua determinazione per tener conto, nella spazializzazione stessa, dei fattori che influenzano direttamente le variabili principali.

In dettaglio si è utilizzata l'equazione suggerita dall'UNEP (United Nations Environment Programme) e scelto il periodo di riferimento 1961-1990, trentennio standard suggerito dalla WMO (World Meteorological Organization). Sono state effettuate, dapprima, le scelte preliminari sui dati climatici (precipitazione cumulata e temperature medie) e sulla distribuzione delle stazioni di misura, successivamente sono state effettuate delle verifiche su di essi con lo scopo di determinare i valori corretti delle medie climatologiche delle precipitazioni cumulate e delle temperature annue da utilizzarsi nel calcolo dell'indice di aridità. Si è scelta e poi applicata la tecnica di spazializzazione di dati del *Kriging Universale*, ritenuta più idonea e che permette anche di utilizzare le informazioni relative alle variabili secondarie (quote, distanza dal mare ed esposizione dei versanti). Si è svolta un'analisi di correlazione qualitativa tra le variabili primarie e quelle secondarie individuando solamente una forte correlazione tra le temperature e le quote. Si è quindi implementata la spazializzazione dei dati ottenendo 12 mappe mensili delle medie climatologiche delle temperature medie e della precipitazione cumulata. Attraverso tali mappe è stato possibile calcolare l'evapotraspirazione potenziale mensile ed annua rispettivamente mediante la formulazione di Thornthwaite e di Langbein per determinare l'indice di aridità. Infine si è mappato l'indice stesso. Sono stati inoltre calcolati e mappati altri due indici di aridità, quello globale di umidità di Thornthwaite e quello di De Martonne al fine di poter operare un confronto. Infine sono state elaborate le conclusioni relative ai risultati ottenuti attraverso l'utilizzo delle diverse metodologie di calcolo e in merito alle aree italiane risultate maggiormente affette.

Per lo svolgimento di tale lavoro è stato necessario, oltre che reperire i dati di input forniti dalla banca dati SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale), utilizzare alcuni strumenti informatici:

- Arcinfo e Microsoft Access per effettuare le analisi statistiche e i controlli dei dati;
- Statistica 6.0 per svolgere le analisi di correlazione tra le variabili principali e quelle secondarie;
- Programma inedito in Fortran realizzato dal Prof. GIUSEPPE RASPA del Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali, delle Materie Prime e Metallurgia dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" per la spazializzazione dei dati;
- Surfer 7 ed ArcGis 9.0 per elaborare e mappare i dati ottenuti dalla spazializzazione;
- ArcGis 9.0 per elaborare e mappare le variabili necessarie alla determinazione dell'indice di aridità e l'indice stesso ottenuto utilizzando le diverse metodologie di calcolo.

Le principali criticità riscontrate hanno riguardato:

- la gestione ed elaborazione della grande mole di dati che non ha permesso l'utilizzo della maggior parte dei software esistenti;
- la scarsa densità di stazioni di misura in alcune Regioni di Italia con particolare riguardo alla Sardegna che è stata esclusa dallo studio.

Il confronto tra le mappe ottenute ha dimostrato che, pur applicando diverse metodologie di calcolo dell'indice di aridità, le regioni risultate affette sono sempre le stesse (Sicilia, Puglia, Calabria, Basilicata, Molise, Toscana, Emilia-Romagna) e la differenza che emerge riguarda invece il diverso grado di intensità con il quale le aree risultano affette. La Regione Italiana più arida è risultata, ad esclusione della Sardegna, la Sicilia dove si sono riscontrati i valori di aridità maggiori seguita dalla Puglia. Per le altre Regioni elencate si è individuata una semiaridità localizzata in alcune loro aree.

Non è stato possibile stabilire quale formulazione per il calcolo dell'indice di aridità fornisse il risultato migliore, ma lo scopo principale del lavoro era di individuare le Regioni affette da aridità in modo da poter svolgere studi più approfonditi a tal livello.

PARTE I

CAPITOLO 1

DESERTIFICAZIONE

Il concetto di desertificazione si è progressivamente evoluto nel corso degli ultimi anni nel tentativo di definire un processo che, se pur determinato da cause locali, sta sempre più assumendo la connotazione di un problema globale. La UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification) art.1.a ha scelto di adottare come definizione di desertificazione *“il degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali variazioni climatiche ed attività umane”* che circoscrivere il suo ambito di intervento territoriale in funzione delle caratteristiche climatiche e introduce esplicitamente tra le cause del fenomeno oltre che le variazioni climatiche anche le attività antropiche.

Tali aree risultano estremamente vulnerabili anche all'erosione e agli squilibri nella gestione del territorio e delle risorse idriche. Sono caratterizzate dalla presenza di ecosistemi fragili dal punto di vista ecologico molto sensibili ad incontrollati sfruttamenti delle risorse idriche e hanno bisogno di interventi specifici per la conservazione dei suoli.

La complessità ed il numero di processi che concorrono ad innescare il fenomeno della desertificazione rende molto difficile la valutazione e la mitigazione del fenomeno stesso.

Un elemento che associa le aree soggette a desertificazione è costituito dalla progressiva riduzione dello strato superficiale del suolo e della sua capacità produttiva come riportato dall'UNCCD nell'art. 1.f: *“diminuzione o la scomparsa della produttività e complessità biologica o economica delle terre coltivate, sia irrigate che non, delle praterie, dei pascoli, delle foreste o delle superfici boschive causate dai sistemi di utilizzo della terra, o da uno o più processi, compresi quelli derivanti dall'attività dell'uomo e dalle sue modalità di insediamento, tra i quali l'erosione idrica, eolica, etc; il deterioramento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche o economiche dei suoli; e la perdita protratta nel tempo di vegetazione naturale”*.

1.1 UNCCD: United Nations Convention to Combat Desertification

A livello mondiale il documento istituzionale di riferimento è rappresentato dalla Convenzione delle Nazioni Unite (NU) per combattere la desertificazione (UNCCD).

Durante la prima conferenza delle NU tenutasi a Nairobi nel 1977 si è condiviso per la prima volta a livello internazionale il problema di desertificazione, per poi giungere, durante il Vertice della Terra tenutosi nel 1992 a Rio de Janeiro, a costituire un comitato intergovernativo per l'elaborazione di una Convenzione finalizzata a combattere la desertificazione “in quei paesi che sperimentano gravi situazioni di desertificazione e/o siccità, con particolare riguardo e urgenza all'Africa”. Il 17 Giugno del 1994 la Convenzione è stata adottata a Parigi ed è entrata in vigore nel Dicembre del 1996 e solo il 6 giugno del 1997 è stata ratificata in Italia con la Legge n. 170/97.

Ad oggi più di 190 Paesi hanno aderito ad essa con diverso grado di formalizzazione. E' opportuno sottolineare che l'esistenza di una Convenzione non fornisce garanzie sul fatto che i Paesi partecipanti rispettino gli impegni assunti, ma allo stesso tempo assicurano una collaborazione e uno scambio di esperienze in materia di desertificazione.

1.1.1 Obiettivi della Convenzione

Obiettivo (art.2) di tale Convenzione è quello come già detto di combattere la desertificazione e mitigare gli effetti della siccità nei paesi colpiti da grave siccità e/o desertificazione, con particolare urgenza in Africa, attraverso azioni concrete a tutti livelli, incluse attività di cooperazione internazionale e accordi di partenariato, per il raggiungimento di uno sviluppo sostenibile nelle aree affette.

Per raggiungere tale obiettivo la UNCCD prevede la predisposizione di Piani di Azione Nazionale (PAN), Sub-Regionale (SRAP) e Regionale (RAP) con l'obiettivo di ridurre le perdite di produttività dei suoli promuovendo un approccio “bottom-up” nel senso che i piani di azione devono essere originati a livello locale e basati sulla partecipazione locale.

1.1.2 I Paesi firmatari

Tutti i Paesi che aderiscono alla convenzione si impegnano a combattere il fenomeno della desertificazione con particolare riguardo agli aspetti socio-economici che influenzano il processo stesso come ad esempio la lotta alla povertà. Le diverse Parti vengono classificate in *Paesi Affetti* e *Paesi Donatori*. Ai primi spettano i compiti di:

- definire e attuare un PAN per un uso corretto delle risorse e un quadro legislativo idoneo;

- nominare un “*Focal Point*” nazionale che in Italia viene designato dal MAE (Ministero degli Affari Esteri) e un Organo di coordinamento nazionale denominato Comitato Nazionale per la Lotta contro la Siccità e Desertificazione (CNLSD).

I Paesi Affetti sono stati raggruppati in macro regioni denominate Annessi costituendo così il quadro regionale di attuazione. La Convenzione prevede che ogni Paese collabori e pianifichi le proprie azioni in sinergia con quelle dei Paesi che appartengono allo stesso Annesso: si riporta qui di seguito in figura (1.1) e (1.2) rispettivamente uno schema e una rappresentazione geografica dei vari gruppi che costituiscono i differenti Annessi.

Per quanto riguarda i compiti che devono essere soddisfatti dai Paesi Donatori risultano fondamentali gli aiuti ai Paesi Affetti sia dal punto di vista finanziario che come supporto tecnico-scientifico e capacity-building.



Figura 1.1: Schema degli Annessi e Paesi appartenenti a ciascuno di loro.^[40]

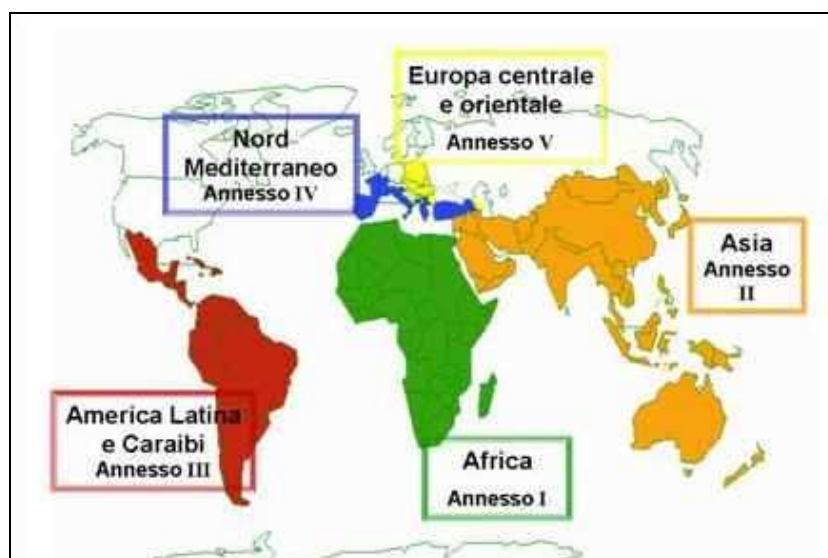


Figura 1.2: Rappresentazione geografica del sistema degli Annessi ^[40].

1.1.3 Organi di Governo

Tra gli Organi di Governo della Convenzione sono da menzionare:

- a) la Conferenza delle Parti (COP);
- b) il Comitato della Scienza e della Tecnica (CST);
- c) il Comitato per l'Esame dell'attuazione della Convenzione (CRIC).

Per quanto riguarda la Conferenza delle Parti è necessario sottolineare che è l'Organo decisionale supremo. Scopo di tale Organo è di esaminare regolarmente sia il processo di attuazione della Convenzione che il funzionamento dei suoi piani istituzionali alla luce delle esperienze acquisite a tutti i livelli di scala ed in base anche allo sviluppo scientifico e tecnologico raggiunto. Inoltre la COP deve favorire lo scambio di informazioni sulle diverse politiche adottate dai partecipanti ed esaminare e mantenere i rapporti nazionali tra i Paesi aderenti alla Convenzione. Le sessioni della COP si svolgono ogni due anni.

L'organo sussidiario scientifico della Convenzione è invece il CST che è costituito da rappresentanti governativi esperti in materia e inoltre viene supportato da un gruppo di 25 esperti indipendenti il *Group Of Experts* (GOE) rappresentanti delle 5 regioni geopolitiche. Il CST si riunisce in concomitanza con la COP e le sue raccomandazioni vengono sottoposte a questa ultima per l'approvazione. La COP deve decidere le tematiche permanenti che il CST dovrà studiare e analizzare, in più viene aggiunta ad ogni COP una nuova problematica da discutere al successivo CST. Aspetto fondamentale di tale Organo è quello di fornire informazioni e raccomandazioni in materie scientifiche e tecnologiche, raccogliere ed analizzare i dati scientifici inerenti al fenomeno. Inoltre deve promuovere la collaborazione tecnologica e l'utilizzo dei servizi informativi esistenti attraverso un network di istituzioni a livello nazionale, non governativo ed internazionale.

Anche il CRIC è un organo sussidiario che ha lo scopo di supportare la COP nell'esame regolare dell'attuazione e nell'implementazione della Convenzione e di favorire lo scambio di informazioni sulle misure adottate dalle Parti nella formulazione dei PAN e RAP. Il CRIC deve redigere le conclusioni e le raccomandazioni per l'attuazione futura della Convenzione attraverso la stesura di quadri legislativi ed istituzionali di riferimento, la gestione e il coordinamento dell'uso delle risorse disponibili, la ricerca di programmi sinergici con le altre convenzioni, il monitoraggio e la valutazione della desertificazione e siccità e per finire l'accesso alle appropriate conoscenze tecnologiche e know-how.

1.2 RUOLO E INIZIATIVA ITALIANA PER LA LOTTA ALLA DESERTIFICAZIONE

Per quanto riguarda il contributo Italiano per la lotta alla desertificazione il primo passo è stato compiuto nel 1997 (DPCM 26/9/1997) con l'istituzione, da parte del Presidente del Consiglio, del Comitato Nazionale per la Lotta alla Desertificazione (CNLD) rivisto in seguito con il DPCM 8/03/2001 e denominato Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità e alla Desertificazione (CNLSD) che ha come funzione principale quella di seguire la predisposizione del PAN e l'attuazione dell'UNCCD. I Membri dell'attuale Comitato sono stati nominati con D.M. 29/7/2003 ed è composto dai rappresentanti dei diversi Ministeri (Ambiente e Tutela del Territorio, Affari Esteri, Economia e Finanza, Beni e Attività Culturali, Infrastrutture e Trasporti, Istruzione Università e Ricerca, Politiche Agricole e Forestali, Attività Produttive), della Conferenza Stato-Regioni e Province Autonome e delle ONG^I nonché dai rappresentanti di APAT^{II}, ENEA^{III}, INEA^{IV}, AISF^V, ECOMED^{VI}, IAO^{VII}, UCEA^{VIII} che costituiscono la Commissione tecnico-scientifica di supporto.

1.2.1 I Piani di Azione Nazionale (PAN)

L'Italia è stato il secondo Paese Europeo Mediterraneo ad adottare il PAN (art.10) per la lotta alla siccità e alla desertificazione approvato il 22 dicembre 1999 con la Delibera CIPE 229/99. Nel luglio 1999 al fine di elaborare tale Piano il CNLSD aveva predisposto le *Linee-Guida del Programma di Azione Nazionale di lotta alla siccità e desertificazione*, con lo scopo di definire le azioni necessarie a combattere la desertificazione ed il degrado del territorio in Italia nel rispetto degli impegni sottoscritti nell'ambito dell'UNCCD.

In base a tale scopi le Linee Guida:

- ✓ riconoscono la validità di alcune delle norme già esistenti per la gestione del territorio e delle risorse idriche per la lotta contro la siccità e la desertificazione;

^I ONG: Organizzazioni Non Governative

^{II} APAT: Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici

^{III} ENEA: Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

^{IV} INEA: Istituto Nazionale di Economia Agraria

^V AISF: Associazione Italiana Forestali

^{VI} ECOMED: Agenzia per lo sviluppo sostenibile del Mediterraneo

^{VII} IAO: Istituto Agronomico per l'Oltremare

^{VIII} UCEA: Ufficio Centrale di Ecologia Agraria

- ✓ individuano la necessità di promuovere il coordinamento tra i vari organi dello Stato per raggiungere l'obiettivo di prevenire e mitigare i rischi di degrado del territorio, specie nelle regioni dell'Italia del Sud e nelle isole.

Il PAN mette in evidenza come il problema della desertificazione sia sentito sul territorio nazionale ed individua i settori di intervento considerati prioritari e le modalità di attuazione a livello locale interconnettendo in ogni singola Regione:

- la L.183/89: “*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*” ^[30];
- le autorità di bacino che hanno il compito di effettuare la programmazione territoriale;
- le competenze regionali in materia del territorio e dell’ambiente;
- la L.152/99, che assegna alle regioni e alle autorità di bacino il compito di individuare le aree vulnerabili alla desertificazione;
- i piani di sviluppo rurale in applicazione della normativa comunitaria.

Il PAN garantisce inoltre:

- le politiche e le misure che verranno attuate da parte dello Stato, delle Regioni e delle Autorità di Bacino per combattere la desertificazione e la siccità in Italia.
- la preparazione di uno specifico programma nazionale di informazione, formazione e ricerca in base anche al programma nazionale di ricerca sui cambiamenti climatici.

Infine deve adoperarsi nell'attività di coordinamento con i Paesi dell'Annesso IV per la predisposizione di un RAP e deve organizzare le strategie per la riconversione del debito dei Paesi poveri colpiti dai fenomeni di siccità e di desertificazione.

Nel PAN sono quattro i settori di intervento prioritari:

1. protezione del suolo;
2. gestione sostenibile delle risorse idriche;
3. riduzione dell'impatto delle attività produttive;
4. riequilibrio del territorio.

La Delibera 229/99 si proponeva di ottenere, tramite le verifiche compiute dalle regioni e dalle autorità di bacino, un quadro preciso delle aree vulnerabili alla desertificazione in Italia. Il CNLSD ha elaborato anche i criteri e le priorità per la scelta delle iniziative per la lotta alla siccità e alla desertificazione.

1.2.2 Individuazione delle aree sensibili alla desertificazione

Il primo tentativo di individuazione delle aree sensibili alla desertificazione, a scala nazionale, è stato realizzato nel 1999 nell'ambito delle attività del CNLSD che al fine di effettuare una valutazione omogenea delle problematiche in esame ha affidato ad un gruppo di lavoro coordinato dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) del Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali (DSTN) della Presidenza del Consiglio dei Ministri l'incarico di redigere una carta a scala nazionale delle aree sensibili alla desertificazione, secondo quanto previsto da D.Lgs 152/99 e rappresentata in figura (1.3).



Figura 1.3: Mappa delle aree sensibili alla desertificazione. ^[36]

Per la elaborazione di tale mappa sono stati utilizzati i quattro indici qui riportati:

1. indice di aridità: rapporto tra la media annuale delle precipitazioni e quella della evapotraspirazione potenziale;
2. indice pedo-climatico del territorio Italiano (suolo e copertura biotica);
3. indice di uso del suolo: ottenuto attraverso la riclassificazione delle classi originali del Corine Land Cover;
4. indice di variazione demografica: percentuale della variazione di popolazione a scala comunale tra il 1981 e il 1991.

L'indice di sensibilità alla desertificazione è stato determinato combinando i quattro indici attraverso elaborazioni GIS (Geographic Information System) e la suddivisione del territorio nazionale in tre classi: aree non sensibili, sensibili ed altamente sensibili.

Nel 2003 è stata effettuata un'ulteriore valutazione delle aree sensibili alla desertificazione nell'ambito del progetto Desertification Information System for the Mediterranean (DISMED), figura 1.4, che interessava l'area del bacino del Mediterraneo. La valutazione della sensibilità ambientale è stata ottenuta seguendo la metodologia MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use)^[29] per quanto riguarda gli aspetti ambientali (pedologici, vegetazionali e climatici) che verrà dettagliata nel paragrafo 1.3.1.1.

Dalle carte relative alle aree sensibili si osserva che le aree maggiormente interessate dal fenomeno della desertificazione sono quelle delle Regioni del sud Italia. A tal riguardo queste Regioni hanno effettuato studi di maggior dettaglio attraverso l'utilizzo di diverse metodologie adattate alle peculiarità locali.



Fonte: Fondazione di Meteorologia Applicata, CNR-IRIMET, Agenzia Europea per l'Ambiente, UNCCD

Figura 1.4: *Carta delle aree sensibili alla desertificazione (Progetto DISMED).*

1.3 SIDES

Il lavoro di tesi, che verrà illustrato nei successivi capitoli, è stato svolto nell'ambito delle attività previste nel progetto SIDES "Sistema Informativo per il monitoraggio, la valutazione e la mitigazione dei fenomeni di DESertificazione nelle aree italiane particolarmente affette".

Tale progetto a gestione APAT e finanziato dalla legge 93/01 (art.2 comma1) ha l'obiettivo generale di migliorare la disponibilità di dati, delle metodologie e degli standard minimi omogenei per il controllo sull'ambiente per le regioni italiane (obiettivo 1) che, secondo quanto emerso dalle mappe di sensibilità alla desertificazione in figura 1.3 e 1.4, risultano maggiormente affette".

Le ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) partecipanti al progetto sono:

- ARPA Basilicata
- ARPA Calabria
- ARPA Puglia
- ARPA Sicilia
- ARPA Molise

I principali obiettivi di tale progetto sono:

1. l'allestimento di un sistema informativo integrato, inteso come contenitore delle diverse tipologie di dati necessari allo studio dei fenomeni di desertificazione a scala nazionale e regionale. Ne deriva pertanto una banca dati degli indicatori/indici di desertificazione, ascrivibili agli ambiti climatico, biotico, pedologico e socio-economico di cui vengono verificate l'idoneità a livello locale e l'efficacia nella restituzione cartografica;
2. l'incremento della disponibilità di dati ed informazioni del SINANET (Sistema Informativo Ambientale) che potrà contribuire a fornire un adeguato supporto alle Regioni ed ai vari enti interessati e lo sviluppo di un sistema capace di creare un network per lo scambio di informazioni tra produttori e utilizzatori dei dati.

Le attività del progetto SIDES possono essere suddivise in tre fasi principali:

1. Raccolta e analisi delle informazioni disponibili a livello nazionale e regionale.
2. Definizione della struttura del sistema
3. Implementazione del sistema

1.3.1 Raccolta e analisi delle informazioni a livello nazionale e regionale

La definizione della struttura del sistema informativo ha richiesto una fase preliminare durante la quale sono state raccolte informazioni sui vari progetti svolti a livello Europeo e Nazionale sia per quanto riguarda le metodologie che per i risultati ottenuti.

Sono stati elaborati set di indicatori in uso relativi ai seguenti progetti:

- FAO/UNEP (1984);
- Core set of indicators (2000–2002, EEA);

- Desertlinks (2000–2004);
- LADA (2002–2004).

Per quanto riguarda le analisi dei dati è stata effettuato un confronto delle metodologie utilizzate e dei dati necessari alla loro implementazione. Le metodologie analizzate sono qui di seguito riportate:

- MEDALUS;
- carta preliminare italiana;
- carta Nazionale Portoghese;
- carta della Regione Sardegna;
- carta delle aree sensibili della Regione Sicilia;
- metodologia ESI (Environmental Sensitive Index).

Dall'analisi delle informazioni sul territorio nazionale e regionale è emerso che la metodologia maggiormente condivisa ed utilizzata nell'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione è il MEDALUS^[29] per questo si è deciso di strutturare il sistema informativo tenendo conto dei quattro tematismi (suolo, vegetazione, clima e gestione del territorio) che caratterizzano i processi di desertificazione.

1.3.1.1 Concetti base della Metodologia MEDALUS ^[29]

La metodologia MEDALUS messa a punto nell'ambito di un progetto di ricerca finanziato dalla Comunità Europea è finalizzata all'individuazione delle aree sensibili ambientali (ESAs: Enviromental Sensitive Areas) attraverso un approccio multifattoriale basato sia sulla conoscenza generale che locale dei processi ambientali in atto.

Gli indicatori/indici ESAs afferiscono a quattro categorie relative a:

1. QUALITA' DEL SUOLO: Tessitura, Roccia madre, Spessore, Pietrosità, Drenaggio, Pendenza;
2. QUALITA' DELLA VEGETAZIONE: Protezione dall'erosione, Resistenza alla siccità, Rischio d'incendio, Copertura vegetale;
3. QUALITA' DEL CLIMA: Precipitazioni, Indice di aridità, Esposizione dei versanti;
4. QUALITA' DELLA GESTIONE: Intensità di uso del suolo e Politiche di protezione del territorio.

1.3.1.1.1 Indicatore qualità del suolo *SQI* (*Soil Quality Index*)

Per determinare l'indicatore di qualità del suolo si utilizzano gli indici relativi alla categoria stessa tramite l'equazione (1.1) riportata qui di seguito:

$$SQI = (tessitura * roccia\ madre * pietrosità * spessore * pendenza * drenaggio)^{1/6} \quad (1.1)$$

Tale indicatore può appartenere a tre differenti classi in base al valore assunto dall'indice come mostrato in tabella (1.1).

QUALITA' SUOLO		
Classi	Descrizione	Indice
1	Qualità Alta	<1.13
2	Qualità Moderata	1.13-1.45
3	Qualità Bassa	>1.46

Tabella 1.1: *Classi dell'indicatore qualità del suolo SQI.*

Dove i singoli indici si determinano tramite le classificazioni specificate nelle tabelle (1.2–1.4):

TESSITURA			
Classi	Descrizione	Tessitura(*)	Indice
1	Buono	L, SCL, SL, LS, CL	1
2	Moderato	SC, SiL, SiCL	1.2
3	Povero	Si, C, SiC	1.6
4	Molto Povero	S	2

PIETROSITA'			
Classi	Descrizione	Pietrosità (%)	Indice
1	Molto pietroso	>60	1
2	Pietroso	20-60	1.3
3	Leggermente pietroso	<20	2

Tabella 1.2: *Classi dell'indice relativo alla tessitura e alla pietrosità.*

PENDENZA				SPESSORE			
Classi	Descrizione	Pendenza(%)	Indice	Classi	Descrizione	Spessore (cm)	Indice
1	Leggera tendente pianeggiante	<6	1	1	Profondo	>75	1
2	Leggera	6-18	1.2	2	Moderato	75-30	2
3	Ripido	18-35	1.5	3	Non profondo	15-30	3
4	Molto ripido	>35	2	4	Molto non profondo	<15	4

Tabella 1.3: Classi dell'indice relativo alla pendenza e allo spessore.

ROCCIA MADRE				DRENAGGIO		
Classi	Descrizione	Roccia Madre	Indice	Classi	Descrizione	Indice
1	Buono	Argillite, conglomerati, scisti basiche e ultrabasiche, non consolidati	1.0	1	Drenaggio buono	1
2	Moderato	Calcare, marmo, granite, riolite, ignimbrite, gneiss, siltiti, sabbie	1.7	2	Drenaggio imperfetto	1.2
3	Povero	Piroclastiti, Marl	2.0	3	Drenaggio scarso	2

Tabella 1.4: Classi dell'indice relativo alla roccia madre e al drenaggio.

Dove il significato delle sigle presenti nella tabella (1.2) relativa alla tessitura è specificato nella tabella (1.5):

Tessitura del suolo		
Simbolo	inglese	italiano
s	Sand	Sabbioso
LS	Loamy Sand	Sabbioso tendente medio
SL	Sandy Loam	Medio sabbioso
sCL	Sandy Clay Loam	Medio argilloso tendente sabbioso
L	Loam	Di grana media
siL	Silt Loam	Medio limoso
CL	Clay Loam	Medio argilloso
siCL	Silty Clay Loam	Medio argilloso tendente limoso
siC	Silty Clay	Argilloso limoso
si	Silt	Limoso
SC	Sandy Clay	Argilloso sabbioso
C	Clay	Argilloso

Tabella 1.5: Nomenclatura della tessitura del suolo.

1.3.1.1.2 Indicatore qualità del clima CQI (Climate Quality Index)

Per determinare tale indicatore si utilizza l'equazione (1.2) funzione dei tre indici: precipitazione, aridità ed esposizione.

$$CQI = (precipitazioni * aridità * esposizione)^{1/3} \quad (1.2)$$

Si riportano i range relativi all'indicatore della qualità del clima nella tabella (1.6), le classi e i pesi relativi all'indice della precipitazione e quello di aridità nelle tabelle (1.7) e (1.8).

QUALITA' CLIMATICA		
Classi	Descrizione	Range
1	Qualità Alta	<1.15
2	Qualità Moderata	1.15-1.81
3	Qualità Bassa	>1.81

Tabella 1.6: *Classi dell'indicatore relativo alla qualità del clima.*

PRECIPITAZIONI		
Classi	Precipitazioni (mm)	Indice
1	>650	1
2	280-650	2
3	<280	4

Tabella 1.7: *Classi dell'indice relativo alla precipitazioni.*

ARIDITA'		
Classi	Range BGI	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

Tabella 1.8: *Classi dell'indice relativo all'aridità.*

Si sottolinea che per la metodologia MEDALUS l'indice di aridità è calcolato con la formulazione di Bagnouls-Gaussen definita dall'equazione (1.3):

$$BGI = \sum_{i=1}^n (2t_i - P_i) \cdot k \quad (1.3)$$

Dove

t_i indica la media delle temperature dell'aria per l'i-esimo mese [°C];

P_i è la precipitazione totale del i-esimo mese [mm];

k_i rappresenta la frequenza alla quale è soddisfatta la condizione: $2t_i - P_i > 0$ per il mese i-esimo [%].

Per quanto riguarda l'esposizione si considerano due classi:

1. Nord-Ovest e Nord-Est
2. Sud-Ovest e Sud-Est

Alla prima classe si assegna l'indice 1 mentre alla seconda 2.

1.3.1.1.3 Indicatore qualità della vegetazione VQI (Vegetation Quality Index)

Tale indicatore si determina applicando l'equazione (1.4):

$$VQI = \left(\frac{\text{rischio di incendio} * \text{copertura vegetale}}{* \text{protezione all'erosione} * \text{resistenza alla siccità}} \right)^{1/4} \quad (1.4)$$

e può essere classificato nelle tre classi evidenziate nella tabella (1.9).

QUALITA' VEGETAZIONE		
VQI	Descrizione	Range
1	Qualità Alta	<1.13
2	Qualità Moderata	1.13-1.38
3	Qualità Bassa	>1.38

Tabella 1.9: Range del VQI: indicatore di qualità della vegetazione.

Nelle tabelle (1.10-1.13) si riportano le suddivisioni in classi dei quattro indici necessari alla determinazione dell'indicatore della qualità della vegetazione.

RISCHIO DI INCENDIO			
Classi	Descrizione	Tipo di vegetazione	Indice
1	Basso	terreno brullo, raccolti agricoli perenni e annuali (mais, tabacco, girasoli)	1
2	Moderato	Raccolti annuali (cereali, erba), quercia decidua, macchia Mediterranea mista a foreste di sempreverdi	1.3
3	Alto	Macchia Mediterranea	1.6
4	Molto Alto	Foreste di pini	2

Tabella 1.10: *Classi relative all'indice del rischio di incendio.*

PROTEZIONE DALL'EROSIONE			
Classi	Descrizione	Tipo di vegetazione	Indice
1	Molto Alto	Macchia mediterranea mista alle foreste di sempreverdi	1
2	Alto	Macchia mediterranea, foreste di pini, coltivazioni permanenti di erbe, raccolti perenni di sempreverdi	1.3
3	Moderato Basso	Foreste decidue raccolti agricoli perenni decidui (mandorli, frutteti)	1.6 1.8
4	Molto Basso	Raccolti agricoli annuali (cereali), terreni coltivati annualmente ad erbe, vigne	2

Tabella 1.11: *Classi relative all'indice di protezione dall'erosione.*

RESISTENZA ALLA SICCITA'			
Classi	Descrizione	Tipo di vegetazione	Indice
1	Molto Alto	Macchia mediterranea mista a foreste di sempreverdi, macchia mediterranea	1
2	Alto	Conifera, decidui, olivi	1.2
3	Moderato	Alberi ad agricoltura perenne (vigne, mandorli, frutteti)	1.4
4	Basso	Terreni coltivati perennemente ad erbe	1.7
5	Molto Basso	Raccolti agricoli annuali e coltivazione annuale di erbe	2

Tabella 1.12: *Classi relative all'indice di resistenza alla siccità.*

COPERTURA VEGETALE			
Classi	Descrizione	Copertura vegetale(%)	Indice
1	Alto	>40	1
2	Basso	10-40	1.8
3	Molto Basso	<10	2

Tabella 1.13: *Classi relative all'indice della copertura vegetale.*

1.3.1.1.4 Indicatore qualità di gestione MQI (Management Quality Index)

Questo indicatore si determina effettuando la media tra l'indice relativo all'intensità di uso del suolo e le politiche di protezione del territorio.

$$MQI = (\text{intensità di uso del suolo} * \text{politiche di protezione})^{\frac{1}{2}} \quad (1.5)$$

I range del MQI sono riassunti nella tabella (1.14).

QUALITA' DI GESTIONE		
Classi	Descrizione	Range
1	Alto	1-1.25
2	Moderato	1.26-1.50
3	Basso	>1.51

Tabella 1.14: *Range del MQI: indicatore di qualità della gestione.*

Per quanto riguarda la determinazione dell'indice relativo all'intensità di uso del suolo si devono tenere in conto diversi possibili usi:

1. agricolo e raccolto
2. pascolo
3. aree naturali
4. aree minerarie
5. aree ricreative

Per la determinazione dell'indice delle politiche di protezione del territorio la suddivisione in classi è indicata nella tabella (1.15).

POLITICA			
Classi	Descrizione	Grado di attuazione	Indice
1	Alto	Completo: >75% dell'area sotto protezione	1
2	Moderato	Parziale: 25-75% dell'area sotto protezione	1.5
3	Basso	Incompleto: <25% dell'area sotto protezione	2

Tabella 1.15: *Classi relative all'indice delle politiche di protezione del territorio.*

1.3.1.1.5 Indice ESA

Dalla combinazione dei quattro indici di qualità viene determinato un indice ESA_S (ESAI) attraverso l'equazione seguente:

$$ESAI = (SQI * CQI * VQI * MQI)^{1/4} \quad (1.6)$$

Il range di validità di ESAI per ognuna delle tipologie di ESA_S è suddiviso in tre sottoclassi come mostrato nella tabella (1.16).

Nel contesto della desertificazione esistono tre tipi generali di ESA_S:

- Tipo A: sono le ESA_S critiche ossia quelle aree già altamente degradate che potrebbero costituire una minaccia per gli ambienti circostanti (es. le aree molto erose soggette ad un alto deflusso e perdita di sedimenti).
- Tipo B: sono le ESA_S fragili ossia quelle aree nelle quali qualsiasi cambiamento delle attività naturali o umane porterà alla desertificazione (es. la presenza dell'effetto serra comporta cambiamenti climatici che provocherà una riduzione del potenziale biologico causata dalla siccità provocando la perdita della copertura vegetale in molte aree che saranno soggette ad un maggiore processo di erosione).
- Tipo C: sono le aree ESA_S potenziali sulle quali è necessario attuare una pianificazione delle aree poiché le aree minacciate dalla desertificazione sono soggette ai cambiamenti climatici.

Tipo	Sottotipo	Range ESAI
Critico	C3	>1.53
«	C2	1.42-1.53
«	C1	1.38-1.41
Fragile	F3	1.33-1.37
«	F2	1.27-1.32
«	F1	1.23-1.26
Potenziale	P	1.17-1.22
Non affetto	N	<1.17

Tabella 1.16: Tipo di ESA_s e corrispondenti range degli indici.

In figura (1.5) si riporta lo schema che illustra i parametri utilizzati per la definizione e la mappatura degli ESA_s.

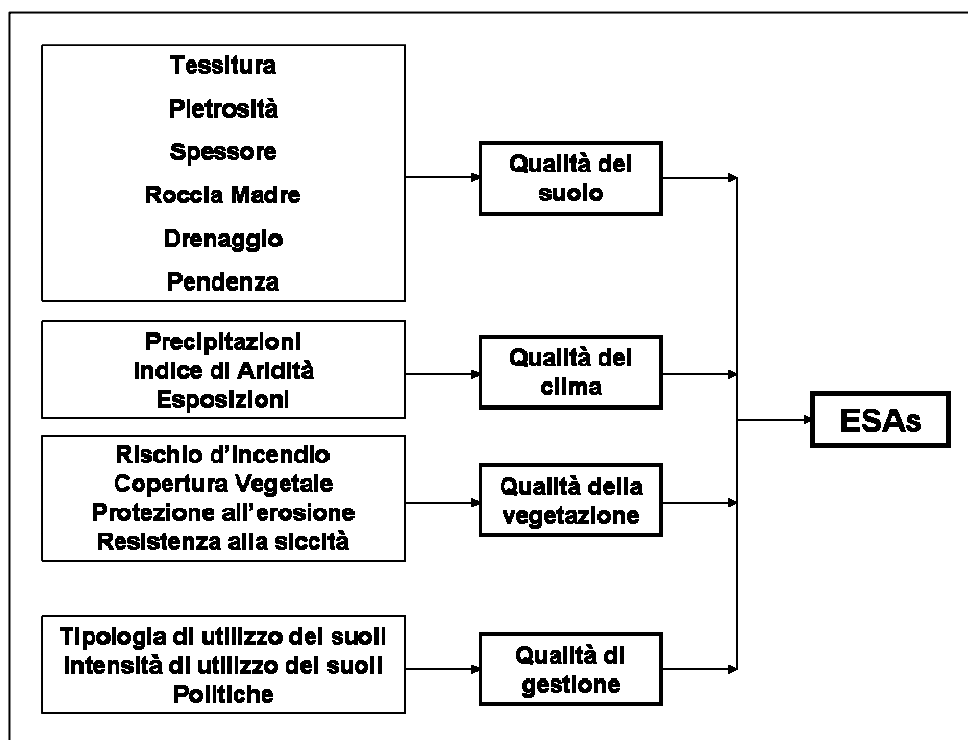


Figura 1.5: Parametri utilizzati per la definizione e la mappatura degli ESA_s.

1.3.2 Definizione della struttura del sistema

Il sistema informativo SIDES è stato concepito in modo da raccogliere e gestire diverse tipologie di dati e informazioni, conformi a quanto previsto dalla metodologia MEDALUS, lo standard scelto è quello del Modulo Nazionale SINAnet^{IX} che si basa sulle seguenti scelte:

1. Formato per i dati geografici ed ambientali

I dati ambientali e cartografici dovranno essere rappresentati secondo il sistema cartografico di riferimento **datum WGS-84 su proiezione UTM**, fusi 32 e 33 approvato dalla Conferenza Stato–Regioni il 12 ottobre 2000. Ciascuna regione italiana si trova ad essere coperta in maniera preponderante o totale da uno dei due fusi. Le Regioni partecipanti al progetto SIDES rientrano tutte completamente all'interno del **fuso 33**.

	REGIONE	FUSO
1	Abruzzo	33
2	Basilicata	33
3	Calabria	33
4	Campania	33
5	Emilia Romagna	32
6	Friuli Venezia Giulia	33
7	Lazio	33
8	Liguria	32
9	Lombardia	32
10	Marche	33
11	Molise	33
12	Piemonte	32
13	Puglia	33
14	Sardegna	32
15	Sicilia	33
16	Toscana	32
17	Trentino Alto Adige	32
18	Umbria	33
19	Valle D'Aosta	32
20	Veneto	32

Tabella 1.17: Regioni italiane e fusi di appartenenza.

^{IX} SINAnet: Sistema Informativo Nazionale Ambientale finalizzato alla raccolta, all'elaborazione e diffusione dei dati e informazioni derivanti dal monitoraggio ambientale, dalle iniziative di controllo delle fonti di inquinamento, dalla integrazione con i sistemi informativi ambientali delle Regioni e Province autonome, infine dalla cooperazione con altri sistemi informativi regionali, nazionali e europei di interesse ambientale.

I dati relativi ad una regione dovranno essere forniti solo se proiettati sul fuso di pertinenza.

Per quel che riguarda i formati vettoriali si è utilizzato lo **shapefile ESRI** che è particolarmente indicato nel trasferimento e condivisione di dati tra soggetti SINAnet diversi.



Figura 1.6: Interfaccia per la consultazione dei dati geografici del progetto SIDES.

In fig.1.6 viene rappresentata l'interfaccia per la consultazione dei dati geografici del Progetto SIDES.

Gli strumenti a disposizione dell'utente vengono distinti in: *strumenti principali* (zoom avanti, zoom indietro, pan, vista completa, zoom box, interrogazione dati vettoriali, visualizza della legenda), *strumenti avanzati* (zoom dinamico, gestione trasparenza, coordinate x e y, ricerca di un punto, metadati) e *strumenti di misura* (disegna e cancella polilinea). Il tool *Controlli* contiene alcune funzioni quali: *visualizza* (Cartografia raster e vettoriale), *scala* (impostazione della scala), *coordinate* (impostazione del Sistema di Riferimento). Gli strumenti per la ricerca consentono di effettuare *ricerche per comune o per toponimo*.

Infine il sistema consente di visualizzare: *la schermata singola, più schermate affiancate* (con o senza il geolink o per aree adiacenti) ed infine schermate

sovrapposte (con la possibilità di impostare vettoriale e raster superiori ed inferiori e le percentuali di sovrapposizione).

2. Formato per i Metadati

I metadati relativi ad un set di dati sono informazioni che ne descrivono contenuti e caratteristiche e ne facilitano la catalogazione, la consultazione e l'interpretazione.

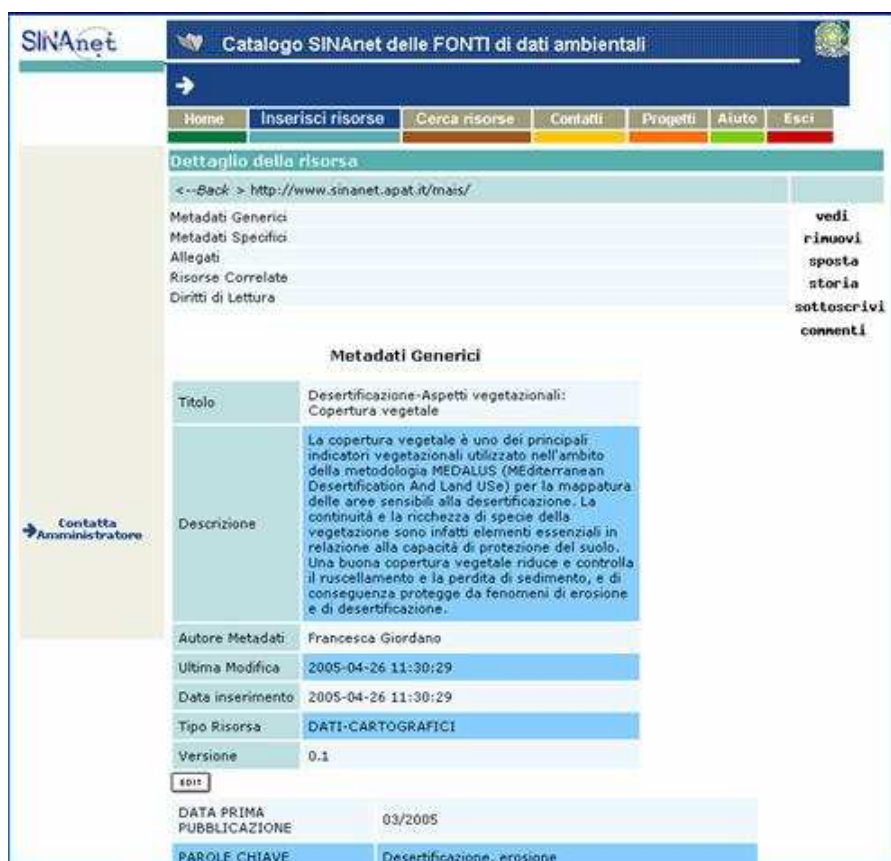


Figura 1.7: Interfaccia del Catalogo SINAnet delle fonti dei dati ambientali.

In fig.1.7 è riportata l'interfaccia relativa al Catalogo SINAnet delle fonti dei dati ambientali con le quali vengono gestite ed archiviate le informazioni all'interno del Progetto SIDES. L'applicativo permette di accedere direttamente alle risorse, ovvero files caricati sul sistema oppure riferimenti a risorse esterne quali http, https, ftp, per visualizzarle o scaricarle, effettuare ricerche sul database contenente informazioni (metadati) sulle Fonti di interesse SINAnet (risorse, contatti, progetti) ed infine popolare il catalogo delle fonti ed effettuare il caricamento delle stesse direttamente via web.

Il contenuto dei metadati viene suddiviso in:

- *metadati generici* (titolo, descrizione, autore, tipologia della risorsa, data di pubblicazione ed area tematica di appartenenza dello strato informativo);
- *metadati specifici* (fonte, copertura spaziale e temporale, formato, sistema di coordinate, datum, tipo di proiezione, fuso, scala di rappresentazione o accuratezza planimetrica del dato, metodologia di creazione dei dati, progetti correlati).

3. *Strumenti per la divulgazione dei dati*

La divulgazione dei dati viene effettuata attraverso lo strumento WEB: Cart@net che rappresenta una soluzione per la gestione e la consultazione di grandi database di dati raster, ideale per divulgare cataloghi on-line di banche dati cartografiche. Cart@net permette di consultare e interrogare via internet un database cartografico vettoriale, effettuando ricerche basate su criteri grafici e alfanumerici e di visualizzare la cartografia raster relativa all'area di interesse. Il sistema è sviluppato per integrarsi con server vettoriali tipo ArcIMS di ESRI che permette la diffusione di cartografia vettoriale che consentono di creare, pubblicare e distribuire mappe vettoriali.

1.3.3 Implementazione del sistema

Il sistema informativo SIDES, come già accennato, si basa su un approccio metodologico multifattoriale, il MEDALUS, e pertanto è stato implementato secondo i quattro tematismi principali atti ad individuare le aree sensibili alla desertificazione:

1. clima
2. suolo
3. vegetazione
4. pressione antropica

Per tali tematismi sono state elaborate e restituite le rappresentazioni cartografiche relative ai differenti indicatori che afferiscono ad essi.

1.3.3.1 Aspetti climatici

Tale aspetto è stato considerato attraverso la definizione sistematica dell'indice di aridità applicata a scala nazionale per ottenere così un indicatore a struttura matematica semplice e di immediato riscontro fisico. E' stato dunque scelto l'indice proposto dall'UNEP (1997),

adottato poi dalla Convenzione e definito dal rapporto tra la precipitazione media annua e l'evapotraspirazione potenziale media annua (1.7). Inoltre è possibile estendere tale definizione anche ai valori normali pluriennali delle variabili precipitazione ed evapotraspirazione potenziale poiché l'aridità si inquadra nell'ambito delle caratteristiche climatiche permanenti, ossia tali da poter essere definite in termini di valori medi annuali di variabili climatiche (Wallen, 1967).

$$IA = \frac{P}{ETP} \quad (1.7)$$

Il valore dell'indice è di tipo puntuale ossia rappresentativo del grado di aridità di un singolo sito identificabile con la singola stazione di misurazione delle variabili meteorologiche. Noti tali valori puntuali si procede effettuando la procedura di spazializzazione dei dati per ottenere il valore dell'indice su tutto il territorio in esame. Ottenuta la carta dell'indice di aridità è possibile ripartire il territorio nelle cinque classi climatiche proposte dall'UNEP e riportate in tabella (1.18) che nel caso del territorio italiano si riducono alle tre classi della tabella (1.19).

Classi climatiche	IA
Iperarido	<0.05
Arido	0.05-0.2
Semiarido	0.2-<0.5
Sub-umido secco	0.5-0.65
Umida o periumida	>0.65

Tabella 1.18: *Classi climatiche secondo l'indice di aridità UNEP.*

Classi climatiche	IA
Aride e semi-aride	<0.5
Sub-umide secche	0.5-0.65
Umide e iper-umide	>0.65

Tabella 1.19: *Classi climatiche riferite all'indice di aridità applicabili in Italia.*

Per ottenere i valori puntuali dell'indice di aridità è necessario dapprima determinare l'evapotraspirazione potenziale tramite il metodo di Thornthwaite (1.8) che risulta uno tra i più facili da applicare poiché è funzione solo delle temperature medie mensile come indicato nell'equazione (1.8).

$$ETP_{mensile} = 16 \cdot C_2 \cdot \left(\frac{10 \cdot \bar{T}_m}{I} \right)^{C_1} \quad (1.8)$$

dove

\bar{T}_m : temperatura media mensile;

I: indice annuo di calore;

C_1 : funzione polinomiale dell'indice annuo di calore;

C_2 : rapporto tra le ore di luce del mese e le 360 ore del mese standard.

Per determinare l'indice annuo di calore I e la funzione polinomiale C_1 si utilizzano le equazioni (1.9) e (1.10) qui di seguito riportate.

$$I = \sum_{m=1}^{12} (0.2 \cdot \bar{T}_m)^{1.514} \quad (1.9)$$

$$C_1 = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0.49239 \quad (1.10)$$

1.3.3.2 Aspetti vegetazionali

Per valutare quanto gli aspetti vegetazionali siano rilevanti rispetto al fenomeno della desertificazione sono stati utilizzati i quattro indicatori riportati nel seguito:

1. copertura vegetale;
2. resistenza della vegetazione alla siccità;
3. rischio di incendio;
4. protezione all'erosione.

E' molto importante effettuare l'analisi della copertura vegetale poiché la sua presenza riduce i fenomeni di erosione del suolo agendo sul ruscellamento e sulla perdita dei

sedimenti. La resistenza della vegetazione alla siccità è una caratteristica che varia da una tipologia di pianta ad un'altra e che permette di mantenere la copertura del suolo anche in assenza di piogge. Il rischio di incendio è un altro indicatore che incide molto sul fenomeno della desertificazione poiché modifica la composizione e struttura del mondo animale e vegetale permettendo ai fenomeni di dilavamento e lisciviazione di impoverire i suoli dei propri elementi nutritivi. Infine per quanto riguarda il ruolo svolto dalla vegetazione nella protezione del suolo è evidente che la presenza del manto vegetale permette di ridurre l'effetto del fenomeno di ruscellamento superficiale e allo stesso tempo la presenza delle radici sotterranee impedisce una eccessiva percolazione e dilavamento delle sostanze nutritive.

La legenda delle carte è stata effettuata considerando le classi del CORINE Land Cover 2000 e l'attribuzione dei punteggi è stata realizzata adottando la stessa del progetto DISMED che rappresenta un esempio di utilizzo del CORINE Land Cover come fonte per elaborare questi indicatori. Ad ogni indicatore sono state attribuite diverse classi di qualità così definite: bassa, moderata e alta.

Inoltre per questi quattro indicatori sono state elaborate le carte delle variazioni avvenute tra il 1990-2000 attraverso il confronto tra il CORINE Land Cover 1990 e 2000.

1.3.3.3 Aspetti pedologici

Tali aspetti sono stati considerati attraverso la realizzazione della carta dei pedoclimi dell'Italia da parte dell'Istituto di studi Sperimentali per la Difesa del Suolo di Firenze (ISSDS). Per ottenere tale carta sono stati utilizzati i dati climatici e pedologici relativi alla stima dell'umidità del suolo e alla presenza o assenza stagionale di acqua di ritenzione con pressione inferiore a 1500kPa nella sezione di controllo del suolo. E' stata riclassificata in funzione del diverso livello di predisposizione al fenomeno associato a ciascuna delle classi presenti.

1.3.3.4 Aspetti gestionali

Per quanto riguarda gli aspetti gestionali sono state realizzate tre carte:

- Carta delle aree protette;
- Carte della variazione demografica 1981-1991, 1991-2001;
- Carta dell'intensità d'uso del suolo.

La prima include le diverse tipologie di aree protette presenti nel territorio nazionale che devono essere tutelate:

- Parchi nazionali
- Parchi naturali regionali
- Riserve statali
- Riserve regionali
- Siti di interesse Comunitario
- Zone a Protezione Speciale

Le carte relative alla variazione demografica sono state realizzate poiché la crescita demografica è strettamente correlata alle pratiche di utilizzo dei suoli e quindi ai diversi impatti negativi sull'ambiente che ne conseguono. Sono state realizzate a scala comunale attraverso i dati forniti dall'ISTAT ed espresse in percentuale secondo la leggenda (tabella 1.20) costruita nell'ambito della Carta Nazionale del Dipartimento dei servizi Tecnici Nazionali.

Classi variazione demografica	
Bassa:	0-20%
Moderata:	20-40%
Alta:	>40%

Tabella 1.20: *Categorie delle classi relative alla variazione demografica.*

La carta dell'intensità d'uso del suolo è stata realizzata a partire dal CORINE Land Cover 2000 ed è stata necessaria poiché è un fattore che incide molto sulla degradazione dei suoli e sulla desertificazione. La classificazione si è basata su precedenti esempi di classificazioni a livello regionale reperiti in letteratura (carta delle aree sensibili alla desertificazione 2004, cartografia delle aree a rischio desertificazione 2004).

Inoltre per questo indicatore, come per i quattro relativi agli aspetti vegetazionali, è stata elaborata la carta delle variazioni avvenute tra il 1990-2000 attraverso il confronto tra il CORINE Land Cover 1990 e 2000.

CAPITOLO 2

INDICE DI ARIDITA'

In questo capitolo si introducono diversi metodi per determinare l'indice di aridità tra i quali è stato scelto che più si adatta allo studio che si deve svolgere considerando soprattutto il contesto generale del fenomeno della desertificazione. Inoltre poiché alcuni metodi che determinano l'indice di aridità necessitano del calcolo dell'evapotraspirazione potenziale se ne descrivono alcune formulazioni presenti in letteratura.

2.1 DEFINIZIONE DI INDICE DI ARIDITA'

L'indice di aridità è stato già introdotto nel capitolo 1 quando si descrivevano i tre indici che contribuivano alla determinazione dell'indice di qualità del clima (CQI). In generale gli indici climatici sono delle particolari elaborazioni attraverso le quali si cerca di sintetizzare, in uno o pochi numeri e/o simboli, le condizioni climatiche di una determinata area oggetto di studio, utilizzando soltanto alcuni dei parametri meteorologici principali che in genere sono la temperatura e le precipitazioni.

L'aridità è una caratteristica climatica determinabile attraverso un bilancio idrico che tenga conto dei termini:

- Apporto di pioggia
- Evaporazione
- Ruscellamento delle acque meteoriche.

Le aree per le quali si ha una scarsità di precipitazioni dell'ordine circa di 200-400 mm e che sono caratterizzate da un'elevata evaporazione, che riduce l'umidità dei terreni, contribuiscono a rendere i terreni aridi o semi-aridi in funzione di quanto l'apporto di pioggia risulta inferiore al contributo evaporativo del terreno.

2.2 PRINCIPALI METODI PER DETERMINARE L'INDICE DI ARIDITA'

Tra le possibili e numerose classificazioni climatiche che utilizzano gli indici sintetici, proposte in letteratura da diversi studiosi di climatologia e geografia, se ne riportano alcune tra le più utilizzate e diffuse. Si riporta tale elenco di indici che permettono di calcolare l'aridità di un terreno:

1. Pluviofattore di Lang
2. Indice di aridità di De Martonne (1923)
3. Indice di aridità di De Martonne-Gottman
4. Quoziente pluviometrico di Emberger (1930)
5. Indice globale di umidità di Thornthwaite
6. Indice di aridità (UNEP)
7. Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen

2.2.1 Pluviofattore di Lang

Questo è uno dei metodi più semplici secondo il quale la classificazione di Lang è assegnata in funzione del valore che si ottiene calcolando il rapporto tra i valori medi annui della precipitazione e della temperatura:

$$R = \frac{P}{T} \quad (2.1)$$

dove

R: è il puviofattore di Lang;

P: è la precipitazione media annua [mm];

T: è la temperatura media annua [°C].

In funzione dei valori che può assumere l'indice R si possono definire 5 classi climatiche riportate in tabella (4.1).

Tipo	R
Umido	>160
Temperato umido	160-100
Temperato caldo	100-60
Semiarido	60-40
Steppa	<40

Tabella 2.1: *Classi climatiche per il pluviometro di Lang R.*

2.2.2 Indice di aridità di De Martonne

Tale indice rappresenta un perfezionamento del pluviometro di Lang come si può dedurre dall'equazione seguente:

$$I_A = \frac{P}{(10 + T)} \quad (2.2)$$

dove

I_A : è l'indice di aridità;

P: è la precipitazione media annua [mm];

T: è la temperatura media annua [°C].

L'utilizzo di tale indice migliora il calcolo dell'indice di aridità soprattutto per le zone caratterizzate da un clima freddo e quindi con temperature prossime allo zero per le quali il pluviometro di Lang assumerebbe valori eccessivi per valori prossimi allo zero e addirittura negativi per quelli inferiori allo zero.

Le classi di aridità definite dall'indice di De Martonne sono quelle riportate in tabella (4.2).

IA	Tipo
0÷5	Arido estremo (deserto)
5÷15	Arido (steppe circumdesertiche)
15÷20	Semiarido (di tipo Mediterraneo)
20÷30	Subumido
30÷60	umido
>60	Iperumido

Tabella 2.2: *Indice di aridità di De Martonne.*

Questo indice oltre ad essere utilizzato in climatologia, viene adoperato anche in agronomia poiché riesce a precisare i diversi gradi di umidità e quindi può essere in grado di esprimere con valori numerici le condizioni ambientali estreme delle piante o di certe colture.

Tale indice può assumere valori identici a prescindere dal fatto se l'area oggetto di studio è interessata da una stagione secca poiché si riferisce a valori annui piuttosto che ai singoli mesi.

2.2.3 Indice di aridità di De Martonne-Gottmann

Tale indice, a differenza del precedente, tiene conto della variabilità stagionale poiché è la media di due termini uno dei quali è l'indice di De Martonne introdotto nel paragrafo precedente e l'altro è un termine che considera le precipitazioni e le temperature del mese più secco e le moltiplica per 12 per riportarlo alla scala annuale. Secondo tale definizione l'indice di aridità di De Martonne-Gottmann si esprime con la seguente equazione:

$$I_A = \frac{\left[\frac{P}{(10+T)} + 12 \times \frac{p}{(10+t)} \right]}{2} \quad (2.3)$$

dove

P: è la precipitazione media annua;

T: è la temperatura media annua;

p: è la precipitazione del mese più asciutto;

t: è la temperatura del mese più asciutto.

Si riportano le classi relative all'indice di De Martonne-Gottmann in tabella (2.3).

IA	Tipo
10÷20	Semiarido
20÷30	Temperato caldo
30÷40	Temperato umido

Tabella 2.3: Indice di aridità di De Martonne-Gottmann.

2.2.4 Quoziente pluviometrico di Emberger (Q)

Questo quoziente è funzione dei seguenti parametri climatici:

- le precipitazioni medie annue;
- la media mensile delle temperature massime nel mese più caldo;
- la media mensile delle temperature minime nel mese più freddo.

L'equazione relativa a tale quoziente si presenta nel modo seguente:

$$Q = \frac{P}{(M^2 - m^2)} \times 100 \quad (2.4)$$

dove:

P: sono le precipitazioni medie annue [mm];

M: è la media mensile delle temperature massime nel mese più caldo [°C];

m: è la media mensile delle temperature minime nel mese più freddo [°C].

I valori che caratterizzano tale quoziente si suddividono in quattro classi climatiche riportate nella tabella (2.4).

Tipo	Q
Umido	>90
Subumido	90÷50
Semiarido	50÷30
Arido	<30

Tabella 2.4: *Classi climatiche per il quoziente pluviometrico di Emberger (Q).*

2.2.5 Indice globale di umidità (I_m) di Thornthwaite

E' l'indice definito come quella parte di precipitazione necessaria alla vegetazione ed è concepito come misura complessiva della precipitazione efficace ai fini della crescita delle piante che tiene conto della diversa influenza del surplus e del deficit idrico collegati alla quantità di acqua necessaria nei mesi in cui si verificano e alla loro variabilità stagionale. Questo indice risulta più complesso dei precedenti poiché introduce un altro concetto finora non introdotto che è quello dell'evapotraspirazione che verrà trattata un po' più nello specifico nella parte relativa nel seguito di questo capitolo.

In pratica l'indice di umidità globale consiste nella combinazione di due indici:

- Indice di aridità
- Indice di umidità

Il primo si calcola tramite l'equazione (2.5).

$$I_A = 100 \frac{d}{n} \quad (2.5)$$

dove

d: indica il deficit di acqua ossia la somma delle differenze tra la precipitazione e l'evapotraspirazione potenziale relativamente ai mesi in cui la precipitazione è inferiore all'evapotraspirazione;

n: è la somma dei valori dell'evapotraspirazione per i mesi in cui si verifica il deficit.

Mentre l'equazione relativa al calcolo dell'indice di umidità è la seguente:

$$I_h = 100 \frac{s}{n} \quad (2.6)$$

dove

s: è il surplus di acqua ossia la somma delle differenze mensili tra la precipitazione e l'evapotraspirazione potenziale per i mesi in cui la precipitazione eccede l'evapotraspirazione;

n: è la somma dell'evapotraspirazione per i mesi in cui si verifica il surplus di acqua.

Quindi l'indice globale di umidità si esprime con l'equazione (2.7) dove ai due indici appena introdotti vengono assegnati pesi differenti.

$$I_m = I_h - 0,6I_A = \frac{(100s - 60d)}{n} \quad (2.7)$$

Il calcolo del surplus s e del deficit d si effettua su base mensile ed entrambi sono rappresentati dalla differenza tra le precipitazioni mensili e i valori di evapotraspirazione

potenziale mensili, mentre n è l'evapotraspirazione potenziale annua quindi l'equazione (2.7) può essere scritta anche nel modo seguente:

$$I_m = \left[\frac{(P - ETP)}{ETP} \right] \times 100 \quad (2.8)$$

dove

I_m : è l'indice globale di umidità;

P : è la precipitazione media annua [mm];

ETP : è l'evapotraspirazione potenziale media annua [mm] derivante dalla somma dei 12 valori di quella media mensile.

In base ai valori che si ottengono calcolando I_m si determinano sei classi climatiche riportate in tabella (2.5).

Tipo	I_m
Iperumido	>100
Umido	$100 \div 20$
Subumido-umido	$20 \div 0$
Asciutto-subumido	$0 \div -33$
Semiarido	$-33 \div -67$
Arido	$-67 \div -100$

Tabella 2.5: *Classi associate all'indice globale di umidità di Thornthwaite.*

L'indice globale di umidità è stato utilizzato anche dalla metodologia MEDALUS, introdotta già nel capitolo 1, per individuare le aree sensibili alla desertificazione in Sicilia (ENEA-INEA, 2002).

2.2.6 Indice di aridità (UNEP)

Tale indice definito dall'UNEP è stato adottato come indice ufficiale nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla Siccità e Desertificazione poiché sintetizza qualitativamente le caratteristiche climatiche del territorio.

Si riporta qui di seguito la formulazione di tale indice:

$$I_A = \frac{P}{ETP} \quad (2.9)$$

dove

I_A : è l'indice di aridità;

P : è la precipitazione media annua [mm];

ETP : è l'evapotraspirazione potenziale media annua.

L'utilizzo di un tale indice, che semplifica alquanto il bilancio idrico, risponde alla necessità di mantenere un elevato grado di standardizzazione delle metodologie utilizzate secondo le direttive fornite dagli organismi regionali, nazionali e internazionali in modo tale da permettere confronti e valutazioni oggettive su di esse.

Questo indice è quello che è stato utilizzato dal progetto SIDES nel primo studio svolto sulla determinazione dell'indice di aridità.

Le classi climatiche di tale indice sono riportate nella tabella (2.6).

Tipo	I_A
Iperarido	<0,05
Arido	0,05-0,2
Semiarido	0,2-<0,5
Sub-umido secco	0,5-0,65
Umida o iperumida	>0,65

Tabella 2.6: *Classi associate all'indice di aridità (UNEP).*

2.2.7 Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen

E' un indice adottato per determinare le caratteristiche climatiche di una determinata area utilizzando solo i dati meteorologici facilmente misurabili. L'indice di Bagnouls-Gaussen (BGI) si esprime attraverso la seguente formulazione:

$$BGI = \sum_{i=1, \dots, n} (2 \cdot t_i - P_i) k \quad (2.10)$$

dove

BGI: è l'indice di aridità di Bagnouls-Gaussen;

t_i : è la temperatura media mensile [$^{\circ}\text{C}$];

P_i : è la precipitazione totale del mese i [mm];

k : è la frequenza con cui è soddisfatta la condizione $2t_i - P_i > 0$ per il mese i -esimo [%].

L'equazione (2.10) considera secco il mese in cui i valori delle precipitazioni sono uguali o inferiori al doppio della temperatura. In tabella (2.7) si riportano le classi climatiche relative a tale indice di aridità.

Tipo	I_m
Umido	<50
.	50-75
.	75-100
.	100-125
.	125-150
Arido	>150

Tabella 2.7: *Classi associate all'indice di aridità di Bagnouls-Gaussen.*

2.3 EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE

Per evapotraspirazione potenziale (ETP) o evapotraspirazione di riferimento (ET_0) si intende il volume di acqua perso dall'unità di superficie di terreno attraverso processi di evaporazione del suolo e di traspirazione delle piante durante un certo periodo di tempo. Tale terreno deve essere coperto da una vegetazione di notevole estensione denominata coltura standard di riferimento contraddistinta dalle seguenti caratteristiche:

- bassa
- omogenea
- in piena attività di sviluppo
- ottimamente rifornita di acqua
- ombreggi completamente il terreno.

In generale le condizioni atmosferiche che caratterizzano un clima arido sono quelle che producono un severo deficit idrico ossia con valori di evapotraspirazione potenziale (ET_0) maggiori rispetto a quelli delle precipitazioni. Da tale considerazione e in riferimento ad alcune delle metodologie degli indici di aridità appena esposte nasce l'esigenza di

introdurre il parametro evapotraspirazione potenziale illustrando alcuni possibili metodi per determinarla:

1. Formula di Thornthwaite
2. Formula di Langbein
3. Metodo Penman
4. Metodo FAO-Penman corretto
5. Metodo FAO Penman
6. Metodo Penman-Monteith
7. Metodo Hargreaves-Samani

2.3.1 Formula di Thornthwaite

La formula di Thornthwaite è stata già introdotta nel capitolo 1 quando si illustrava la metodologia applicata da SIDES nel calcolare l'indice di aridità. Questa formulazione è sicuramente una delle più facili da applicare poiché non richiede la conoscenza di un elevato numero di parametri essendo funzione principalmente della sola temperatura media mensile. L'equazione relativa ad essa e che fornisce il valore di evapotraspirazione potenziale mensile è la seguente:

$$ETP_{mensile} = 16 \cdot C_2 \left(\frac{10 \cdot T_m}{I} \right)^{C_1} \quad (2.11)$$

dove

$ETP_{mensile}$: è l'evapotraspirazione potenziale mensile;

T_m : è la temperatura media mensile;

I : è l'indice annuo di calore calcolato come sommatoria dei dodici indici di calore mensili che sono funzione di ciascun valore della temperatura media mensile:

$$I = \sum_{m=1}^{12} (0.2 \cdot T_m)^{1.514} \quad (2.12)$$

L'equazione (2.12) è applicabile se le $T_m \geq 0$ C° altrimenti se $T_m < 0$ è necessario porre $T_m = 0$.

C1: funzione polinomiale di I definita come:

$$C_1 = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0.49239 \quad (2.13)$$

C2: è il rapporto tra le ore di luce del mese e le 360 ore del mese standard riportato nella tabella (2.8) per le latitudini da 37-47° che sono quelle relative all'area oggetto di studio. Tale rapporto può essere determinato attraverso il rapporto fra le ore teoriche di insolazione (eliofania assoluta) e la metà delle ore giornaliere.

	LATITUDINE										
MESE	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°
GENNAIO	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89
FEBBRAIO	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.03	1.02
MARZO	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
APRILE	1.32	1.32	1.32	1.33	1.33	1.34	1.34	1.35	1.35	1.36	1.36
MAGGIO	1.42	1.43	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51
GIUGNO	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.52	1.54	1.55	1.57	1.58	1.59
LUGLIO	1.45	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	0.08	1.56	1.54	1.55
AGOSTO	1.32	1.36	1.37	1.37	1.38	1.39	1.40	1.40	1.41	1.42	1.43
SETTEMBRE	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.26	1.26	1.26
OTTOBRE	1.12	1.12	1.12	1.12	1.11	1.11	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09
NOVEMBRE	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94
DICEMBRE	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.85

Tabella 2.8: Valori del coefficiente di correzione C2 per latitudine e per mese.

2.3.2 Formula di Langbein

Anche questa formulazione rientra tra quelle di facile applicazione poiché è di tipo empirico e determina l'evapotraspirazione potenziale media annua a partire dalle sole temperature medie mensili:

$$\overline{EP}_{annua} = 4,75 \sum_{j=1}^{12} \overline{T}_j \quad (2.14)$$

dove

\overline{T}_j : è la temperatura media mensile [°C].

Affinché si possa utilizzare l'equazione (2.14) è necessario che si verifichi la seguente condizione: $T_j > 0$.

2.3.3 Metodo Penman

Il metodo di Penman è ben più noto come combinazione di Penman (1948) poiché secondo l'Autore stesso il processo evapotraspirativo è descritto da due componenti: quella energetica e quella aerodinamica. In origine fu sviluppata per stimare l'evapotraspirazione delle superfici liquide poi nel 1963 venne modificata nella equazione (2.15) per essere applicata anche alle superfici coperte da vegetazione.

$$ET_{EPEN} = \frac{1}{\lambda} \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 6.43 W_f (e_a - e_d) \right] \quad (2.15)$$

dove

ET_{EPEN} : è il flusso evapotraspirativo [mm d^{-1}];

λ : è il calore latente di vaporizzazione [MJ kg^{-1}];

Δ : è la pendenza della curva che esprime la tensione di vapore saturo in funzione della temperatura [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$];

γ : è la costante psicrometrica [$0.066 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$];

R_n : è la radiazione netta [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

G : è la densità del flusso di calore nel suolo [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

W_f è una funzione lineare del vento definita dalla seguente equazione:

$$W_f = (1 + 0.536 u) \quad (2.16)$$

dove u indica la velocità media del vento a 2 metri di quota [ms^{-1}];

$e_a - e_d$: deficit di saturazione dell'aria [kPa], dove e_a indica la tensione di vapore saturo alla temperatura media dell'aria [kPa] e e_d è il valore medio della tensione di vapore dell'aria [kPa].

La validità di tale metodo è assicurata dagli innumerevoli studi e dalle differenti condizioni climatiche in cui è stato applicato. Dall'equazione (2.15) è evidente il gran numero di parametri richiesti e quindi la maggior complessità rispetto alle formulazioni presentate nei paragrafi precedenti. La maggior parte dei parametri che compaiono nell'equazione vengono misurati nelle stazioni meteorologiche e soprattutto agrometeorologiche. Per quanto riguarda il parametro della radiazione netta R_n può essere stimato dalla radiazione solare globale, mentre il flusso di calore nel suolo G può essere considerato, effettuando

delle approssimazioni, costante. La scala temporale minima di applicazione della combinazione di Penman è quella giornaliera.

2.3.4 Metodo FAO-Penman corretto

Questa formulazione è molto simile a quella precedente infatti è un metodo che modifica quella originale utilizzando una funzione del vento W_f molto più sensibile alle diverse condizioni, considerando il flusso di calore nel suolo G nullo ed introducendo un fattore correttivo che tenga conto delle differenti condizioni meteorologiche tra la notte e il giorno.

L'equazione relativa è la seguente:

$$ET_{EFAOC} = \frac{c}{\lambda} \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} (e_a - e_d) 6.61 (1 + 0.864 u_2) \right] \quad (2.17)$$

Dove oltre ai termini già descritti nel paragrafo precedente si indica con

ET_{EFAOC} : il flusso evapotraspirativo [mm d^{-1}];

c : il fattore correttivo il cui valore oscilla intorno ad 1. E' possibile calcolarlo attraverso una funzione polinomiale che tenga conto dell'umidità relativa massima dell'aria, della radiazione solare globale, della velocità del vento diurna e del rapporto tra la velocità del vento diurna e quella notturna (Frevert et al., 1983). E' molto importante tenere in conto questo fattore di correzione soprattutto nelle zone costiere dove la presenza quasi costante del vento presenta forti variazioni tra il giorno e la notte. La scala temporale minima di applicazione è quella giornaliera.

2.3.5 Metodo FAO-Penman

Doorenbos e Pruitt (1977) suggerirono di semplificare l'applicazione del metodo FAO-Penman ponendo il valore del fattore correttivo c pari ad 1. E' evidente che una tale assunzione comporta una sottostima del flusso evapotraspirativo quando esistono forti variazioni delle condizioni meteorologiche tra il giorno e la notte.

Non si riporta l'equazione relativa poiché è la (2.17) con sostituito il valore 1 al fattore correttivo c .

La scala temporale minima di applicazione è quella, come nei casi precedenti, giornaliera sebbene secondo Snyder e Pruitt (1985) è possibile con opportune modifiche utilizzarla anche a quella oraria.

2.3.6 Metodo Penman-Monteith

La formulazione originale di Penman fu modificata da Monteith che introdusse due concetti nuovi: la resistenza del manto vegetale (r_c) e quella aerodinamica (r_a) che tengono conto delle resistenze che il vapore acqueo incontra passando dalle cavità stomatiche alla superficie fogliare e da questa all'atmosfera. Tale formulazione risulta più realistica della precedente nel rappresentare il processo evapotraspirativo di una coltura, infatti simula il comportamento di una coltura in qualunque condizione di rifornimento idrico purché siano noti i valori dei parametri di resistenza.

Si riporta nel seguito l'equazione di Penman-Monteith (1963, 1965):

$$ET_{PENM} = \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta(R_n - G) + \rho C_p (e_a - e_d) / r_a}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (2.18)$$

dove

ET_{PENM} : è il flusso evapotraspirativo [mm d^{-1}];

λ : è il calore latente di vaporizzazione [MJ kg^{-1}];

Δ : è la pendenza della curva che esprime la tensione di vapore saturo in funzione della temperatura [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$];

R_n : è la radiazione netta [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

G : è la densità del flusso di calore nel suolo [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

ρ : è la densità media dell'aria [Kg m^{-3}];

C_p : è il calore specifico dell'aria a pressione costate [$\text{kJ Kg}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$];

$e_a - e_d$: è il deficit di saturazione dell'aria [kPa], dove e_a indica la tensione di vapore saturo alla temperatura media dell'aria [kPa] e e_d è il valore medio della tensione di vapore dell'aria [kPa];

γ : è la costante psicrometrica [$0.066 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$];

r_a : è la resistenza aerodinamica al flusso di vapore [s m^{-1}];

r_c : è la resistenza del manto vegetale al flusso di vapore [s m^{-1}].

L'equazione (2.18) è quella che negli anni più recenti ha avuto il maggior utilizzo poiché è ritenuta quella che fornisce la migliore stima dell'evapotraspirazione potenziale.

La scala temporale minima di applicazione è quella giornaliera, ma può essere utilizzata con le opportune modifiche anche a quella oraria.

2.3.7 Metodo Hargreaves-Samani ^[42]

Il metodo di Hargreaves-Samani (1982, 1985) è noto come “metodo della radiazione solare stimata” poiché si basa sull'escursione termica del mese considerato (differenza tra la temperatura massima media e quella minima media del mese) e sulla radiazione globale solare (R_g), stimata a partire dalla radiazione solare extraterrestre (vale a dire quella che giunge su una ipotetica superficie posta al di fuori dell'atmosfera). Si riporta l'equazione relativa al metodo di Hargreaves-Samani:

$$ET_{HARG} = 0.0023 \frac{R_a}{\lambda} \sqrt{T_d} (T + 17.8) \quad (2.19)$$

dove

ET_{HARG} : è il flusso evapotraspirativo [mm d^{-1}];

R_a : è la radiazione solare extraterrestre [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

T_d : è l'escursione termica mensile [$^{\circ}\text{C}$];

λ : è il calore latente di vaporizzazione [MJ Kg^{-1}];

T : è la temperatura media mensile [$^{\circ}\text{C}$].

CAPITOLO 3

DATI CLIMATICI

In questo capitolo si espongono in modo generale alcune nozioni sui dati climatici descrivendo dapprima alcuni organismi che si occupano di tematiche climatiche per poi passare ad introdurre alcune delle possibili analisi da effettuare sui dati climatici elementari e anche sugli indicatori che si ottengono da essi.

3.1 ORGANIZZAZIONE METEOROLOGICA MONDIALE: World Meteorological Organization (WMO) ^[10]

E' una organizzazione intergovernativa delle Nazioni Unite alla quale partecipano 187 membri tra stati e territori. Nata nel 1950 dall'International Meteorological Organization (IMO) fondata invece nel 1873. Nel 1951 è divenuta agenzia specializzata per la meteorologia (tempo e clima), per l'idrologia operativa e per relazionare le scienze geofisiche. Riveste un ruolo unico e potente per la salvaguardia e il benessere dell'umanità fornendo interesse e un sostanziale contributo a tutto ciò che sfavorisce i disastri naturali cercando così di garantire la salvaguardia ambientale, e allo stesso tempo contribuisce al miglioramento economico-sociale delle regioni assicurando sicurezza del cibo, delle risorse di acqua e dei trasporti. Inoltre facilita lo scambio di informazioni e dati sulle regioni di interesse intervenendo anche nei piani politici di tali aree sia a livello nazionale che internazionale.

3.2 SISTEMA NAZIONALE PER LA RACCOLTA, L'ELABORAZIONE E LA DIFFUSIONE DEI DATI CLIMATOLOGICI DI INTERESSE AMBIENTALE (SCIA) ^[13]

Il Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale è un progetto dell'APAT in collaborazione con l'Ufficio Generale

per la Meteorologia dell'Aeronautica Militare (UGM), l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA) del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali e l'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia Romagna (ARPA-ER).

Scopo di tale progetto è quello di elaborare e mettere a disposizione, tanto delle istituzioni operanti in ambito ambientale quanto dei cittadini interessati, un set di valori statistici, denominati *indicatori* climatologici con un'aggregazione temporale (decadale, mensile o annuale), determinati dalle serie temporali delle variabili misurate nelle stazioni appartenenti alle diverse reti di osservazioni presenti sul territorio nazionale. Inoltre provvede ad aggiornare periodicamente tutte le informazioni attraverso una procedura standardizzata.

SCIA determina anche i valori climatologici normali e di anomalia, riferiti ad un periodo standard 1961-1990, attraverso delle elaborazioni degli indicatori menzionati precedentemente. Si sottolinea che con il termine valore di anomalia si intende la differenza tra il valore di un anno e quello normale.

Tutte le elaborazioni SCIA sono disponibili sul sito www.scia.sinanet.apat.it ed interessano le seguenti variabili meteoroclimatiche:

- Temperatura
- Temperatura potenziale
- Temperatura equivalente potenziale
- Precipitazioni
- Umidità relativa
- Vento
- Bilancio idrico
- Indici bioclimatologici
- Eliofania
- Evapotraspirazione
- Gradi giorno
- Nebbia e visibilità
- Nuvolosità
- Pressione atmosferica
- Radiazione globale.

Per ognuna delle variabili appena elencate hanno determinato l'insieme degli indicatori che rappresentano nel miglior modo sia il fenomeno climatico ad essa associato che la sua distribuzione statistica.

I dati di input dai quali SCIA ha effettuato tutte le elaborazioni sono quelli meteorologici elementari provenienti dalle differenti reti di osservazione presenti sul territorio nazionale, quindi si presentavano diversi nel contenuto e nel formato.

3.3 PRINCIPALI RETI DI OSSERVAZIONE DEI DATI CLIMATICI PRESENTI IN ITALIA ^[3]

Le principali reti di osservazione dei dati climatici presenti in Italia ed utilizzate da SCIA sono riportate in figura 3.1 e sono le seguenti:

1. **UGM:** è l'ente superiore di direzione, coordinamento, programmazione e pianificazione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare. Forniscono i dati delle reti UGM relativi ai messaggi SYNOP triorari (cioè quelli che contengono le osservazione meteo rilevate alle ore sinottiche ossia in orari nei quali tutta la rete mondiale sinottica effettua le stesse osservazioni) e ai messaggi SYREP (riepilogativi giornalieri trasmesso ogni giorno alle ore 8 dell'orario internazionale) diffusi dalla rete dedicata di trasmissione dati denominata GTS (Global Telecommunication System) dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale e memorizzati negli archivi climatologici del CNMCA (Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica) che costituisce l'organo operativo del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare provvedendo alla ricezione, elaborazione e diffusione dei dati sia a livello nazionale che internazionale.
2. **UCEA-UCST:** comprende le stazioni termopluviometriche storiche dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria del Ministero delle Politiche Agricole. Forniscono i dati relativi ai valori giornalieri delle temperature massime e minime e delle precipitazioni.
3. **UCEA-UCOS:** comprende gli Osservatori dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria. Da una parte forniscono i dati relativi alle osservazioni tri-giornaliere (7, 13, 18) delle temperature, umidità relative, velocità e direzione del vento e dall'altra i valori giornalieri delle precipitazioni, della eliofanìa e delle temperature minime e massime.

4. **UCEA-RAN**: sono le stazioni della rete agrometeorologica nazionale dell'UCEA. Forniscono i valori orari delle precipitazioni, temperatura, temperatura al suolo, umidità relative, velocità del vento a 2 m, velocità e direzione del vento a 10m. Mentre forniscono valori giornalieri per la eliofania, le precipitazioni, la temperatura minima e massima, la bagnatura fogliare e la radiazione globale.
5. **APAT-EX SIMN**: comprende le stazioni dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, che sono state in seguito inglobate nell'APAT e che attualmente fanno parte delle reti regionali.
6. **ARPA**: sono le agenzie ambientali Regionali Italiane.



Figura 3.1: *Visualizzazione delle stazioni di misura delle diverse reti di osservazione presenti in Italia e utilizzati da SCIA.*

3.4 PROPRIETA' E CARATTERISTICHE DELLE SERIE STORICHE DEI DATI ELEMENTARI CLIMATOLOGICI

Per serie storica si intende una serie di dati climatici (es. temperatura, precipitazioni,...) consecutivi nel tempo, riferiti ad una determinata area geografica ed ad uno specifico intervallo di tempo (decennale, ventennale,...). L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO: World Meteorological Organization, 1990) afferma che "il clima è costituito dall'insieme delle osservazioni meteorologiche relative ad un trentennio".

Lo studio delle serie storiche può essere effettuato sia sulle singole serie di dati che su un loro insieme relativo ad alcune stazioni di misura localizzate in una specifica area geografica.

Noti i dati delle serie storiche è opportuno analizzare i problemi che insorgono durante l'analisi di essi tenendo in conto soprattutto la loro affidabilità. In genere nel raccogliere i dati delle variabili climatologiche è importante considerare le seguenti caratteristiche:

1. il tipo e la distribuzione spaziale delle stazioni di misura;
2. la lunghezza e la completezza della serie temporale;
3. la qualità e l'omogeneità dei dati.

3.4.1 Tipo e distribuzione spaziale delle stazioni di misura

E' indiscutibile l'importanza e l'influenza che riveste la scelta della tipologia delle stazioni di misura nel senso che si tratti di stazioni automatiche o manuali, del tipo di strumentazione e della modalità di archiviazione dei dati utilizzate. Nel paragrafo 3.3 sono state riportate le diverse reti di osservazioni presenti in Italia e per le quali sono state descritte brevemente le loro caratteristiche. Confrontando le descrizioni delle reti si osservano sia differenti frequenze di osservazioni che tempo di media del dato rilevato.

Per quanto riguarda la problematica relativa alla pianificazione della rete delle stazioni climatiche si può affermare, che pur avendo sempre suscitato interesse, ultimamente è diventata essenziale per le risorse limitate e la richiesta di ottimizzare i dati climatici. Una selezione ottimale delle stazioni di misura è quella che sceglie il numero e le locazioni delle stazioni in modo tale da poter effettuare la più accurata e allo stesso tempo meno onerosa stima del parametro da analizzare nell'area di studio.

Una delle maggiori problematiche nella scelta delle stazioni di misura consiste nel fatto di averne a disposizione un numero molto basso e per di più con una distribuzione spaziale molto poco densa.

3.4.1.1 Teorie e criteri per la scelta delle stazioni di misura dei dati climatologici

Qui di seguito si riportano diverse teorie o applicazioni riguardo la distribuzione e la scelta delle stazioni di misura.

1. Per le elaborazioni spaziali eseguite da SCIA è stato seguito un approccio teorico basato sulla loro uniformità, mentre la loro densità è stata valutata in base al parametro da analizzare. Infatti per la regione Emilia-Romagna sono state scelte 44 stazioni per le temperature giornaliere (1956-2000) e 62 per le precipitazioni giornaliere (1951-2000). SCIA ha distinto la selezione delle stazioni anche in base al fatto di determinare i valori normali o le anomalie.

Inoltre le stazioni per la determinazione dei valori normali sono state selezionate in base alla disponibilità di almeno il 90% di indicatori mensili validi sul totale (almeno 324 indicatori su 360) e di un 80% di quelli mensili validi per ogni mese (almeno 24 su 30). Per quanto riguarda la scelta delle stazioni atte alla determinazione delle anomalie si basa sul fatto che l'anomalia media di ciascun anno nel periodo 1961-2004 sia calcolata da indicatori validi per l'80%.

2. Nel progetto SIDES, riguardante la sezione relativa alla costruzione della carta dell'indice di aridità come già accennato nel capitolo precedente, è stato scelto come periodo di riferimento il trentennio 1961-1990 e sono state selezionate 237 stazioni meteoclimatiche dalla rete di monitoraggio del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) per caratterizzare una vasta e omogenea copertura del territorio Nazionale. Per la determinazione dell'evapotraspirazione necessaria per la determinazione del valore puntuale dell'indice di aridità sono state scelte le 33 stazioni della Rete Agrometeorologica Nazionale (RAN) del Ministero per le Politiche Agricole e le 30 della rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.
3. Durante l'aggiornamento della carta dell'indice di aridità nel progetto SIDES è stato scelto come periodo di riferimento il 1991-2000 e sono state selezionate dapprima le 237 stazioni utilizzate nel precedente lavoro, ma a livello pratico ne sono state adoperate un numero inferiore poiché erano quelle che risultavano in comune ad entrambi i periodi considerati. A queste ultime sono state aggiunte alcune stazioni la cui attivazione era avvenuta successivamente e che comunque presentavano una continuità di misurazione nell'arco di tutto il decennio.

4. Nel lavoro svolto dall'Australian Bureau of Meteorology ^[43] sono state scelte le stazioni che fornivano i dati per lunghi periodi di osservazione e nel caso in cui si riscontrava la mancanza di essi si è effettuata una loro stima interpolando le superfici.
5. Nel lavoro svolto per la realizzazione della Carta climatica e dell'atlante climatologico della Sicilia ^[47] le stazioni di misura sono state scelte in base alla loro distribuzione sul territorio preferendo quelle che avevano una maggiore copertura e che allo stesso tempo avessero la serie storica relativa al periodo di riferimento scelto che consisteva in un trentennio.
6. Un approccio teorico molto interessante sulla scelta delle stazioni meteorologiche è quello che si basa sulla suddivisione di esse in complete e parziali^[16]. Appartengono al primo gruppo quelle che misurano tutte le variabili meteorologiche usate nell'equazione della combinazione di Penman (3.1) altrimenti si parla di stazioni parziali.

Si riporta l'equazione di Penman (1948) con i relativi parametri:

$$ET_{EPEN} = \frac{1}{\lambda} \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 6.43 W_f (e_a - e_d) \right] \quad (3.1)$$

dove

ET_{EPEN} : è il flusso evapotraspirativo [mm d^{-1}];

λ : è il calore latente di vaporizzazione [MJ kg^{-1}];

Δ : è la pendenza della curva che esprime la tensione di vapore saturo in funzione della temperatura [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$];

γ : è la costante psicrometrica [$0.066 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$];

R_n : è la radiazione netta [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

G : è la densità del flusso di calore nel suolo [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];

W_f : è una funzione lineare del vento definita dalla seguente equazione:

$$W_f = (1 + 0.536 u) \quad (3.2)$$

dove u indica la velocità media del vento a 2 metri di quota [ms^{-1}];

$e_a - e_d$: deficit di saturazione dell'aria [kPa], dove e_a indica la tensione di vapore saturo alla temperatura media dell'aria [kPa] e e_d è il valore medio della tensione di vapore dell'aria [kPa].

In letteratura il lavoro più famoso su tale argomento è stato conseguito da Gandin (1970) che mostra un vantaggio economico nell'utilizzare contemporaneamente sia stazioni complete che parziali. Inoltre suddivide le variabili meteorologiche in tre differenti classi:

- I. Gruppo che necessita di una piccola densità di stazioni (150-200 Km): pressione dell'aria, temperatura del suolo in profondità, durata della luce del sole.
- II. Gruppo che necessita di una densità spaziale intermedia (50-60 Km): temperatura dell'aria, umidità, velocità del vento e copertura nuvolosa;
- III. Gruppo che necessita di un'elevata densità spaziale (30 Km): precipitazioni, copertura nevosa, e tutti le variabili che costituiscono i fenomeni meteorologici come ad esempio tempeste di neve, temporali, nebbia, ect...

Da tale suddivisione delle classi scaturisce la scelta su quali tipo di classi di stazioni utilizzare.

3.4.1.2 Scelta delle stazioni di misura dei dati climatologici in relazione ai concetti base della geostatistica

Nel caso in cui si affronta uno studio geostatistico è importantissima la scelta del numero di stazioni poiché da essa dipenderà la più o meno stabilità della funzione variogramma. A tal proposito Bilonik (1983) suggerisce un numero di stazioni di misura non inferiori a 50, mentre per Webster and Oliver (1992) ne sono necessarie 150-200 se si è in condizioni di isotropia delle variazioni altrimenti nel caso di anisotropia ne sono necessarie un numero molto maggiore^[43]. Un'altra tecnica spesso utilizzata nell'ambito della geostatistica è quella di computare il modello su un numero maggiore di stazioni di misura per poi sceglierne un numero inferiore per effettuare la validazione o le comparazioni tra le diverse tecniche di interpolazione spaziale scelte^[38].

E. Pardo-Igúzquiza^[17] suggerisce una procedura che è possibile applicare all'insieme di stazioni per le quali in una fase precedente è stata già considerata la storia, l'affidabilità

della serie dei dati e l'omogeneità e la qualità degli stessi. Obiettivo di tale procedura è quello di determinare un sottoinsieme di stazioni di misura che risponda maggiormente al criterio di scelta ottimale dal punto di vista dell'accuratezza della stima del parametro da ottenere. Per raggiungere tale obiettivo si deve minimizzare una funzione

$$OF = \delta(N, x_i) \quad (3.3)$$

che è funzione del numero di stazioni N e delle loro locazioni x_i e che corrisponde alla stima della varianza al quadrato. Tale funzione fornisce la misura della accuratezza ottenuta. A volte la funzione precedente può presentarsi nella formulazione seguente se si vogliono tenere in conto oltre che la stima dell'accuratezza anche quella dei costi da sostenere:

$$OF = \delta(N, x_i) + C_{\Delta} \cdot C(N, x_i) \quad (3.4)$$

dove

$C(N, x_i) = \sum_{i=1}^N Q(x_i)$ è il termine di costo considerato come una combinazione lineare dei costi $Q(x_i)$ delle locazioni x_i ;

C_{Δ} è il fattore che fornisce la misura dell'accuratezza equivalente al cambiamento unitario del costo (Bras and Rodriguez-Iturbe, 1976).

Il problema di minimizzare la funzione è di tipo non lineare e privo di soluzione analitica, ma si può considerare una funzione di dati sperimentali con molteplici minimi locali. Si utilizzerà allora una tecnica stocastica di minimizzazione globale della quale si riportano i punti principali che costituiscono l'algoritmo relativo:

1. La configurazione iniziale si ottiene selezionando in modo casuale le N stazioni tra le M disponibili o le loro coordinate;
2. L'energia è la funzione OF definita come la misura della differenza tra le diverse configurazioni.
3. La temperatura iniziale T_0 è determinata empiricamente, per garantire che sia la più alta rispetto la differenza di energia ΔOF tra due configurazioni scelte casualmente, con la seguente espressione:

$$T_0 = \hat{\sigma}^2 + MC \quad (3.5)$$

dove

$\hat{\sigma}^2$ è la stima della varianza dei dati sperimentali o il sill della funzione variogramma;

MC è il costo massimo possibile.

4. Si determina una nuova configurazione perturbando quella iniziale ossia scegliendo in modo random per una delle N stazioni una nuova locazione, mentre per le restanti N-1 si mantengono quelle attuali.
5. Per ogni nuova configurazione l'algoritmo decide se accettarla o non. Noto che la variazione della funzione oggetto ha la seguente espressione:

$$\Delta OF = OF_{new} - OF_{old} \quad (3.6)$$

si avranno due casi distinti:

- Se $\Delta OF \leq 0$ allora la nuova configurazione viene adottata sempre poiché la funzione oggetto è minimizzata da tale configurazione;
 - Se $\Delta OF > 0$ allora la nuova configurazione viene accettata con una probabilità $\exp(-\Delta OF / T)$ che segue il criterio di Boltzman (Kirpatrick et al., 1983).
6. Per ogni valore costante della temperatura vengono sperimentate 100N nuove configurazioni. Secondo il criterio di Press et al. (1989) la simulazione continua a fornire temperature costanti finché si controllano le 100N configurazioni o ne sono accettate 10N.
 7. Nel caso in cui la temperatura decresce al di sotto di un certo valore allora si ritorna e si riapplica il punto 6.
 8. Il punto 6 e 7 si applicano finché:
 - a) Si ricerca un numero prefissato di interazioni;
 - b) Ad una data temperatura costante non viene accettata nessuna delle 100N configurazioni;
 - c) Per valori diversi di temperature non si riscontrano variazioni della funzione oggetto.

Tale algoritmo risulta molto flessibile poiché possono essere introdotti nella funzione obiettivo molti fattori come ad esempio le componenti economiche e si può scegliere

qualsiasi tecnica di interpolazione Kriging per determinare la varianza, è di facile implementazione, converge sempre ad un ottimo globale o si avvicina molto ad esso (Geman and Geman, 1984).

3.4.2 Lunghezza e completezza delle serie temporali

La lunghezza della serie temporale dipende esclusivamente dal tipo di studio che si deve effettuare. SCIA ha adottato come lunghezza temporale quella indicata dall'OMM che utilizza come standard nello studio delle proprietà statistiche dei dati meteorologici le serie temporali di almeno 30 anni: 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990. Tali standard sono quelli considerati più opportuni per svolgere degli studi inerenti il clima ^[10].

Per quanto riguarda la completezza delle serie sebbene sia concordato da tutti la sua importanza è altrettanto comune la consapevolezza della impossibilità di raggiungere un tale livello poiché, trattando serie estese a periodi temporali molto grandi, è molto facile che alcuni dati manchino per svariati motivi come ad esempio l'interruzione dell'attività o il malfunzionamento di una stazione di misura.

SCIA ^[13] ha adottato come criterio, per individuare gli indicatori validi, quello che si basa sulla disponibilità di dati di input nel periodo di riferimento considerato non inferiore al 75% sul totale. E' stato scelto tale valore per indicare che una mancanza del 25% dei dati o meno non comporta grandi variazioni nel valore dell'indicatore ed inoltre permette di non scartare un numero eccessivo di essi. Per quanto riguarda i valori della precipitazione cumulata che per natura stessa dell'indicatore può essere considerato valido se e solo se sono disponibili tutti i dati elementari di input, SCIA ha scelto una soglia del 90% per assegnare la flag di validità all'indicatore.

3.4.3 Qualità e omogeneità dei dati

3.4.3.1 Qualità dei dati

Alla base di uno studio di spazializzazione di dati climatici è molto importante effettuare un'analisi delle serie di dati misurati poiché presenteranno sicuramente delle mancanze dovute ad errori degli strumenti di misura o di osservazione, trascrizione, trasmissione e raccolta dati. Molte sono le tecniche implementate per stimare tali dati mancanti (Creutin and Obled, 1982) e si basano nella maggior parte dei casi sulle tecniche di interpolazione

spaziale, ma anche su complessi algoritmi come il weather generators o le reti neurali artificiali (Kuligowski and Barros, 1998) ^[27].

In uno studio effettuato in Messico^[23] i dati giornalieri delle precipitazioni e delle temperature, relativi al periodo 1965-1990, sono stati “ripuliti” utilizzando un programma in Pascal che imponeva i seguenti criteri:

1. si scartano i mesi per i quali mancavano i dati di più di dieci giorni;
2. si scartano gli anni per i quali mancano i dati relativi a più di 2 mesi;
3. si scartano le stazioni che non forniscono dati per meno di 16-19 anni.

SCIA^[3] non ha effettuato nessun tipo di controllo di validità dei dati, ad eccezione di quelli forniti dalla rete dell’UGM, poiché presuppone che tali controlli siano stati effettuati precedentemente dagli organismi titolari delle reti di osservazione meteorologica. Tali organismi hanno assegnato delle flag di validità ad ogni dato e SCIA per le sue elaborazioni ha utilizzato solo quelli ritenuti validi. Per quanto riguarda la qualità dei dati della rete dell’UGM si sono basati sul principio “errori nei dati → errori nelle caratteristiche statistiche dei dati stessi”. Per ovviare a ciò hanno cercato di rilevare tali errori e di eliminarli effettuando due tipi di controlli: climatologico debole e di consistenza interna. Il primo consiste nel verificare che i dati non superino delle soglie minime e massime piuttosto blande scelte in base al tipo di variabile considerata e che comunque non si basano su analisi di tipo statistico. Ad esempio, per le precipitazioni, SCIA ha scelto le seguenti soglie:

1. soglia minima = 0;
2. soglia massima = 989.

Nel caso in cui le condizioni non siano soddisfatte allora viene assegnata una flag di dato non valido.

Il controllo di consistenza interna consiste nel confrontare più variabili tra loro correlate in uno stesso istante temporale. Ad esempio la temperatura dell’aria non potrà mai essere inferiore a quella di rugiada.

3.4.3.2 Omogeneità dei dati^[51, 52]

Lo studio dell’omogeneità dei dati è necessario al fine di eliminare i fattori esterni che possono interferire sull’analisi del dato (spostamento di una stazione o degli strumenti,

cambiamento dello apparecchio di misura, cambiamento delle procedure di calibrazione e manutenzione dei sensori, cambiamenti dei metodi di osservazione, effetti ambientali quali vegetazione non costante o sviluppo delle aree urbane).

Una serie temporale di una variabile si definisce omogenea se le sue variazioni sono conseguenza unica dei cambiamenti meteorologici e climatici. E' evidente che una tale definizione non risulta mai soddisfatta nella realtà dove è più probabile trovare serie che contengano elementi di disomogeneità. Il concetto di omogeneità climatica risale al 1950 quando fu introdotto per isolare le influenze a carattere climatico dei dati meteorologici. Si basava sul fatto che in una determinata area geografica si doveva avere lo stesso regime climatico che doveva essere rappresentato al meglio dalle stazioni che ricadevano nell'area stessa. I dati misurati da queste ultime stazioni dovevano risultare quindi correlati tra loro e differenti solo per fattori di scala. Una volta determinata una serie storica omogenea è possibile sceglierla come serie di riferimento per stimare l'accuratezza di altre serie spazialmente vicine.

La procedura di omogeneizzazione comprende:

1. analisi dei metadata¹⁰;
2. costruzione della serie di riferimento;
3. ricerca ed individuazione delle discontinuità tra la serie di riferimento e quella di test;
4. riconoscimento delle discontinuità reali dei dati da quelle false della serie di test.

Le analisi dei metadata, ovvero di tutte le informazioni storiche sulle stazioni e sugli strumenti da esse utilizzati, è necessaria per raggiungere una certa confidenza nelle applicazione delle tecniche statistiche atte al test di omogeneità dei dati stessi. Tali analisi devono essere seguite poi dal controllo di qualità dei dati, precedentemente discusso nel paragrafo 3.4.3.1, indirizzato all'eliminazione dei valori errati che potrebbero influenzare i fattori di correzione da utilizzare durante la fase di aggiustamento della serie.

Nella maggior parte dei casi la costruzione della serie di riferimento avviene calcolando per ogni anno una media pesata dei dati delle stazioni più vicine tra quelle che sono risultate omogenee dall'analisi dei dati, a volte però non è possibile costruire la serie come

¹⁰ METADATA: termine che nasce dalla fusione della parola greca meta (oltre) e la parola latina datum (fatto). Descrive come, dove, quando e da chi le informazioni sono state raccolte.

ad esempio nel caso di stazioni isolate allora si ricorre all'utilizzo di tecniche diverse che non garantiscono però risultati ottimali.

Per l'individuazione delle discontinuità tra le serie di riferimento e quella di test si effettua il controllo della omogeneità dei dati attraverso test di tipo statistico che forniscono le informazioni per decidere se accettare o no l'ipotesi formulata. In genere individuano e correggono le seguenti eterogeneità tra due segmenti di dati:

- variazioni nella media
- variazioni tra la varianza e la covarianza
- allontanamento da un modello di regressione lineare.

Tali test possono essere parametrici o non parametrici. I primi effettuano una ipotesi sulla distribuzione della popolazione dei dati mentre i secondi sono indipendenti da essa. Si riporta un elenco dei test più utilizzati:

- Standard Normal Homogeneity Test (SNHT): sviluppato da Alexanderson e Moberg, è un test parametrico che riesce a rilevare shift e trend lineari attraverso il confronto tra la serie di riferimento e quella di test.
- Multiple Linear Regression: si basa sull'applicazione successiva di quattro modelli di regressione.
- Craddock test: è un test non parametrico che valuta la variabilità nel tempo della quantità:

$$s_i = s_{i-1} + \frac{b_m}{a_m} a_i - b_i \quad (3.7)$$

Dove con a si indica la serie di riferimento, b quella di test e con a_m e b_m le rispettive medie.

- Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH): sviluppato dal Servizio Meteorologico Ungherese (HMS), è costituito da applicazioni che rilevano e valutano le disomogeneità attraverso confronti tra le serie che appartengono alla stessa area climatica.

Come test di omogeneità SCIA ha utilizzato SNHT che si basa sul definire una serie omogenea quando il rapporto o la differenza (Q) tra i valori della serie campione e quelli della serie di riferimento è approssimativamente costante nel tempo.

Inoltre il criterio secondo il quale una serie è classificata come non omogenea è quello per cui almeno una delle due condizioni seguenti non è soddisfatta (Hanssen–Bauer, 1993):

- 1) la serie contiene una non omogeneità significativa al 95%;
- 2) la serie contiene una non omogeneità significativa al 90%, confermata dal “metadata”.

Per quanto riguarda la fase di aggiustamento della serie di test è necessario dapprima identificare i valori di disomogeneità non reali procedendo ad una semplice ispezione visiva del grafico relativo alla serie e una volta stabilite le disomogeneità reali si cercano le effettive cause fisiche ispezionando i metadati. Le tecniche utilizzate per l'adeguamento dei dati omogenei sono principalmente tre:

1. per i parametri per i quali è possibile assumere le variazioni in parallelo a quelle della serie di riferimento, ad esempio la temperatura, si considera come fattore di adeguamento la differenza media tra la serie di riferimento e quella test;
2. per i parametri per i quali è possibile assumere le variazioni relative rispetto a quelle della serie di riferimento, ad esempio la precipitazione, si considera come fattore di adeguamento il rapporto medio tra i dati non omogenei e le serie di riferimento;
3. altri fattori di aggiustamento utilizzano e si basano sulla relazione di regressione.

In generale nello studiare una serie temporale è possibile seguire diversi approcci:

- ✓ tipo di distribuzione + momenti di vario ordine (media, mediana, varianza...);
- ✓ tendenza (tipo di tendenza + significatività);
- ✓ punti di cambiamento (test di Student,...);
- ✓ ciclicità (analisi spettrale).

SCIA ha scelto di considerare l'approccio della tendenza scegliendo come tecnica per la stima della tendenza dei parametri la regressione lineare e il metodo dei minimi quadrati, mentre per stimare la sua significatività ha scelto il test di Mann-Kendall che è un test statistico non parametrico.

3.5 PROPRIETA' E CONTROLLI DI ATTENDIBILITA' DEGLI INDICATORI CLIMATOLOGICI

Con il termine “indicatore climatologico”, suggerito dal sistema SCIA, si intende quello o quelli che rappresentano sia il fenomeno climatico relativo ad una determinata variabile, che la sua distribuzione statistica.

Per esempio, per le precipitazioni vengono calcolati gli indicatori: valore cumulato, valore massimo, l'occorrenza del massimo, numero di giorni con neve o di eventi temporaleschi, ect...

SCIA come la maggior parte di coloro che utilizzano indicatori e non dati elementari, non effettua alcun controllo su questi ultimi considerando che le rispettive reti di osservazione abbiano svolto tale lavoro e che abbiano contraddistinto i dati elementari con una flag di validità.

E' ovvio che prima di utilizzare gli indicatori è necessario effettuare un controllo di essi per stabilire comunque la loro attendibilità. In genere l'individuazione di valori errati all'interno di una serie climatologica di dati si basa sul concetto di *outlier* ossia di quei valori che non rientrano in un determinato range.

Per rendere la ricerca e l'individuazione degli outlier il più possibile automatica la WMO ha suggerito, nella guida di climatologia ^[10], di applicare i seguenti test di consistenza:

- a) Test di consistenza interna;
- b) Test di tolleranza;
- c) Test di consistenza temporale;
- d) Test di consistenza spaziale.

Il primo test (a) consiste nel confrontare due variabili, in qualche modo correlate, in uno stesso istante. Ad esempio la temperatura dell'aria con quella di rugiada.

Il test (b) confronta i valori di una variabile con delle soglie massime e minime nel caso in cui per queste ultime siano state definite, altrimenti si ricorre a stabilire una tabella di valori tenendo conto della posizione spaziale e del periodo temporale.

Il test di consistenza temporale (c) analizza la persistenza nel tempo dei diversi elementi climatologici. Ad esempio se si considera un indicatore mensile allora il valore mensile riferito ad un determinato anno, della serie temporale di riferimento, dovrebbe risultare congruente con quelli relativi allo stesso mese dei restanti anni della serie. (Eisched et al., 1995).

Infine il test (c) considera le variazioni nello spazio delle variabili climatiche. Stabilito un determinato istante temporale si confrontano spazialmente i valori misurati in diverse stazioni distribuite in un intorno stabilito con criteri differenti come ad esempio: distanza tra esse, quota alla quale si trovano, ect...

Nell'applicare tali test è necessario avere almeno una tra le informazioni riportate:

- scale temporali molto lunghe, ad esempio quelle trentennali, delle stazioni da controllare e di alcune a loro vicine;
- le caratteristiche principali del clima della regione ove è collocata la stazione di misura da controllare.

In generale i primi due test possono essere considerati controlli logici, mentre il penultimo come un controllo climatologico e l'ultimo come un controllo spaziale.

Nell'applicare tali test è necessario assumere delle soglie di attendibilità dei dati differenti a seconda del tipo di studio da effettuare. Ad esempio SCIA^[4] ha scelto il criterio che se da una parte minimizza il numero di dati apparentemente validi, scartati dal controllo di qualità, dall'altra massimizza l'identificazione di possibili dati erronei, mentre per quanto riguarda l'analisi della variabilità spaziale per identificare le zone con caratteristiche simili, hanno scelto di utilizzare due metodi:

- ✓ analisi cluster;
- ✓ empirical orthogonal function (EOF).

Il raggruppamento degli indicatori in cluster è stato effettuato seguendo tali criteri:

- il territorio nazionale è stato suddiviso in tre aree geografiche: nord, centro, sud e isole;
- l'anno è stato considerato suddiviso in tre stagioni: inverno, estate, autunno-primavera;
- la quota sul livello del mare delle stazioni di misura è stata suddivisa in 3 o 4 classi;
- la distanza dal mare o meglio la vicinanza delle stazioni ad esso è stata raggruppata in 2 classi.

Una volta svolti i controlli ed individuati i valori degli indicatori da scartare, è possibile eliminarli e ricostruire la serie dei dati sia mancanti all'origine che quelli successivamente

eliminati. A tal riguardo per la costruzione della carta climatica e dell'atlante climatologico della Sicilia^[47] è stata effettuata la ricostruzione dei dati attraverso un calcolo preliminare del grado di correlazioni tra tutte le possibili coppie di stazioni di misura limitrofe per i quali si aveva disponibilità dei dati validi. Se si constatava un elevato grado di correlazione tra una stazione e almeno due ad essa vicine, allora veniva applicata la regressione lineare tra le coppie di valori validi.

Ricostruiti i dati è possibile determinare una serie di indici statistici sia sintetici (media aritmetica, mediana) che di dispersione relativi alla variabilità della distribuzione dei dati (coefficienti di variazione) per ottenere maggiori informazioni riguardo ad essi. Inoltre è possibile svolgere un'analisi di probabilità, che caratterizza meglio la climatologia dello studio, attraverso i quantili o centili.

CAPITOLO 4

TECNICHE DI TRATTAMENTO DEI DATI PER LA COSTRUZIONE DELL'I_A

4.1 INTRODUZIONE

In questo capitolo si introducono i concetti teorici di base per comprendere e analizzare le diverse tecniche di trattamento dei dati relativi ad una variabile quando sono noti in alcuni punti di un dominio di interesse e si vogliono determinare tutti i valori della variabile stessa sull'intero dominio, quindi quando è necessario spazializzare gli stessi. Nel lavoro di tesi le spazializzazioni che si applicheranno serviranno per determinare o meglio stimare l'indice di aridità che è stato esposto nel capitolo 3, ma queste tecniche possono essere applicate anche per variabili diverse e in moltissimi campi scientifici. Le diverse tecniche di spazializzazione verranno distinte in deterministiche e stocastiche, ma prima di esporle si riportano alcuni concetti base di geostatistica che permetteranno di comprendere meglio quelle stocastiche.

4.2 INTRODUZIONE ALLA GEOSTATISTICA

La Geostatistica è una branca della statistica spaziale che studia i fenomeni naturali considerando la variabilità spaziale dei parametri che spiegano tali fenomeni e dei quali sono noti alcuni campionamenti in differenti zone del dominio di interesse.

Sviluppatasi in ambito minerario è oramai largamente diffusa in molti altri settori scientifici sia dal punto di vista teorico, che metodologico e tecnico. Qui di seguito si riporta una breve lista di tali settori :

- ✓ le scienze geologiche e minerarie;
- ✓ l'idrologia;
- ✓ l'idrogeologia;
- ✓ la scienza dei suoli;
- ✓ l'agronomia;
- ✓ la geotecnica;
- ✓ la geofisica;

- ✓ il telerilevamento;
- ✓ la climatologia;
- ✓ la meteorologia;
- ✓ l'oceanografia;
- ✓ le scienze forestali;
- ✓ la zoologia;
- ✓ l'epidemiologia;
- ✓ l'igiene ambientale.

4.2.1 Concetti fondamentali: teoria delle variabili aleatorie

La geostatistica si basa su modelli di tipo probabilistico poiché noti i dati campionati di alcune variabili regionalizzate $z(x)$, è possibile considerarle come una realizzazione di una funzione random $Z(x)$.

Il modello relativo a tale funzione può essere rappresentato dal seguente schema:

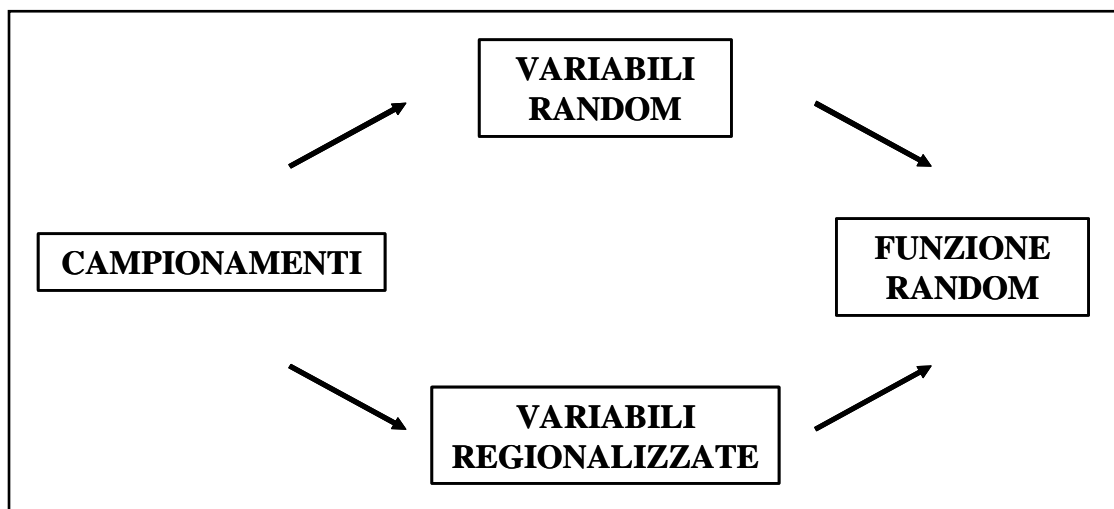


Figura 4.1: *Modello della funzione random (funzione aleatoria).* [54]

Consideriamo un dominio D nel quale siano noti i campionamenti in determinati punti e la cui distribuzione spaziale risulti irregolare. Allora con il termine **variabili regionalizzate (VR)** si indicano le n osservazioni $z(x_\alpha)$ con $\alpha = 1, \dots, n$ misurate alle locazioni x_α , risulta quindi una variabile di tipo deterministico. Inoltre tale insieme di valori $\{z(x), x \in D\}$ può

essere visto come un disegno di un infinito set di **variabili random**. La famiglia di

quest'ultime $\{ Z(x), x \in D \}$ corrisponde alla **funzione random**. Segue da ciò che le variabili regionalizzate sono una realizzazione della funzione random.

Consideriamo nel dominio di interesse D un punto generico x_0 nel quale si possono avere campionamenti, la funzione random corrispondente $Z(x_0)$, detta anche variabile aleatoria, genera una realizzazione secondo una distribuzione cumulativa F di tipo probabilistico:

$$P(Z(x_0) \leq z) = F_{x_0}(z) \quad (4.0)$$

Dove con P si intende la probabilità che il risultato di Z nel punto x_0 sia inferiore di un certo valore fissato z .

Si ricorda che la funzione di distribuzione cumulata F è l'integrale in z della funzione di densità di probabilità f dalla quale si ottiene la probabilità di uscita di quel valore.

L'equazione precedente nel caso in cui si avesse una funzione di distribuzione multivariabile per n variabili random situate in n differenti punti diventa:

$$F_{x_1, \dots, x_n}(z_1, \dots, z_n) = P(Z(x_1) \leq z_1, \dots, Z(x_n) \leq z_n) \quad (4.1)$$

Tale insieme di funzioni costituisce la legge spaziale della funzione aleatoria $Z(x)$.

Nella pratica non è necessario e soprattutto non è possibile individuare tale legge quindi si preferisce individuare alcuni parametri o momenti.

E' evidente che questo tipo di approccio è soltanto un modello per rappresentare i fenomeni naturali che di per se risultano molto più complessi. E' necessario quindi scegliere un modello e considerare il problema metodologico che insorge e che prende il nome di **inferenza statistica** che consiste sostanzialmente nello stimare i parametri caratteristici del fenomeno tramite alcuni dati forniti dai campionamenti in sito. Come in tutti i campi di applicazione dove si utilizzano dei modelli sarà necessario accompagnarli da alcune ipotesi fondamentali che si illustrano nel paragrafo (4.2.2).

4.2.2 Ipotesi di ergodicità e stazionarietà del processo stocastico

Il processo stocastico dovrà essere ergodico ossia quello che genera realizzazioni tali da riuscire ad eseguire l'inferenza dei parametri caratteristici del fenomeno modellato con il processo stocastico.

Un'altra caratteristica del modello della funzione aleatoria è la stazionarietà.

Entrambe le condizioni da imporre al modello valgono sicuramente per la funzione aleatoria, ma non sono necessariamente soddisfatte dalle variabili regionalizzate e quindi dai dati.

Si possono avere differenti tipi di stazionarietà:

1. stazionarietà in senso stretto: è l'invarianza per traslazione della legge spaziale del processo aleatorio;
2. stazionarietà del secondo ordine: si verifica se sono soddisfatte le due condizioni seguenti:

- ✓ il momento primo esiste ed è invariante rispetto alla posizione x :

$$m = E[Z(x)] \quad (4.2)$$

- ✓ la covarianza esiste e non dipende dai punti, ma solo dal vettore h che li unisce:

$$C(x_1, x_2) = C(h) \quad (4.3)$$

3. stazionarietà intrinseca: è una forma di stazionarietà meno restrittiva che permette di raggiungere l'inferenza sebbene non esista la funzione covarianza conseguenza del fatto che a volte nella pratica la varianza cresce all'aumentare dell'area considerata.

4.2.2.1 Modelli stazionari, non stazionari, quasi stazionari e intrinseci

Secondo le differenti definizioni di stazionarietà si possono distinguere quattro differenti classi di modelli:

- ✓ Modelli stazionari: appartengono ad essi quelli che soddisfano o l'ipotesi di stazionarietà in senso stretto o quella del secondo ordine;
- ✓ Modelli non stazionari: sono quelli che non soddisfano le condizioni (4.2) e (4.3) che caratterizzano le ipotesi di stazionarietà del secondo ordine. Quindi appartengono ad essi tutti i modelli che soddisfano almeno una delle due condizioni seguenti:

- a) il momento primo $m(x) = E[Z(x)]$ non è costante;

- b) la funzione covarianza o non esiste (perché non esiste la varianza) o non è invariante a traslazione.
- ✓ Modelli quasi stazionari: sono quelli per i quali pur non essendo il momento primo $m = E[Z(x)]$ costante, varia debolmente e quindi può essere considerato costante nei domini di dimensioni non inferiori al vicinaggio.
 - ✓ Modelli intrinseci: sono quelli per i quali la funzione aleatoria $Z(x)$ non è stazionaria, mentre lo sono i suoi incrementi. Il processo può essere quindi modellato attraverso una funzione aleatoria intrinseca.

4.2.3 Momenti della Funzione Aleatoria

La maggior parte delle operazioni geostatistiche richiedono la conoscenza solo dei primi due momenti della funzione aleatoria:

- ✓ Momento del primo ordine
- ✓ Momento del secondo ordine

Qui di seguito si fornisce una breve spiegazione di essi sotto l'ipotesi di stazionarietà del secondo ordine ossia nel caso di modelli stazionari.

4.2.3.1 Momento del primo ordine: il valore atteso

Con Momento del primo ordine si intende il valore atteso (o speranza matematica) definito come la media pesata dei possibili risultati della variabile aleatoria dove i singoli pesi dei risultati vengono associati alla probabilità che si ottengano.

Si riporta l'espressione matematica di riferimento:

$$m = E[Z(x)] \tag{4.4}$$

Dove $Z(x)$ indica la variabile aleatoria.

4.2.3.2 Momento del secondo ordine: varianza, covarianza, correlogramma e variogramma

Con il termine Momento del secondo ordine si intende invece la varianza nel caso di funzione di distribuzione cumulativa univariata altrimenti nel caso in cui sia una funzione bivariata si fa riferimento alla covarianza (o covariogramma), correlogramma e variogramma.

4.2.3.2.1 Varianza

Con varianza di una variabile aleatoria si intende il valore atteso degli scarti quadratici medi:

$$\sigma^2 = \text{Var}\{Z(x)\} \quad (4.5)$$

4.2.3.2.2 Covarianza

Definiamo con

$$h = x_1 - x_2 \quad (4.6)$$

il vettore che unisce due punti generici del dominio di interesse D .

La covarianza di una variabile aleatoria si definisce sulle basi dell'ipotesi di stazionarietà del Momento del secondo ordine della funzione aleatoria:

$$\begin{cases} E[Z(x)] = m & \text{per tutte le } x \in D \\ E[Z(x) \cdot Z(x+h)] - m^2 = C(h) & \text{per tutte le } x, x+h \in D \end{cases} \quad (4.7)$$

Nel sistema precedente dall'equazione relativa alla covarianza appare evidente che essa non dipende dalla posizione dei punti, ma solo dalla loro distanza h . Inoltre per valori di $x_1 \rightarrow x_2$ e quindi per $|h| \rightarrow 0$ il valore della covarianza esiste ed è pari alla varianza:

$$C(x_1, x_1) = \text{Var}(x_1) = C(0) \quad (4.8)$$

La funzione covarianza soddisfa anche le seguenti proprietà:

- ✓ $C(h) = C(-h)$ è una funzione pari;
- ✓ $C(0) = \text{Var}[Z(x)] \geq 0$ ossia nel punto $|h| = 0$ assume sempre valori positivi;
- ✓ $C(h) \leq C(0)$ vale quindi la disuguaglianza di Schwartz.

Inoltre è una funzione che tende a decrescere poiché all'aumentare della distanza tra i punti la correlazione tra le variabili $Z(x)$ e $Z(x+h)$ si indebolisce. In figura (4.2) si illustra l'andamento generale decrescente della funzione covarianza.

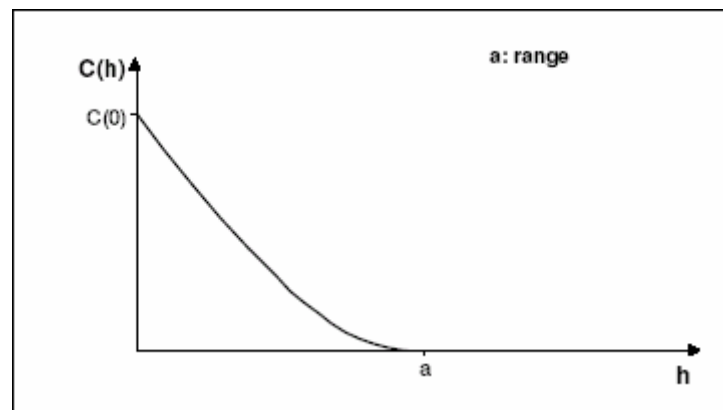


Figura 4.2: Andamento generale della funzione covarianza. ^[45]

4.2.3.2.3 Funzione di correlazione o correlogramma

Se si divide la funzione covarianza con la varianza se ne ottiene un'altra denominata funzione di correlazione o correlogramma:

$$\rho(h) = \frac{C(h)}{C(0)} \quad (4.9)$$

Si riportano qui di seguito le principali proprietà di tale funzione:

1. $\rho(0) = 1$;
2. $|\rho(h)| \leq 1$;
3. funzione di tipo positivo.

4.2.3.2.4 Variogramma teorico

Infine si definisce la funzione variogramma teorico in base alle ipotesi intrinseche ossia ad una forma ridotta delle ipotesi di stazionarietà intrinseca del secondo ordine:

1. la media degli incrementi $m(h)$, denominata drift, è invariante rispetto a qualsiasi traslazione di un dato vettore all'interno del dominio di interesse;
2. la varianza degli incrementi ha un valore finito pari a $2\gamma(h)$ che dipende dalla lunghezza e orientazione del vettore h , ma non dalla sua posizione nel dominio.

Perciò dal seguente sistema (4.10)

$$\begin{cases} E[Z(x+h) - Z(x)] = m(h) = 0 \\ \text{var}[Z(x+h) - Z(x)] = 2\gamma(h) \end{cases} \quad (4.10)$$

segue che la funzione variogramma può essere espressa nel modo seguente:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} \quad (4.11)$$

Quindi il variogramma alla distanza h coincide, a meno del fattore numerico $\frac{1}{2}$, con la media degli incrementi quadrati di $Z(x)$ di entità pari al vettore h .

Le principali proprietà della funzione variogramma sono:

- ✓ $\gamma(h) = \gamma(-h)$ è una funzione pari;
- ✓ $\gamma(0) = 0$ per definizione assume valore zero all'origine;
- ✓ $\gamma(h) \geq 0$ è una funzione positiva;
- ✓ $\lim_{|h| \rightarrow \infty} \frac{\gamma(h)}{|h|^2} = 0$ ossia cresce lentamente rispetto al quadrato del modulo della distanza.

E' possibile dedurre il variogramma dalla funzione covarianza mediante la seguente equazione:

$$\gamma(h) = C(0) - C(h) \quad (4.12)$$

In figura (4.3) si illustra contemporaneamente l'andamento della funzione covarianza $C(h)$ e di quella variogramma $\gamma(h)$. Generalmente l'equazione (4.12) non può essere applicata al contrario poiché non è detto che il variogramma sia sempre delimitato.

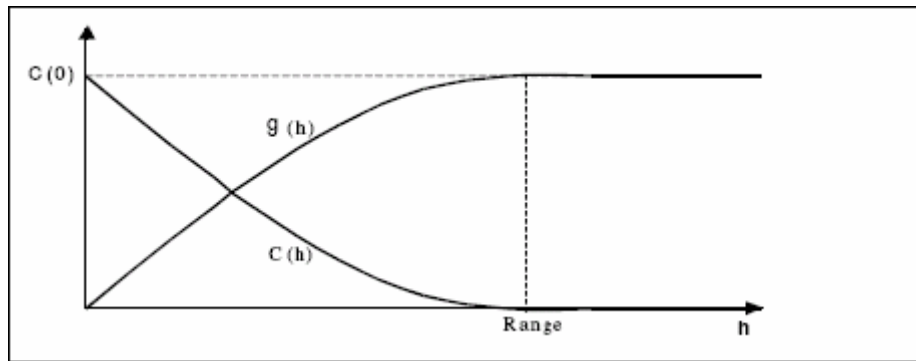


Figura 4.3: Andamento funzione covarianza e funzione variogramma. ^[45]

Applicando l'equazione (4.12) appare evidente che la funzione variogramma è delimitata dalla varianza.

4.2.4 Modellazione del variogramma nel caso di stazionarietà, quasi stazionarietà e stazionarietà intrinseca

Per la Geostatistica la funzione più utilizzata nella pratica è il variogramma poiché può essere utilizzato tanto in caso di stazionarietà che di quasi stazionarietà e stazionarietà intrinseca. Nell'affrontare uno studio geostatistico è necessario, una volta analizzati i dati, determinare e interpretare il variogramma sperimentale per poi scegliere la tipologia di modello della funzione aleatoria.

4.2.4.1 Determinazione dei variogrammi sperimentali

Ricordando la formulazione del variogramma per i modelli stazionari, quasi o intrinseci (4.11) è possibile determinare una stima diretta a partire dai valori campionati rendendo così piuttosto semplice l'inferenza della funzione variogramma.

La stima della funzione variogramma viene effettuata sulla base dei dati campionati del parametro oggetto dello studio. E' evidente che tali dati possono essere stati campionati in

punti del dominio che formano delle maglie regolari o come accade più spesso nella pratica hanno una distribuzione a maglia irregolare.

Nel primo caso, quando si ha una distribuzione a maglia regolare, se le funzioni aleatorie presentano stazionarietà degli incrementi $Z(x+h)-Z(x)$ e non presentano deriva, il variogramma viene calcolato direttamente come media degli incrementi quadrati misurati a distanza h .

Sia r il lato della maglia e x_i, x_{i+r} le posizioni dei due punti distanti tra loro r e allineati secondo la direzione X allora il variogramma sperimentale alla distanza r nella direzione X assume la seguente forma:

$$\gamma^*(r) = \sum_{i=1}^{N_r} [z(x_{i+r}) - z(x_i)]^2 \quad (4.14)$$

dove N_r indica il numero di coppie dei punti allineati tra loro, a distanza r nella direzione X .

Applicando la stessa metodologia è possibile determinare il variogramma anche per le distanze $2r, 3r, \dots$ e per la direzione Y . Nel caso in cui si volesse determinare il variogramma nella direzione a 45° allora è necessario considerare le distanze: $r\sqrt{2}, 2r\sqrt{2}, 3r\sqrt{2}, \dots$

Nel caso in cui si abbiano maglie irregolari l'approccio adottato risulta leggermente diverso poiché è possibile che non sia presente alcuna coppia nella direzione Φ lungo la quale si vuole determinare il variogramma. E' necessario quindi introdurre delle tolleranze sia per la distanza r che per la direzione Φ che denomineremo rispettivamente con Δr e $\Delta\Phi$. Tali tolleranze assumono valori differenti in base alla quantità di dati campionati.

Il variogramma ad una distanza r nella direzione Φ si determina considerando tutte le coppie di punti campionati separati da una distanza compresa tra $r-\Delta r$ e $r+\Delta r$ e allineate lungo una direzione compresa tra $\Phi-\Delta\Phi$ e $\Phi+\Delta\Phi$.

In generale nel determinare il variogramma sperimentale, in modo da utilizzare tutte le coppie dei punti campionati presenti nel dominio di interesse, si fa riferimento alle distanze multiple di quella di base detta "passo" considerando per la tolleranza Δr un valore pari a metà del passo e valutandolo secondo quattro direzioni, poste perpendicolarmente tra loro, con un valore di $\Delta\Phi=22.50^\circ$.

4.2.4.2 Identificazione del modello della funzione aleatoria

Una volta noto il variogramma sperimentale è necessario scegliere il variogramma “modello” che più si avvicina ai dati sperimentali ossia è necessario effettuare l’inferenza del processo stocastico attraverso una funzione o combinazione di funzioni matematiche già note.

Nel caso in cui il variogramma sperimentale presenta delle fluttuazioni intorno ad un valore costante pressoché uguale al valore della varianza empirica vuol dire che il fenomeno può essere rappresentato da un modello stazionario. Ricordando che per un tale modello la funzione variogramma è strettamente collegata alla funzione covarianza tramite la relazione seguente:

$$\gamma(h) = C(h) - C(0) \quad (4.14)$$

dove $C(0)$ è il valore di soglia che corrisponde alla varianza della funzione aleatoria $Z(x)$.

Situazione molto frequente nella pratica è quella in cui il variogramma sperimentale pur raggiungendo, per un breve tratto, un valore di soglia, si discosta poi da esso crescendo indefinitivamente. In tal caso è opportuno utilizzare un modello di funzione aleatoria quasi-stazionaria e quindi il valore della soglia non corrisponderà più a quello della varianza empirica dei dati campionati che in questo caso ingloba la variabilità della variazione sistematica.

Accade spesso che i fenomeni naturali che si studiano presentino stazionarietà lungo una direzione e non stazionarietà in un'altra.

Andamenti parabolici del variogramma stabiliscono la presenza di una deriva ossia di una variazione sistematica del geopotenziale.

Oltre ai modelli limitati che presentano una soglia esistono anche quelli che ne sono privi, caratteristica questa che indica la non esistenza della funzione covarianza. Questi ultimi possono avere un comportamento tanto parabolico quanto lineare.

Nel caso in cui il variogramma sperimentale non presenti un valore di soglia e abbia un andamento parabolico cioè la media della variabile non presenta un trend allora il modello da utilizzare è quello in condizioni di stretta intrinsecità per il quale gli incrementi a distanza h risultano stazionari.

4.2.4.3 Parametri principali del variogramma

In questo paragrafo si illustrano i principali parametri che caratterizzano un variogramma e dai quali dipendono i risultati dell'analisi geostatistica che si effettua.

Con il termine inglese **sill**, corrispettivo francese di *paliér*, si intende il massimo valore della varianza ossia di ogni componente spaziale che rappresenta la dispersione della variabile che compete a quella scala. Nella pratica corrisponde al valore di soglia o asintoto del variogramma. In generale i processi stazionari in senso debole presentano un sill che coincide con la $C(0)$ ossia al valore della covarianza per $h=0$.

Altro parametro che caratterizza il variogramma è il **range**, che corrisponde al termine francese di *portée*, che indica il limite di dipendenza spaziale. Nella pratica corrisponde alla distanza h per la quale $C(h) \cong 0$ ossia quella in cui si raggiunge il valore di soglia.

Nel caso dei modelli lineari il termine $\frac{sill}{range}$ fornisce la pendenza della retta.

Teoricamente ad una distanza $h=0$ il variogramma dovrebbe assumere valore zero, ma a volte capita che per distanze infinitesime presenti un effetto nugget ossia valori maggiori di zero. Con il termine di **nugget effect** o *effet pépité* nella terminologia francese si intende l'errore potenziale nel campionamento o di altre componenti casuali. Nella pratica corrisponde all'intercetta dell'asse y . Essendo molto importante la parte iniziale del variogramma è necessario stimare correttamente il valore del nugget.

Il criterio di Akaike (1974) suggerisce che per le variabili regionalizzate, la media climatologica e la topografia i modelli privi dell'effetto nugget sono molto più plausibili e comunque è bene che la stima di tale parametro sia un valore molto piccolo rispetto alla varianza.

Noti il sill e il nugget effect si può definire il **sill parziale** (o scale C) come il sill totale meno l'effetto nugget.

Si riporta in figura (2.4) uno schema di variogramma nel quale si evidenziano i principali parametri che lo caratterizzano.

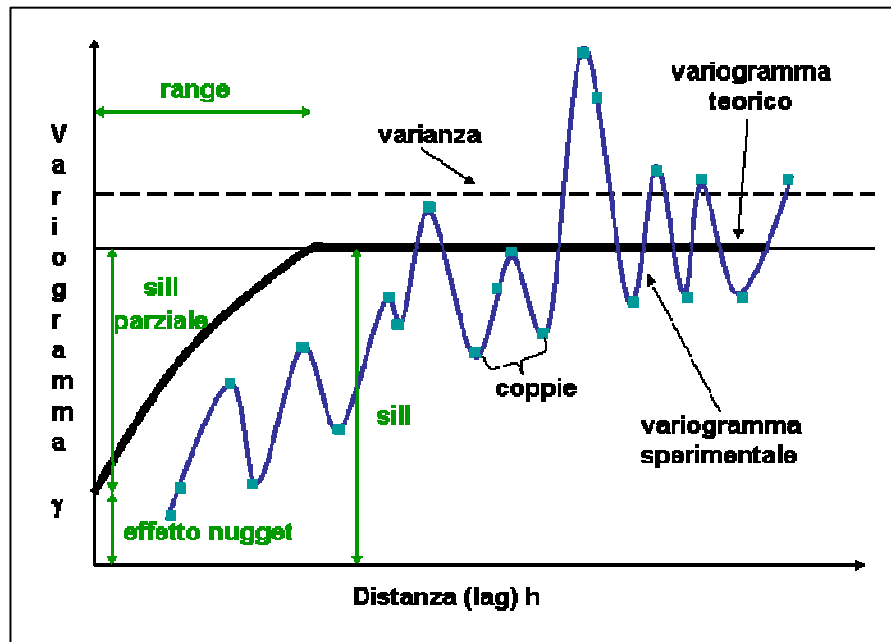


Figura 4.4: Schema del variogramma e relativi parametri caratteristici.

4.2.4.4 Comportamento nell'origine del variogramma

Aspetto molto importante in un variogramma è quello del suo andamento nell'origine che può assumere comportamenti diversi. Nel seguito si illustrano tali andamenti:

1. comportamento parabolico: caratteristico delle variabili che presentano un'elevata regolarità e continuità spaziale. Dal punto di vista matematico la funzione variogramma risulta derivabile due volte nell'origine mentre la variabile $v(x)$ è solo derivabile;
2. comportamento lineare: per il quale il variogramma e la variabile $v(x)$ non sono più derivabili, ma quest'ultima risulta continua.
3. discontinuità nell'origine: questo è il caso, come già detto nel paragrafo precedente, in cui il variogramma non assume valore zero per valori di $h \rightarrow 0$ cioè quando si è in presenza dell'effetto nugget o effetto pepita. Si tratta di una discontinuità locale del variogramma nell'origine che può essere associata al concetto fisico di rumore di fondo.

Elencati i possibili comportamenti del variogramma nell'origine è opportuno domandarsi come sia possibile riscontrare uno di essi noto il variogramma sperimentale. Per far ciò è

opportuno effettuare uno studio più accurato ossia è necessario eseguire un campionamento del fenomeno a piccola scala.

4.2.4.5 Modelli del variogramma

Una volta analizzato il comportamento del variogramma nell'origine esso può seguire, all'aumentare di h , due strade principali ossia può o non può essere limitato.

Esistono diversi modelli con i quali è possibile determinare il variogramma alcuni dei quali sono stati descritti da McBratney e Webster (1986) o in molti libri di geostatistica.

Tali modelli possono essere classificati in due grandi categorie:

- a) **Boundend:** modelli che raggiungono una soglia ossia presentano un sill;
- b) **Unbounded:** modelli per i quali la varianza cresce con l'area considerata quindi i variogramma aumentano indefinitivamente risultando così privi del sill e del range.

Nel primo caso la funzione aleatoria, rappresentata dal variogramma, risulta stazionaria o quasi-stazionaria, mentre nel secondo caso la funzione aleatoria è di tipo intrinseca. In quest'ultimo caso la modellizzazione geostatistica può avvenire con due approcci differenti, ma che in entrambi i casi cercano di ricondursi a qualcosa di stazionario attraverso la dicotomia, che come si vedrà nel paragrafo (4.2.5) successivo condurrà alla metodologia del Kriging Universale (Matheron, 1969; Chauvet, 1991), o la FAI-k (funzione aleatoria intrinseca di ordine k).

Per entrambe le due categorie l'andamento del variogramma in funzione della distanza può assumere comportamenti diversi in funzione alla variabilità spaziale del fenomeno oggetto di studio.

Per rendere più facile la descrizione di tali fenomeni la geostatistica utilizza diverse funzioni matematiche atte e adatte a descrivere il variogramma sperimentale. Queste funzioni matematiche vengono denominate modelli o schemi di variogramma.

Nel seguito si illustrano tali modelli raggruppabili nelle due categorie precedentemente classificate.

Alla categoria dei boundend o “limitati” appartengono:

- ✓ Modello lineare con sill^[54]:
sono quelli che soddisfano il seguente sistema

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left(\frac{h}{a} \right) & \text{per } h < a \\ c & \text{per } h \geq a \end{cases} \quad (4.15)$$

Dove con c si indica il valore del sill, con a il valore del range e h la distanza o lag.

✓ Modello Sferico^[45]:

è il modello rappresentato dal seguente sistema

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left\{ \frac{3r}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \right\} & \text{per } r = |h| \leq a \\ c & \text{per } r = |h| \geq a \end{cases} \quad (4.16)$$

Dove con r si indica il modulo della distanza h , a il range e c il sill.

Questo modello è quello maggiormente utilizzato ed è caratterizzato da un comportamento lineare nell'intorno dell'origine ed esattamente con una pendenza pari a $1.5c/a$.

Si preferisce utilizzare tale modello quando si ha un chiaro nugget e sill, ma con un range graduale. Il suo utilizzo è appropriato per rappresentare variabili caratterizzate da un alto livello di variabilità di piccoli range.

✓ Modello Gaussiano^[45]:

Tale modello presenta un comportamento parabolico nell'origine e quindi parte con tangente orizzontale dal nugget per poi assumere un andamento crescente concavo per piccole distanze h e giungere asintoticamente, con un range infinito, al valore del sill con un andamento decrescente concavo. Per tali motivi questo modello e quello esponenziale, che verrà illustrato successivamente, sono classificati nella categoria dei modelli “boundend asymptotic” ossia dei modelli limitati asintoticamente.

Per entrambi tali modelli si introduce un range pratico indicato con $a' = a\sqrt{3}$ che corrisponde alla distanza alla quale viene raggiunto il 95% del sill. Tale condizione è stata introdotta per tener conto della distanza entro cui si manifesta la correlazione e anche per poterli confrontare con altri modelli.

Generalmente si utilizza per variabili spazialmente continue e si presenta nella seguente forma:

$$\gamma(h) = c \left[1 - e^{\left(\frac{-r^2}{a^2} \right)} \right] \quad r = |h| \geq 0 \quad (4.17)$$

dove $a = a' / \sqrt{3}$ è il parametro che indica il range effettivo e non quello pratico.

✓ Modello circolare ^[20]:

Anche tale modello è caratterizzato da un sill c e range a e presenta la seguente forma:

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left\{ \frac{2h}{\pi a} \sqrt{1 - \left(\frac{h}{a} \right)^2} + \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{h}{a} \right) \right\} & \text{per } h < a \\ c & \text{per } h \geq a \end{cases} \quad (4.18)$$

✓ Modello esponenziale ^[45]:

Tale modello è simile al modello gaussiano nel senso che non raggiunge mai il valore del sill se non asintoticamente, quindi con un range infinito. Anche in questo caso si utilizza e si fa riferimento al range pratico piuttosto che a quello effettivo per tener conto del fatto che non si raggiunge mai il sill. Si ricorda che il range pratico è pari a $a' = 3a$ dove a indica il range effettivo.

Tale metodo presenta un comportamento lineare nell'origine del variogramma con una pendenza pari a c/a , caratteristica comune al modello sferico e perciò come già detto per questo ultimo il suo utilizzo è appropriato per rappresentare variabili

caratterizzate da un alto livello di variabilità di piccoli range. Si riporta nel seguito l'equazione (4.19) relativa a tale modello:

$$\gamma(h) = c \left\{ 1 - e^{\left(\frac{-r}{a} \right)} \right\} \quad \text{per } r = |h| \geq 0 \quad (4.19)$$

con a range pratico quindi il range effettivo è pari a 3a.

Per esempio se il range effettivo è stimato 120 allora il parametro a=40.

Alcuni autori usano porre nella equazione (4.19) 3h per poter considerare così direttamente il range effettivo.

Tale metodo, utilizzato comunemente nella pratica, si applica quando l'autocorrelazione spaziale decresce esponenzialmente all'aumentare della distanza.

- ✓ Modello cubico ^[19](Galli et al.,1984; Chile`s and Delfiner, 1999, p. 84)

$$g(h) = \begin{cases} 7\left(\frac{h}{a}\right)^2 - 8.75\left(\frac{h}{a}\right)^3 + 3.5\left(\frac{h}{a}\right)^5 - 0.75\left(\frac{h}{a}\right)^7 & \text{se } h \leq a \\ 1 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (4.20)$$

Tale modello mostra un andamento parabolico all'origine e viene preferito al modello Gaussiano perché non permette instabilità numeriche nel risolvere il sistema di Kriging. A suo svantaggio presenta il fatto di non fornire nessuna informazione sulla variabilità della variabile primaria in condizioni di piccole distanze ed è per questo che è consigliata l'utilizzazione di quelle secondarie.

- ✓ Modello Nugget o Pepita ^[54]:

E' un modello che nella pratica viene spesso combinato con uno degli altri per adattare il più possibile il variogramma sperimentale a quello teorico.

Caratteristica fondamentale è quella di avere un sill con range uguale a zero e di presentare ed esprimere una discontinuità nell'origine del variogramma. Si riporta di seguito il sistema corrispondente:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & \text{per } h = 0 \\ c & \text{per } h > 0 \end{cases} \quad (4.21)$$

✓ Modello effetto buco ^[45]:

Modello che presenta l'andamento di un esponenziale, ma con una forma oscillatoria di periodo $T=1/f$.

$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp\left(\frac{-r}{a}\right) \cos(2\pi f r) \right] \quad \text{per } r = |h| \geq 0 \quad (4.22)$$

con

r = modulo della distanza h ;

a = parametro che indica la distanza alla quale è stato circoscritto l'effetto "buco" al 95%;

c = valore del sill;

f = frequenza dell'oscillazione.

Tale modello alleggerisce l'effetto "buco" ma risulta di difficile applicazione.

Alla categoria dei unboundend o "non-limitati" appartengono:

✓ Modello potenza ^[19]:

è quello che si presenta nella seguente forma:

$$\gamma(h) = \omega r^\theta \quad \text{con } r = |h| > 0 \quad \text{e } 0 < \theta < 2 \quad (4.23)$$

Con θ parametro che indica la percentuale di cambiamento della varianza in funzione della distanza. Per valori di $\theta < 1$ aumenta l'andamento della convessità, mentre per valori di $\theta > 1$ decresce la concavità. In questo modello θ aumenta fino ad assumere valore 2 rendendo il comportamento del variogramma nell'origine sempre più regolare ossia rappresenta una funzione aleatoria sempre più regolare. In tali casi l'utente è tenuto a scegliere tra considerare la funzione aleatoria stazionaria o con deriva.

Nella pratica è più diffuso l'utilizzo del modello lineare ($\theta=1$) che assume la seguente equazione:

$$\gamma(h) = \omega r \quad \text{con } r = |h| > 0 \quad (4.24)$$

con ω pendenza nell'origine.

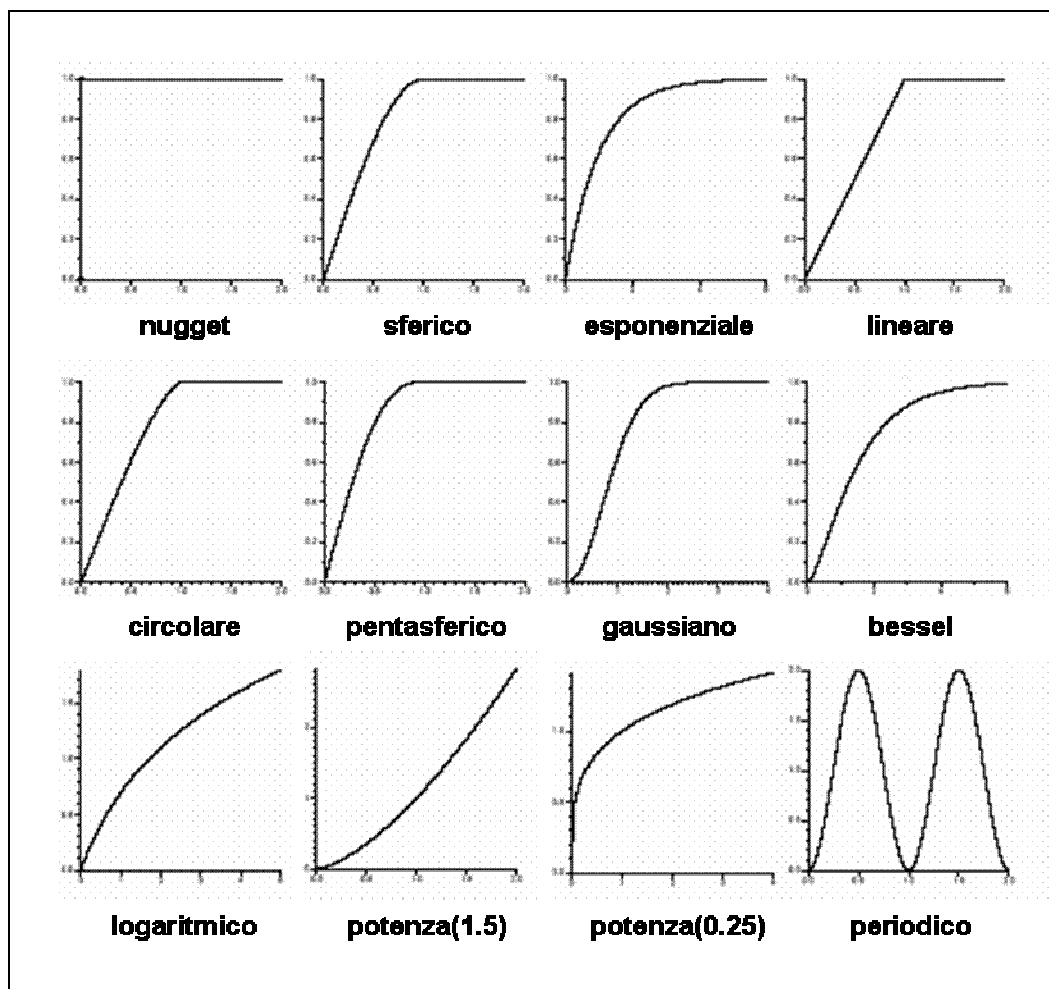
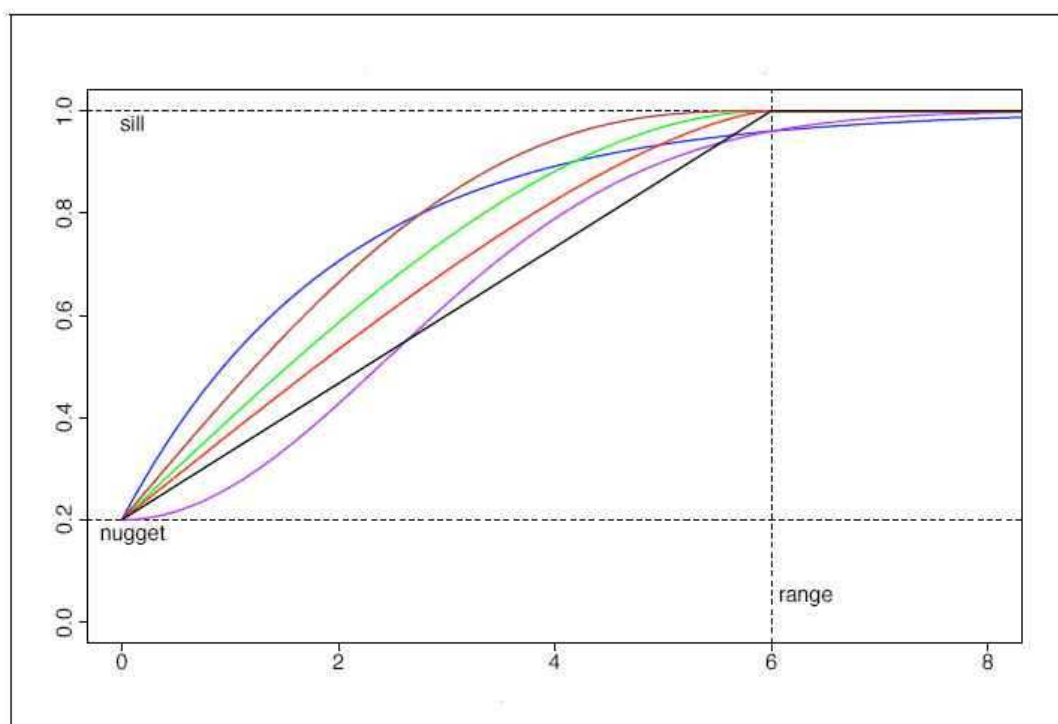
Tale modello non presenta un valore di soglia (sill) ed è caratterizzato da un esponente e da un coefficiente angolare.

Esiste inoltre un altro tipo di modello non classificabile nelle due categorie precedenti, ma che risulta ugualmente importante nello studio geostatistico dei fenomeni periodici, è il modello periodico del quale si fornisce qui nel seguito una breve illustrazione:

$$\gamma(h) = \xi \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot r\right) \right] \quad \text{con } \xi \geq 0 \quad e \quad r = |h| \geq 0 \quad (4.25)$$

Tale modello non raggiunge mai un valore di soglia neanche all'infinito quindi non ammette sill e la correlazione spaziale non si estingue mai. In ogni modo non cresce indefinitamente ma è limitato dal valore di ξ (ampiezza dell'oscillazione). Il parametro T indica il periodo del variogramma.

Si riportano in figura (4.5) i grafici relativi ad alcuni dei modelli di variogramma più diffusi ed in figura (4.6) un grafico che illustra e confronta alcuni di essi. Infine si riportano nella tabella (4.1) l'elenco riassuntivo delle diverse equazioni relative ai modelli di variogramma menzionati precedentemente.

Figura 4.5: Variogrammi teorici. ^[14]Figura 4.6: Confronto tra alcuni variogrammi teorici. ^[49]

Modello	$\gamma(h)$	range h
Lineare con sill	$\begin{cases} c \left(\frac{h}{a} \right) \\ c \end{cases}$	$\begin{cases} h < a \\ h \geq a \end{cases}$
Sferico	$\begin{cases} c \left\{ \frac{3r}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \right\} \\ c \end{cases}$	$\begin{cases} r = h \leq a \\ r = h \geq a \end{cases}$
Gaussiano	$c \left[1 - e^{\left(-\frac{r}{a} \right)} \right]$	$r = h \geq 0$
Circolare	$\begin{cases} c \left\{ \frac{2h}{\pi a} \sqrt{1 - \left(\frac{h}{a} \right)^2} + \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{h}{a} \right) \right\} \\ c \end{cases}$	$\begin{cases} h < a \\ h \geq a \end{cases}$
Esponenziale	$c \left\{ 1 - e^{\left(-\frac{r}{a} \right)} \right\}$	$r = h \geq 0$
Cubico	$\begin{cases} 7 \left(\frac{h}{a} \right)^2 - 8.75 \left(\frac{h}{a} \right)^3 + 3.5 \left(\frac{h}{a} \right)^4 - 0.75 \left(\frac{h}{a} \right)^5 \\ 1 \end{cases}$	$\begin{cases} h \leq a \\ h > a \end{cases}$
Nugget	$\begin{cases} 0 \\ c \end{cases}$	$\begin{cases} h = 0 \\ h > 0 \end{cases}$
Effetto buco	$c \left[1 - \exp \left(-\frac{r}{a} \right) \cos \left(2\pi f r \right) \right]$	$r = h \geq 0$
Potenza	ωr^θ	$\begin{aligned} r &= h > 0 \\ c & \\ 0 &< \theta < 2 \end{aligned}$
Periodico	$\frac{c}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{T} r \right) \right]$	$\begin{aligned} \frac{c}{2} &\geq 0 \\ a & \\ r &= h \geq 0 \end{aligned}$

Tabella 4.1: Modelli dei variogrammi teorici e relativi range di validità.

Noti tali modelli è possibile combinare linearmente tra loro alcuni di essi introducendo così il concetto di modelli di variogramma a struttura annidata riconoscibile graficamente attraverso i cambiamenti di pendenza dovuti ai differenti valori di range dei singoli modelli elementari della categoria boundend ossia quelli caratterizzati da un sill.

Si parla di strutture annidate, corrispondente al termine inglese di *nested* e francese di *gigognes*, per indicare che si tratta di strutture inscatolate l'una nell'altra.

Un variogramma annidato corrisponde a più fenomeni sovrapposti non necessariamente individuabili dai cambiamenti di pendenza che identificano solo i fenomeni di una determinata scala spaziale. La variabile che presenta un variogramma a struttura annidata può essere considerata come la somma di più variabili indipendenti.

In commercio sono diffusi diversi software in grado di determinare il semivariogramma sperimentale:

- **GSTAT 2.3.3** (Pebesma and Wesseling) <http://www.geog.uu.nl/gstat/> [15]
- **GSLIB**
- **Variowin**
- **GEO-EAS 1.2.1** (Geostatistical Environmental Assessment Software)

4.2.4.6 Anisotropia spaziale del variogramma

In generale il semivariogramma è funzione sia della distanza, con la quale aumenta i propri valori, che della direzione quindi può essere utilizzato per spiegare l'anisotropia spaziale del modello. In realtà non è detto che il variogramma presenti necessariamente un'anisotropia spaziale poiché capita che risulti isotropo in situazioni di stazionarietà ossia che manifesti lo stesso comportamento lungo le diverse direzioni. In questo ultimo caso la covarianza, il correlogramma e il semivariogramma dipendono solamente dalla distanza h e il semivariogramma si definisce omnidirezionale. A volte l'assenza di dati comporta la computazione di questo ultimo poiché la variabilità spaziale viene assunta identica in tutte le direzioni.

Due sono le anisotropie che si utilizzano in geostatistica:

- ✓ Anisotropia geometrica: quando il variogramma varia con la direzione ottenendo così un range massimo in una di esse e uno minimo in quella ad essa perpendicolare senza però che avvenga alcuna modifica nel valore del *sill*.
Considerando che il range massimo e minimo possono essere ritenuti come gli assi

maggiore e minore di un ellisse, è facile identificare i seguenti parametri dell'anisotropia:

- Con φ_g si indica l'angolo che la direzione del range massimo forma con l'asse di riferimento u ;
 - Con il fattore di anisotropia λ il rapporto tra il range massimo e quello minimo. Tale valore risulta appartenente all'intervallo $(0,1]$.
- ✓ Anisotropia zonale: quando in una direzione, quella denominata di zonalità, si ha una variabilità massima ad esempio quando varia notevolmente il valore del *sill*.

Nella pratica è molto difficile riscontrare un'anisotropia zonale se non è associata a quella geometrica. Si sottolinea che il comportamento di quest'ultima dipende molto dal tipo di software che si utilizza.

In genere per avere una idea dell'anisotropia spaziale si effettua inizialmente una analisi lungo solo due direzioni ortogonali aventi una finestra di 45 gradi. In ogni caso le quattro direzioni geografiche da considerare sono: Nord-Sud, Nordest-Sudovest, Est-Ovest, Sudest-Nordovest che corrispondono a 0, 45, 90 e 135 gradi. Si riporta un esempio di quest'ultima analisi in figura 4.7.

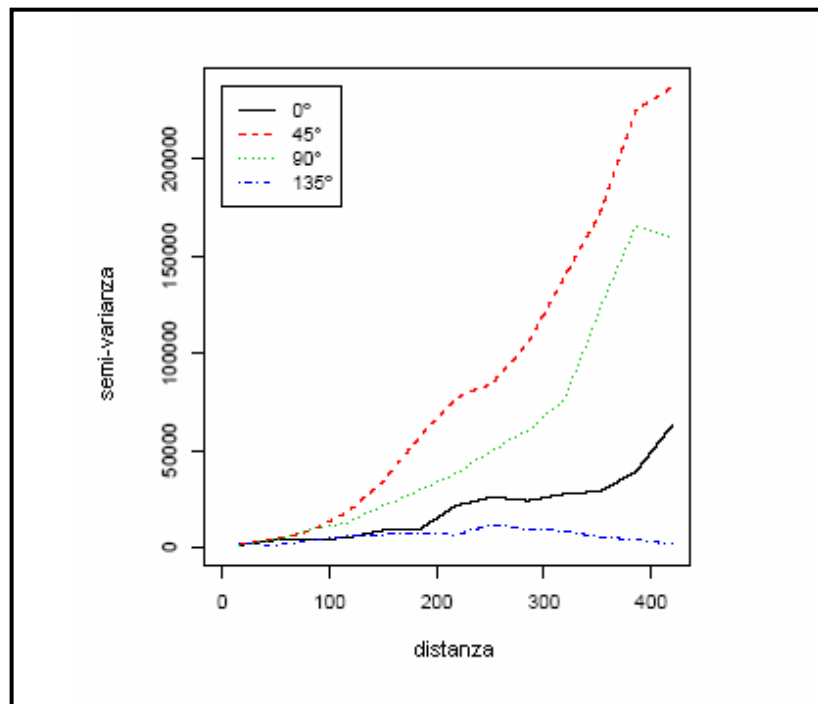


Figura 4.7: Variogramma campionario nelle quattro direzioni: N-S, NE-SW, E-W e SE-NW. ^[19, 20]

Spesso tali analisi forniscono ulteriori informazioni per individuare la non-stazionarietà della funzione aleatoria poiché può accadere che il variogramma omnidirezionale indichi una deriva nei dati. Inoltre i variogrammi direzionali forniscono anche la dimensionalità della deriva stessa.

4.2.5 Modelli non Stazionari

Nella geostatistica può accadere che un determinato fenomeno oggetto di studio non si riesca a modellizzare attraverso una funzione aleatoria stazionaria poiché la variabile analizzata presenta una variabilità sistematica o una tendenza o quando non raggiunge una soglia sill. In tali casi la situazione è detta non stazionaria e tali sono i modelli geostatistici di possibile applicazione. I due approcci utilizzati sono quello della dicotomia e quello della funzione aleatoria intrinseca di ordine k . In entrambi i casi i modelli si riconducono ad un qualcosa di stazionario filtrando dall'analisi probabilistica tutto quello che non fornisce una caratteristica intrinseca del fenomeno.

4.2.5.1 Approccio dicotomia: modello con deriva

Tale approccio basa la sua applicabilità sul fatto che alcuni fenomeni naturali mostrano una variabilità o a scala regionale o con un trend.

In tal caso si considera la funzione aleatoria $Z(x)$ in ogni punto x come la somma di due componenti una delle quali di tipo deterministica detta deriva e indicata con la media variabile $m(x) = E[Z(x)]$ e l'altra stocastica denominata residuo e indicata con $Y(x) = Z(x) - m(x)$. Da tali considerazioni scaturisce che la funzione aleatoria che si cerca risulta avere la seguente forma:

$$Z(x) = Y(x) + m(x) \quad (4.26)$$

Questo approccio comporta una forte soggettività poiché è fondamentale la scelta della scala alla quale analizzare il fenomeno oggetto di studio.

Per quanto riguarda la modellizzazione della deriva $m(x)$ e del residuo $Y(x)$ nel primo caso avviene tramite una funzione polinomiale mentre nel secondo essendo a media nulla si utilizza una funzione aleatoria stazionaria o intrinseca a seconda che ammetta covarianza o solo variogramma. Si avrà quindi rispettivamente un modello con deriva e residuo

stazionario e un modello con deriva e residuo intrinseco. Si riporta nel seguito la modellazione della deriva:

$$m(x) = \sum_l a_l f^l(x) \quad (4.27)$$

Dove con a_l si indicano i coefficienti del polinomio e con $f^l(x)$ i monomi di grado l .

Le equazioni del variogramma e della covarianza del residuo risultano sempre le stesse del caso stazionario infatti:

$$2\gamma(h) = E\{[Y(x+h) - Y(x)]^2\} \quad (4.28 \text{ a,b})$$

$$C(h) = E[Y(x) \cdot Y(x+h)]$$

Ad entrambe si conferisce l'appellativo di sottogiacenti poiché non presentano mai una inferenza diretta.

4.2.5.2 Modello intrinseco di ordine k

Tale approccio si basa su quello del modello strettamente intrinseco sebbene effettuando una sua generalizzazione nel considerare non la funzione aleatoria nel punto x , ma quella nel suo incremento in x relativo alla distanza h orientata che denomineremo con $Z(x+h) - Z(x)$.

L'incremento è associato alla seguente combinazione lineare:

$$Z_{\Lambda_k}(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (4.29)$$

dove

$\{x_1, \dots, x_n\}$ sono le posizioni di n punti inclusi nel dominio di interesse;

$\{Z(x_1), \dots, Z(x_n)\}$ indicano le variabili aleatorie associate ai punti precedenti;

Λ_k indica l'insieme dei numeri reali $\{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$ che costituiscono i coefficienti del polinomio.

L'equazione (4.29) deve necessariamente soddisfare la seguente condizione:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i f^l(x_i) = 0 \quad (l = 0, 1, \dots, k) \quad (4.29)$$

dove

k indica il grado del polinomio da filtrare;

$f^l(x_i)$ indicano i monomi di grado l delle coordinate negli n punti.

Nel caso in cui il dominio di interesse risulta bidimensionale (ordine k=2) l'equazione 4.30 precedente equivale a tre gruppi differenti di condizioni:

$$1. \quad \left\{ \sum_i \lambda_i = 0 \right. \quad (4.31)$$

$$2. \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_i \lambda_i x_{ui} = 0 \\ \sum_i \lambda_i x_{vi} = 0 \end{array} \right. \quad (4.32)$$

$$3. \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_i \lambda_i x_{ui}^2 = 0 \\ \sum_i \lambda_i x_{vi}^2 = 0 \\ \sum_i \lambda_i x_{ui} x_{vi} = 0 \end{array} \right. \quad (4.33)$$

Dove con $\{x_{u1}, \dots, x_{un}\}$ e $\{x_{v1}, \dots, x_{vn}\}$ si indicano le coordinate degli n punti del dominio di interesse.

Nel caso in cui il grado del polinomio sia:

- ✓ k=1 allora devono essere soddisfatte le condizioni dei primi due gruppi;
- ✓ k=0 allora devono essere soddisfatte le condizioni del primo gruppo.

Una funzione aleatoria Z(x) risulta quindi intrinseca di ordine k se la funzione aleatoria:

$Z_{\Lambda k}(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$ è stazionaria di ordine 2. In tal caso la combinazione $Z_{\Lambda k}(x)$ è detta

combinazione lineare autorizzata di ordine k.

4.2.6 Analisi multivariata

A volte nell'analizzare un determinato fenomeno ci si trova a dover esaminare più variabili contemporaneamente e potrebbe capitare che esista una correlazione spaziale tra di esse allora, invece di pensare che la distribuzione spaziale delle variabili sia frutto di distinti processi stocastici, si potrebbe utilizzare un unico processo stocastico che tenga conto della correlazione spaziale (cross correlazione) esistente. Tale processo può essere descritto da una funzione aleatoria multivariata costituita da un insieme di funzioni aleatorie interdipendenti N_V dove tale parametro indica il numero di variabili aleatorie da studiare e rappresentabili in tal modo:

$$\{Z_i(u), i = 1, \dots, N_V; \forall u \in A\} \quad (4.34)$$

Per quantificare l'interdipendenza tra le funzioni aleatorie si fa riferimento a momenti del secondo ordine molto simili a quelli relativi all'analisi univariata:

- cross-covariogramma
- cross-variogramma

Il termine cross indica che per ogni distanza h si confrontano coppie di valori che rappresentano allo stesso tempo variabili aleatorie diverse.

Il cross-covariogramma per misurare il gradi di dipendenza lineare nello spazio tra due variabili differenti a e b ha la seguente formulazione:

$$\hat{C}_{ab}(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} z_a(u_\alpha) \cdot z_b(u_\alpha + h) - \frac{1}{N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} z_a(u_\alpha) \cdot \frac{1}{N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} z_b(u_\alpha + h) \quad (4.35)$$

con $\hat{C}_{ab}(h) \neq \hat{C}_{ab}(-h)$

mentre il cross-variogramma la successiva:

$$\hat{\gamma}_{ab}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} [z_a(u_\alpha) - z_a(u_\alpha + h)] \cdot [z_b(u_\alpha) - z_b(u_\alpha + h)] \quad (4.36)$$

con $\hat{\gamma}_{ab}(h) = \hat{\gamma}_{ab}(-h)$

Dalle equazioni (4.35) e (4.36) e dalla formulazione del covariogramma sperimentale appare evidente che il cross-covariogramma, a differenza del cross-variogramma, non è una funzione necessariamente simmetrica.

4.3 TECNICHE DI INTERPOLAZIONE SPAZIALE

In questo paragrafo si illustreranno le diverse tecniche di interpolazione di dati presenti in letteratura: da quelle di larga diffusione a quelle in via di sviluppo, da quelle deterministiche a quelle stocastiche. Queste ultime si basano sui concetti fondamentali di geostatistica che sono stati ampiamente chiariti finora.

4.3.1 Definizione di interpolazione

“Spatial interpolation is the procedure of estimate the values of properties at unsampled sites within an area covered by existing observations.” (Waters, 1989) ossia è la stima dei valori di una variabile in un sito, del quale non si abbiano valori campionati, sulla base di quelli relativi alla medesima variabile che sono disponibili nelle aree circostanti.

Esistono diverse tecniche di interpolazione ed *“...è importante determinare il miglior metodo per ogni circostanza”* (Lennon and Turner, 1995), inoltre *“i metodi più complessi non è detto che siano i più accurati”* (Lennon and Turner, 1995) poiché *“un metodo è il migliore solo per delle specifiche situazioni”* (Isaaks and Srivastava, 1989).

Moltissimi studiosi che si occupano dell'analisi e del confronto delle diverse tecniche di interpolazione pur ottenendo risultati a volte contrastanti, ma allo stesso tempo possibili per le considerazioni menzionate precedentemente, sono comunque in accordo sulle caratteristiche che devono possedere i dati.

A riguardo MacEachren and Davidson (1987) affermarono che per ottenere una accurata interpolazione è necessario considerare le seguenti caratteristiche dei dati:

- ✓ misure accurate
- ✓ densità
- ✓ distribuzione
- ✓ variabilità spaziale

Inoltre secondo Burrough and McDonnell (1998) le diverse tecniche di interpolazioni esistenti offrono risultati simili nel caso in cui si abbia una grandissima disponibilità di

dati, mentre se i campionamenti sono sparsi è molto difficile stabilire quale tecnica risulti più o meno efficace nella stima di un determinato parametro.

4.3.2 Classi di metodi di interpolazione^[8]

Nel paragrafo precedente si è accennato al fatto che esistono diverse tecniche di interpolazione legate ai dati, nel nostro caso di tipo climatico, che possono essere campionati con diverse metodologie, classificabili nel modo seguente:

1. esatti o approssimati
2. deterministici o stocastici
3. locali o globali
4. gradualisti o bruschi

Si riportano qui di seguito le suddette classi metodologiche con relativa descrizione:

- ✓ metodi esatti: sono quelli per i quali noti i punti del dataset la superficie risultante passa per ognuno di essi;
- ✓ metodi approssimati: quelli per i quali noti i punti del dataset la superficie risultante non passa per ognuno di essi;
- ✓ metodi deterministici: usati quando si hanno informazioni sufficienti per modellare la superficie (Poligoni di Thiessen, IDWA);
- ✓ metodi stocastici: la superficie viene interpolata utilizzando variabili di tipo random (regressione polinomiale, trend surface analysis, kriging e cokriging);
- ✓ metodi locali: nei quali le funzioni matematiche vengono applicate in un intorno del punto da interpolare generando il più delle volte un “lisciamiento” del comportamento dei dati (Nearest Neighborhood, Interpolazione mediante l’inverso della distanza (media pesata), Interpolazione polinomiale, Interpolazione mediante spline, Kriging);
- ✓ metodi globali: nei quali le funzioni matematiche vengono applicate a tutti i punti disponibili nell’area di interesse. Possono essere utilizzati per individuare (e quindi rimuovere) gli effetti di un eventuale trend. Una volta che l’andamento globale sia stato esaminato e rimosso è possibile passare all’interpolazione locale dei residui (IDWA);

- ✓ metodi graduali: sono quelli in grado di smussare le superfici in modo tale da farle passare per tutti i punti campionati. E' applicabile se i dati campionati sono caratterizzati da una bassissima variabilità locale;
- ✓ metodi bruschi: sono quelli che producono superfici lisce a gradini. E' applicabile a dati caratterizzati da una grande variabilità locale o che presentino forti discontinuità.

4.3.3 Metodi semplici per interpolare i dati relativi ad una determinata variabile

A tale classe di metodi appartengono le seguenti tecniche di interpolazione che verranno descritte nei paragrafi successivi:

1. Poligono di Thiessen
2. Triangular Irregular Networks
3. Spatial moving average:
 - *Inverse Square Distance*
 - *Regularized smoothing Spline with Tension*
4. Trend Surfaces
5. Regressione lineare:
 - *Gradient plus Inverse Distance Square*
 - *Moving Window Regression*

4.3.3.1 Poligono di Thiessen

Consiste nello stimare una variabile z in una zona u non campionata utilizzando solamente i dati campionati sulle variabili che forniscono l'insieme $\{z(u_\alpha), \alpha = 1, \dots, n\}$ con n , numero di stazioni di misura considerate nelle zone u_α (Goovaerts, 2000).

$$z_{Pol}^*(u) = z(u_{\alpha'}) \quad \text{con} \quad |u - u_{\alpha'}| < |u - u_\alpha| \quad \forall \alpha \neq \alpha' \quad (4.37)$$

Non è considerata una vera e propria tecnica di interpolazione poiché serve per di più a verificare se le stazioni di misura delle variabili, climatiche nel nostro caso, sono rappresentative per una determinata area studio. Infatti è nato ed è stato usato essenzialmente per stimare le aree delle precipitazioni (McCuen, 1998) anche se poi il suo

campo di applicabilità è stato allargato all'interpolazione dei punti di misura (Creutin and Obled, 1982; Tabios and Salas, 1985; Dirks et al., 1998).

In campo climatologico è stato, per più di mezzo secolo, il metodo standard per le analisi spaziali statistiche finché nel 1963 non si è sviluppata e diffusa, con Matheron, l'analisi geostatistica. E' un metodo semplice che può essere molto utile se si utilizza come base per migliorare le altre tecniche di interpolazione già esistenti.

Tale metodo si risolve utilizzando i poligoni di Thiessen o diagrammi di Voronoi che sono poligoni con un numero variabile di lati all'interno dei quali sono racchiusi tutti i punti posti alla minima distanza dal centro del poligono. È basato sul modello dati vettoriale.

4.3.3.2 Triangular Irregular Networks (TINs) ^[8]

Modello che consiste in un set di punti distribuiti irregolarmente connessi a forma di un set di triangoli o meglio è una suddivisione in triangoli irregolari i cui vertici rappresentano i punti di caratteristiche note. Anche questo modello si basa sui dati vettoriali.

4.3.3.3 Spatial moving average

A tale classe appartengono due tipologie differenti di modelli:

- a) Inverse Square Distance
- b) Regularized smoothing Spline with Tension

4.3.3.3.1 Inverse Square Distance

Valuta le variabili \mathbf{z} con una combinazione lineare di diverse osservazioni circostanti, assegnando dei pesi inversamente proporzionali alla distanza quadratica, tra le osservazioni e la zona \mathbf{u} (Goovaerts, 2000):

$$z_{Inv}^*(u) = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}(u)} \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}(u) z(u_{\alpha}) \quad (4.38)$$

con $\lambda_{\alpha}(u) = \frac{1}{|u - u_{\alpha}|^2}$ e con $n(u)$ il numero delle osservazioni circostanti.

Alla base di tale teoria c'è che le osservazioni che si chiudono l'una verso l'altra nel piano tendono ad essere molto più simili di quelle a distanze più lontane perciò le osservazioni che si chiudono nella zona u avranno un peso maggiore. E' la tecnica più semplice da applicare. Tale metodo però non considera l'utilizzo di variabili ulteriori che potrebbero avere una forte correlazione con quella oggetto di studio come ad esempio la topografia esistente.

4.3.3.3.2 *Regularized smoothing Spline with Tension* ^[8]

Interpola i dati puntiformi distribuiti in modo disomogeneo utilizzando delle funzioni radiali. Il risultato è una funzione derivabile e continua.

4.3.3.4 Trend Surfaces ^[8]

Adatta le superfici a tutti i vari punti utilizzando polinomi di regressione. L'utente è in grado di scegliere il grado del polinomio che renda la superficie più possibilmente congruente al set di dati. Più è elevato l'ordine del polinomio e più complessa risulta la superficie che si ottiene sebbene non è detto che risulti necessariamente la più accurata. E' importante che i valori del RMS siano i più bassi possibili perché ciò significherebbe che la superficie rappresenta al meglio il set di dati campionati.

4.3.3.5 Regressione lineare

E' un metodo che utilizza sia i dati della variabile primaria $\{z(u_\alpha), \alpha = 1, \dots, n\}$ che quelli relativi alla variabile secondaria (es. altitudini) $y(\mathbf{u})$ calcolate nei nodi delle grid. E' un approccio diretto che predice la variabile primaria utilizzando una relazione lineare del tipo

$$z^*(u) = f(y(u)) = a_0^* + a_1^* y(u) \quad (4.39)$$

dove a_0^*, a_1^* sono i coefficienti di regressione stimati dall'insieme dei valori della variabile primaria e della secondaria: $\{(z^*(u_\alpha), y(u_\alpha)), \alpha = 1, \dots, n\}$.

Si sottolinea che la variabile primaria nel nodo \mathbf{u} della grid deriva soltanto da quella secondaria in \mathbf{u} senza tener conto delle misure effettuate nelle confinanti stazioni situate

negli \mathbf{u}_α . Si assume quindi che i valori residui $r(u_\alpha) = z(u_\alpha) - f(y(u_\alpha))$ non sono spazialmente correlati.

4.3.3.5.1 *Gradient plus Inverse Distance Square (GIDS)* ^[43]

Tale metodo combina le regressioni lineari multiple con il metodo di assegnazione dei pesi attraverso le distanze. Utilizza le regressioni lineari per definire i gradienti climatici attraverso le coordinate del vettore spaziale X, Y e il coefficiente dell'altitudine. Tali gradienti vengono poi utilizzati per prevedere le singole variabili climatiche nell'area di studio basandosi sulle stazioni restanti. Dei valori ottenuti da tale procedimento viene calcolata la media con il procedimento di assegnazione dei pesi in modo inversamente proporzionale alla distanza quadratica. Si riporta nel seguito l'equazione relativa (Ian A. Nalder, Ross W. Wein, 1998):

$$Z = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{Z_i + (X - X_i) \times C_X + (Y - Y_i) \times C_Y + (E - E_i) \times C_e}{d_i^2} \right]}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^2}} \quad (4.40)$$

dove

con il pedice i vengono indicate le i-esime stazioni di misura delle variabili climatiche oggetto dello studio;

X e X_i sono le coordinate X dell'area di studio;

Y e Y_i sono le coordinate Y dell'area di studio;

E e E_i sono le altitudini relative all'area di studio;

C_X, C_Y e C_e sono i coefficienti di regressione relativi rispettivamente alle coordinate X, Y e all'altitudine.

Tale metodo è stato sviluppato ed esposto per la prima volta da Ian A. Nalder e Ross W. Wien per determinare e interpolare spazialmente i valori relativi ad un trentennio delle temperature e delle precipitazioni medie mensili in un'area di studio nella parte occidentale del Canada dove, è necessario sottolineare, erano presenti poche e distanti (centinaia di chilometri) stazioni di misura. A detta dei due autori tale metodo, se comparato con i modelli geostatistici del Kriging, risulta semplice da applicare ottenendo risultati accurati ed errori bassi.

4.3.3.5.2 *Moving Window Regression (MWR)* ^[34]

E' un metodo deterministico ben noto come l'inverse distance weight (IDW). Si riporta qui di seguito la forma generale della regressione lineare dove la variabile z è stimata tramite le n variabili indipendenti (Lloyd C. D., 2005):

$$\hat{z}(u_\alpha) = \beta_0(u_\alpha) + \beta_1(u_\alpha)x_1 + \varepsilon_\alpha \quad (4.41)$$

dove:

\hat{z} : indica la stima della variabile z (ad esempio precipitazioni, temperature);

x_1 : è una variabile indipendente (ad esempio l'altitudine);

β_0 : è l'intercetta e β_1 è la pendenza cioè i parametri da stimare;

u_α : è la locazione α alla quale i parametri vengono stimati;

ε : è il termine che indica l'errore.

Una volta noto il modello dei parametri si può stimare il valore della variabile primaria (es. la precipitazione) in ogni luogo ove è noto il valore dell'altitudine e la regressione lineare (MWR) è applicata. E' opportuno che la regressione sia applicata solo dove si ritiene che esista una determinata relazione tra la variabile primaria e quella secondaria.

4.3.4 Metodi geostatistici per interpolare i dati relativi a determinate variabili

La geostatistica, come già visto ampiamente discusso nel paragrafo 4.2 di questo capitolo, si basa sulla teoria della regionalizzazione delle variabili correlando spazialmente le osservazioni vicine per prevedere i valori da attribuire alle locazioni non campionate. Si tratta di modelli stocastici che possono essere sia stazionari che non, inoltre possono riferirsi ad un'analisi univariata o multivariata.

Qui di seguito si riportano le diverse tecniche di interpolazioni che si basano sull'analisi geostatistica.

4.3.4.1 Metodi Stazionari per interpolare dati

Appartengono a tale gruppo tutti i modelli per i quali il fenomeno naturale può essere modellizzato con una funzione aleatoria stazionaria $Z(u)$. Tali modelli possono essere raggruppati a loro volta in due sottogruppi a seconda che seguano un'analisi univariata o

multivariata. Si riporta nel seguito l'elenco di essi che verranno poi approfonditi singolarmente nei paragrafi successivi:

1. Kriging Ordinario
2. Kriging Semplice
3. Cokriging

4.3.4.1.1 *Kriging Ordinario*

Nato grazie all'ingegnere sudafricano Krige per stimare i minerali nelle miniere è ormai una tecnica di interpolazione largamente testata e per la quale sono ormai disponibili in commercio molti software. Fornisce ottimi risultati di interpolazioni spaziali poiché restituisce la migliore stima lineare non distorta e a varianza minima. Inoltre è in grado sia di stimare gli errori nei punti non conosciuti che restituire i valori originali dei dati.

Determina la stima della variabile di studio nelle zone non campionate come combinazione lineare delle osservazioni confinanti (Goovaerts, 2000):

$$Z_{OK}^*(u) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}^{OK}(u) Z(u_{\alpha}) \quad \text{con} \quad \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}^{OK}(u) = 1 \quad (4.42)$$

dove

$\lambda_{\alpha}^{OK}(u)$ sono i pesi del Kriging Ordinario (OK) calcolati per ottenere l'ottimalità e la non distorsione dello stimatore. La prima condizione si verifica minimizzando la varianza σ_E^2 (Wackernagel):

$$\sigma_E^2 = \text{VAR}\{Z_{OK}^*(u) - Z(u)\} \quad (4.43)$$

mentre la seconda si ottiene imponendo nulla la speranza matematica attraverso la seguente equazione (Wackernagel):

$$E\{Z_{OK}^*(u) - Z(u)\} = 0 \quad (4.44)$$

I pesi $\lambda_{\alpha}^{OK}(u)$ si determinano risolvendo il sistema lineare di $n+1$ equazioni in $n+1$ incognite qui di seguito riportato (Goovaerts, 2000):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=1}^{n(u)} \lambda_{\beta}(u) \gamma(u_{\alpha} - u_{\beta}) - \mu(u) = \gamma(u_{\alpha} - u) \quad \alpha = 1, \dots, n(u) \\ \sum_{\beta=1}^{n(u)} \lambda_{\beta}(u) = 1 \end{array} \right. \quad (4.45)$$

dove

$\mu(u)$: è il parametro Lagrangiano che descrive il vincolo da considerare nel valutare i pesi;
 $\gamma(u_{\alpha} - u_{\beta})$: è l'espressione della funzione variogramma per la distanza orientata tra la posizione u_{α} e u_{β} ;
 $\gamma(u_{\alpha} - u)$: è l'espressione della funzione variogramma calcolata tra le posizioni ove sono note le misure e la posizione generica u dove si deve stimare la variabile.

Il sistema appena illustrato nel caso di posizioni u_{α} distinte ammette sempre un'unica soluzione. Per risolvere il sistema del Kriging Ordinario è necessario conoscere soltanto i valori del semivariogramma per le diverse distanze h (*lag*).

Sembrerebbe una tecnica perfetta ma si deve tener conto delle assunzioni sotto le quali è possibile applicarla ossia ^[43]:

- stazionarietà del secondo ordine e isotropia dei dati
- necessità di scegliere un modello per determinare il semivariogramma
- necessità di scegliere i “neighbourhoods” ossia l'area al di fuori della quale non si considerano le stazioni da introdurre nel processo di Kriging.

La prima condizione non si verifica mai nella realtà mentre per quanto riguarda le altre due si tratta comunque di scelte molto soggettive che possono influire notevolmente sui risultati finali.

La stima della varianza del Kriking Ordinario si esprime con l'equazione riportata qui di seguito (Wackernagel):

$$\sigma_{OK}^2 = \mu_{OK} - \gamma(u - u) + \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}^{OK} \gamma(u_{\alpha} - u) \quad (4.46)$$

Le proprietà fondamentali del Kriging sono:

1. è un interpolatore esatto poiché il valore stimato coincide con quello vero infatti (Wackernagel):

$$Z^*(u) = Z(u_\alpha) \quad \text{se} \quad u = u_\alpha \quad (4.47)$$

2. il Kriging di una combinazione lineare coincide con la combinazione lineare del Kriging dei suoi elementi. Tale proprietà è una semplice conseguenza della linearità delle equazioni del Kriging;
3. è possibile confrontare i suoi ponderatori e la sua varianza con quelli degli stimatori tradizionali.

4.3.4.1.2 Kriging Semplice o Kriging a media nota ^[45, 53]

Tale metodo utilizza sempre gli stimatori del Kriging quindi è sempre necessario che sia soddisfatta la condizione di stazionarietà del secondo ordine, ma è possibile applicarlo solo quando la media m , calcolata come speranza matematica della funzione aleatoria $Z(u)$, oltre a risultare costante è anche nota.

In generale lavorare con una funzione aleatoria a media nota è uguale al caso in cui tale media sia nulla, infatti ricordando e applicando a tale caso la definizione di residuo introdotta nel paragrafo (4.2.5.1), $Y(u) = Z(u) - m$, si può esprimerla con media nulla ottenendo:

$$E[Y(u)] = E[Z(u)] - m = 0 \quad (4.48)$$

Pertanto lo stimatore del Kriging Semplice (SK) diventa:

$$Z_{SK}^*(u) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}^{SK}(u) Z(u_{\alpha}) + m \left[1 - \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}^{SK}(u) \right] \quad (4.49)$$

Ossia non è più necessario imporre la condizione $(\sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}^{SK}(u) = 1)$ relativa ai pesi $\lambda_{\alpha}^{SK}(u)$ che era inclusa nel sistema del Kriging Ordinario. Tale assenza di vincoli permette di esprimere il sistema SK solo in termini di covarianza C (Goovearts, 2000):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=1}^{n(u)} \lambda_{\beta}^{SK}(u) C_R(u_{\alpha} - u_{\beta}) = C_R(u_{\alpha} - u) \quad \alpha = 1, \dots, n(u) \end{array} \right. \quad (4.50)$$

dove con C_R si indica la covarianza dei residui.

Inoltre per le assunzioni fatte sulla media è possibile riscrivere il sistema sostituendo alla covarianza dei residui quella dei dati originali ottenendo il sistema seguente (Goovearts, 2000):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=1}^{n(u)} \lambda_{\beta}^{SK}(u) C(u_{\alpha} - u_{\beta}) = C(u_{\alpha} - u) \quad \alpha = 1, \dots, n(u) \end{array} \right. \quad (4.51)$$

In tal caso per risolvere il sistema del Kriging semplice diviene necessaria la conoscenza della funzione covarianza.

Per tale modello la varianza assume l'equazione (4.52):

$$\sigma^2(u) = C(0) - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} C(u_{\alpha} - u) \quad (4.52)$$

4.3.4.1.3 Cokriging Ordinario ^[21, 45, 53]

Questa tecnica, a differenza delle precedenti, utilizza una o più variabili ausiliarie correlate alla variabile primaria da stimare. E' bene utilizzarla quando si vuole ottenere una stima più precisa della variabile primaria avendo a disposizione i valori delle variabili ausiliari ad essa correlate soprattutto quando si hanno pochi valori di misura della variabile primaria. Nel caso in cui non si riscontri nessuna correlazione tra la variabile primaria e quella secondaria usare il Cokriging non è sbagliato, ma non comporta alcun miglioramento rispetto ad esempio all'utilizzo del Kriging.

La stima del Cokriging è la seguente:

$$z_{CK}^*(u) = \sum_{i=1}^{N_y} \sum_{\alpha_i=1}^{n_i} \lambda_{\alpha_i}(u) z_i(u_{\alpha_i}) \quad (4.53)$$

dove

N_v-1 sono le variabili aleatorie secondarie.

Per il Cokriging l'utilizzo della variabile secondaria influenza direttamente la stima di quella primaria, mentre come verrà esposto nei paragrafi successivi (4.3.5.1) e (4.3.5.3) in riferimento ad altre tecniche di spazializzazione geostatistiche l'utilizzo di variabili secondarie fornisce solo informazioni riguardo il trend della variabile principale nella zona u .

I pesi λ_β del Cokriging Ordinario si determinano risolvendo il seguente sistema che deriva dal fatto di avere minimizzato la varianza sotto le condizioni di non distorsione:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{N_v} \sum_{\beta=1}^{N_i} \lambda_\beta^j \gamma_{ij}(u_\alpha - u_\beta) + \mu_i(u) = \gamma_{ij}(u_\alpha - u_0) & i = 1, \dots, N_v \quad \alpha = 1, \dots, N_i \\ \sum_{\beta=1}^{N_{i_0}} \lambda_\beta^{i_0}(u) = 1 \\ \sum_{\beta=1}^{N_i} \lambda_\beta^i(u) = 0 & i = 1, \dots, N_v \quad i \neq i_0 \end{cases} \quad (4.54)$$

Dove il termine $\gamma_{ij}(u_\alpha - u_0)$ descrive la correlazione spaziale tra due differenti variabili ossia indica il valore del semivariogramma-*incrociato* tra la variabile primaria e secondaria rispettivamente nelle zone u_α e u_0 .

L'espressione del semivariogramma-*incrociato* è la seguente:

$$\hat{\gamma}_{ZY}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} [z(u_\alpha) - z(u_\alpha + h)] \times [y(u_\alpha) - y(u_\alpha + h)] \quad (4.55)$$

dove con N si indica il numero delle coppie di osservazioni distanti h .

Per applicare tale metodo è necessario che esista la misurazione di entrambe le variabili.

Tale tecnica è quella più esigente e a volte tale complessità non comporta risultati vantaggiosissimi rispetto alle altre tecniche.

Anche per essa è necessaria la stazionarietà dei dati, così le sue performance sono ostacolate dalla presenza di forti gradienti ^[43].

Nel caso in cui la variabile ausiliaria, correlata con la variabile primaria di studio, è nota su tutta l'area oggetto dello studio, la procedura del Cokriging può essere semplificata facendo intervenire, volta per volta, di tutta l'informazione ausiliaria, solo quella nel punto da stimare.

Questa procedura semplificata è nota in ambito geostatistico come *Collocated Cokriging* (Deutch e Journel, 1998) e diverse sono le sue applicazioni in campo ambientale.

4.3.4.2 Metodi non Stazionari per interpolare dati

Come già accennato nel paragrafo 4.2.5 può accadere che un determinato fenomeno da analizzare non possa essere modellizzato attraverso una funzione aleatoria stazionaria perché ci si trova in condizioni non stazionarie allora in tali casi si utilizzano teorie e modelli che in qualche modo riconducono ad un qualcosa di stazionario filtrando tutto quello che non fornisce una caratteristica intrinseca del fenomeno. I due approcci principali utilizzati sono quello della dicotomia e quello della funzione aleatoria intrinseca di ordine k sui quali si basano i seguenti metodi di interpolazione:

- Kriging Universale
- Funzioni Aleatorie Intrinseche di ordine k (FAI- k)
- Kriging con deriva esterna

4.3.4.2.1 *Kriging Universale* ^[5, 43,45, 53]

Questo metodo (Matheron, 1969) è pura conseguenza dell'approccio di dicotomia, già discusso nel paragrafo 4.2.5.1, secondo il quale la funzione aleatoria $Z(x)$ è la somma di due componenti distinte: la sua media $m(x)$ e una componente aleatoria $Y(x)$.

La media $m(x)$ viene modellizzata attraverso una funzione polinomiale del tipo (4.27). Anche tale metodo appartiene alla classe degli stimatori lineari geostatistici e la stima della variabile in un punto x_0 è sempre conseguenza di una combinazione lineare dei dati del tipo:

$$Z^*(x_0) = \sum_{\beta=1}^N \lambda_{\beta} Z(x_{\beta}) \quad (4.56)$$

Si basa quindi sul principio di minimizzazione dell'errore quadratico di predizione e presenta caratteristiche di consistenza e correttezza. Quest'ultima si esprime nella

condizione che l'errore della stima abbia media nulla e viene verificata attraverso la relazione seguente:

$$\sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} f^l(x_{\alpha}) = f^l(x_0) \quad \forall l = 1, \dots, L_k \quad (4.57)$$

I ponderatori che minimizzano la varianza della stima sono soluzione del seguente sistema detto Kriging Universale:

$$\begin{cases} \sum_{\beta=1}^N \lambda_{\beta} \gamma(x_{\alpha} - x_{\beta}) + \sum_l \mu_l f^l(x_{\alpha}) = \gamma(x_{\alpha} - x_0) & \forall \alpha = 1, \dots, N \\ \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} f^l(x_{\alpha}) = f^l(x_0) & \forall l = 1, \dots, L_k \end{cases} \quad (4.58)$$

La varianza di stima si esprime con la formulazione seguente:

$$\sigma_k^2 = \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha}^u \gamma(x_{\alpha} - x_0) + \sum_l \mu_l f^l(x_0) \quad (4.59)$$

Fondamentalmente tale metodo effettua le stime considerando il trend dei dati. Inoltre in questo caso non è possibile stimare direttamente la covarianza o il variogramma poiché non è nota la funzione che descrive la media $m(x)$ nell'area di studio quindi è possibile trovarsi in due condizioni:

- Presenza di una deriva che costituisce il caso più favorevole poiché se ne conosce l'andamento o quando la deriva si presenta sviluppata maggiormente lungo una direzione piuttosto che un'altra.
- Non è nota la deriva allora si procede ad effettuare una sua stima attraverso un aggiustamento realizzato tramite ad esempio l'utilizzo di un polinomio dei minimi quadrati $m^*(x)$, ma in questo caso l'inferenza del variogramma $\gamma(h)$ dei residui $Y(x) = Z(x_{\alpha}) - m(x_{\alpha})$ effettuata sui residui $y^*(x) = z(x_{\alpha}) - m^*(x_{\alpha})$ introduce delle distorsioni al variogramma stimato $\gamma^*(h)$. In tal caso si preferisce ricorrere al metodo in FAI-k presentato nel paragrafo successivo.

4.3.4.2.2 Kriging in FAI-k ^[45]

Il Kriging in FAI-k (Matheron, 1971) è un altro metodo geostatistico di stima a carattere generale e quindi applicabile in condizioni non stazionarie. E' uno stimatore lineare e i pesi si ricavano risolvendo sempre il sistema del Kriging Universale (4.58) con l'unica differenza che la funzione variogramma o covarianza deve essere sostituita con una funzione di covarianza generalizzata (CG) che abbia le seguenti caratteristiche:

- Stazionaria
- Continua
- Deve garantire la non negatività della varianza.

Si ricorda che in caso di non stazionarietà la funzione aleatoria non viene considerata in x , ma nel suo incremento in x ossia $Z(x+h) - Z(x)$ e che inoltre è legata al fatto di trovare combinazioni lineari stazionarie di ordine 2 e quindi alla possibilità di esprimere la varianza di stima come funzione covarianza generalizzata $K(h)$.

Infatti l'errore di stima espresso dall'equazione (4.60) dove è stato imposto $\lambda_0 = -1$ nel termine a destra:

$$\sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} Z(x_{\alpha}) - Z(x_0) = \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} Z(x_{\alpha}) \quad (4.60)$$

risulta una combinazione lineare autorizzata (CLA) di ordine k se è soddisfatta la condizione (4.57) ossia quella per la quale $Z(\lambda)$ è invariante a traslazione per ogni l e per ogni h . Pertanto, minimizzando l'espressione della varianza di stima con l'equazione seguente:

$$\sigma_K^2 = K(0) - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}^u K(x_{\alpha} - x_0) - \sum_l \mu_l(u) f^l(x_0) \quad (4.61)$$

e rispettando le condizioni sui pesi che garantiscono che l'errore sia una CLA, si ottiene, come introdotto all'inizio di questo paragrafo, il sistema del Kriging Universale con $K(h)$ al posto di $\gamma(h)$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=1}^N \lambda_{\beta} K(x_{\alpha} - x_{\beta}) + \sum_l \mu_l f^l(x_{\alpha}) = K(x_{\alpha} - x_0) \quad \forall \alpha = 1, \dots, N \\ \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} f^l(x_{\alpha}) = f^l(x_0) \quad \forall l = 1, \dots, L_k \end{array} \right. \quad (4.62)$$

L'inferenza della Covarianza Generalizzata risulta di facile applicabilità poiché può essere modellizzata attraverso una delle seguenti equazioni:

$$1. \quad K(h) = \sum_{p=0}^k (-1)^{p+1} b_p |h|^{2p+1} \quad b_p \geq 0 \quad (4.63)$$

$$2. \quad K_{\theta}(h) = \Gamma\left(-\frac{\theta}{2}\right) \cdot |h|^{\theta} \quad \text{con } 0 < \theta < 2k + 2 \quad (4.64)$$

La prima equazione è denominata modello polinomiale e la covarianza generalizzata $K(h)$ viene determinata attraverso una regressione sui coefficienti b_p , minimizzando la media su tutti i punti campionati della differenza quadrata, che è una funzione della Covarianza Generalizzata stessa, tra il quadrato del residuo sperimentale e la sua varianza.

4.3.4.2.3 Kriging con deriva esterna^[45]

Questo metodo viene utilizzato quando si è in condizioni non stazionarie ed è nota una variabile ausiliaria $s(x)$ (deriva esterna), correlata a quella principale, su tutto il dominio di interesse. In questo caso la variabile ausiliaria contribuisce alla stima fornendo l'andamento generale su tutta l'area oggetto di studio perché altrimenti la condizione di non stazionarietà non avrebbe permesso di stimare la variabile principale tramite solo le sue misure dirette.

Questa tecnica di interpolazione non è altro che un caso particolare delle FAI-k perché aggiunge al sistema (4.62) una restrizione in più sui pesi λ_{α} che devono risultare consistenti con una interpolazione esatta di $s(x)$. Il sistema del Kriging con deriva esterna che utilizza più variabili ausiliarie $s_i(x) = 1, \dots, ND$ può essere espresso nel modo seguente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=1}^N \lambda_{\beta} K(x_{\alpha} - x_{\beta}) + \sum_l \mu_l f^l(x_{\alpha}) + \sum_l \mu_l s_l(x_{\alpha}) = K(x_{\alpha} - x_0) \quad \forall \alpha = 1, \dots, N \\ \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} f^l(x_{\alpha}) = f^l(x_0) \quad \forall l = 1, \dots, L_k \\ \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} s_i(x_{\alpha}) = s_i(x_0) \quad \forall i = 1, \dots, ND \end{array} \right. \quad (4.65)$$

Inoltre la varianza di stima si determina con la seguente equazione:

$$\sigma_K^2 = K(0) - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}^u K(x_{\alpha} - x_0) - \sum_l \mu_l(u) f^l(x_0) - \sum_i \mu_i s_i(x_0) \quad (4.66)$$

PARTE II

CAPITOLO 5

LA METODOLOGIA ADOTTATA

5.1 OBIETTIVO DEL PROGETTO

Scopo di tale progetto è quello di determinare la carta dell'indice di aridità a scala nazionale in riferimento ad un periodo climatologico individuato tra i trentenni standard definiti dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) e che si avvicinasse il più possibile al giorno d'oggi ossia il trentennio 1961-1990. Tale lavoro è stato effettuato tenendo in considerazione il lavoro già svolto precedentemente nel progetto SIDES rimanendo conformi quindi ad alcune scelte che si basavano sui concetti espressi dalla Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla Siccità e Desertificazione. Si sottolinea comunque il fatto che per quanto riguarda le scelte inerenti ai concetti climatologici e geostatistici si è definito un modello completamente differente che verrà illustrato nel complesso in questo capitolo ma che sarà dettagliato nei capitoli successivi.

5.2 AREA DI STUDIO

L'area oggetto di tale studio è l'intero territorio nazionale italiano, con una superficie complessiva di circa 301.323 Km² e con un'estensione in lunghezza di 1.300 km corrispondente ad una latitudine di 47°5' - 35°29' e una larghezza massima di 600 Km² longitudine di 6°37' - 18°31'. Nel territorio nazionale rientra anche una vasta parte insulare, che comprende le isole maggiori Sicilia e Sardegna, ed alcune isole e arcipelaghi minori come l'Elba, le isole Partenopee, le Egadi, le Eolie, le Tremiti e le Pelagie.

5.2.1 Morfologia ed orografia

Il territorio Italiano è caratterizzato da un'orografia piuttosto complessa essendo costituito principalmente da aree montuose (35,2%) e collinari (41,6%), anche se presenta aree pianeggianti che si estendono per circa 66.000 Km². Tali caratteristiche insieme anche al fattore vicinanza al mare, stabilita tramite la fascia costiera che si estende per 7.500 km, risultano di notevole rilevanza nel contesto climatico e geomorfologico. Infatti ad esempio

l'esposizione dei versanti e la pendenza del terreno concorrono alla vulnerabilità del territorio delle regioni soggette allo stress idrico perché aumentano l'erosione di tipo idro-meteorico.

5.3 MODELLO CONCETTUALE

Inquadrato l'obiettivo da raggiungere e l'area di studio si è selezionato il periodo climatologico di riferimento che in genere, quando si affronta uno studio inerente alle variabili di tipo climatico, deve essere tale da avere a disposizione una serie storica sufficientemente lunga. Proprio da tale considerazione è nata la necessità di selezionare un periodo temporale ampio e si è scelto come già accennato al trentennio standard 1961-1990 suggerito dall'OMM.

Per quanto riguarda l'indice di aridità si è scelta, tra le molte formulazioni presenti in letteratura e soprattutto tra quelle presentate nel capitolo 2, quella dell'indice di aridità (2.9) adottata inizialmente dall'UNEP (1997) e poi dalla Convenzione delle NU per la lotta alla Siccità e alla Desertificazione poiché risultava quella più adatta alla tipologia di studio da affrontare. Tale scelta è stata assunta anche in base al fatto di rimanere conformi a quanto già compiuto nella realizzazione della prima carta dell'indice di aridità e più tardi in quella del suo aggiornamento svolto nell'ambito del progetto SIDES. Si sottolinea che pur avendo scelto la stessa formulazione soprattutto perché era quella adottata dalla Convenzione si è utilizzata in maniera completamente diversa infatti si è deciso di non spazializzare direttamente il risultato puntuale cioè l'indice di aridità calcolato nei punti in cui erano disponibili le misure delle variabili ad esso associate, ma di analizzare e spazializzare direttamente queste ultime per poi rielaborare le mappe ottenute per determinare quella dell'indice di aridità. Una tale scelta si basa sul fatto di voler tener conto, nella spazializzazione, dei fattori che influenzano direttamente le variabili.

In figura 5.1 si riportano, per facilitare la comprensione del testo, alcuni dei punti principali del modello concettuale adottato che si descrive nel seguito.

Selezionata la formulazione dell'indice di aridità è sorta la necessità di reperire i valori relativi alle variabili che concorrono alla sua determinazione ossia le precipitazioni cumulate e l'evapotraspirazione. Per quanto riguarda quest'ultima si sottolinea che quando si effettuano studi relativi ai bilanci idrici sarebbe necessario considerare le condizioni locali del clima in funzione dell'esposizione, della copertura vegetale, della morfologia e della profondità del terreno poiché tutti questi fattori influenzano la quota attiva della

radiazione solare incidente e quindi della stessa evapotraspirazione, in maniera tale che i valori della temperatura e dell'umidità del suolo possono risultare a volte molto diversi da quelli dell'aria. Per tener conto di tutti questi fattori l'Evapotraspirazione Potenziale, definita come *“tasso di evapotraspirazione da un'ampia superficie completamente coperta da prato in pieno sviluppo, di altezza uniforme tra gli 8 e i 15 cm, non carente di acqua”*, dovrebbe essere calcolata attraverso la formulazione di Penman-Monteith (2.18), già descritta nel capitolo 2, che ricordiamo, introduce rispetto a quella originale di Penman (2.15) la resistenza del manto vegetale (r_c) e quella aerodinamica (r_a) che tengono conto delle resistenze che il vapore acqueo incontra passando dalle cavità stomatiche alla superficie fogliare e da questa all'atmosfera. Tale formulazione risulta la più realistica nel rappresentare il processo evapotraspirativo di una coltura poiché ne simula il comportamento in ogni condizione di rifornimento idrico basta che siano noti i valori dei parametri di resistenza, ma la difficoltà nel reperire questi ultimi e i valori delle altre variabili, dalla quale dipende, ha obbligato coloro che hanno deciso di adottare tale formulazione ad utilizzare informazioni indirette, adoperando quindi i dati termopluviometrici forniti dalle stazioni meteorologiche esistenti, e alcuni appropriati coefficienti empirici, da inserire di volta in volta nelle procedure di calcolo.

Lo studio del bilancio idrico dei suoli a scala nazionale ha comportato comunque, necessariamente, delle semplificazioni di tutti i fenomeni fisici e dei processi fisiologici che interagiscono nel sistema terreno-pianta-bassa atmosfera. Tali considerazioni hanno condotto a scegliere come già detto una metodologia che utilizzi delle relazioni empiriche per il calcolo del bilancio idrico (quella dell'UNEP, 1997), ed in particolare per quanto riguarda la determinazione dell'evapotraspirazione potenziale (ETP), che è un valore di riferimento che dipende unicamente dalle condizioni climatiche, si è scelta la formulazione di Thornthwaite (2.11), già descritta nel capitolo 2, che fornisce il valore mensile dell'evapotraspirazione potenziale e per la quale non sono necessari troppi parametri poiché ricordiamo che è funzione della temperatura media mensile e del rapporto tra le ore di luce del mese e le 360 ore del mese standard.

Si è deciso quindi di raccogliere ed elaborare i dati di precipitazione cumulata mensile e delle temperature medie mensili relative al periodo climatologico di riferimento.

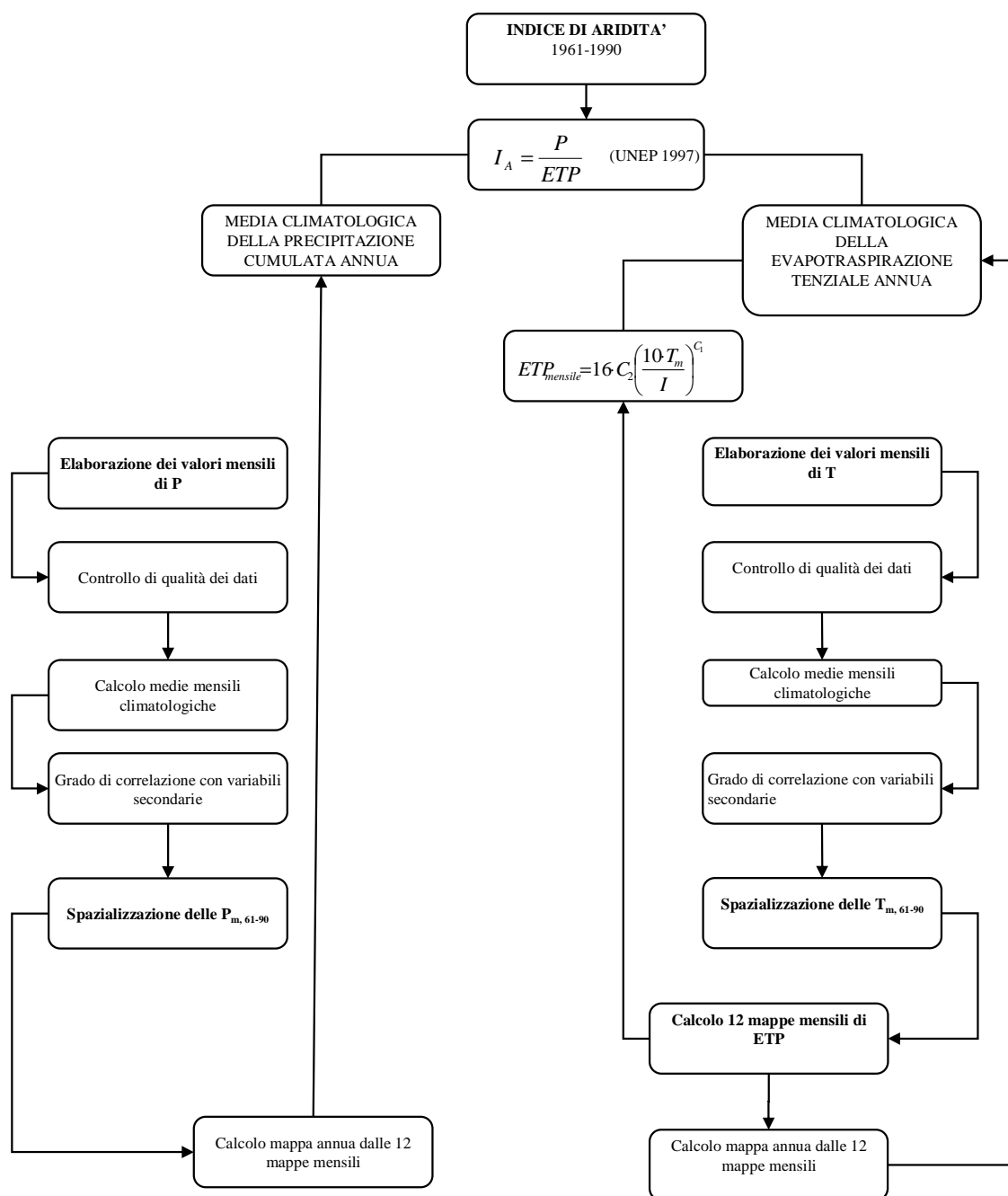


Figura 5.1: Modello concettuale per la costruzione della carta dell'indice di aridità.

Data la vastità dell'area oggetto di studio e il trentennio considerato non si potevano richiedere tutti i dati misurati dalle reti di osservazioni distribuite sul territorio italiano quindi si sono scelte le stazioni di misura che fossero distribuite il più omogeneamente possibile sul territorio e per le quali fossero disponibili almeno il 75% dei valori sul periodo climatologico. Inoltre si è deciso, diversamente da quanto già fatto in SIDES, di analizzare e studiare separatamente le due variabili considerando il fatto che ognuna è caratterizzata da un comportamento e una variabilità diversa. I dati sono stati forniti dal sistema SCIA, già introdotto nel capitolo 3, sotto forma di indicatore climatico di precipitazione cumulata mensile e di temperatura media mensile. Scelte dunque le stazioni di misura per le precipitazioni e quelle per le temperature, si è deciso di effettuare alcuni controlli sui dati, che verranno dettagliati nel capitolo 6 successivo, per assicurare la loro validità. Determinati i valori errati, attraverso una serie di controlli, sono stati esclusi dal set di dati disponibili che per sicurezza è stato nuovamente controllato per verificare che continuasse ad avere una disponibilità di dati di almeno il 75% sul totale di dati del trentennio 1961-1990. Nel caso in cui tale condizione non era soddisfatta venivano escluse le stazioni di misura con tutti i valori ad esse associati. Ottenuti quindi i valori validi si sono calcolate le medie mensili climatologiche sia delle temperature che delle precipitazioni cumulate.

Tali valori sono l'input da spazializzare sul territorio e volendo utilizzare una tecnica di interpolazione geostatistica diversa da quella che era stata adottata in precedenza nel progetto SIDES, cioè il Kriging, e che tenesse conto anche di variabili secondarie che influenzano le variabili primarie, era necessario sceglierle e determinare il grado di correlazione tra la variabile primaria e quella secondaria.

Considerando che le variabili primarie sono le temperature e le precipitazioni, si è deciso di considerare come variabili secondarie le quote, le esposizioni e la distanza dal mare.

Una volta scelte le variabili secondarie si è calcolato il grado di correlazione esistente e se effettivamente esisteva una correlazione si è tenuto conto della variabile secondaria durante la spazializzazione. Per quanto riguarda questa ultima è stato molto difficile scegliere la tecnica di spazializzazione più opportuna e che comunque fosse implementabile con un software disponibile e che permettesse di elaborare la quantità enorme di dati che si aveva a disposizione. Si è scelto di usufruire di un programma in fortran, realizzato dal Professore Giuseppe Raspa, in grado di spazializzare una gran mole di dati tenendo conto delle variabili secondarie. Si sono ottenute quindi 12 mappe mensili per ognuna delle due variabili primarie alle quali è stata applicata la cross-validation per

quantificare l'errore che deriva dalla scelta di quella determinata tecnica di spazializzazione. Per le precipitazioni si è calcolata la mappa annuale sommando le 12 mappe mensili ottenute dalla spazializzazione, mentre quelle ottenute per la temperatura sono state utilizzate per determinare le 12 mappe relative all'evapotraspirazione potenziale che poi sono state sommate per determinare quella annuale. Ottenute le mappe annuali della precipitazione cumulata e dell'evapotraspirazione si è calcolata quella dell'indice di aridità obiettivo di questo studio.

CAPITOLO 6

ELABORAZIONI DEI DATI CLIMATICI PER LA REALIZZAZIONE DEL SET DI MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE

In questo capitolo si riportano le scelte preliminari sui dati e sulla distribuzione delle stazioni di misura necessarie per applicare la metodologia menzionata nel capitolo 5 soffermando l'attenzione sul lavoro svolto durante il tirocinio svolto presso l'APAT inerente ai controlli degli indicatori climatici, precipitazione cumulata mensile e temperatura media mensili. Tali controlli sono stati ritenuti necessari ed indispensabili per evitare eventuali problemi di discontinuità durante le applicazioni successive di spazializzazione dei dati che verranno dettagliati nel capitolo 7 successivo e che hanno costituito il corpo centrale del lavoro di tesi.

6.1 PROCEDURA DI ELABORAZIONE DEI DATI

Dovendo effettuare lo studio a scala nazionale su tutto il territorio italiano, in riferimento ad un periodo temporale di trentanni (1961-1990), si è dovuto affrontare un primo problema sulla reperibilità dei dati necessari e sulla elaborazione degli stessi.

Lo studio, come già accennato, ha riguardato le variabili precipitazione cumulata e temperatura e per facilità di comprensione del testo esposto nei paragrafi successivi si riporta, in figura 6.1, uno schema rappresentativo dove si illustrano le diverse fasi della procedura applicata che riguardano sia le scelte effettuate per l'acquisizione dei dati che la metodologia relativa alle elaborazioni degli stessi e all'individuazione di quelli errati fino ad ottenere il file delle medie mensili valide da utilizzare per le elaborazioni, a carattere geostatistico, successive.

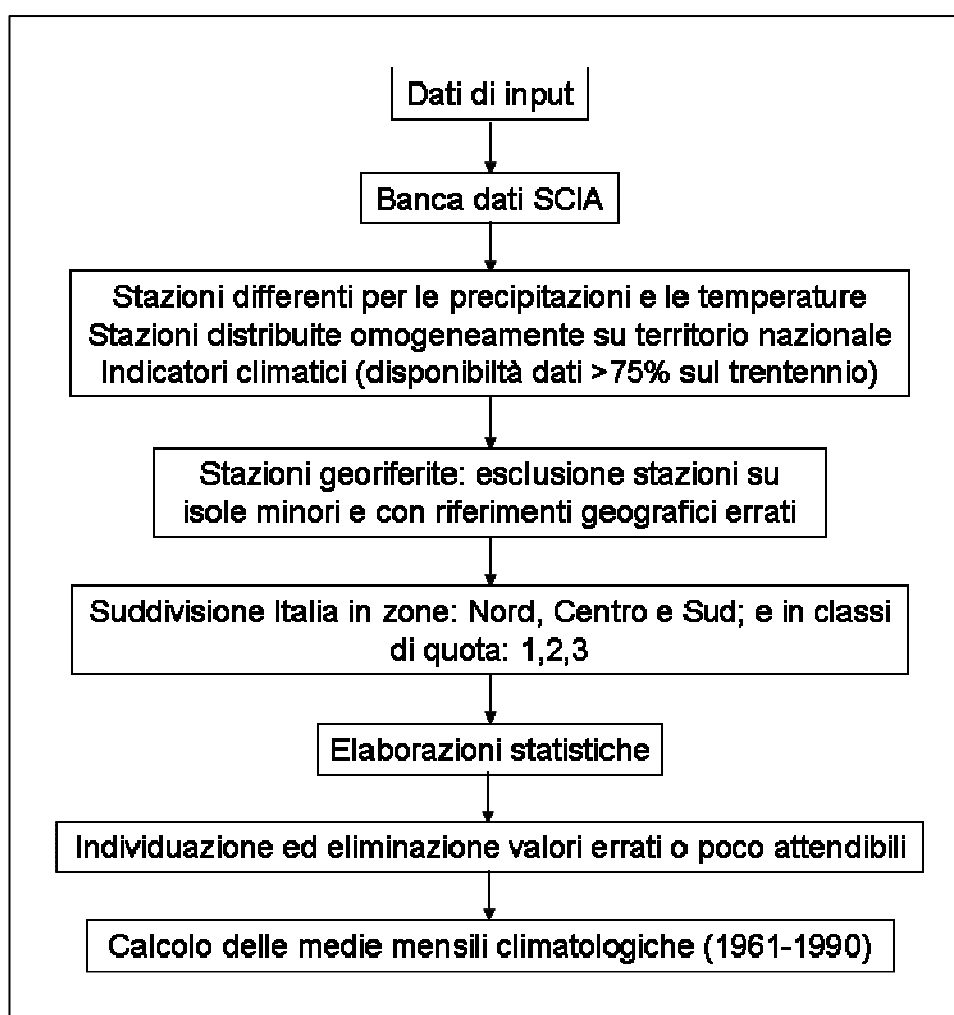


Figura 6.1: *Rappresentazione della procedura seguita sui dati climatici.*

6.2 PROPRIETA' E CARATTERISTICHE DEI DATI DI INPUT

I dati di input utilizzati sono stati forniti dal sistema SCIA, introdotto nel capitolo 3, sotto forma di “indicatori” climatici ossia come valori mensili della precipitazione cumulata e medie mensili delle temperature per ogni anno del trentennio considerato e fornite da tutte le stazioni di misura distribuite sul territorio nazionale. SCIA non ha eseguito nessun tipo di controllo sui dati elementari, ad esclusione dei dati forniti dalla rete dell’UGM, poiché era compito delle singole reti di osservazione effettuarli e assegnare poi una flag di validità della quale il sistema SCIA ha tenuto conto durante le sue elaborazioni.

La prima scelta effettuata è stata quella di svolgere separatamente lo studio sulle precipitazioni da quello delle temperature poiché la maggior parte degli studi geostatistici in campo climatico concordavano con una tale scelta avendo le due variabili

comportamenti differenti. Stabilito questo si è ricercato per ogni variabile un sottoinsieme di tutte le stazioni di misura esistenti in Italia che se da una parte forniva la maggior copertura del territorio nazionale dall'altra avesse una disponibilità di indicatori validi non inferiore al 75% dei dati sul trentennio 1961-1990, considerando questa soglia sufficiente per non considerare una serie temporale di dati troppo carente, ma che allo stesso tempo fosse comunque caratterizzante la variabile considerata.

Si è quindi ottenuto da SCIA il file con tutti gli indicatori mensili delle precipitazioni cumulate e quelli medi mensili delle temperature relativi corrispondentemente a 1558 e 148 stazioni delle quali si avevano le seguenti informazioni:

1. nome della stazione
2. codice della stazione
3. codice della rete di appartenenza
4. longitudine e latitudine in gradi
5. quota sul livello del mare
6. data di inizio e fine attività.

Si è ritenuto ragionevole utilizzare un numero di stazioni di un ordine superiore per le precipitazioni rispetto alle temperature poiché la variabilità spaziale dei suoi valori è molto maggiore di quella dei valori di temperatura. Le stazioni di misura delle precipitazioni hanno una distribuzione piuttosto densa e omogenea sul territorio nazionale con una leggera assenza nella regione Basilicata, nel nord della Calabria e nelle isole Sicilia e Sardegna, mentre quelle relative alle temperature, essendo in numero di un ordine di grandezza inferiore, hanno una distribuzione molto poco densa, ma che non poteva essere ampliata perché altrimenti si sarebbe utilizzata una serie temporale del trentennio di riferimento caratterizzata da una mancanza eccessiva di dati.

Le stazioni considerate appartengono a reti di osservazione diverse, infatti quelle relative alle precipitazioni appartengono nella maggior parte all'EX-SIMN e in minor quantità all'UCEA-UCST e all'UGM. Per quanto riguarda le temperature si hanno una maggior quantità di stazioni appartenenti all'UGM e una piccola parte all'UCEA-UCOS e UCEA-UCST. E' importante considerare il fatto di utilizzare dati misurati da reti di osservazioni differenti perché ognuna di esse adotta strumenti e metodi di rilevazione con frequenze diverse ed è per questo che il sistema SCIA ha tenuto conto di ciò durante l'elaborazione dei dati.

6.3 ELABORAZIONE DEI DATI DI INPUT

Una volta ottenuto il file degli “indicatori” si è scelto, sebbene non si trattasse di dati elementari, di svolgere un’analisi su di essi e quindi di effettuare un controllo di validità degli indicatori stessi, per constatare se comunque fossero presenti valori poco attendibili che avrebbero comportato dei problemi durante l’applicazione della spazializzazione degli stessi accentuandone le discontinuità.

Per individuare tali valori non validi si è ricorsi ad una procedura automatica e standardizzata, riportata nell’Allegato I, per ognuna delle due variabili, che si è basata su alcune scelte fondamentali che è stato necessario imporre dovendo trattare una mole di dati enormi: 12 mesi per ogni anno del trentennio per un totale di 1558 stazioni per le precipitazioni e 148 per le temperature.

Innanzitutto le stazioni di misura sono state georiferite in modo tale da poterle visualizzare attraverso i sistemi informativi geografici disponibili (ARCGIS 9), ed alcune di esse sono state eliminate poiché avevano valori di longitudine o latitudine errati. Inoltre sono state escluse anche le stazioni di misura site nelle isole minori (Ponza, Elba, Ustica,...) presenti in Italia poiché si è ritenuto che la loro presenza potesse in qualche modo influenzare in negativo il risultato della spazializzazione dei dati sulla penisola italiana. Inoltre non per tutte queste isole minori si aveva la disponibilità di almeno una stazione di misura che disponesse di almeno il 75% dei dati sul trentennio.

Eliminate queste stazioni si è deciso di suddividere le restanti (1549 per le precipitazioni e 142 per le temperature) in 3 zone:

- Nord
- Centro
- Sud

E’ stata scelta una tale classificazione solo per facilitare lo studio riguardante l’elaborazione dei dati e perché comunque è stata ritenuta la più comune, semplice e soprattutto opportuna considerando che si effettua uno studio in ambito climatico. Si riporta, in figura 6.2, la carta tematizzata dell’Italia suddivisa nelle tre zone considerate che fornisce una migliore rappresentazione visiva del concetto espresso. Per quanto riguarda la legenda sono state indicate con il colore bianco le aree appartenenti alla zona definita Nord, con l’arancione quelle del Centro e con il marrone quelle del Sud e delle isole maggiori considerate.

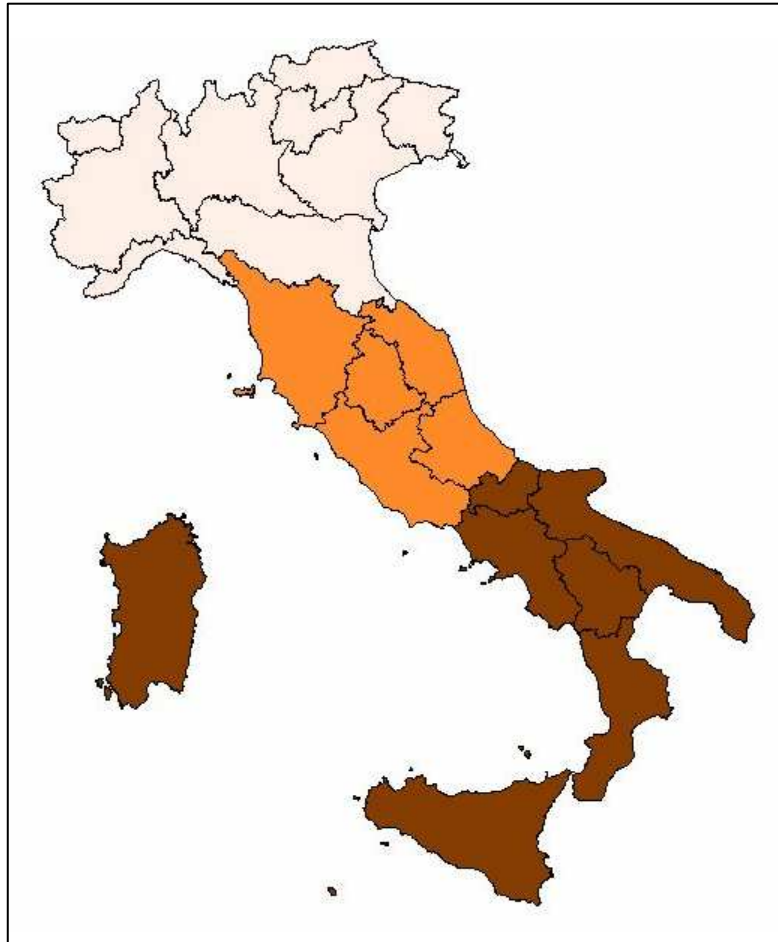


Figura 6.2: *Rappresentazione geografica della suddivisione nelle 3 zone: Nord, Centro, Sud.*

La seconda suddivisione applicata è stata in funzione della quota sul livello del mare delle diverse stazioni di misura secondo la classificazione seguente:

- Quota 1: appartengono le stazioni collocate ad una quota inferiore ai 100 metri s.l.m;
- Quota 2: appartengono le stazioni collocate ad una quota compresa tra 100-600 metri s.l.m;
- Quota 3: appartengono le stazioni collocate ad una quota superiore ai 600 metri s.l.m fino al valore di quota massimo presente.

Si riportano in figura 6.3 e 6.4 le mappe relative a tale classificazione (quota1: beige, quota2: verde, quota3: blu) sia per la precipitazione che per le temperature mostrando allo stesso tempo anche la differente densità delle stazioni.

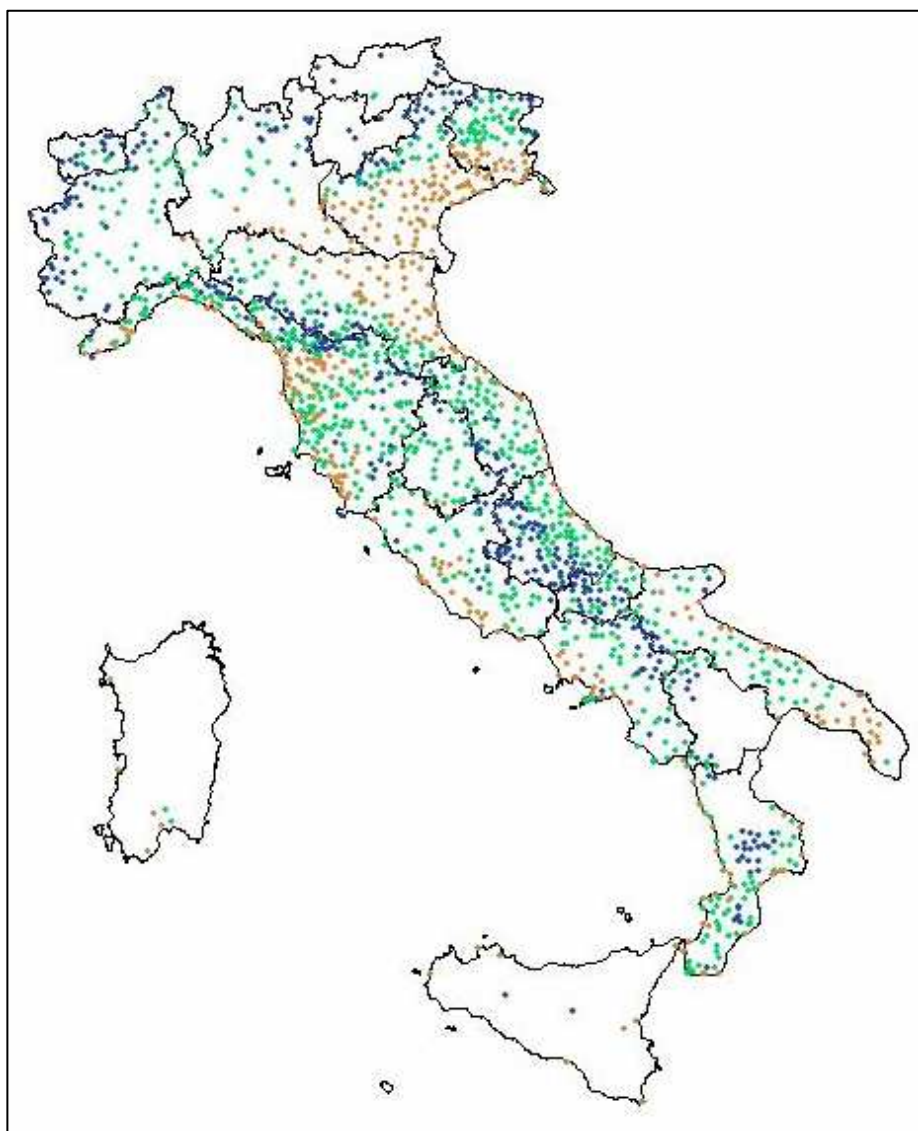


Figura 6.3: *Rappresentazione delle stazioni di misura delle precipitazioni suddivise nelle 3 classi di quote.*

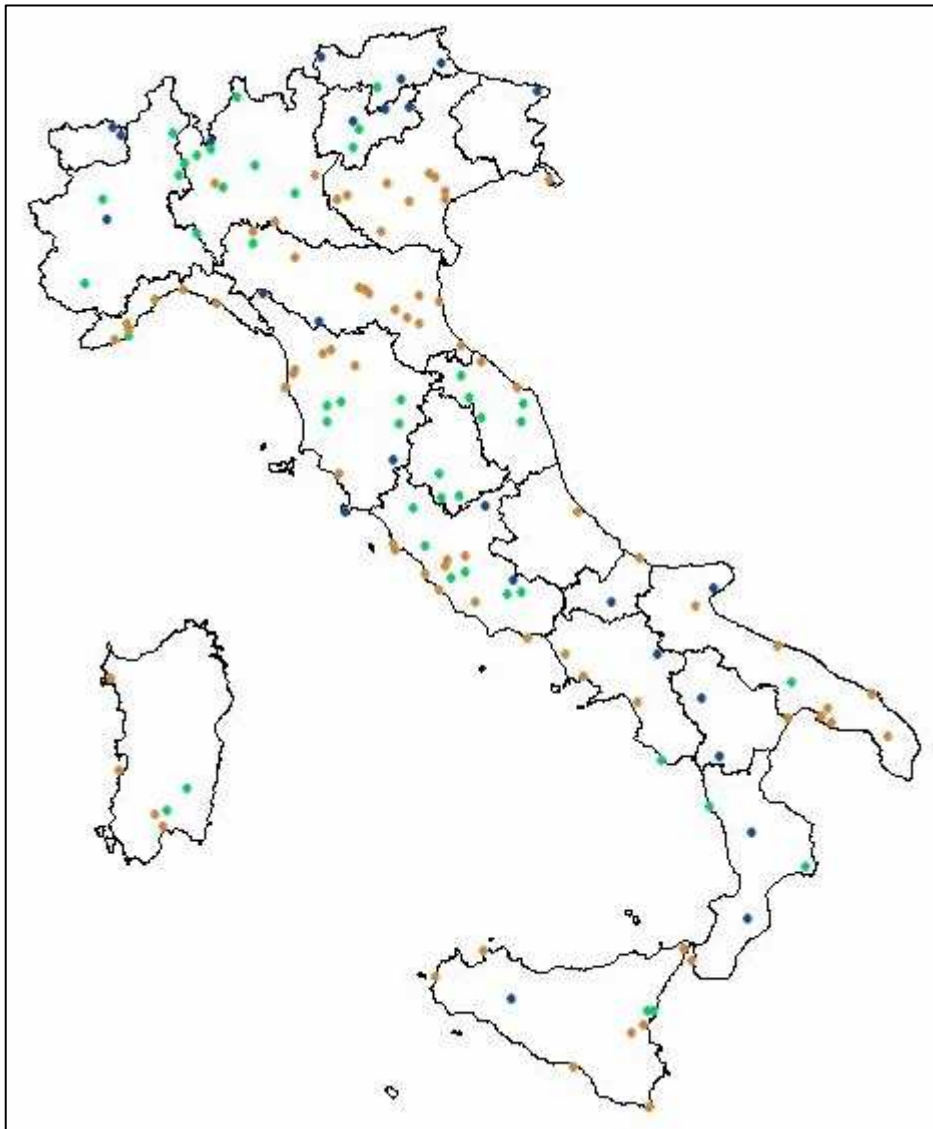


Figura 6.4: *Rappresentazione delle stazioni di misura delle temperature suddivise nelle 3 classi di quote.*

Tenendo conto di queste classificazioni si è applicata una procedura in arcinfo che calcolasse per ogni anno, mese, zona e classe di quota gli indici statistici: valore massimo, minimo, medio e deviazione standard; calcolati per ogni stazione rispetto ad un intorno determinato con un criterio che tenesse conto delle distanze tra le stazioni appartenenti alla stessa zona e classe di quota. Tale criterio è stato assunto per le stazioni di misura delle precipitazioni pari ad una distanza di 40Km, mentre per le temperature di 80Km poiché la loro distribuzione, come già affermato più volte, è molto meno densa.

Ottenuti i file statistica_P e statistica_T rispettivamente relativi alle precipitazioni e temperature, si è svolta una ulteriore analisi dei risultati per riscontrare misurazioni

erronee. Inizialmente si sono ipotizzati erronei i valori per i quali la differenza in modulo, tra il valore originale e la media, denominata $val-val_{med}$ superava il valore di tre deviazioni standard. E' noto infatti che la probabilità P che una misura cada entro t deviazioni standard rispetto al valore medio è pari a:

- 68% per $t=1$
- 95.4% per $t=2$
- 99.7% per $t=3$
- 99.9% per $t=4$

In figura 6.5 si illustra il grafico relativo al concetto appena esposto dove è evidente che all'aumentare della deviazione standard aumenta la probabilità di ottenere il valore, ma altrettanto crescerà anche la distanza dal valore medio della distribuzione di dati.

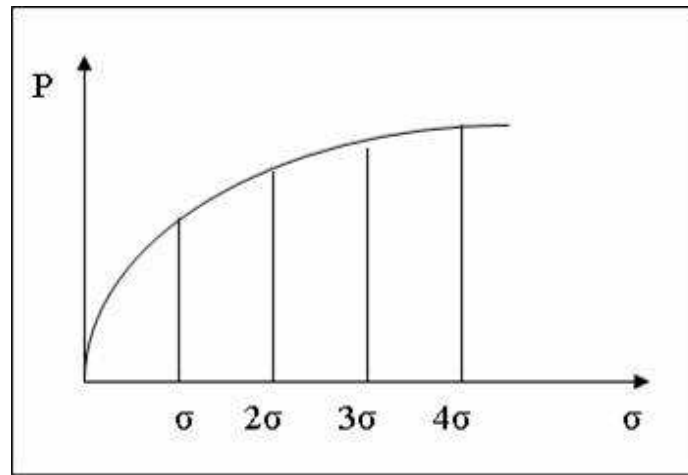


Figura 6.5: *Probabilità di un valore al crescere della deviazione standard.*

Per determinare questa classe di stazioni denominata $staz_da_scartare$ è stato utilizzato il seguente ciclo if:

$$\text{If}([val-val_{med}] > (3 * [STD_VAL_IN])) \quad (6.1)$$

Per quanto riguarda le temperature nessun valore soddisfaceva la condizione 6.1 quindi si è cercata a tentativi una condizione più restrittiva per la quale $val-val_{med}$ fosse compreso tra le due e le tre deviazioni standard. Si è individuata come condizione quella per la quale sono considerati erronei i valori di $val-val_{med}$ superiori alle 2,2 deviazioni standard:

$$([val-val_{med}] > (2,2 * [STD_VAL_IN])) \quad (6.2)$$

Tale condizione è soddisfatta da 19 valori di temperature che sono stati quindi ritenuti erronei e che dovranno essere eliminati prima di calcolare il file delle temperature medie mensili climatologiche.

Per quanto riguarda i valori delle precipitazioni cumulate si è seguito un altro procedimento effettuando un'ulteriore analisi per i valori di val-val_med compresi tra due e tre deviazioni standard che possono essere considerati non del tutto validi. Si è quindi calcolata la differenza tra il valore massimo e quello medio e tra questo ultimo e quello minimo. Si è svolto il ciclo if seguente per determinare quando la differenza tra il valore massimo e quello medio risulta maggiore di due volte la differenza tra medio e minimo.

$$\text{If}([\text{max-medio}] > (2 * [\text{medio-min}])) \quad (6.3)$$

Si è imposta questa condizione per limitare la differenza tra i valori massimi e minimi dalle medie e per quantificare a quale valore si avvicinasse più la media e quindi a quali valori appartenessero quelli delle stazioni considerate nell'intorno.

Inoltre è stata assunta anche la condizione di considerare soltanto le stazioni appartenenti alle prime due classi di quota relative alle aree pianeggianti, costiere e collinari. Si è esclusa la classe di quota 3 ossia quella che comprende le stazioni collocate alle quote maggiori di 600 metri s.l.m. poiché raggruppano un range di quote molto ampio e riguardante comunque aree ad elevata quota caratterizzate da maggiore piovosità e per le quali le variazioni dei valori massimi e minimi rispetto a quelli medi è facile che non rientrino nella condizione precedente (6.3).

Note queste due condizioni si sono considerate le stazioni di misura delle precipitazioni per le quali erano soddisfatte entrambe. Si è scelto poi di imporre alcune condizioni, sulla differenza tra il valore campionato e quello medio dell'intorno considerato, elencate di seguito:

1. $[\text{val-val_med}] > 30$
2. $([\text{val-val_med}] \leq (0.7 * [\text{max-medio}] + [\text{max-medio}]))$
3. $([\text{val-val_med}] \geq (0.7 * [\text{medio-min}] + [\text{medio-min}]))$
4. $[\text{val-val_med}] \neq [\text{max-medio}]$
5. $[\text{val-val_med}] \neq [\text{medio-min}]$

Le costanti scelte per tali condizioni si basano esclusivamente su analisi qualitative dei dati e seguendo il criterio di eliminare solo i dati che presentano anomalie eccessive rispetto a quelli dell'intorno considerato.

Applicando tali condizioni si sono ottenuti i valori da eliminare che sono stati aggiunti a quelli esclusi inizialmente perché soddisfavano la condizione (6.1) di superare le tre deviazioni standard. Si sono considerati errati 1479 valori di precipitazione derivanti dalle stazioni di misura distribuite nelle diverse classi e zone.

Noti questi ultimi e i 19 valori erronei individuati per le temperature è stata svolta un'ulteriore analisi dei valori errati, sempre attraverso una procedura automatizzata, atta a definire a quali stazioni di misura appartenessero e se comportassero una eccessiva diminuzione di dati nella serie temporale. E' stato scelto il criterio per il quale le stazioni mantenessero comunque una disponibilità di dati, sul periodo climatologico di interesse, maggiore o uguale al 75% che era il valore scelto inizialmente per ottenere il file delle stazioni di misura con i relativi indicatori dal sistema SCIA. Tra le stazioni di misura delle precipitazioni che presentavano dati errati ne sono state eliminate quattro (`cod_staz = 3279, 3836, 4068, 4101`) che non soddisfavano la condizione imposta, giungendo così a studiare i dati misurati su un totale di 1545 stazioni, mentre per le stazioni che soddisfavano la condizione sono stati eliminati solo i valori che risultavano errati. Per quanto riguarda i valori delle temperature, ai quali è stata applicata come già detto la stessa procedura, non si sono riscontrate stazioni da eliminare a prova anche del fatto che il sistema SCIA aveva effettuato alcuni controlli sui dati elementari della rete UGM.

Realizzati i due file, uno per le precipitazioni e uno per le temperature, dei valori validi si sono calcolate le medie climatologiche mensili ottenendo 12 valori, uno per ogni mese dell'anno, per ogni stazione disponibile. Si riportano le tabelle relative (6.1) e (6.2) che verranno utilizzate per applicare la tecnica di spazializzazione di tipo stocastico scelta per svolgere il lavoro di tesi.

Tabella 6.1: Medie Mensili Climatologiche (1961-1990) delle Precipitazioni cumulate.

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
611	28,20	29,57	27,42	36,18	67,20	63,55	80,71	90,65	56,53	37,65	35,24	31,49
613	25,56	26,41	38,60	52,58	82,23	76,12	92,47	91,18	65,43	56,52	54,73	26,58
614	39,45	41,05	51,32	64,08	108,50	133,12	143,99	128,77	106,86	92,35	83,31	39,42
615	30,87	23,66	42,27	40,31	67,64	86,65	94,65	93,71	90,25	73,09	47,94	27,14
616	27,60	33,88	40,72	45,29	80,30	92,79	109,45	103,02	65,91	55,10	48,25	28,51
618	78,11	73,85	98,86	128,17	140,39	144,35	137,95	154,66	137,04	126,49	152,71	95,75
623	39,56	54,64	76,87	103,73	127,50	101,02	68,49	81,02	74,26	88,95	75,45	42,01
624	29,64	41,31	51,48	90,29	112,83	81,58	46,30	73,42	60,16	73,73	50,64	29,27
625	56,72	73,01	92,73	80,42	128,13	77,31	50,71	85,92	79,25	96,44	88,85	49,56
626	67,46	77,08	98,83	104,94	131,91	94,64	69,30	101,02	76,31	107,43	105,90	56,67
627	60,83	53,04	93,70	115,81	174,07	162,58	121,03	190,64	141,20	141,37	94,79	54,43
628	71,91	60,54	83,01	88,04	129,49	110,33	110,09	133,44	94,10	144,97	110,58	55,98
629	65,27	62,63	83,90	79,20	98,24	66,88	66,29	90,38	68,54	99,74	101,80	62,17
630	62,51	68,83	77,29	76,05	71,14	62,49	37,77	66,51	56,65	93,54	89,98	55,79
632	59,55	53,95	63,76	68,95	91,74	75,04	72,51	84,78	62,44	83,68	79,60	53,76
633	53,79	47,81	58,25	68,76	85,35	84,59	61,91	92,49	62,58	81,04	75,27	50,64
634	86,36	79,13	89,97	95,68	102,75	103,16	73,39	100,65	76,59	93,93	109,18	79,27
635	70,35	56,91	66,98	68,10	78,61	88,00	64,22	79,77	58,21	64,75	86,71	61,24
636	63,08	63,19	69,17	81,55	101,34	106,64	68,19	88,45	72,88	81,60	95,39	61,36
637	68,90	62,18	65,58	67,67	81,88	97,28	58,84	84,13	72,13	77,88	79,56	62,29
638	57,09	54,20	54,81	64,32	68,72	77,04	63,12	83,10	65,95	71,22	80,59	53,70
640	71,19	61,81	76,66	86,63	80,97	101,64	71,35	100,61	101,13	86,33	113,64	88,60
647	143,07	95,08	139,18	154,40	78,28	53,19	49,04	81,75	97,97	172,66	110,53	80,95
649	101,33	88,21	90,44	78,14	80,33	38,24	21,84	39,00	55,02	105,51	99,28	81,40
650	135,94	114,41	128,38	143,74	109,09	98,63	49,19	80,08	102,85	196,71	212,75	148,36
653	50,19	43,88	53,93	51,04	59,69	59,86	50,57	75,85	76,14	79,40	76,56	51,93
656	43,24	44,91	60,36	67,03	64,94	52,55	42,84	57,86	61,05	70,31	81,33	59,29
658	39,19	33,83	53,36	47,76	44,25	45,84	44,76	61,19	65,95	44,52	67,00	46,78
661	47,79	48,80	56,96	53,04	50,17	51,07	53,60	66,73	67,99	77,15	73,00	57,44
663	71,03	72,93	68,55	65,27	53,62	32,64	11,92	34,15	57,40	96,84	73,41	63,79
664	74,08	70,36	77,11	79,58	60,57	43,00	24,04	56,75	87,70	120,01	122,07	85,23
665	57,98	65,99	61,58	70,23	57,13	45,86	38,27	51,53	70,93	85,93	100,65	70,30
666	42,60	31,86	39,06	25,30	21,35	13,59	7,88	20,48	26,17	51,58	43,26	51,64
667	73,09	68,90	77,22	77,46	69,10	54,68	39,59	75,69	77,33	87,81	111,21	91,77
668	56,73	54,64	58,83	62,61	65,54	51,95	37,80	53,57	61,31	74,60	85,31	74,95
669	75,86	88,15	90,82	95,71	107,48	88,35	65,10	92,32	93,69	104,60	139,99	105,96
673	44,82	51,40	47,90	52,93	52,99	34,60	35,73	46,71	58,88	68,53	76,83	55,78
674	64,77	56,70	55,63	48,98	39,62	27,06	16,75	37,43	62,98	93,80	98,92	64,83
676	57,26	61,90	50,25	60,99	54,94	55,25	28,50	53,97	59,83	88,73	94,76	73,84
677	31,73	34,89	37,55	60,12	64,87	79,38	50,63	66,27	79,02	88,44	82,15	42,18
679	104,25	99,03	76,28	81,79	51,30	40,44	19,30	45,98	76,33	109,76	134,42	118,16

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
682	54,66	52,57	62,91	71,97	37,87	43,83	35,99	53,35	61,25	73,54	71,32	80,20
683	31,19	26,59	26,64	22,46	22,59	25,13	24,14	32,12	44,32	45,28	41,80	42,32
684	74,55	74,12	60,97	63,78	56,53	43,74	27,80	44,98	71,19	88,74	102,77	86,76
685	80,66	82,89	66,18	68,68	47,27	40,98	22,33	37,39	75,03	107,68	120,19	92,47
686	75,91	76,19	67,45	65,45	48,24	34,38	19,89	32,77	68,13	93,72	114,22	94,26
687	80,73	74,91	65,77	54,72	47,18	16,54	14,52	48,38	67,48	93,89	110,88	92,86
688	98,12	86,12	76,95	77,06	48,07	33,21	23,85	39,51	80,15	114,83	142,44	104,66
689	132,63	128,25	100,17	98,89	68,46	50,57	39,91	65,27	94,97	141,69	197,06	175,38
690	72,15	78,65	69,69	57,47	35,43	20,33	8,42	28,85	73,06	119,66	115,44	97,34
691	55,18	59,47	50,07	50,93	44,75	35,68	35,16	40,22	45,57	57,66	80,99	68,29
692	103,45	81,16	72,16	69,14	44,51	28,25	18,54	47,13	77,46	117,50	140,47	103,19
693	58,08	43,20	45,63	44,85	37,65	49,41	43,93	38,47	67,11	52,19	62,04	81,28
694	41,56	40,53	42,90	36,36	37,10	35,60	26,02	27,19	45,63	52,56	52,56	56,21
695	64,79	61,40	53,04	47,74	39,26	32,89	25,78	27,38	42,58	63,92	71,03	82,54
696	93,90	58,39	52,13	54,69	40,09	32,02	28,12	59,41	65,52	64,59	54,10	62,96
698	107,30	97,94	85,48	71,09	50,94	35,36	25,17	41,63	79,80	129,66	157,83	121,23
700	63,15	54,03	54,07	59,89	45,64	39,50	27,39	35,64	44,68	71,97	79,65	73,46
701	94,96	84,42	72,67	57,20	40,42	22,25	14,47	22,34	60,10	97,87	112,94	106,75
702	53,01	65,50	66,94	41,99	42,62	39,19	25,34	39,18	48,97	69,44	66,51	67,89
703	108,63	98,92	83,50	79,39	56,33	42,38	22,36	45,72	59,28	101,69	132,00	146,14
704	60,16	63,11	73,45	34,99	28,67	19,44	10,02	25,33	45,50	71,00	74,24	68,15
705	46,23	52,04	62,65	35,89	34,34	27,13	27,06	24,92	36,21	60,37	99,73	74,12
707	62,83	53,58	67,58	38,36	27,52	20,27	18,22	32,87	53,50	80,46	91,02	81,31
708	110,87	115,46	102,80	86,89	53,71	32,00	18,95	35,86	70,44	125,94	134,45	134,68
709	93,18	86,77	69,01	56,75	50,08	36,65	21,36	34,26	50,61	93,59	110,41	105,09
710	88,87	54,90	75,14	38,57	24,69	28,93	25,22	17,53	48,31	114,99	147,56	105,71
714	73,22	65,38	85,03	44,10	25,47	37,37	4,55	13,29	41,46	108,73	131,20	79,95
717	113,32	98,35	83,75	59,94	38,71	13,61	19,79	24,06	54,74	108,63	106,50	117,15
719	59,70	45,78	44,83	35,01	16,79	4,66	2,38	8,69	41,57	64,21	64,50	65,03
720	71,22	55,10	51,38	42,68	26,23	10,14	11,31	16,94	35,99	71,06	71,51	80,62
721	51,11	47,33	38,78	30,09	23,72	16,96	9,86	24,36	30,67	71,63	54,46	61,01
722	42,32	35,46	29,30	23,65	12,43	2,89	3,31	11,04	20,07	57,63	50,49	54,96
723	56,72	45,52	31,14	31,83	22,85	6,09	2,25	13,84	33,21	74,78	48,47	67,98
724	74,62	55,99	170,03	35,29	19,15	5,99	31,96	8,87	44,81	108,28	62,11	92,08
726	56,95	42,66	32,44	17,72	12,64	2,41	5,31	5,07	25,18	78,03	50,45	70,36
729	167,07	144,34	120,11	132,61	88,21	76,01	8,49	28,34	61,08	110,28	153,40	129,12
733	82,48	66,06	51,74	47,68	28,35	11,40	4,53	6,36	41,88	62,75	103,09	70,94
736	47,72	65,68	51,75	46,75	24,23	11,34	3,21	14,21	37,33	54,40	65,66	61,22
740	47,07	57,11	44,03	37,10	23,85	9,17	3,24	8,54	30,57	55,60	55,98	55,26
775	54,45	57,47	79,35	120,57	151,52	141,41	128,67	160,94	145,40	125,77	129,68	55,40
778	33,76	33,15	45,03	60,15	96,87	99,60	104,53	91,22	69,72	66,53	58,60	33,36
799	54,32	48,39	54,08	60,98	63,32	63,61	51,43	72,34	54,70	57,76	67,95	51,75
817	46,24	36,04	55,34	50,81	49,25	41,17	32,30	55,01	55,25	58,67	71,29	42,50
820	45,09	46,23	62,64	66,77	62,20	62,55	44,24	62,30	69,63	74,04	81,33	60,83
823	42,63	38,76	53,69	54,56	54,65	52,03	47,24	62,40	60,72	54,09	71,88	53,82

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
826	74,91	80,20	81,58	70,72	65,35	49,83	33,20	48,43	68,34	114,05	110,80	86,35
829	56,00	62,84	63,36	53,93	51,44	50,59	19,63	42,35	52,67	77,86	87,03	69,93
830	47,59	54,19	49,79	51,86	58,10	44,46	32,42	50,47	63,73	75,33	84,49	58,75
834	75,31	87,22	79,13	84,67	85,94	79,18	54,49	74,85	91,98	105,23	115,11	101,57
838	41,42	42,50	51,75	44,03	42,19	47,30	48,80	63,78	63,85	56,63	70,31	59,72
842	61,62	72,24	58,86	66,85	59,71	55,40	33,69	46,20	71,82	89,36	103,32	76,34
843	74,33	79,21	71,62	77,37	76,55	58,69	38,72	43,22	78,85	99,39	120,51	96,37
863	142,33	144,63	118,78	125,81	105,93	77,93	60,86	69,88	79,02	132,01	218,79	171,99
883	115,79	102,19	95,77	69,45	43,85	27,24	13,89	36,74	68,64	117,34	145,35	131,75
890	50,03	52,39	56,83	31,37	25,33	23,90	17,76	24,18	34,53	64,34	63,05	66,44
893	52,41	67,34	56,28	44,63	34,52	17,99	6,32	12,70	40,13	58,06	63,60	72,57
894	53,08	58,47	50,42	37,91	23,29	11,12	5,45	8,18	30,45	45,64	55,37	60,30
899	85,87	105,09	75,37	60,03	38,74	10,04	5,64	9,94	35,02	67,84	87,49	100,40
904	221,97	208,32	177,66	131,80	63,70	39,95	30,33	31,55	80,76	155,39	172,16	256,17
1015	86,51	68,24	85,90	95,86	105,60	112,77	78,99	105,96	118,06	111,74	123,69	97,82
1017	67,63	52,84	64,74	76,24	74,30	90,00	60,70	85,47	89,25	73,64	100,21	76,59
1018	75,00	60,81	71,02	86,70	83,64	94,72	72,06	102,82	104,33	78,76	106,22	87,80
1019	82,79	69,35	78,80	89,27	88,81	106,87	76,69	101,55	115,36	117,66	113,96	92,90
1021	81,98	70,21	76,44	86,45	84,26	97,60	73,06	100,82	116,87	121,24	111,29	93,98
1024	109,34	88,66	100,85	109,13	119,03	130,97	97,00	123,57	136,45	125,85	148,78	110,99
1025	194,10	161,66	236,98	270,38	302,26	280,35	210,41	246,25	264,87	289,73	356,72	205,83
1027	121,81	96,47	150,11	166,89	185,63	191,79	135,77	146,15	166,32	166,35	196,55	131,93
1029	142,50	123,94	168,20	186,62	220,09	232,02	174,01	189,80	189,45	195,50	225,60	159,10
1030	133,42	116,36	146,30	154,10	187,73	215,41	136,43	175,54	189,67	163,68	203,12	143,60
1034	160,82	124,38	171,74	177,70	206,15	218,18	176,05	197,70	202,34	183,39	236,93	171,60
1035	157,68	128,00	172,34	183,26	223,70	227,12	164,09	187,54	215,07	203,71	267,10	187,16
1036	151,29	114,03	156,84	171,69	195,95	207,71	151,01	170,12	191,17	186,53	239,70	172,29
1038	192,77	157,53	219,92	221,53	280,12	277,42	205,54	216,96	269,83	259,40	329,75	225,76
1040	110,19	85,35	118,46	133,56	154,26	174,37	131,44	148,04	154,19	131,00	169,76	125,87
1041	176,40	131,75	174,75	186,41	216,70	222,24	164,07	186,00	208,17	210,36	275,59	196,99
1044	91,15	73,86	106,56	133,28	145,38	151,39	144,47	150,53	123,12	126,53	166,08	86,77
1045	88,48	81,31	99,28	136,99	150,52	144,64	139,06	148,89	139,64	135,69	160,48	102,94
1046	132,22	116,34	140,60	183,71	210,93	195,49	164,34	165,09	188,74	199,20	242,42	147,00
1049	80,82	76,37	95,12	115,55	154,36	152,15	132,01	139,17	124,83	144,37	142,91	81,69
1051	94,02	90,43	113,21	140,18	166,02	165,59	133,13	147,32	128,81	155,63	176,21	93,20
1052	101,60	94,22	115,91	150,88	189,40	171,20	134,21	149,26	141,37	181,54	198,44	96,81
1053	103,02	99,07	118,51	156,94	176,61	176,57	126,80	146,58	162,63	180,24	207,59	100,20
1055	81,47	68,56	90,20	118,24	155,64	151,07	142,63	136,63	114,62	143,77	160,13	76,12
1057	93,05	73,73	104,22	119,02	163,26	158,61	131,67	139,51	121,87	157,37	160,23	84,60
1058	89,53	80,97	106,56	132,98	161,16	171,90	154,89	144,09	151,92	160,24	171,75	90,48
1061	87,89	80,54	99,00	153,45	177,62	174,07	142,16	148,72	152,47	156,40	176,85	94,98
1062	91,53	83,89	111,71	148,13	168,04	169,05	153,26	147,95	169,90	161,34	175,42	97,18
1063	96,35	83,60	109,21	145,00	174,79	158,11	147,63	139,32	141,01	161,03	179,24	97,12
1065	101,38	85,38	111,25	135,05	157,42	158,60	153,85	145,14	131,82	143,55	177,42	90,36
1066	120,76	104,01	137,25	176,84	203,52	184,39	155,67	158,57	169,96	214,06	240,86	125,18

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1067	79,64	67,58	101,04	122,06	158,07	161,49	146,27	158,49	150,40	138,85	160,80	86,79
1069	102,51	79,93	112,57	149,11	187,88	188,05	158,58	176,25	180,63	174,56	199,21	107,95
1071	109,21	97,17	134,26	182,89	254,49	233,17	197,95	220,26	202,55	208,32	252,86	138,31
1074	147,60	115,26	174,73	214,81	264,51	228,31	194,51	216,59	250,67	253,56	339,36	174,21
1075	146,74	116,90	165,33	205,36	263,27	221,90	193,20	208,92	243,75	245,15	307,29	162,28
1078	103,43	83,36	118,24	150,45	204,19	179,24	165,84	163,85	193,41	176,94	210,96	109,04
1079	132,61	112,02	158,52	188,88	234,04	221,11	164,67	196,40	234,15	217,99	237,70	137,98
1080	123,38	103,09	150,36	172,91	197,85	217,81	146,08	174,85	178,84	183,56	207,42	132,59
1081	138,51	124,01	181,67	238,21	257,14	229,52	168,59	190,83	218,11	226,30	298,92	161,63
1085	136,65	128,31	172,64	217,76	246,82	229,51	171,98	184,18	209,47	227,01	273,78	145,45
1086	98,70	87,04	114,92	133,56	155,47	172,65	111,14	159,30	136,83	145,70	159,31	102,71
1087	109,49	95,36	131,08	147,16	163,07	186,52	128,59	148,28	148,60	162,24	169,57	116,80
1088	132,33	117,63	162,62	195,16	219,57	227,04	159,27	169,24	208,16	207,16	223,13	146,37
1089	116,82	101,96	141,86	163,81	195,16	208,67	140,95	164,55	173,64	163,38	189,13	131,75
1090	114,22	100,33	123,56	142,56	164,09	189,26	123,08	153,74	144,00	157,99	172,32	118,58
1091	95,11	88,23	107,07	121,63	128,06	152,61	95,80	121,01	126,56	130,16	142,17	99,46
1094	102,87	80,19	111,03	133,01	131,55	163,38	102,74	144,40	127,47	129,82	144,39	108,82
1097	104,51	85,18	104,81	118,80	130,61	132,12	100,40	121,39	137,09	127,44	151,10	110,87
1101	105,20	79,62	102,37	114,63	120,96	121,23	99,79	118,59	137,94	133,13	144,55	113,30
1103	86,03	71,35	90,23	99,20	111,90	111,98	85,51	109,75	116,44	109,54	132,53	92,09
1104	96,07	78,80	97,28	109,01	111,83	126,83	94,04	125,34	118,31	127,46	144,39	102,73
1107	91,36	72,15	84,47	96,29	95,45	106,80	87,02	99,56	132,22	114,17	124,51	95,89
1116	87,06	71,76	88,57	95,28	95,34	97,89	90,06	100,99	120,39	111,21	120,36	92,09
1117	81,55	63,40	72,38	87,39	78,90	91,47	76,54	109,43	123,72	107,60	109,24	84,45
1118	72,57	61,67	70,08	78,26	74,81	89,63	69,91	100,59	118,00	105,66	102,99	81,71
1121	113,32	98,95	129,42	134,05	157,65	181,75	126,17	154,26	155,87	149,71	169,97	127,51
1130	87,13	76,63	91,44	102,89	108,23	126,88	88,39	117,33	109,99	118,85	133,78	93,43
1133	87,89	72,24	86,96	93,52	101,99	103,97	72,23	121,48	97,50	116,66	125,34	90,76
1135	93,32	76,18	88,37	90,87	101,08	102,07	83,43	112,10	104,41	127,11	123,57	97,22
1140	83,75	70,10	81,46	86,79	98,69	100,89	73,30	98,16	101,79	113,14	115,58	87,39
1144	109,42	106,20	127,39	143,26	173,44	182,80	106,67	136,32	133,67	160,96	168,47	110,15
1145	112,13	107,58	135,40	141,75	164,09	181,86	108,98	135,97	131,57	153,46	174,90	116,73
1146	109,83	105,11	130,91	143,58	164,15	176,76	105,69	132,64	129,93	146,84	172,14	109,04
1147	95,40	88,44	104,72	116,58	134,68	149,88	98,98	114,69	103,78	125,93	128,43	85,62
1150	131,67	121,69	165,06	210,50	224,36	213,57	147,40	160,35	188,33	226,76	263,22	120,82
1151	147,97	137,79	172,62	212,91	232,22	224,22	165,22	185,94	209,13	236,32	245,09	146,63
1153	145,06	143,77	195,30	252,98	265,35	232,51	149,68	180,83	199,60	262,84	288,40	140,28
1155	143,49	138,32	188,31	227,34	248,67	228,44	148,66	169,56	193,94	243,75	274,92	135,77
1156	120,55	117,07	152,31	186,47	201,05	204,34	145,73	157,50	187,15	191,13	216,21	124,24
1157	126,39	122,04	155,57	179,62	198,98	202,27	132,70	153,54	168,46	191,39	221,67	126,08
1158	111,09	101,00	135,31	153,76	174,76	205,78	129,14	150,76	164,30	167,54	177,41	116,40
1159	103,56	98,37	127,11	138,51	156,84	173,16	122,27	138,10	136,54	141,83	160,14	110,70
1160	102,55	93,66	118,71	132,42	151,96	165,84	115,26	125,49	134,79	146,23	150,36	108,53
1161	100,52	93,62	111,61	131,51	137,65	163,68	109,00	115,55	136,70	135,13	146,62	105,30
1162	106,06	103,17	122,50	136,40	175,21	160,98	129,05	155,18	138,87	162,10	161,75	106,59

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1163	108,57	109,80	115,90	147,52	174,75	163,34	143,50	152,93	134,89	173,61	218,51	103,40
1165	115,94	154,60	179,91	200,74	225,35	209,07	135,44	160,83	186,09	218,88	262,37	136,73
1166	149,83	146,74	181,40	215,01	216,19	202,71	127,85	147,04	176,09	235,46	296,67	130,23
1167	110,66	94,32	127,37	139,61	167,03	186,52	115,68	136,71	136,11	157,78	171,78	111,61
1169	77,19	66,63	90,82	102,26	127,53	142,68	96,61	110,88	97,86	109,87	119,67	74,01
1172	43,33	50,68	65,88	79,13	120,22	134,43	127,85	110,21	97,22	106,39	105,03	56,68
1176	54,02	41,82	66,64	81,92	120,90	121,16	115,09	124,31	98,73	103,74	101,30	58,16
1177	58,76	48,27	66,79	92,75	122,49	129,25	120,96	112,93	99,83	102,59	113,64	56,04
1184	50,84	48,05	63,73	80,29	112,68	119,22	113,43	105,76	85,31	92,65	97,20	53,33
1187	68,82	53,20	75,35	91,62	125,48	114,57	106,64	109,96	97,02	107,13	125,65	64,38
1192	71,07	58,91	96,86	102,03	155,56	139,19	130,74	128,03	117,21	119,80	129,63	74,05
1193	71,89	64,13	87,00	106,71	143,08	124,43	115,79	116,84	99,69	130,04	140,60	70,11
1195	89,13	70,37	102,03	131,50	161,22	172,21	136,64	138,87	130,72	142,11	173,17	90,01
1196	74,11	66,27	93,17	110,01	144,23	166,28	127,62	136,70	113,54	127,14	139,03	73,74
1198	72,28	63,95	86,13	112,77	147,99	160,85	133,25	143,98	111,10	125,75	147,03	75,64
1199	96,34	79,94	111,47	130,44	164,79	170,94	122,61	146,64	120,26	153,57	184,35	84,89
1202	98,61	98,15	122,21	144,41	175,21	168,29	115,98	144,90	109,86	169,29	197,72	97,47
1204	59,32	47,73	71,18	83,53	124,27	116,69	110,51	114,54	86,46	100,16	99,66	49,39
1206	50,43	41,16	66,06	79,92	112,23	106,65	105,68	108,05	83,79	92,06	94,82	42,22
1210	62,75	55,93	91,44	99,60	146,36	132,89	118,85	124,76	104,43	111,50	118,19	67,11
1213	88,36	71,65	95,24	114,12	148,87	125,17	105,65	109,03	92,93	145,64	145,16	78,23
1216	79,36	64,10	90,82	106,24	151,25	129,56	111,11	124,48	108,10	138,55	148,57	71,77
1218	95,92	88,48	118,15	130,64	176,30	162,10	133,82	141,29	106,84	168,10	152,03	86,46
1220	88,18	74,97	105,67	118,02	153,09	147,09	119,65	141,67	114,56	139,27	144,05	85,71
1222	91,61	83,11	110,90	136,03	174,71	165,09	137,29	150,37	119,54	146,84	161,41	84,84
1223	92,70	89,46	108,41	113,66	153,91	143,12	113,06	141,22	120,11	143,12	139,10	83,02
1227	98,97	91,39	116,77	132,30	159,58	159,35	107,35	137,47	119,38	146,07	161,37	87,84
1228	99,99	97,56	114,64	130,47	144,51	150,69	99,96	132,80	105,26	135,60	151,55	91,55
1231	88,14	71,57	100,03	103,49	132,25	150,50	93,87	118,18	106,25	115,73	131,60	84,34
1232	97,28	91,02	100,10	116,96	138,58	148,49	90,93	119,80	125,20	131,27	144,74	87,65
1233	95,56	87,13	102,14	115,95	137,31	162,26	98,48	139,59	123,86	139,83	135,86	98,57
1234	89,10	79,88	94,50	97,32	110,62	126,02	78,96	122,46	99,04	126,27	122,92	86,59
1235	94,41	87,79	101,67	109,36	124,46	138,60	88,72	123,51	111,99	118,03	133,43	92,07
1236	90,29	80,10	98,42	106,73	122,06	136,83	86,26	122,07	113,99	119,08	136,56	91,32
1238	83,28	82,47	91,33	94,45	109,55	139,71	89,60	118,70	98,30	110,89	121,98	92,57
1239	89,10	77,81	90,95	95,00	105,34	119,19	77,89	124,78	97,40	113,70	125,07	94,10
1241	83,29	70,69	81,16	83,33	95,72	107,76	70,57	106,77	92,99	97,21	114,95	80,23
1242	82,98	67,10	75,08	77,83	80,48	88,77	59,79	92,63	98,51	110,53	105,33	82,94
1243	79,30	61,80	70,66	71,24	87,34	89,37	71,03	90,14	97,65	98,64	105,59	73,64
1244	74,91	58,24	68,75	72,01	79,21	86,69	64,69	91,66	93,26	101,13	96,27	76,67
1245	81,93	65,56	72,83	76,00	84,55	100,53	66,77	106,49	94,63	104,07	111,45	82,84
1247	78,11	67,02	77,92	84,78	96,83	112,11	60,41	96,63	82,35	100,96	112,58	77,20
1248	84,27	71,96	86,34	90,80	110,28	118,59	66,35	99,50	85,25	113,83	126,66	78,60
1249	85,34	73,26	79,70	86,87	98,97	106,20	64,33	102,31	77,22	101,53	113,52	79,39
1251	55,13	46,54	52,95	56,32	71,59	80,23	54,38	82,84	73,42	73,18	84,07	53,12

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1252	70,74	62,77	66,75	73,97	81,22	90,72	63,74	103,27	88,47	82,26	100,35	65,58
1253	66,31	59,13	62,38	65,21	77,67	85,13	61,13	91,51	72,88	72,20	94,11	59,79
1255	56,37	48,28	53,44	53,20	64,80	78,16	50,82	83,49	75,50	75,55	83,10	53,80
1256	66,76	54,34	65,46	64,58	68,49	74,71	51,18	78,80	70,00	77,69	90,91	60,55
1257	71,30	58,43	62,54	67,26	70,32	83,40	53,74	87,00	79,38	94,08	98,93	67,46
1276	94,66	84,14	103,14	109,21	149,16	121,79	97,66	123,23	111,61	130,78	145,28	87,06
1277	93,86	76,38	93,65	114,77	142,19	135,23	108,80	139,08	112,93	137,57	154,91	71,79
1278	113,49	122,09	152,72	148,01	195,95	186,60	111,38	152,54	143,98	171,20	195,35	113,48
1280	124,40	107,80	132,57	156,36	197,50	165,61	122,45	157,81	130,56	179,10	201,59	106,01
1281	89,13	88,76	111,68	129,46	161,58	156,87	110,82	148,09	140,14	152,02	135,11	83,66
1282	108,24	96,19	116,74	133,57	152,57	147,64	103,79	136,36	118,12	152,72	173,54	95,72
1283	85,57	80,52	91,95	101,48	119,51	122,70	88,45	116,07	97,76	116,89	118,69	71,31
1288	85,36	75,74	89,38	92,01	117,58	138,12	79,60	114,45	95,46	113,08	120,56	78,57
1290	77,03	69,77	75,48	79,66	93,36	110,93	79,51	98,10	87,66	96,48	96,65	73,67
1291	73,17	71,48	69,75	78,25	95,52	100,45	70,30	92,82	82,71	96,45	107,93	71,64
1292	76,37	73,81	70,20	76,27	92,22	98,17	68,21	94,52	83,67	90,35	107,32	73,02
1293	69,12	71,63	73,38	75,59	100,79	112,01	69,60	103,35	67,18	85,05	104,57	70,60
1294	69,67	59,16	63,73	62,23	75,91	82,31	55,30	90,01	70,81	77,89	95,46	62,05
1295	71,35	62,29	62,68	63,82	71,16	75,28	63,16	81,00	68,97	75,26	94,80	63,70
1296	68,81	62,05	70,39	62,82	65,84	81,93	58,34	86,47	77,17	79,12	102,09	66,69
1298	70,08	60,05	65,61	62,71	69,01	81,87	60,64	89,48	71,90	80,40	100,48	64,36
1300	84,06	67,59	84,63	81,72	98,60	105,43	61,42	95,63	89,39	90,50	103,17	73,48
1301	79,10	76,24	78,49	83,77	104,98	105,26	67,29	98,71	81,39	91,95	102,66	72,89
1303	82,70	69,01	69,34	80,83	106,64	105,24	67,79	82,22	65,91	79,34	95,38	65,96
1304	69,81	58,14	65,31	72,52	88,19	100,98	62,80	88,56	73,96	71,52	87,25	69,98
1305	66,49	57,15	63,37	64,45	87,45	96,38	64,37	89,71	64,51	68,13	86,88	64,93
1306	72,33	58,71	73,12	69,62	84,88	96,43	73,76	90,67	73,70	68,78	92,10	70,78
1307	79,40	67,55	68,98	72,72	84,34	103,09	74,21	85,52	79,90	82,23	102,29	65,15
1308	64,29	52,96	60,79	62,76	76,95	87,32	71,00	75,69	60,93	62,07	83,42	57,84
1310	70,65	63,87	67,60	66,85	77,96	84,41	69,70	74,88	73,26	73,13	94,11	64,97
1311	68,36	58,10	63,64	61,33	76,37	88,06	71,45	81,10	67,71	68,39	84,84	61,33
1312	54,59	45,81	55,45	48,36	59,85	69,57	48,17	71,36	56,78	59,74	81,59	55,22
1314	62,68	54,20	55,44	57,71	72,58	83,70	58,90	78,11	75,40	74,18	87,06	54,21
1315	64,19	55,77	59,99	61,86	64,61	83,67	59,66	79,18	68,24	68,74	88,47	57,77
1318	63,19	47,74	49,31	50,99	58,86	66,82	53,67	71,21	55,35	52,85	84,31	56,96
1321	96,97	96,14	107,30	133,06	192,35	163,57	127,91	154,01	146,55	179,37	158,98	87,17
1322	89,94	85,54	93,71	115,95	155,53	140,30	107,05	139,03	102,65	142,50	153,44	63,58
1323	88,33	70,33	92,08	111,36	169,54	158,42	129,33	149,80	119,17	145,26	151,05	75,71
1325	92,50	83,12	100,78	126,17	171,82	159,72	128,41	150,93	131,47	159,64	166,78	79,96
1328	88,06	81,27	98,54	107,18	143,72	140,54	96,89	126,53	103,11	120,84	124,26	76,93
1329	85,12	88,84	102,98	117,77	147,80	154,89	103,60	129,04	117,21	133,39	134,85	83,96
1330	85,75	72,99	90,00	89,94	104,24	107,45	75,32	111,46	89,22	100,42	116,35	75,87
1331	149,82	144,81	191,48	202,81	233,82	187,41	143,46	167,24	163,20	223,37	230,23	143,28
1333	129,88	123,76	143,33	156,72	190,91	170,78	133,85	153,52	141,04	201,66	195,72	102,16
1335	116,24	100,10	122,35	128,68	165,61	138,52	100,09	138,47	114,19	154,38	158,57	95,73

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1336	95,45	96,00	104,00	108,02	132,32	138,13	96,95	134,96	111,74	133,18	142,92	88,28
1338	103,88	91,83	110,20	108,74	133,07	117,09	82,33	119,62	94,57	122,81	128,65	92,77
1339	91,33	79,39	97,18	85,08	103,52	105,25	67,54	103,33	71,17	99,34	118,07	82,88
1341	173,59	174,64	205,66	214,57	242,73	176,24	132,72	181,71	159,83	237,71	266,73	156,79
1343	159,29	166,48	173,79	192,97	207,97	151,38	114,38	164,66	146,54	209,70	231,68	136,93
1345	102,40	98,26	120,64	129,93	160,81	142,18	116,68	132,69	113,40	146,96	174,10	99,78
1347	100,76	96,29	108,69	112,63	124,96	109,46	86,86	122,33	97,52	125,28	139,01	97,50
1357	18,82	20,46	25,36	28,20	57,34	57,11	58,14	70,34	43,68	41,09	38,70	21,31
1388	32,64	29,72	34,98	53,53	82,82	88,14	100,11	111,09	76,35	57,08	65,52	35,58
1398	36,84	29,84	37,02	52,32	91,48	113,81	133,28	133,93	79,76	56,66	59,35	36,08
1435	31,61	27,92	38,82	56,72	80,57	72,70	90,32	91,60	64,55	56,26	56,67	28,85
1475	48,80	39,10	58,07	79,91	95,90	93,34	79,30	91,29	79,57	96,77	98,77	46,03
1494	62,10	57,83	65,31	77,42	105,70	89,43	90,41	108,42	69,51	89,53	88,27	59,95
1495	58,23	54,88	57,04	63,82	98,70	97,16	87,17	111,68	71,30	85,88	81,72	58,28
1497	47,91	47,00	50,08	51,07	75,59	75,07	73,79	72,58	49,71	73,96	66,05	51,08
1498	82,96	59,34	81,76	91,06	127,17	122,28	98,50	142,22	86,50	121,60	112,83	69,42
1502	155,14	140,78	139,39	171,44	187,61	154,81	113,57	153,08	120,75	199,75	208,60	112,58
1503	103,14	127,86	136,93	132,67	141,03	123,06	92,48	130,91	101,61	155,63	177,13	100,97
1505	61,82	58,85	56,61	55,68	84,85	81,22	57,49	90,14	50,10	66,00	74,01	53,44
1509	66,32	58,92	60,92	60,87	75,79	75,85	60,60	69,81	61,94	65,98	85,72	61,02
1510	65,99	56,79	62,26	58,43	80,32	74,71	52,86	71,72	56,62	62,67	83,44	59,89
1511	59,73	49,83	54,41	57,87	66,78	65,98	54,57	74,76	50,62	60,51	84,77	57,55
1513	82,26	84,88	88,57	82,33	89,35	91,15	71,01	94,11	66,52	85,52	97,88	77,90
1514	90,40	85,58	82,92	73,32	92,44	99,89	70,08	99,18	67,17	84,97	101,93	75,30
1515	56,82	54,46	59,16	56,97	82,75	80,58	66,04	91,92	59,25	63,84	74,74	59,21
1517	53,70	52,04	54,02	51,50	68,50	74,03	56,60	82,48	51,65	60,37	68,13	53,37
1523	58,28	55,36	53,83	55,11	80,54	71,58	51,45	79,72	56,00	60,72	72,39	51,17
1525	64,05	59,44	62,84	65,40	86,35	79,57	56,28	75,95	49,92	64,53	81,88	64,46
1529	51,68	53,99	55,92	54,44	61,83	64,20	52,63	74,80	53,50	59,13	74,72	58,02
1531	57,59	53,18	60,68	56,22	64,97	64,73	51,67	75,05	52,93	57,36	79,63	55,72
1535	55,70	54,98	56,60	62,14	75,08	82,24	65,88	86,54	58,83	82,25	77,00	55,87
1537	51,58	47,86	49,65	53,00	75,82	73,57	52,44	69,51	49,32	69,86	66,42	49,70
1538	52,51	52,95	54,04	52,68	77,33	66,01	58,81	85,59	57,73	75,12	72,08	60,33
1541	55,72	58,08	54,84	51,65	72,92	65,49	49,03	66,23	47,34	53,72	72,12	56,85
1542	59,63	56,50	57,85	57,79	72,32	65,72	52,80	77,18	56,51	60,52	73,63	59,79
1545	52,46	44,05	52,58	49,66	56,27	56,63	45,90	77,38	45,05	49,32	69,93	48,24
1546	55,20	51,94	57,50	52,34	62,56	58,80	45,33	64,98	50,77	49,72	71,22	53,34
1550	59,84	56,73	59,26	62,61	89,64	90,07	63,72	87,15	58,59	80,07	79,53	56,48
1551	60,44	55,92	55,19	55,67	78,17	71,42	59,57	70,39	59,44	79,14	73,74	53,78
1553	51,73	59,82	55,57	49,95	63,64	68,37	53,77	74,65	54,91	67,53	73,50	56,78
1554	60,11	54,63	54,38	48,14	64,76	52,77	48,11	66,82	55,35	66,68	74,90	60,51
1555	54,72	51,93	53,75	50,75	61,65	62,30	50,82	66,85	51,25	57,13	68,78	48,17
1563	55,96	41,51	55,75	50,45	55,61	52,68	46,56	64,58	53,28	49,42	73,83	52,97
1564	59,51	43,71	49,08	45,64	52,64	50,10	41,37	81,43	56,75	52,71	79,20	54,44
1592	54,98	54,73	57,21	66,17	86,87	70,07	66,20	86,65	60,42	77,36	79,45	50,64

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1593	63,39	61,24	65,91	71,54	99,79	88,32	97,05	111,03	73,00	93,54	88,97	54,89
1597	48,95	48,33	52,87	58,91	78,60	77,40	63,30	79,20	63,89	67,67	68,06	48,55
1602	51,16	43,02	46,93	48,58	68,26	55,68	45,93	70,88	59,26	65,36	68,18	52,20
1610	50,26	51,65	57,15	66,38	79,88	73,97	62,67	94,34	67,84	86,80	82,35	51,21
1617	59,88	48,08	80,20	104,63	146,67	130,45	144,39	162,43	123,58	107,91	117,74	52,11
1618	44,25	32,84	53,19	70,50	116,20	105,43	114,82	116,55	91,05	82,87	103,84	42,94
1619	39,22	31,88	49,56	72,51	110,24	102,19	103,64	109,11	87,66	73,11	81,85	40,12
1628	66,48	45,11	80,01	108,13	160,10	137,67	141,17	155,45	126,05	139,14	139,64	61,57
1636	53,06	36,49	63,62	83,60	119,85	110,86	121,16	130,55	87,84	91,93	98,22	49,17
1658	62,10	55,94	67,34	80,81	102,77	87,28	85,66	107,37	74,42	94,20	92,19	49,88
1676	82,43	72,88	104,91	133,53	179,11	155,40	151,06	164,49	115,96	131,73	150,37	81,16
1681	59,75	61,85	70,38	74,19	104,60	99,44	85,90	113,71	81,09	105,37	91,52	56,08
1686	57,31	51,88	56,59	57,39	72,84	60,09	46,74	73,59	64,15	83,32	85,41	53,24
1695	76,25	63,34	107,63	129,55	171,35	151,46	145,06	179,10	135,38	152,76	146,48	69,25
1711	66,80	60,71	62,34	70,98	71,75	66,20	51,67	80,68	59,20	87,85	86,11	61,05
1713	50,80	51,78	59,55	66,75	70,71	68,11	53,57	78,32	70,10	92,59	92,71	56,64
1717	54,54	52,07	53,58	52,75	66,61	57,65	53,47	84,00	68,67	89,29	81,77	53,86
1724	41,43	37,16	44,30	63,69	102,30	82,78	88,44	99,62	81,99	61,40	81,95	42,09
1733	36,03	25,04	40,89	58,15	86,63	72,17	80,90	87,98	79,56	62,12	70,32	34,81
1742	58,97	41,57	78,97	107,18	162,74	132,42	144,07	153,25	127,55	119,98	125,66	57,88
1744	58,50	62,18	89,62	140,84	208,15	132,36	143,90	152,90	169,97	146,74	150,85	62,39
1747	52,89	52,61	82,22	117,78	170,34	125,15	128,72	134,72	132,27	132,06	122,80	54,82
1750	53,68	34,76	56,74	73,90	126,53	98,10	95,74	101,38	99,15	85,84	90,08	43,20
1752	45,20	36,79	64,32	59,14	106,63	81,51	80,12	100,07	88,74	92,89	87,57	44,86
1773	56,14	66,99	85,40	131,47	199,74	176,12	176,63	196,59	213,81	145,94	122,21	57,54
1778	46,23	45,00	78,06	110,91	170,62	141,62	127,87	148,57	136,92	120,08	111,78	42,66
1790	63,38	63,06	106,14	138,00	188,53	160,54	133,03	157,72	157,87	144,94	135,44	62,55
1792	74,01	86,48	109,33	121,92	172,12	147,22	97,67	159,03	146,47	155,29	129,35	66,37
1808	81,34	71,88	117,36	153,77	227,02	188,43	161,24	194,16	163,41	171,03	168,20	82,33
1809	70,21	71,66	103,05	144,82	229,28	188,53	163,93	195,74	169,68	173,46	160,62	73,15
1819	75,93	69,15	111,45	144,53	209,40	172,00	158,11	196,38	160,11	159,81	148,05	66,64
1820	81,77	68,84	110,88	143,07	188,61	167,42	152,20	190,11	134,38	137,02	136,85	68,52
1826	57,39	57,48	68,22	75,09	87,91	68,27	67,85	100,57	72,11	93,40	83,82	52,04
1827	59,54	62,34	62,29	66,89	76,37	57,88	52,74	83,61	62,41	95,10	89,30	54,93
1830	87,38	80,03	123,51	148,42	197,89	151,57	153,89	155,46	153,41	159,55	162,21	85,47
1839	71,15	72,20	103,70	142,92	201,72	176,88	151,80	217,47	127,95	145,75	149,65	60,18
1842	74,18	73,32	83,03	95,10	120,65	98,01	95,42	138,76	92,61	112,77	108,31	61,52
1851	58,92	64,98	70,25	65,01	70,79	60,75	44,84	71,77	60,53	93,30	79,56	58,84
1862	65,62	66,05	78,11	84,88	102,81	83,57	69,60	108,14	69,47	108,86	90,66	57,64
1870	81,57	84,78	108,34	117,81	161,96	126,83	94,49	146,45	112,95	131,45	119,66	61,62
1882	61,71	72,88	115,67	173,94	211,20	150,49	147,37	180,26	230,59	176,77	159,43	58,13
1895	73,31	102,61	161,72	246,65	280,85	196,85	176,82	241,29	295,70	275,01	227,53	64,26
1904	84,50	87,30	88,47	111,49	109,91	108,53	90,89	124,88	112,51	128,56	125,98	81,98
1905	63,06	65,40	72,43	102,24	137,85	119,26	97,96	137,95	133,09	136,16	95,91	63,95
1910	89,30	102,12	127,09	173,27	198,22	132,20	107,12	135,63	136,39	187,10	164,07	89,00

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1914	66,30	77,80	96,88	147,07	159,86	107,85	77,83	111,47	109,94	138,90	135,67	57,30
1918	55,83	73,29	107,59	162,49	189,00	121,84	88,53	131,03	132,99	191,87	150,88	54,74
1922	61,62	79,54	110,43	159,09	168,13	112,41	82,47	110,42	106,18	160,02	136,33	56,91
1925	53,97	74,62	100,22	127,04	157,54	112,60	84,98	121,12	101,17	129,08	107,26	53,50
1929	70,53	94,10	145,27	157,68	204,43	140,44	103,82	140,95	145,53	193,33	160,31	71,13
1935	90,38	114,05	175,31	293,57	326,32	208,84	175,45	218,66	275,90	274,83	226,74	70,51
1944	55,06	81,20	128,07	149,78	170,69	134,80	107,14	142,02	146,87	140,79	153,62	60,06
1949	77,79	93,49	133,28	154,26	189,06	159,65	98,79	130,38	144,49	150,29	150,00	64,92
1950	61,59	85,71	107,60	132,63	148,05	113,57	85,98	127,46	95,17	128,82	132,44	51,75
1960	65,36	79,50	125,12	147,14	171,24	130,08	82,07	126,63	133,95	132,00	131,57	57,26
1967	58,02	91,15	133,25	177,72	207,05	130,57	85,90	125,06	115,13	168,63	139,18	57,96
1969	52,97	80,66	122,17	184,22	234,82	147,37	105,89	138,02	129,58	180,43	142,88	60,10
1973	57,83	80,35	128,26	183,47	251,38	166,66	135,10	152,86	168,50	225,33	124,86	48,34
1976	66,52	88,28	147,65	200,43	222,25	150,32	130,89	121,69	168,20	199,97	152,00	56,63
1978	64,99	90,89	152,04	189,30	211,50	167,80	124,62	156,48	180,22	182,78	163,41	52,61
1985	58,63	69,90	100,30	125,79	157,31	127,64	92,03	118,26	116,82	125,61	127,39	51,56
1987	61,08	80,13	103,19	110,93	123,73	103,51	65,91	96,90	91,47	110,52	109,79	58,53
1988	71,23	94,58	123,67	206,89	211,42	155,57	99,00	147,75	142,71	207,14	175,57	64,36
1990	52,90	72,49	104,20	151,37	179,25	153,64	111,25	130,36	111,27	141,64	117,73	43,43
1993	54,05	89,12	146,91	236,98	287,93	208,51	128,70	174,89	175,54	224,81	156,35	60,25
1996	51,08	74,98	128,65	180,53	209,21	171,43	120,61	131,56	139,24	155,05	139,09	50,27
2007	42,85	65,25	74,89	80,59	95,19	74,12	52,06	67,05	65,28	85,30	88,89	40,14
2009	48,56	72,20	78,75	82,03	97,48	74,45	53,55	83,50	66,10	86,61	91,86	45,18
2017	49,81	56,81	47,85	45,82	52,35	55,71	65,16	66,93	56,25	74,45	67,35	56,25
2020	53,74	57,50	81,12	73,70	76,37	52,91	52,22	61,75	51,58	74,92	76,69	57,86
2022	29,81	32,68	61,72	79,50	98,84	54,75	43,50	53,47	52,14	102,40	65,17	33,73
2023	52,10	50,36	69,84	70,40	73,30	46,86	42,63	52,25	46,83	71,78	79,71	55,51
2024	40,61	38,42	46,45	48,67	47,35	34,89	31,97	40,85	29,33	51,31	61,93	36,66
2025	38,87	36,48	41,06	48,98	48,11	32,51	29,62	34,25	27,16	52,69	52,33	38,10
2027	47,04	42,86	56,07	55,01	63,25	45,08	39,97	48,90	40,87	62,90	64,24	45,53
2036	39,66	43,58	47,00	46,78	61,67	39,26	34,27	48,72	35,91	59,08	55,55	48,30
2039	66,96	66,26	76,37	93,59	110,14	90,70	74,64	97,13	79,71	103,77	107,03	70,77
2040	64,05	69,68	76,40	76,41	102,54	81,72	73,91	82,68	68,64	80,58	77,36	71,54
2042	71,40	71,00	69,20	75,22	88,15	86,11	74,80	84,66	63,64	79,15	79,42	74,60
2044	42,79	45,61	60,10	70,74	89,20	69,25	56,21	68,13	54,23	70,05	65,31	45,37
2046	39,40	45,92	50,65	76,91	86,11	56,94	45,25	57,50	51,44	80,72	66,19	39,36
2049	23,92	34,51	47,84	65,19	82,47	56,16	31,83	57,30	53,68	73,84	63,01	26,09
2050	32,43	49,82	72,61	89,34	110,56	71,32	50,08	72,27	65,47	99,45	86,08	36,54
2052	31,49	34,12	40,73	60,03	73,32	57,44	44,63	63,33	50,10	61,52	60,39	30,38
2060	54,88	61,88	89,50	108,28	109,38	90,63	83,68	102,36	78,33	100,66	78,08	53,05
2065	28,52	52,05	76,50	104,66	142,56	97,56	64,84	90,32	86,28	102,71	90,99	30,69
2067	44,28	52,20	87,28	108,21	129,01	117,14	81,17	106,04	91,24	111,00	90,20	42,50
2071	52,27	79,09	106,98	134,76	167,98	137,61	100,82	117,46	112,57	141,18	108,85	50,07
2074	35,99	50,77	65,86	90,94	88,91	87,05	63,33	67,90	66,41	84,53	71,76	38,03
2077	52,03	85,15	112,50	141,94	162,11	102,00	68,75	94,18	91,29	132,82	99,43	62,88

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2078	50,33	66,69	89,25	124,13	140,25	93,34	57,47	92,20	95,10	134,26	99,30	47,93
2082	53,36	79,83	119,87	149,53	158,21	99,02	62,03	95,71	92,09	134,56	117,08	47,15
2084	45,42	62,45	124,10	161,15	182,69	111,60	61,44	91,48	101,02	166,29	116,57	42,42
2085	42,07	59,39	98,58	139,61	179,39	147,62	82,87	115,65	99,40	137,86	85,77	37,88
2087	47,67	74,73	79,80	138,35	142,47	114,65	81,57	118,70	102,98	140,00	108,99	52,47
2098	82,04	105,46	110,51	146,14	172,53	113,28	56,88	89,49	96,77	148,37	113,06	73,44
2099	50,81	76,39	124,53	163,91	175,50	120,11	71,68	98,91	111,02	157,58	120,65	55,03
2102	54,75	71,21	92,20	131,27	170,39	103,10	69,94	101,94	107,23	114,03	74,73	57,68
2103	58,99	63,48	93,57	122,68	155,56	130,90	76,61	116,11	123,67	129,45	94,78	64,35
2104	64,99	71,86	93,00	128,59	151,75	105,99	62,89	84,77	88,16	117,88	101,09	64,83
2105	51,70	69,36	99,36	129,77	154,84	104,80	54,07	83,34	80,34	114,96	86,04	43,86
2107	44,16	79,20	130,08	170,20	181,27	131,40	79,02	107,61	106,39	148,95	113,90	60,95
2120	53,69	52,41	55,20	65,88	76,11	59,64	42,61	47,29	62,55	72,26	74,14	54,56
2124	52,91	61,44	72,09	79,35	85,11	60,58	35,38	54,02	57,12	80,11	68,21	56,15
2127	56,23	61,95	79,81	92,38	98,59	63,40	32,36	53,73	59,25	85,22	72,59	48,36
2138	56,63	77,61	122,32	135,60	177,12	116,89	56,22	93,36	103,53	145,52	99,77	48,67
2139	51,36	83,30	119,16	125,77	169,12	110,10	43,13	84,65	88,62	135,41	96,75	53,88
2143	48,28	51,92	68,45	74,95	100,31	75,14	42,30	61,40	71,30	89,73	73,34	48,66
2150	45,93	48,06	83,20	113,44	139,61	92,31	49,55	68,86	78,48	113,35	76,09	46,75
2155	38,82	58,69	85,24	114,14	143,77	112,82	58,36	88,31	79,53	109,88	72,81	45,26
2157	47,34	74,81	93,03	121,42	129,70	98,65	59,85	79,10	81,27	102,97	78,77	52,07
2159	49,26	74,16	94,81	107,94	122,91	105,02	48,36	79,83	66,82	100,12	76,20	54,09
2162	49,93	71,96	93,96	112,68	128,32	124,20	51,10	90,41	85,64	107,93	78,20	51,04
2165	41,27	48,87	64,55	83,49	89,71	85,12	50,76	68,56	67,32	86,89	61,13	45,51
2167	49,67	53,46	74,49	94,34	109,84	83,55	42,37	60,96	68,02	86,34	62,93	45,43
2168	40,17	49,73	64,61	91,42	104,82	86,48	49,87	68,92	63,92	76,47	65,46	40,80
2172	50,30	65,35	90,58	113,99	121,70	108,20	54,45	87,32	73,47	98,18	75,82	54,19
2175	53,62	59,64	70,86	89,03	104,02	87,56	53,82	67,66	80,42	104,56	77,95	59,66
2176	55,64	66,07	76,21	88,03	106,00	84,45	50,92	60,57	74,78	106,83	82,12	57,41
2178	53,25	67,10	96,50	99,98	102,23	90,62	43,24	62,59	64,53	82,30	82,26	53,52
2180	45,38	53,09	81,16	107,38	116,43	90,26	51,60	77,03	66,66	90,41	72,29	49,24
2186	51,83	79,76	102,16	118,17	130,61	96,70	46,17	91,86	77,19	106,28	87,70	55,42
2188	48,34	71,91	76,38	89,32	100,34	88,27	41,38	74,78	65,57	77,78	68,63	47,84
2194	58,91	83,19	107,95	140,03	152,18	127,25	58,73	83,52	93,96	137,32	96,43	50,21
2196	48,88	70,32	79,31	91,20	113,39	91,07	53,37	62,12	65,95	98,44	72,65	45,25
2204	35,30	47,88	59,90	100,03	113,36	93,25	60,82	75,51	58,17	83,33	59,20	36,28
2210	41,16	62,05	69,05	92,28	101,64	79,12	41,16	54,30	59,25	79,49	75,01	37,34
2213	55,10	73,52	78,46	80,61	89,17	60,48	54,90	77,10	59,35	83,48	84,33	50,39
2222	54,80	85,30	90,63	85,71	92,85	64,52	45,44	70,64	60,42	98,99	101,59	65,18
2223	86,93	117,20	137,52	143,90	164,93	192,92	137,73	144,85	110,06	121,21	152,82	90,23
2225	75,05	106,62	121,42	120,67	130,83	111,23	59,37	104,09	103,43	121,66	125,82	73,88
2249	49,77	70,31	71,97	80,34	89,80	72,48	35,19	62,24	58,74	74,51	76,94	46,41
2250	78,98	77,47	91,43	103,67	106,18	80,40	52,70	66,14	75,48	101,51	108,54	75,38
2253	75,62	84,50	105,02	119,62	123,67	84,69	41,84	67,44	81,32	110,57	107,76	73,03
2258	61,57	73,85	97,84	104,75	119,36	97,96	47,76	78,94	79,86	105,46	91,38	64,91

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2262	70,81	80,40	89,97	119,91	121,07	98,04	52,05	82,40	86,21	115,35	91,68	66,70
2267	39,75	59,85	65,78	77,55	85,55	65,43	33,59	57,98	57,28	70,43	56,72	42,67
2280	42,34	56,87	66,31	63,39	69,10	56,57	43,64	53,98	49,31	68,01	66,44	36,73
2288	50,10	69,75	69,27	72,70	82,15	57,45	33,85	54,38	53,79	78,26	82,45	48,53
2296	61,39	81,20	95,47	80,44	80,98	53,46	31,12	58,28	70,02	108,42	114,68	58,74
2301	39,14	53,44	72,25	52,91	57,25	39,85	31,79	45,59	44,01	78,95	65,94	38,25
2304	81,88	110,94	110,54	103,22	95,63	56,94	36,26	71,16	90,61	147,31	130,86	76,87
2308	57,44	74,19	84,36	68,41	73,56	40,15	31,63	59,32	69,24	102,27	99,43	53,38
2311	70,55	99,89	113,66	89,80	89,26	49,42	31,61	75,22	88,42	141,00	145,36	74,43
2313	46,34	60,86	73,04	59,35	61,01	32,55	24,15	51,87	51,40	90,30	81,90	46,44
2319	104,99	112,64	127,43	98,96	92,03	51,86	34,43	82,80	103,99	181,85	159,73	92,87
2321	59,92	82,34	92,82	78,44	67,84	38,94	23,83	57,51	75,96	135,10	121,70	56,90
2323	110,10	130,70	149,19	141,28	111,92	62,88	39,24	100,13	142,07	215,61	205,44	97,41
2325	156,55	128,58	172,36	148,59	128,21	92,43	50,10	83,17	159,69	222,73	203,43	124,23
2327	111,45	120,48	130,85	107,03	88,95	55,28	36,61	77,46	115,28	193,01	185,09	108,26
2330	56,42	68,22	66,93	60,98	68,12	49,40	39,58	58,13	54,31	83,53	78,89	56,35
2339	169,40	139,70	150,30	132,50	115,02	77,41	64,58	92,28	125,64	204,71	205,65	152,88
2347	147,26	129,79	170,94	124,70	137,12	79,39	64,55	115,63	158,77	249,43	229,93	137,87
2350	108,58	103,77	122,70	108,21	89,55	58,09	47,24	86,33	104,62	165,23	188,64	98,25
2355	86,54	70,22	85,92	76,59	73,47	57,83	53,88	80,42	80,02	128,45	133,80	85,20
2357	80,23	78,99	90,80	75,91	76,87	46,47	33,09	64,55	78,04	133,37	126,13	67,85
2368	62,38	62,28	70,66	72,42	72,09	64,69	52,18	82,37	68,55	103,91	98,81	60,37
2371	51,20	51,98	61,00	56,31	71,40	51,56	42,82	67,81	53,13	82,40	79,35	47,77
2375	65,06	62,54	75,02	73,46	76,31	59,62	41,26	68,95	66,10	96,48	93,79	60,84
2383	68,06	57,27	67,79	68,44	73,90	64,87	46,87	79,59	68,11	103,49	84,94	56,87
2391	191,30	149,64	182,99	160,36	149,62	97,93	78,77	124,96	153,98	253,05	244,49	175,23
2398	157,90	133,50	157,55	158,83	133,76	95,23	66,14	92,95	152,34	232,69	237,09	166,65
2401	144,46	110,16	141,84	137,45	120,49	88,59	67,78	102,38	146,42	221,56	226,90	130,87
2408	216,82	158,10	221,26	220,30	168,43	123,45	64,39	115,10	203,34	293,97	328,37	232,74
2409	191,12	148,79	202,04	181,05	155,48	101,65	75,11	106,97	160,13	261,95	291,67	196,55
2414	108,45	84,31	117,78	118,49	107,21	90,58	66,16	101,22	132,82	168,09	199,21	105,28
2417	79,09	63,93	77,44	77,50	76,18	68,64	49,57	78,46	76,15	108,20	109,65	73,31
2419	79,99	73,27	74,05	81,58	76,30	67,98	51,62	81,40	81,43	101,00	105,34	68,20
2423	68,14	66,23	78,14	74,52	72,98	63,02	43,76	79,57	58,95	102,76	90,15	63,69
2424	94,19	81,79	103,00	96,96	87,94	78,65	53,90	84,00	94,23	126,31	152,99	92,67
2439	79,75	76,46	101,78	93,43	95,76	73,13	47,78	88,64	80,68	119,30	125,64	80,65
2446	227,88	180,67	206,32	179,18	133,27	101,10	69,96	123,84	165,84	242,57	287,17	207,42
2447	216,54	169,55	190,36	160,03	136,01	95,08	69,75	123,40	160,70	229,56	283,86	200,86
2448	138,86	118,04	133,45	111,00	95,96	74,16	57,81	92,57	117,76	169,78	206,50	131,59
2468	143,50	109,48	125,04	107,50	103,45	86,60	51,21	91,72	115,13	174,62	201,00	117,36
2470	107,44	84,51	94,22	90,48	78,90	63,20	41,86	66,93	77,30	120,47	147,79	99,79
2471	90,05	86,76	93,15	90,30	88,69	70,63	46,37	81,85	78,17	127,33	146,53	95,70
2490	93,83	89,16	107,77	109,35	94,91	68,33	51,36	90,37	82,07	130,25	143,19	91,79
2491	76,50	71,44	92,58	85,68	80,68	61,90	41,55	77,24	73,00	107,46	116,03	73,65
2493	70,52	67,99	76,43	77,79	69,47	59,82	34,55	63,57	56,67	99,55	95,74	67,46

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2501	188,54	143,18	176,51	166,67	127,05	104,72	63,00	113,94	142,28	227,78	285,73	195,80
2503	121,48	99,34	125,49	116,61	97,36	78,13	52,57	99,20	109,24	156,20	195,57	125,65
2506	101,16	98,82	104,58	108,16	93,33	77,46	48,70	95,02	107,68	133,44	154,15	108,45
2516	87,03	82,36	95,58	106,60	82,00	71,36	50,13	87,62	87,07	112,77	132,97	78,92
2523	58,67	60,23	74,29	78,16	67,07	62,20	41,95	82,71	68,64	103,97	93,74	60,09
2529	260,44	197,01	232,39	215,41	189,12	145,29	93,18	142,50	207,40	282,95	315,56	260,76
2534	134,73	105,06	123,18	107,04	96,28	85,78	55,96	95,75	116,50	144,99	190,29	140,21
2535	100,57	85,67	107,83	102,44	86,53	81,30	53,30	88,70	103,73	124,63	158,25	117,25
2539	76,40	68,69	81,80	94,31	82,72	73,27	53,64	91,45	87,10	99,99	106,10	77,81
2556	67,25	68,90	83,43	83,94	72,63	57,89	46,07	68,45	67,18	90,19	93,51	76,16
2557	58,54	56,91	67,64	68,40	68,78	55,58	44,54	68,16	61,78	80,54	82,39	63,55
2563	63,43	54,94	59,52	54,16	59,60	54,55	42,82	68,25	61,19	73,43	80,43	58,20
2574	164,39	140,72	149,60	133,02	118,33	89,98	62,39	98,00	133,88	168,59	222,07	182,88
2575	207,67	162,92	193,24	192,30	170,12	123,27	79,28	107,72	155,53	222,96	284,69	222,97
2576	175,71	141,60	157,31	157,46	125,23	95,48	63,05	94,94	134,36	186,86	241,03	201,76
2584	123,93	108,61	132,09	125,08	97,36	84,78	63,68	80,90	109,98	144,43	186,56	141,42
2585	63,38	64,50	91,94	102,17	73,47	76,65	47,10	77,31	89,16	95,64	120,67	84,40
2587	165,93	125,77	153,29	148,85	132,88	87,18	55,19	89,64	138,86	186,58	240,11	185,20
2589	71,26	66,39	76,86	93,06	64,79	68,55	46,46	77,12	84,14	81,54	105,56	78,61
2591	70,31	68,84	84,12	92,90	85,25	79,44	56,68	92,24	91,67	94,57	113,96	84,02
2592	55,83	61,11	72,56	95,55	81,43	74,95	53,83	78,86	86,25	83,63	95,21	70,43
2594	57,24	64,22	79,54	93,01	71,40	58,00	41,57	72,03	85,35	87,77	100,89	69,61
2596	52,75	56,08	71,23	77,88	75,60	58,20	41,23	59,03	67,57	84,58	89,57	71,46
2598	71,59	75,27	85,70	101,24	79,12	75,00	55,00	86,79	82,05	91,98	110,86	91,83
2604	53,71	48,79	58,46	61,97	62,17	58,90	44,37	55,37	66,70	63,29	76,81	59,93
2608	55,18	43,27	56,27	55,63	63,73	46,20	45,70	61,33	67,04	62,57	76,22	53,16
2610	54,66	47,68	56,96	52,56	59,14	52,60	51,01	74,43	61,70	57,04	77,30	53,51
2619	134,54	124,71	133,67	136,60	104,52	84,51	64,18	79,04	119,30	149,27	218,34	148,40
2626	82,63	84,82	96,86	101,83	93,47	86,09	57,69	75,33	97,49	96,74	142,40	105,85
2628	98,76	94,05	114,34	129,40	114,78	104,72	72,99	94,50	123,64	148,14	176,56	123,05
2641	55,03	53,16	73,81	79,47	71,33	62,15	48,92	63,33	80,24	77,06	91,71	62,59
2646	64,70	61,87	81,85	94,88	90,74	72,20	44,41	72,86	79,07	89,33	107,40	76,53
2653	51,24	45,71	57,40	51,44	57,18	52,39	39,07	66,94	69,76	57,10	74,28	58,95
2658	90,91	99,40	100,07	67,29	72,19	49,21	18,48	43,00	78,79	109,40	122,17	84,93
2661	69,77	77,61	65,79	51,02	49,91	38,08	12,68	27,64	53,25	79,41	100,97	63,56
2663	71,62	69,23	86,72	77,64	104,42	87,39	63,26	70,95	73,68	122,78	145,37	82,27
2664	98,66	109,31	113,71	101,29	129,59	95,94	66,67	78,10	93,80	147,33	175,14	97,45
2665	77,23	91,06	98,10	67,75	67,02	51,73	30,41	46,80	63,75	103,27	128,92	77,42
2667	77,05	73,63	72,20	51,27	50,17	33,60	12,96	36,84	52,74	88,13	102,26	68,18
2673	98,74	94,58	85,87	63,81	61,62	39,38	16,68	40,77	66,59	94,33	116,76	89,21
2674	83,85	87,13	75,00	55,12	50,50	35,96	12,71	35,65	49,64	85,87	93,96	71,02
2677	87,93	85,71	84,89	63,42	66,63	39,61	19,49	48,36	72,85	102,03	107,83	76,44
2680	81,23	79,04	80,82	61,88	50,15	35,27	13,32	43,62	63,95	86,38	93,52	75,26
2683	94,53	105,17	107,23	87,21	83,99	58,90	24,70	56,12	76,22	122,26	135,96	112,81
2685	81,60	107,41	108,45	100,06	83,15	59,39	28,41	59,70	77,18	118,60	138,80	91,28

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2689	75,72	75,56	76,12	62,37	54,37	37,40	14,80	40,11	63,70	90,36	98,08	68,91
2691	79,12	91,05	94,71	84,34	69,13	50,75	21,83	56,47	71,43	104,31	115,14	82,10
2697	88,91	100,76	101,12	81,58	59,29	44,75	23,55	50,56	80,10	109,05	118,90	84,86
2698	74,76	75,80	93,64	75,13	68,25	48,19	23,11	60,42	82,50	119,58	97,03	64,95
2699	112,03	130,00	135,99	110,58	93,22	64,06	37,15	67,32	107,65	139,42	142,14	99,33
2700	105,20	134,84	136,51	116,63	94,59	56,37	36,52	74,13	108,51	147,59	159,20	96,53
2701	86,61	114,61	136,39	100,11	104,30	60,19	25,57	81,02	116,99	153,32	150,50	92,19
2709	89,45	95,67	117,90	111,01	90,28	62,67	35,55	78,38	104,83	174,63	144,94	75,44
2716	140,55	132,86	181,47	135,77	142,28	96,48	50,07	112,07	148,17	216,65	180,20	112,65
2720	116,36	106,59	122,48	109,82	108,73	61,86	50,75	99,68	132,83	226,55	184,56	119,77
2721	89,25	91,20	110,79	101,04	97,52	56,35	49,08	84,28	123,90	180,95	172,34	90,60
2723	146,12	136,62	160,87	130,81	133,18	90,48	61,23	107,69	145,66	243,14	209,15	133,56
2731	134,15	113,39	125,19	98,82	83,10	62,28	28,61	86,25	112,69	213,93	162,58	127,50
2732	177,17	150,51	161,51	166,32	142,43	82,83	64,49	117,37	145,25	193,36	231,90	167,91
2733	199,87	151,33	172,71	134,70	125,32	78,15	50,57	110,73	140,80	206,88	182,22	174,40
2742	151,81	123,54	118,52	96,85	87,62	60,11	34,39	67,42	121,60	160,25	154,32	126,41
2744	213,60	168,40	198,56	156,60	139,36	92,58	49,77	119,01	137,04	229,14	225,10	185,73
2747	114,78	100,06	96,01	75,26	70,36	58,99	26,85	74,50	109,05	159,75	133,97	115,80
2753	163,60	107,95	139,43	122,05	122,71	90,10	67,88	105,81	140,33	202,42	221,19	135,18
2754	183,65	145,36	160,00	122,65	100,32	79,85	49,21	110,37	131,80	203,53	205,49	126,51
2755	149,62	116,02	124,28	100,98	89,35	64,99	44,17	92,53	123,31	185,70	160,15	127,82
2756	215,04	152,80	165,04	132,88	119,64	89,95	65,82	101,28	156,99	212,96	244,90	176,03
2757	184,62	140,81	171,06	142,86	141,71	93,40	78,91	121,13	188,11	234,79	257,25	160,99
2758	165,36	125,64	130,17	108,88	99,06	75,03	49,66	91,71	119,67	176,68	196,52	129,28
2764	169,03	135,81	135,77	110,55	91,12	67,57	48,58	104,74	150,93	193,71	193,10	143,50
2765	111,59	112,95	107,52	85,33	78,13	64,58	30,47	77,01	103,91	147,23	143,78	112,80
2770	110,63	97,20	94,03	76,45	67,86	48,42	25,90	65,48	99,05	150,38	124,13	103,14
2772	117,94	112,07	93,31	76,36	68,24	46,63	17,19	51,08	87,98	134,22	127,83	114,78
2774	162,28	127,04	150,61	115,63	106,37	78,60	43,50	85,27	124,65	203,41	217,78	161,10
2776	170,25	132,51	156,73	114,40	96,11	75,82	46,99	86,24	133,35	214,81	214,88	165,31
2777	154,25	114,50	148,18	116,63	102,79	66,98	41,69	90,43	132,25	201,60	203,67	156,10
2778	214,52	148,69	176,40	140,94	116,30	80,43	51,02	88,60	137,60	219,73	245,02	199,76
2787	137,43	110,12	130,50	115,74	107,63	76,74	52,18	82,99	143,32	154,79	175,13	142,01
2793	162,05	127,81	136,50	106,23	96,78	68,27	36,26	94,05	116,50	195,22	185,04	155,58
2797	191,65	153,12	170,11	146,00	142,51	90,64	58,46	113,53	175,13	235,67	247,91	182,97
2799	186,87	156,31	163,55	121,80	115,95	78,43	44,30	124,48	140,20	201,51	226,90	172,83
2802	177,40	138,16	147,25	115,74	109,05	79,51	47,61	89,48	130,95	180,31	187,70	154,30
2804	220,30	184,64	155,88	111,59	101,73	68,32	35,11	96,26	131,03	207,35	207,30	196,17
2805	196,41	161,98	163,13	131,12	109,05	79,20	48,29	89,71	128,94	209,01	217,63	182,50
2808	147,23	123,15	108,50	90,37	79,72	60,00	27,45	59,35	115,98	166,64	160,02	130,67
2810	49,43	41,02	51,61	50,57	53,10	51,84	42,35	64,01	56,80	46,67	70,76	50,33
2814	58,35	47,76	56,93	54,79	59,70	58,41	46,31	66,11	59,96	56,18	79,69	57,49
2818	43,77	34,30	43,91	44,48	52,06	46,95	47,74	63,70	49,48	44,81	61,07	43,00
2820	49,07	39,18	44,93	43,50	53,02	49,14	42,79	59,60	53,63	45,12	69,48	44,67
2821	47,60	38,98	50,02	48,98	52,22	46,87	40,04	74,01	56,82	45,92	71,64	47,57

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2822	51,71	35,13	46,74	43,45	56,61	48,83	39,35	67,47	52,80	43,28	68,98	50,37
2823	50,16	32,31	42,29	44,58	54,77	46,40	52,00	67,90	57,74	47,88	65,25	44,88
2826	51,91	40,60	50,75	48,27	54,65	42,52	48,57	80,31	61,94	53,93	79,61	57,11
2829	45,75	39,10	53,90	52,65	64,03	51,16	46,93	74,91	57,14	53,65	75,91	49,69
2831	45,58	35,82	52,63	52,40	58,75	52,17	52,82	69,59	57,76	57,00	75,31	50,55
2834	56,22	43,69	61,77	53,05	51,40	51,17	43,53	76,03	65,60	56,18	82,59	62,95
2836	259,06	209,17	229,34	178,46	136,37	95,22	67,11	119,79	159,62	201,92	286,10	269,44
2837	228,45	181,42	204,92	175,97	125,05	99,24	66,50	106,27	152,33	193,94	268,24	229,63
2838	211,98	171,52	202,28	163,39	129,04	98,56	59,20	95,71	148,73	194,18	258,52	219,77
2841	230,49	183,99	203,71	170,87	127,25	93,53	62,21	100,13	142,48	193,98	252,11	224,02
2842	148,88	120,83	144,41	125,31	92,04	84,44	56,70	79,91	113,45	140,07	204,00	163,04
2843	120,07	96,06	117,05	100,91	79,50	75,38	55,49	72,98	94,23	116,57	176,97	127,25
2845	155,78	121,10	137,02	135,27	110,67	95,06	65,98	89,76	119,21	150,81	221,86	166,44
2847	228,95	178,39	207,84	164,42	133,33	96,76	56,59	102,00	141,67	194,52	258,80	214,41
2848	183,67	129,26	156,76	140,17	97,80	75,20	49,35	78,67	115,60	168,55	236,89	200,19
2849	131,25	108,48	127,82	111,72	87,22	79,46	51,15	75,13	103,18	126,59	179,61	141,00
2850	81,35	77,16	91,79	93,19	71,54	70,88	50,29	74,85	91,33	93,30	132,23	97,38
2851	66,98	62,98	81,45	87,28	61,56	73,35	46,50	71,60	80,62	79,47	106,97	81,58
2853	170,05	131,77	164,40	131,28	102,83	80,70	48,79	75,64	108,80	151,75	208,02	181,43
2856	165,38	130,90	161,97	135,02	97,12	89,86	55,66	80,14	117,18	148,23	215,63	171,03
2857	94,56	84,46	101,80	98,44	74,43	78,29	50,92	68,45	95,44	98,37	144,02	113,57
2858	90,87	82,49	97,80	100,63	78,02	79,05	50,96	81,63	95,78	95,92	146,06	103,55
2859	71,98	68,75	86,01	90,50	75,44	75,24	46,50	70,05	89,92	86,82	122,26	93,19
2860	59,02	57,67	80,97	84,43	72,45	59,32	49,17	63,27	75,89	76,92	106,74	80,29
2861	52,80	44,42	61,59	63,37	57,54	48,03	37,43	58,43	59,63	62,73	80,65	63,20
2862	46,52	37,24	51,40	50,92	54,33	48,37	41,27	63,49	59,36	51,29	72,87	51,88
2863	72,85	66,92	91,45	99,02	86,25	75,33	51,86	76,29	91,56	89,65	112,25	83,89
2865	61,54	63,40	87,30	96,58	80,38	75,37	45,73	63,70	84,45	89,50	107,69	77,40
2866	59,26	54,01	78,79	82,87	73,39	61,27	48,89	64,61	76,35	81,44	99,68	73,21
2868	58,31	49,31	71,56	67,83	63,57	56,18	42,41	61,28	68,32	73,22	84,89	68,10
2869	58,77	50,66	78,10	75,88	75,42	53,92	44,03	55,08	67,42	77,74	91,85	75,21
2870	54,20	48,33	68,55	71,15	68,43	54,21	49,50	56,52	66,02	78,33	88,25	66,25
2876	51,67	41,78	57,73	52,57	55,66	48,23	47,89	59,00	58,49	55,35	75,19	54,33
2881	48,32	39,40	55,90	52,75	56,58	50,70	45,53	58,30	56,03	55,52	81,70	57,94
2886	92,84	80,57	102,72	100,22	78,75	84,15	44,80	75,50	89,81	99,30	138,01	105,69
2887	62,07	62,87	84,61	87,13	70,69	66,65	47,52	66,46	77,80	79,72	113,63	84,50
2888	45,68	40,34	61,53	63,31	64,32	54,79	48,01	65,51	58,74	66,26	90,22	67,92
2893	54,37	58,28	81,51	80,42	69,00	73,79	47,15	73,07	79,44	82,21	106,84	77,18
2895	53,38	56,26	74,28	85,37	69,85	67,54	43,12	64,55	78,78	72,08	95,10	74,68
2897	49,54	40,70	56,98	53,14	59,71	55,57	43,60	59,32	58,43	53,27	77,47	57,23
2901	181,37	147,18	172,25	137,14	110,78	86,30	48,45	83,37	124,58	159,43	233,57	197,13
2902	147,68	103,42	126,70	107,82	77,99	79,06	41,24	74,48	100,82	117,63	168,50	140,82
2903	158,25	130,47	143,56	137,86	111,07	90,74	48,99	93,27	127,40	144,06	205,94	172,49
2904	137,24	121,72	145,86	132,32	102,17	81,78	49,03	68,82	96,76	144,70	204,20	164,24
2905	82,86	85,33	95,90	99,50	72,47	76,80	46,17	64,59	91,69	88,96	140,59	111,06

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2906	63,38	68,01	80,90	88,11	68,55	76,72	46,22	68,78	83,35	89,31	118,15	86,28
2907	55,23	55,17	72,27	77,93	65,32	66,44	47,49	68,83	80,56	78,12	96,78	73,37
2910	58,47	65,68	78,55	83,76	64,19	70,05	45,60	69,37	86,35	80,88	112,42	86,80
2911	56,17	53,39	72,36	79,48	63,30	66,30	45,50	61,06	76,41	74,52	98,59	71,97
2917	59,19	49,05	64,06	68,78	64,59	60,96	53,48	72,07	77,71	71,00	92,62	72,28
2918	50,30	40,05	58,91	57,82	60,94	51,00	48,01	71,37	69,10	57,56	80,01	63,39
2920	94,40	90,64	106,08	103,90	77,39	72,15	42,84	79,91	92,44	94,97	142,08	112,76
2921	76,17	72,41	90,24	97,32	70,60	71,96	41,53	70,98	83,81	78,87	122,60	97,88
2922	61,96	58,05	71,77	76,55	69,18	66,47	41,96	60,67	70,82	76,35	106,39	80,53
2923	79,63	70,72	89,30	95,25	68,59	68,62	43,33	77,29	77,99	85,79	130,61	94,50
2924	68,42	69,23	88,62	92,87	72,52	69,35	46,10	74,46	79,72	86,54	125,65	92,03
2925	47,97	47,08	62,74	68,75	59,68	61,94	49,62	65,65	70,00	67,29	90,02	68,20
2927	50,69	43,29	60,39	59,28	51,42	51,36	51,02	65,32	63,94	59,41	83,85	66,92
2928	43,72	37,52	54,43	51,85	47,55	44,08	44,56	59,64	60,20	50,93	82,09	57,64
2929	47,26	35,83	51,90	47,08	42,30	42,84	48,37	59,08	55,35	45,93	73,22	56,57
2930	121,32	107,87	128,54	121,13	96,77	79,81	53,97	85,45	94,59	116,12	189,41	152,95
2931	65,85	65,31	84,89	86,63	67,72	67,45	43,04	76,05	74,30	77,77	122,03	87,44
2932	67,05	62,91	79,23	80,38	66,57	71,18	51,71	75,92	79,95	77,05	113,47	86,14
2933	95,10	86,50	101,73	101,77	83,54	77,68	51,71	77,37	84,47	97,69	144,68	109,37
2934	80,14	73,73	84,47	90,30	70,30	70,43	49,01	78,26	82,72	79,98	122,22	95,56
2935	61,30	58,32	76,33	75,36	57,58	66,92	50,24	68,92	72,23	73,85	105,77	79,97
2936	47,57	45,92	62,00	59,91	52,75	59,17	55,03	60,77	67,49	62,96	85,12	66,37
2939	190,21	171,82	180,67	157,01	133,47	107,77	70,35	103,68	127,74	170,54	247,98	220,82
2942	95,82	80,13	106,49	96,46	76,79	81,45	53,19	81,16	84,72	90,99	150,81	110,98
2943	72,51	66,97	89,76	84,92	63,68	73,82	43,28	66,85	76,20	76,01	117,24	88,50
2945	62,92	59,94	68,05	71,96	62,36	71,88	54,65	71,20	82,17	73,74	108,87	80,29
2946	63,93	60,70	74,53	73,80	59,33	64,77	47,37	72,08	80,72	74,33	111,40	82,43
2948	48,75	38,08	56,38	52,60	53,84	49,99	49,70	55,34	64,69	51,94	80,01	57,66
2950	48,65	51,62	62,10	67,48	51,59	51,47	53,72	70,89	66,10	60,07	91,03	70,27
2952	128,19	115,72	128,97	115,91	97,38	88,13	56,58	72,00	85,96	124,64	180,64	151,69
2954	114,37	114,34	127,20	112,15	85,53	82,34	60,81	74,58	89,95	125,28	184,51	147,86
2955	105,11	99,82	129,47	115,87	89,89	93,63	63,70	90,11	83,94	123,05	185,56	134,21
2956	63,40	62,31	75,16	80,60	60,52	65,02	55,37	68,20	68,97	78,53	111,05	81,51
2959	70,64	65,42	75,91	87,47	65,39	70,92	61,28	70,25	76,58	90,40	109,05	89,42
2960	69,22	63,16	77,16	87,82	72,04	73,89	63,53	75,81	80,18	79,05	118,27	78,35
2961	55,05	57,73	71,75	73,95	56,53	59,01	60,02	83,51	73,12	76,83	106,11	75,97
2962	48,28	42,26	57,51	54,75	49,58	45,78	59,15	58,95	63,75	59,26	84,70	59,43
2963	50,98	50,08	57,99	58,78	45,92	51,77	55,07	62,14	61,43	61,00	90,70	62,52
2964	52,18	51,14	67,05	67,85	56,22	57,77	56,22	67,88	68,57	69,93	93,54	69,17
2967	71,51	70,77	75,95	79,67	75,70	67,11	74,90	84,58	89,05	100,78	112,38	84,93
2968	120,59	109,84	115,30	112,23	82,62	75,29	56,80	63,55	85,96	107,14	161,95	140,63
2970	93,66	82,18	97,45	90,35	72,90	71,82	71,40	85,98	81,40	91,12	130,60	111,07
2971	63,96	67,08	86,37	83,69	62,48	73,93	69,61	83,53	81,24	90,17	116,26	95,68
2974	49,52	51,96	59,17	53,96	54,24	51,01	58,60	64,93	65,66	74,43	84,18	64,00
2977	60,11	64,30	78,03	69,89	60,72	63,89	59,45	78,25	85,88	88,70	89,00	81,07

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2978	51,52	57,43	63,70	56,33	54,47	51,33	49,64	72,62	67,17	79,07	93,42	69,28
2979	54,21	60,73	69,84	71,03	64,54	62,70	55,86	77,08	85,79	87,80	100,38	74,03
2981	94,54	85,62	105,95	99,40	84,98	76,95	56,99	80,27	92,36	96,95	139,27	125,18
2984	53,91	51,42	67,70	60,63	57,39	57,86	49,03	64,59	70,30	72,29	94,62	72,69
2985	59,61	62,33	76,18	70,78	60,68	62,82	57,83	73,27	71,60	83,15	103,14	78,37
2987	61,86	67,57	81,91	72,85	63,68	65,70	58,10	74,20	80,09	90,72	103,35	82,04
2989	51,52	54,53	67,55	52,61	56,41	57,46	51,31	71,58	79,46	77,60	90,81	64,45
2990	44,70	53,56	60,06	57,49	64,67	58,01	48,60	73,76	70,42	81,70	87,57	61,88
2991	49,30	51,49	61,06	52,10	49,40	45,01	50,72	72,81	74,31	70,45	84,59	62,64
2992	134,44	128,66	146,58	128,82	113,62	88,89	56,12	82,38	114,72	128,88	178,91	163,54
2993	100,37	100,88	113,29	93,63	80,18	67,95	57,90	72,16	95,77	106,25	158,80	134,74
2994	75,84	83,13	93,40	78,41	75,27	70,35	57,78	70,25	82,66	94,25	129,64	106,93
2995	73,34	71,12	92,13	83,40	75,94	71,72	57,35	79,02	88,08	88,00	130,93	101,52
3000	101,42	96,09	103,67	96,83	95,54	83,02	53,30	77,47	95,18	100,70	127,59	118,15
3003	63,74	76,70	89,08	84,05	78,01	69,94	57,96	82,21	81,26	98,64	123,54	99,47
3004	97,58	114,55	120,18	111,10	97,55	82,86	56,88	85,30	88,20	108,08	165,53	137,43
3005	96,72	104,40	117,71	107,30	102,03	88,53	63,50	95,05	99,05	128,64	167,06	143,28
3006	99,99	109,38	121,00	108,94	100,35	84,12	56,20	88,87	95,41	119,89	169,71	137,10
3007	74,21	76,80	86,83	84,25	71,21	72,45	62,52	80,49	81,32	91,05	117,95	100,01
3008	68,65	80,83	91,30	85,96	69,74	74,61	63,72	86,72	83,27	88,46	112,19	97,38
3010	57,83	68,39	81,25	73,00	60,73	63,11	46,49	89,36	79,29	87,48	101,51	77,73
3011	57,99	67,76	78,28	73,89	66,63	73,13	60,27	96,02	75,13	83,65	101,03	77,62
3012	59,52	69,98	85,40	74,91	61,70	67,79	49,07	93,95	78,85	89,14	114,06	87,52
3013	148,66	164,40	172,60	156,80	123,85	106,39	80,02	120,79	123,12	156,96	212,47	198,09
3014	69,54	80,01	93,10	83,57	80,68	73,98	59,39	91,00	83,28	90,42	121,20	95,78
3016	57,83	66,67	75,29	69,73	68,52	62,00	58,61	84,80	75,33	78,19	100,32	80,05
3018	59,04	64,54	74,60	65,94	63,95	60,29	49,82	91,54	73,43	83,10	100,34	70,66
3019	56,93	61,01	66,23	60,81	57,16	48,23	50,60	78,24	64,58	78,84	92,47	71,00
3020	64,65	73,40	77,78	74,73	71,83	65,67	56,32	89,93	80,32	83,08	98,02	81,09
3021	60,92	68,73	70,97	69,86	71,80	60,98	49,82	78,74	69,00	78,62	85,66	75,55
3022	64,03	77,25	85,92	76,00	70,84	63,26	47,89	84,96	75,30	86,33	95,51	89,90
3023	62,66	71,40	80,76	68,20	71,82	65,81	57,90	85,73	77,96	82,62	102,08	81,44
3024	67,70	75,21	80,70	72,41	75,69	65,50	57,90	86,72	79,92	84,62	112,22	85,15
3025	60,26	57,73	69,48	59,80	61,96	47,80	50,62	73,54	67,17	85,44	95,92	70,26
3028	73,70	75,70	82,39	79,83	74,53	78,80	55,24	80,00	79,01	86,81	111,09	98,28
3029	101,06	106,72	103,17	118,24	92,63	104,57	66,47	100,87	103,48	112,52	147,28	122,92
3032	70,81	78,76	87,48	89,66	80,18	78,48	55,67	98,02	92,78	99,98	126,07	106,07
3033	98,10	111,01	119,31	112,84	94,75	101,76	72,62	110,96	105,71	116,40	138,79	125,63
3035	85,74	89,40	101,33	98,17	82,95	84,88	70,87	102,84	90,65	100,68	123,50	109,73
3036	61,55	67,94	76,17	66,12	60,32	64,77	46,77	79,10	75,77	75,44	96,57	84,06
3037	83,04	73,57	88,06	77,65	72,86	69,92	58,24	78,98	83,63	86,45	106,73	89,00
3038	58,43	64,69	67,52	61,49	57,78	55,61	43,57	66,96	64,92	71,06	84,18	74,65
3041	57,31	53,02	62,89	53,85	52,91	51,36	51,15	61,69	67,17	74,80	85,43	64,96
3047	70,74	67,74	83,70	73,85	73,80	65,56	50,71	76,21	83,19	83,26	98,66	88,81
3049	61,39	54,07	72,00	60,65	58,65	52,34	41,72	70,20	77,22	78,42	87,69	78,98

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3050	65,52	58,11	75,35	59,06	59,13	53,28	44,51	84,89	77,21	87,97	98,10	77,32
3053	114,15	119,41	117,73	128,00	100,37	100,82	69,06	95,67	99,80	116,22	141,50	143,34
3054	88,60	92,53	91,48	98,80	81,73	83,93	58,42	89,91	84,45	97,58	121,90	119,85
3055	132,50	144,25	132,80	134,80	96,96	103,01	67,20	99,19	113,75	114,03	167,54	162,54
3056	73,48	87,23	80,26	78,06	68,87	67,28	53,54	74,78	69,11	81,70	107,35	93,24
3059	69,37	76,55	81,10	81,65	68,01	73,49	62,36	83,02	77,42	83,50	95,75	86,29
3062	55,92	55,28	63,43	58,64	62,15	58,92	47,75	69,61	74,20	78,21	77,22	73,02
3068	123,73	122,52	124,14	115,88	90,91	88,41	63,33	91,62	92,39	109,27	149,00	144,53
3069	108,62	117,25	115,47	110,53	91,28	87,14	69,30	84,58	89,08	107,76	141,62	139,50
3072	76,85	89,58	88,87	86,92	71,03	73,97	54,55	77,44	74,03	86,96	114,29	110,25
3074	125,49	136,92	154,74	155,83	113,98	116,51	73,02	102,28	105,95	153,91	181,57	174,25
3075	93,44	106,40	116,34	116,46	85,81	81,87	53,30	80,40	82,69	98,80	140,00	140,26
3077	61,17	68,05	74,87	67,10	67,02	79,38	54,95	71,73	77,46	76,91	80,90	83,94
3080	81,78	87,86	98,98	93,38	80,20	85,76	64,60	79,66	91,43	92,04	103,89	110,56
3084	62,56	67,12	68,37	70,30	62,81	73,88	44,35	78,67	73,79	77,92	80,12	84,16
3085	60,07	62,50	64,32	73,59	67,38	76,18	55,04	77,10	79,71	77,18	81,85	80,57
3087	59,60	61,38	66,95	58,08	56,48	57,12	40,65	63,55	65,22	76,84	81,27	75,20
3088	78,63	80,20	84,65	78,10	69,11	70,21	46,41	64,06	69,37	70,86	94,02	98,47
3090	51,37	46,84	53,88	54,36	40,61	50,82	35,41	61,73	67,98	67,51	71,65	65,81
3092	67,44	73,98	83,00	84,42	85,34	76,42	64,05	75,51	76,69	78,32	94,04	94,19
3095	71,32	77,32	91,31	96,07	88,38	91,67	61,44	87,53	83,50	88,18	104,05	102,83
3096	55,73	62,73	74,71	67,66	65,38	78,84	48,18	77,69	67,99	71,75	80,48	83,48
3098	55,65	54,20	62,17	59,98	56,52	59,94	41,91	59,69	65,61	75,06	73,40	73,62
3100	68,50	66,19	70,88	79,04	69,10	88,45	56,02	76,77	79,54	91,68	83,36	90,60
3101	52,44	52,74	55,53	49,82	45,45	51,23	34,94	63,45	64,54	66,76	66,70	61,57
3103	96,39	102,15	107,15	102,22	96,99	88,34	64,62	86,72	89,79	120,14	132,72	140,95
3108	64,88	64,52	71,48	65,67	54,08	68,17	45,61	71,21	70,28	85,90	84,19	84,10
3109	60,15	59,42	61,66	62,17	46,87	62,97	41,55	63,87	64,90	81,37	79,02	68,70
3110	57,18	55,54	58,47	49,79	45,17	49,38	34,03	58,71	70,70	68,91	68,47	65,74
3114	61,25	61,50	70,36	64,17	47,10	65,40	40,25	63,97	78,82	93,87	80,56	84,92
3115	54,92	48,75	56,37	46,63	33,31	44,73	27,25	56,25	52,96	55,52	59,78	70,28
3117	89,70	91,62	88,82	85,28	72,93	66,58	43,88	57,43	73,40	91,50	115,59	122,80
3118	84,02	80,07	78,55	72,24	62,10	56,74	39,45	44,80	66,61	76,58	106,24	111,49
3120	94,64	101,04	101,97	97,35	70,26	77,16	42,73	62,73	78,54	85,78	131,05	124,92
3124	79,84	82,48	88,80	95,43	85,13	90,61	67,44	80,05	84,88	91,60	108,32	98,71
3125	69,07	74,85	82,90	74,53	66,76	68,85	46,74	61,83	66,30	82,53	98,77	92,41
3126	78,42	87,82	93,98	98,56	75,20	77,02	61,15	65,64	79,56	100,69	111,30	113,22
3130	56,19	55,17	70,06	68,44	54,09	67,27	46,05	66,86	68,17	77,50	81,05	77,51
3134	64,79	64,13	78,22	73,76	58,51	67,15	46,32	66,16	69,91	77,32	77,15	84,48
3136	98,57	86,22	88,29	69,17	73,84	55,54	26,39	45,75	87,27	117,74	134,39	106,25
3138	201,78	152,22	176,68	145,54	135,53	96,43	46,11	78,94	142,46	216,87	217,97	188,94
3140	157,97	114,02	116,11	95,55	98,22	72,45	45,07	67,37	124,04	163,21	176,74	129,43
3141	262,80	187,91	187,23	164,66	146,65	106,62	57,96	114,10	153,31	221,01	252,99	229,19
3143	131,76	101,74	104,23	90,63	88,91	70,14	33,19	67,87	98,53	140,77	153,94	120,91
3144	227,00	174,65	176,37	153,04	135,86	94,19	50,05	98,63	132,26	191,05	225,69	197,86

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3146	123,36	88,04	93,30	82,77	74,87	57,84	30,75	73,44	95,66	135,65	133,56	105,30
3147	132,61	102,15	98,67	95,87	87,10	64,07	28,93	77,41	112,14	141,76	148,69	115,64
3149	153,50	122,18	130,76	121,15	111,73	71,89	45,19	86,24	116,32	161,86	168,05	143,46
3151	104,68	79,97	84,70	70,67	72,31	43,54	24,12	65,98	91,01	126,68	119,83	97,84
3152	101,21	79,72	81,85	66,82	65,98	47,43	21,69	55,20	89,29	107,26	125,13	80,16
3153	103,57	80,91	88,41	71,89	71,41	47,75	20,55	70,68	99,40	109,80	139,52	100,03
3154	152,02	116,28	135,10	126,31	114,46	86,79	56,35	97,45	121,19	171,57	204,04	149,41
3158	172,83	119,58	146,10	121,11	118,77	93,51	68,11	116,21	134,98	196,49	230,89	179,34
3159	227,71	155,32	174,09	149,62	135,49	107,88	77,97	115,06	152,34	225,16	274,27	233,67
3160	150,46	111,36	124,27	104,59	97,97	75,20	54,79	87,63	117,08	163,84	196,27	146,93
3161	174,10	125,27	139,49	117,34	106,51	75,48	51,47	93,34	132,33	180,54	216,43	165,30
3164	407,49	272,91	286,76	252,95	210,67	146,27	90,21	136,00	191,28	295,26	380,04	357,28
3165	335,48	236,68	246,68	199,30	174,77	117,11	69,39	123,88	174,19	264,78	345,86	311,99
3166	214,63	151,90	169,95	134,73	122,70	91,87	62,55	108,27	141,51	201,56	258,36	210,47
3167	189,37	138,29	154,46	122,51	110,74	78,26	51,24	93,35	132,80	179,39	235,52	174,71
3168	304,40	230,11	227,77	184,57	160,35	123,75	68,50	119,98	161,92	248,75	326,71	286,77
3170	208,15	156,82	166,93	139,22	114,70	79,03	62,32	100,64	146,90	199,90	260,25	194,39
3171	199,04	151,91	174,92	154,01	132,71	101,38	72,51	107,86	148,50	197,97	252,55	199,45
3173	136,19	126,19	130,87	113,52	112,95	79,24	57,10	94,26	121,11	163,05	201,23	150,03
3174	327,30	231,77	231,66	194,82	156,39	125,59	76,56	125,85	159,98	244,05	292,62	269,70
3175	181,82	124,49	139,90	118,83	121,36	78,30	55,09	88,27	129,12	159,99	203,43	171,54
3176	277,06	200,71	241,78	212,98	176,93	120,74	74,91	107,70	170,56	259,64	365,41	280,31
3177	235,49	194,38	215,44	194,86	162,27	121,53	79,99	106,74	166,65	250,07	327,60	259,30
3179	294,34	207,90	252,96	213,37	155,34	126,44	74,37	115,56	176,29	258,59	336,58	291,31
3180	261,16	202,89	224,17	199,48	149,44	113,83	80,56	112,34	170,54	246,82	310,23	244,16
3181	186,56	146,30	166,14	152,95	125,63	100,21	70,40	95,86	146,20	178,80	249,06	186,39
3182	182,57	138,27	158,79	138,10	112,58	84,59	62,54	97,73	135,59	167,29	221,27	178,61
3184	171,03	132,10	145,41	129,96	99,50	76,43	57,86	81,06	127,08	151,17	212,61	166,54
3185	164,68	125,27	136,80	119,97	105,47	81,33	57,11	83,64	130,43	151,66	193,78	163,30
3186	215,77	176,28	196,78	151,50	136,43	84,75	56,67	101,59	148,67	197,90	262,18	210,02
3187	168,95	137,99	148,66	125,14	113,27	82,54	54,63	100,30	135,82	157,03	203,40	159,85
3188	163,80	126,51	141,10	113,98	100,97	72,13	48,88	91,54	135,82	152,38	195,41	155,51
3189	183,93	138,81	153,28	115,08	111,94	78,74	42,38	83,58	134,81	155,10	202,37	164,27
3192	157,04	123,67	122,37	97,72	88,50	61,29	31,89	77,62	114,80	143,61	171,59	140,40
3193	138,33	105,54	103,10	87,92	72,92	52,08	32,67	72,47	110,91	137,05	156,89	129,70
3195	106,22	92,01	104,06	84,45	76,91	50,51	29,80	70,67	107,55	129,73	144,36	106,33
3198	80,40	73,94	79,16	58,44	57,57	40,23	17,94	57,94	83,18	106,97	111,64	90,78
3201	95,92	85,29	88,94	79,60	69,95	69,85	44,04	60,14	73,03	98,00	144,17	105,26
3202	153,35	135,10	136,28	131,01	117,32	90,27	56,19	87,81	106,83	141,37	202,10	176,23
3203	117,04	112,37	97,65	96,35	78,90	62,70	36,10	63,11	78,30	119,35	162,15	137,48
3204	149,77	140,84	163,50	144,19	119,14	95,81	67,96	90,81	105,69	157,89	230,12	175,91
3205	144,55	136,84	150,34	146,94	118,66	95,06	66,43	94,54	104,85	158,99	217,12	163,97
3208	93,77	93,43	95,92	94,46	90,00	73,84	51,55	73,23	85,64	119,73	153,87	114,01
3211	69,74	69,94	65,98	64,57	61,20	53,84	29,62	56,14	74,21	98,51	123,43	77,55
3212	52,74	54,76	51,86	56,98	53,55	49,81	26,89	45,14	67,17	90,10	98,06	65,19

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3213	63,94	63,93	63,53	60,35	59,73	49,43	31,50	52,72	64,28	92,27	104,87	72,93
3214	48,87	56,80	53,11	54,99	58,86	51,76	30,30	45,33	63,53	81,95	93,73	64,41
3216	57,04	60,74	57,80	59,90	63,67	48,71	30,22	50,58	67,33	90,55	95,48	64,59
3217	60,92	69,90	62,52	58,64	59,19	45,91	32,33	46,05	69,57	88,94	99,01	68,84
3218	75,76	65,68	70,51	64,89	66,20	56,59	38,40	56,48	73,00	95,32	113,30	86,71
3219	58,88	59,48	55,97	55,48	58,13	43,23	31,48	53,54	69,02	84,80	95,28	67,73
3221	63,91	69,36	64,78	65,53	71,77	51,96	31,81	57,36	67,84	89,85	99,59	73,08
3222	62,17	62,58	62,17	62,07	68,41	52,04	36,94	51,70	70,23	84,86	98,77	71,68
3223	67,46	69,96	70,10	64,65	72,51	59,25	38,59	58,61	73,33	90,58	104,17	83,49
3224	67,87	66,07	67,08	66,42	65,80	50,86	36,69	59,95	75,08	89,69	108,80	84,97
3226	77,75	79,96	72,78	76,16	68,74	54,19	38,87	62,33	79,19	96,09	114,92	100,07
3227	74,46	77,23	71,04	72,32	62,29	52,41	31,20	51,45	75,55	89,62	128,43	104,27
3229	95,90	97,77	89,35	86,24	88,47	66,81	40,61	64,51	87,54	108,29	146,29	124,10
3233	76,69	69,28	81,59	80,67	77,11	61,16	35,67	55,22	78,36	86,52	105,07	92,54
3235	75,40	73,18	77,01	66,82	76,10	51,22	31,54	58,35	72,66	82,60	112,93	91,40
3236	83,70	77,23	82,48	73,68	75,87	53,50	34,21	54,59	75,12	90,41	113,00	97,65
3239	113,80	102,47	116,66	115,67	112,65	85,13	45,56	75,20	94,66	121,57	156,26	132,25
3241	154,29	117,08	131,61	99,86	90,88	72,31	35,56	90,06	119,78	125,68	179,03	155,83
3245	115,38	96,32	114,89	99,51	83,90	72,90	38,25	76,99	100,23	116,91	154,33	119,03
3247	106,44	87,76	101,82	83,42	77,67	62,25	31,79	75,48	87,56	103,28	143,91	113,59
3249	106,53	88,36	95,71	81,18	74,62	62,73	30,38	72,70	89,28	100,09	141,38	101,28
3252	88,46	81,35	100,30	91,02	84,29	73,59	35,85	76,45	94,39	99,60	132,00	105,84
3253	95,54	81,64	98,31	83,84	69,95	56,08	28,77	73,32	80,62	94,08	131,03	103,23
3254	82,45	80,41	100,67	95,93	80,33	68,28	42,16	74,79	86,82	93,41	134,79	104,15
3255	125,24	114,93	122,43	118,56	107,14	95,35	48,42	94,33	103,09	113,34	164,68	128,94
3256	81,35	72,80	93,13	77,32	72,49	65,67	38,35	61,57	75,04	89,60	129,53	108,98
3257	104,43	95,52	112,02	108,16	109,69	81,03	51,01	80,54	83,44	112,99	150,66	115,80
3259	74,10	72,07	78,71	70,11	78,91	57,67	41,05	54,24	66,88	88,25	108,22	89,81
3261	98,20	93,80	103,50	88,84	86,73	74,85	42,03	68,89	84,70	98,26	148,40	110,22
3264	63,44	62,31	67,22	59,68	67,37	52,26	33,95	59,85	67,11	75,27	101,42	76,65
3265	76,23	74,50	78,22	72,27	74,79	59,52	34,71	60,94	68,78	84,28	119,05	89,68
3266	74,95	69,77	76,22	67,07	79,43	50,30	34,28	62,70	69,83	88,46	108,37	95,49
3267	63,94	65,35	72,08	62,87	71,51	59,78	29,33	52,71	65,88	80,83	98,30	77,45
3268	69,71	69,56	71,25	65,88	75,01	62,44	36,56	64,35	71,59	88,61	105,94	84,34
3269	201,44	152,75	177,96	133,20	101,67	77,56	41,10	76,32	115,46	157,05	221,22	195,21
3273	136,77	96,61	122,30	95,83	87,11	69,40	36,52	79,08	102,14	119,40	154,96	136,07
3274	93,12	78,99	89,39	73,64	69,06	54,10	31,80	64,39	85,15	94,46	113,36	97,95
3275	127,63	98,63	113,62	90,40	80,07	64,80	37,84	72,15	103,71	112,55	152,98	125,72
3280	214,74	157,13	166,20	120,16	109,73	74,75	48,06	93,65	129,94	160,97	223,30	210,39
3281	152,65	110,97	129,70	95,73	81,55	63,10	41,18	77,79	98,57	137,96	166,24	148,04
3285	102,11	80,60	84,41	77,00	75,57	50,60	33,12	66,51	77,86	92,43	132,58	105,02
3286	71,33	68,47	77,75	73,04	75,18	48,59	36,35	56,84	67,60	82,99	103,23	84,06
3287	66,55	65,90	71,48	65,82	74,36	55,04	33,23	55,02	73,32	81,36	99,01	82,35
3289	76,13	72,41	77,86	74,25	77,43	59,25	29,84	65,24	72,82	88,52	110,49	90,53
3290	69,50	59,41	69,13	64,57	61,03	44,64	29,75	56,40	62,39	77,80	98,36	78,78

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3291	80,96	75,78	78,48	78,20	74,57	54,50	31,47	60,13	70,49	88,04	119,96	81,93
3294	71,79	63,23	70,94	65,87	57,80	48,08	33,76	50,35	72,33	81,36	102,23	79,80
3296	94,63	89,75	93,24	82,06	76,25	53,32	31,71	71,10	75,95	117,95	130,40	103,64
3297	65,68	67,75	75,73	66,98	62,00	51,96	33,53	57,71	66,35	92,95	105,79	84,35
3298	63,51	68,22	67,04	62,05	53,89	47,13	27,56	56,33	70,18	97,11	103,83	83,72
3299	59,36	59,19	66,50	63,49	59,32	48,58	24,31	45,27	62,05	90,17	95,78	77,59
3300	65,30	67,60	69,77	59,14	53,43	48,80	24,04	49,52	64,49	80,11	91,45	79,90
3301	64,65	63,22	67,95	60,67	57,07	48,78	30,16	54,80	67,60	80,20	98,24	80,58
3302	81,26	76,91	81,36	70,63	61,71	51,99	40,80	59,22	74,08	97,28	120,78	89,58
3303	67,78	63,19	62,78	56,65	50,85	45,64	30,33	55,37	64,18	82,41	102,93	81,20
3305	66,55	63,51	68,96	61,26	55,31	48,56	29,01	54,70	72,41	88,41	104,58	83,57
3313	82,06	69,54	78,08	69,34	59,90	56,25	31,13	55,52	75,87	97,46	115,60	96,04
3314	74,32	71,45	68,30	66,62	60,52	44,81	29,96	63,00	76,48	97,63	111,77	88,40
3315	73,07	72,03	73,76	67,11	57,12	47,76	25,59	58,84	76,29	104,64	111,09	85,83
3316	198,53	139,65	163,35	137,38	119,08	78,70	50,92	99,07	138,18	177,48	209,27	191,31
3317	206,63	152,90	170,99	137,03	119,64	77,64	50,43	88,95	121,99	168,64	214,88	186,56
3319	189,81	155,19	165,41	125,17	111,47	72,10	47,11	88,18	123,58	163,80	206,47	178,79
3320	182,68	144,26	147,92	116,78	104,40	63,74	49,88	87,50	121,70	145,22	195,60	159,60
3321	142,28	114,34	113,82	97,70	85,54	58,20	37,63	64,90	107,96	127,62	161,01	132,92
3322	110,33	96,32	105,87	86,13	78,98	62,15	35,70	68,10	101,00	124,30	147,23	118,01
3323	135,21	110,09	113,79	93,52	87,37	55,75	35,00	77,59	107,17	131,10	161,36	137,42
3324	150,96	117,45	132,53	107,19	98,15	61,20	38,50	80,47	110,99	140,28	169,35	147,69
3325	102,56	87,77	93,79	75,10	71,24	47,37	27,45	65,84	89,01	109,02	131,86	110,64
3326	101,55	80,94	89,10	75,56	71,71	53,63	33,55	69,25	90,29	118,20	124,63	102,84
3329	109,08	84,29	94,81	76,28	71,99	48,52	35,36	76,60	82,97	123,50	135,86	117,79
3332	72,40	76,86	78,80	67,33	60,36	51,80	32,74	60,33	70,94	97,24	116,49	76,93
3333	93,34	94,43	97,22	79,21	68,27	57,98	39,22	60,51	84,48	115,28	137,29	108,61
3335	80,07	81,46	75,88	65,96	56,77	48,37	29,02	61,34	80,28	92,72	119,01	92,26
3337	70,10	79,46	78,03	65,79	63,23	56,09	37,06	63,97	74,35	97,81	126,53	89,98
3339	67,83	71,74	73,09	62,17	55,73	51,76	30,30	60,42	74,31	94,40	108,27	85,65
3340	62,63	64,30	72,29	59,97	60,70	46,88	29,93	56,41	68,21	88,97	96,63	82,65
3341	76,87	75,67	76,39	64,90	60,28	49,98	28,82	63,78	79,07	100,94	113,89	91,27
3344	78,49	75,68	77,07	65,68	58,69	48,09	24,55	57,09	94,24	108,10	124,06	95,51
3346	97,10	89,58	88,77	80,52	73,71	54,60	34,44	53,78	95,60	117,43	137,85	99,93
3348	81,35	77,30	76,40	60,32	63,04	48,08	21,61	61,77	90,00	120,25	132,20	92,20
3350	135,46	109,13	106,42	96,99	83,17	57,85	31,04	72,27	88,54	126,35	154,97	129,81
3355	115,44	99,17	101,71	80,72	71,06	45,00	24,47	63,08	92,30	116,75	148,87	121,79
3356	108,90	87,58	91,33	82,74	66,38	52,38	29,28	60,49	92,84	108,85	143,88	111,65
3357	86,65	79,36	76,68	71,92	61,00	50,79	31,58	64,84	85,58	108,07	124,72	93,55
3360	65,71	62,34	67,06	56,74	50,49	48,96	27,37	54,87	71,34	102,54	111,85	72,74
3361	101,61	98,49	94,07	70,74	71,10	51,32	25,03	59,25	84,41	135,26	140,16	111,49
3362	89,67	82,40	86,53	64,73	59,42	48,13	22,70	57,29	84,80	118,05	126,29	92,42
3363	86,03	83,17	81,43	62,63	63,24	49,14	23,27	61,87	107,20	126,87	125,70	96,41
3364	65,40	62,36	67,20	49,31	54,60	35,38	17,77	43,96	83,73	113,26	106,58	74,90
3365	77,22	73,04	74,08	57,64	58,47	40,34	20,19	53,66	73,83	102,77	108,84	87,23

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3366	70,69	75,78	80,06	57,88	53,36	40,20	24,64	55,63	63,90	89,15	117,28	83,42
3367	72,79	66,39	69,17	58,36	48,94	36,90	26,20	49,23	62,56	92,89	106,62	83,65
3368	91,32	80,53	86,86	66,38	65,73	49,41	27,91	59,79	83,49	121,71	132,55	98,35
3373	82,84	80,09	83,47	63,32	58,97	38,68	21,92	46,80	74,48	107,39	123,93	94,30
3375	70,27	63,47	67,24	49,15	46,29	35,74	20,73	41,12	67,72	97,10	103,56	75,54
3379	91,56	82,13	83,80	76,66	59,26	51,27	30,77	60,38	74,15	126,55	134,54	111,17
3380	77,77	79,22	78,07	65,80	62,82	50,84	31,46	63,83	79,65	105,65	122,52	94,03
3381	104,98	87,92	92,54	78,19	69,69	57,53	33,73	63,36	78,82	113,80	129,96	113,38
3382	85,58	85,26	88,36	70,58	66,30	53,40	35,23	57,58	71,86	121,97	124,00	94,04
3383	75,32	76,75	77,39	61,94	60,31	56,02	31,91	65,25	80,21	109,92	114,13	91,60
3384	83,30	85,83	91,97	71,69	60,07	57,20	35,19	62,97	77,77	113,81	128,82	105,00
3385	70,66	74,06	74,37	58,27	56,56	56,93	31,16	62,00	72,69	104,53	113,97	79,25
3386	69,27	74,40	76,62	59,12	52,45	51,84	25,74	55,87	72,22	98,80	111,43	82,21
3387	66,26	73,62	71,38	57,43	53,82	46,30	24,55	57,55	68,21	91,09	114,18	79,61
3388	90,09	86,95	87,37	72,73	63,86	47,46	21,16	62,43	83,76	106,89	119,36	91,57
3389	88,69	83,07	84,72	72,11	56,44	51,51	27,79	59,15	84,92	107,23	119,06	93,27
3390	74,78	81,57	81,03	66,62	51,52	52,08	28,58	59,05	83,23	103,67	125,47	89,19
3391	95,90	90,58	90,78	70,98	61,91	53,19	30,70	60,42	73,22	104,66	129,20	101,47
3392	73,98	72,51	77,19	58,94	55,65	44,59	25,72	51,85	71,47	102,40	123,59	79,28
3393	72,77	67,11	69,74	52,47	49,13	38,02	25,81	48,50	58,24	90,85	106,94	73,30
3394	70,80	63,10	69,66	56,78	50,23	38,57	25,66	47,55	59,41	108,74	120,04	77,10
3395	69,48	64,96	73,60	58,73	54,68	40,39	25,38	54,81	68,78	99,38	108,55	73,17
3398	83,23	80,32	80,34	68,55	54,01	38,71	17,80	51,74	71,06	104,26	116,51	80,55
3399	73,07	60,98	65,65	47,74	41,83	30,05	20,63	34,45	53,24	83,31	92,82	61,13
3401	83,60	72,11	77,06	59,12	49,67	37,43	19,96	41,53	61,64	94,83	103,03	79,74
3405	86,45	76,03	72,73	56,02	40,27	26,95	19,55	38,40	61,58	99,36	108,69	79,59
3408	99,10	86,67	93,15	86,14	67,72	47,57	31,64	73,97	90,78	129,32	130,92	105,47
3411	114,30	99,01	104,67	83,24	68,02	55,25	37,84	71,05	80,51	132,82	134,50	114,12
3412	85,59	79,81	75,37	67,26	62,98	45,90	31,39	63,03	76,64	105,75	107,47	88,66
3414	91,95	84,07	86,55	77,14	68,38	55,70	35,36	71,83	76,96	116,80	119,56	100,28
3417	79,13	70,01	64,33	60,13	48,54	36,02	20,77	41,30	64,02	102,00	99,79	79,64
3420	73,51	58,19	51,07	49,14	41,73	24,30	17,05	41,42	48,90	78,01	100,42	61,88
3424	91,69	76,73	74,84	69,58	58,01	46,29	26,20	53,16	74,23	110,85	106,33	86,86
3425	88,54	72,85	71,42	65,88	46,23	35,83	19,53	49,54	69,21	99,22	105,46	82,67
3426	72,85	60,40	61,16	51,65	39,95	27,72	19,45	48,78	58,00	87,26	95,12	65,10
3427	87,76	74,05	66,31	49,65	47,67	27,43	17,15	42,79	57,55	88,14	108,79	78,69
3429	85,05	72,53	70,16	68,07	64,53	48,18	26,04	51,90	64,93	104,77	110,94	84,73
3430	98,82	81,89	72,07	69,10	59,84	39,55	25,47	49,92	69,77	112,22	120,70	91,41
3431	85,00	63,89	58,55	50,02	43,24	33,43	19,69	41,49	60,32	100,63	107,65	75,12
3432	99,13	82,73	73,75	69,11	51,54	32,98	18,15	49,27	68,61	101,18	116,17	87,62
3433	90,39	67,44	63,02	54,96	43,36	35,30	18,62	38,36	63,06	102,90	115,30	76,77
3434	99,91	79,92	70,64	66,72	47,31	33,00	16,55	40,70	54,53	105,96	108,63	89,65
3435	76,76	68,28	62,62	55,86	45,38	34,07	19,51	46,20	62,39	99,38	106,08	78,39
3436	67,54	57,03	52,44	47,41	41,78	25,53	15,66	36,01	52,21	84,91	93,15	66,48
3437	67,97	57,12	54,08	38,76	31,54	24,31	10,43	29,03	53,60	82,63	89,67	65,13

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3440	61,73	60,72	58,09	59,02	64,46	54,37	33,94	52,03	61,95	77,68	93,50	67,28
3450	63,93	67,22	63,76	64,81	68,95	58,53	38,41	55,13	75,58	99,37	110,62	81,82
3451	68,46	64,63	64,26	62,06	61,90	48,40	34,08	54,92	77,72	94,73	114,30	86,01
3453	67,27	70,96	67,91	66,92	60,60	48,22	32,39	48,96	67,97	90,86	104,81	82,99
3454	122,30	108,30	105,63	86,57	84,94	53,20	29,98	62,70	91,58	118,64	139,54	116,01
3455	104,20	86,23	87,95	74,50	67,74	49,15	26,48	60,11	82,20	129,20	137,01	108,27
3457	78,43	71,22	75,18	66,23	58,52	49,81	27,11	59,70	71,54	104,80	120,53	88,12
3458	83,14	80,58	84,34	73,19	68,16	54,72	31,63	67,62	76,84	98,31	126,54	99,66
3460	85,18	75,88	86,10	71,46	66,93	51,64	30,36	58,29	86,83	116,44	139,25	100,55
3462	118,81	98,66	95,13	87,67	71,19	54,27	30,80	61,55	86,53	119,58	152,13	113,67
3463	91,60	84,42	76,48	75,72	73,56	56,07	34,40	55,02	72,81	105,20	113,15	102,92
3464	76,55	73,73	68,79	57,85	62,74	53,76	32,47	51,38	69,28	107,45	105,47	89,30
3471	62,04	69,68	65,25	64,30	59,84	58,10	36,11	54,14	70,00	86,48	97,35	78,71
3474	52,31	58,74	53,00	50,76	51,78	47,08	25,46	44,78	56,92	72,59	86,31	65,13
3476	48,56	58,71	54,65	61,70	55,18	52,71	25,33	45,91	60,45	75,00	84,58	66,26
3478	51,91	62,18	59,13	62,98	58,83	56,50	36,31	57,84	60,23	90,34	97,05	70,23
3479	87,04	83,43	77,13	71,19	63,14	57,03	34,22	59,42	74,40	97,14	119,08	95,63
3480	101,70	104,47	91,86	86,99	69,60	58,82	35,37	53,40	81,22	101,07	128,30	123,91
3481	85,78	80,08	66,58	67,08	64,36	45,12	28,18	50,74	69,20	96,30	100,18	85,42
3482	66,92	70,65	67,03	62,38	59,15	43,89	28,92	45,67	66,87	83,25	97,20	80,52
3483	60,97	62,35	58,84	52,38	52,97	44,32	24,00	37,55	61,36	83,19	83,56	73,98
3485	62,39	59,36	55,76	54,50	45,99	28,79	18,36	44,14	57,32	79,60	81,24	69,02
3486	74,10	64,55	54,00	45,25	40,03	24,05	16,47	31,55	51,93	86,88	80,18	73,28
3487	75,97	67,90	57,67	46,95	34,90	21,85	13,39	43,12	55,98	86,80	86,75	75,58
3488	74,96	71,93	51,14	41,04	36,04	21,87	11,28	28,74	48,94	95,10	86,65	77,87
3489	77,73	72,82	55,34	44,74	35,81	22,57	7,43	39,63	50,83	93,47	94,69	75,88
3490	75,45	69,98	54,82	42,37	39,06	25,40	11,64	37,08	48,23	88,80	96,50	77,66
3491	126,19	120,04	110,70	89,82	71,71	57,87	31,14	58,51	96,77	118,17	169,47	141,85
3493	119,01	109,33	104,20	94,73	89,21	59,18	50,30	85,29	103,53	134,17	169,40	143,70
3498	110,68	97,84	89,00	66,25	61,66	44,00	23,87	47,38	72,23	119,68	137,83	110,03
3500	78,92	81,37	69,00	50,07	52,77	40,43	24,06	50,15	70,73	100,21	110,07	95,64
3502	80,97	71,62	67,27	44,34	34,63	31,12	11,64	39,29	59,37	100,24	100,22	81,17
3503	74,69	68,38	56,69	42,53	33,97	23,09	8,51	34,03	54,54	93,22	90,35	80,33
3504	84,23	77,40	67,14	44,77	32,95	19,38	10,30	35,89	54,45	89,24	98,66	81,80
3530	138,10	131,37	120,61	102,46	84,50	63,11	42,44	75,48	103,33	141,34	188,14	138,42
3533	109,87	104,66	84,78	66,04	55,68	44,62	29,41	58,42	87,07	114,91	123,50	116,76
3534	107,41	99,14	74,21	69,58	66,68	49,74	44,09	57,43	81,06	116,52	146,00	105,48
3536	120,11	101,72	80,06	57,38	43,84	24,55	14,49	34,05	72,39	110,32	129,34	121,67
3537	122,05	113,40	89,67	69,29	77,62	52,69	34,68	71,43	92,10	130,69	157,07	124,08
3541	86,35	83,11	60,55	57,93	60,66	45,80	28,87	56,46	70,07	104,27	107,80	98,54
3542	80,24	67,92	57,35	60,31	56,96	45,25	26,82	42,07	83,23	88,68	120,20	86,79
3544	70,11	75,97	64,25	67,09	61,68	55,58	35,80	54,87	81,30	90,14	112,40	82,05
3545	73,10	69,91	54,54	39,42	37,23	27,86	12,04	31,86	51,49	87,33	83,54	77,04
3547	130,52	117,76	88,62	74,53	63,89	34,04	13,27	42,27	74,83	127,06	140,44	122,91
3550	82,07	74,42	56,91	46,84	37,29	21,86	11,11	28,05	56,37	84,48	90,94	72,17

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3551	123,78	112,32	91,91	71,77	56,85	38,27	12,97	42,57	75,73	108,86	139,84	119,21
3552	99,97	81,26	67,42	57,47	41,49	26,07	7,46	34,17	86,41	94,74	124,82	87,92
3554	122,97	113,68	90,08	82,29	63,27	37,73	20,90	56,09	97,14	120,56	148,78	126,05
3557	90,90	85,22	68,90	45,38	34,05	21,18	11,04	34,37	76,69	90,11	129,97	87,30
3558	99,89	91,10	72,66	50,29	31,98	18,42	12,10	39,00	79,89	109,07	134,25	103,49
3559	130,80	111,22	132,70	124,47	102,46	89,21	66,85	87,14	98,58	144,63	195,23	140,71
3563	72,39	78,66	77,39	68,32	66,46	51,17	34,63	59,64	72,72	85,21	118,30	85,46
3567	81,91	83,94	69,26	62,95	71,97	49,71	33,43	47,84	65,92	98,52	129,86	100,82
3569	72,10	80,70	79,46	74,83	76,08	63,80	40,68	62,43	72,51	103,84	129,00	89,03
3570	88,92	90,18	95,56	83,17	94,66	73,58	46,76	72,39	95,69	96,31	136,99	104,81
3575	58,52	62,84	64,08	68,64	70,74	56,18	39,54	64,13	73,16	86,28	106,60	73,67
3576	57,83	65,50	67,37	61,52	68,70	51,42	37,57	64,79	74,77	79,56	101,34	74,24
3577	63,83	69,93	63,72	63,53	63,32	58,86	42,77	65,96	86,55	86,48	111,28	71,47
3579	106,18	113,76	128,91	114,91	101,23	87,96	61,33	101,06	101,49	120,96	164,40	141,44
3580	77,48	74,68	87,68	79,43	82,82	70,06	42,81	68,99	80,04	94,97	136,38	100,35
3581	77,18	93,94	100,46	102,32	88,73	77,62	50,97	78,23	96,09	104,38	131,69	106,23
3582	76,85	84,67	72,64	69,05	74,81	63,12	40,52	73,41	95,03	78,92	115,84	82,30
3583	59,31	63,98	67,22	69,62	68,90	66,67	45,51	76,95	89,94	81,55	98,64	76,75
3584	65,79	72,88	69,80	65,56	67,91	64,35	44,32	74,56	79,40	79,73	102,71	79,16
3586	90,19	101,49	97,68	108,02	90,11	82,59	52,33	97,34	103,71	92,21	144,01	120,82
3587	99,95	94,27	94,45	102,34	91,89	87,11	54,58	91,11	95,39	113,02	150,75	123,08
3590	86,23	89,10	73,99	81,00	78,79	73,52	46,61	72,38	94,72	98,43	141,44	105,48
3592	63,42	75,65	65,41	70,42	73,93	58,21	33,79	66,21	84,64	89,18	119,01	83,76
3593	55,74	71,61	60,58	58,23	59,35	61,21	37,95	57,85	78,41	81,24	102,18	75,78
3594	69,07	77,21	70,61	66,52	71,43	60,36	48,16	55,73	86,96	97,73	118,32	78,72
3596	53,41	56,51	58,93	62,74	55,12	50,97	33,13	53,15	78,38	92,13	98,11	64,50
3598	86,25	82,60	75,20	75,00	68,90	69,51	41,10	71,52	86,93	103,29	148,64	94,85
3599	64,57	68,64	59,09	66,64	66,39	57,64	29,59	51,96	75,39	84,84	116,06	72,65
3602	52,86	61,96	60,01	56,78	63,75	54,86	30,92	51,46	69,70	82,06	98,39	65,30
3603	61,21	58,69	57,54	59,51	60,46	54,45	32,12	52,30	72,58	79,98	108,61	69,31
3605	57,04	58,72	53,56	56,04	57,88	47,73	27,63	46,55	64,85	89,01	97,95	72,70
3608	53,02	51,10	44,68	49,88	47,43	43,42	33,66	53,90	71,04	73,12	78,40	63,25
3609	68,02	71,35	58,56	60,64	61,62	51,59	34,24	49,72	72,50	82,35	108,28	77,34
3610	66,11	78,14	66,43	68,14	67,73	57,67	38,07	50,30	77,39	98,78	119,33	82,63
3619	103,87	83,29	89,33	63,91	87,32	44,75	35,15	60,14	74,93	133,93	146,28	110,00
3620	97,08	97,21	75,23	67,54	73,85	48,03	32,96	59,95	75,24	117,96	141,60	90,24
3622	57,99	67,74	60,92	65,70	62,68	54,08	38,01	53,97	77,35	94,04	104,37	75,91
3626	96,91	98,42	79,33	67,92	65,12	47,03	30,63	57,38	80,18	110,37	133,54	100,13
3627	76,69	87,94	64,15	66,69	73,44	52,82	36,62	50,74	89,13	103,15	124,45	91,42
3631	90,26	91,28	78,91	70,00	68,23	54,34	34,85	47,28	83,08	106,41	144,84	100,66
3635	82,58	68,93	75,18	73,51	80,00	78,10	48,02	69,41	90,76	95,89	118,42	116,32
3638	80,24	86,09	75,38	74,59	70,47	68,45	46,40	60,61	80,27	82,17	114,79	103,51
3640	145,39	136,33	111,69	119,56	93,46	91,19	46,71	77,04	96,36	134,15	200,69	182,37
3641	155,75	133,36	120,81	123,98	98,87	90,48	48,95	72,61	91,53	133,69	243,43	201,17
3642	91,36	87,27	75,44	83,56	75,31	82,06	43,84	62,42	81,16	102,72	146,07	123,24

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3648	80,03	81,35	71,27	80,94	75,04	75,94	49,73	74,89	95,20	89,74	123,95	96,03
3649	105,44	98,54	85,51	94,39	87,19	79,26	48,64	86,80	100,35	107,79	153,05	122,70
3650	95,66	93,24	74,90	81,43	75,73	85,67	41,88	56,73	104,00	104,19	138,85	105,67
3652	135,44	139,69	110,10	135,62	133,81	120,44	71,05	103,84	137,63	156,02	210,07	160,71
3656	66,00	63,46	59,57	69,51	70,05	56,29	37,85	50,79	65,45	85,80	126,92	87,27
3657	71,25	74,68	57,84	57,58	53,27	52,17	30,92	41,93	54,66	77,81	103,57	90,62
3658	135,68	132,18	121,60	105,03	85,15	55,07	42,93	52,58	83,65	121,11	209,12	187,81
3659	91,68	91,50	72,58	67,53	65,25	51,90	36,80	45,24	69,45	84,93	145,56	113,74
3660	89,46	90,02	77,03	77,06	71,78	58,81	34,95	48,20	72,52	80,48	142,91	123,78
3661	83,83	82,77	68,43	62,91	57,12	49,07	34,94	43,66	60,73	83,71	122,23	104,87
3664	124,21	119,04	99,22	98,00	87,97	80,00	41,78	64,74	101,69	118,82	177,59	152,40
3667	157,22	138,35	119,38	125,93	120,78	121,66	57,14	81,47	117,26	148,99	206,35	167,27
3670	102,36	109,82	86,66	92,16	71,55	70,63	56,36	62,26	84,70	118,22	167,92	137,66
3671	99,53	107,76	74,32	79,29	71,99	67,17	48,27	55,40	75,84	115,19	156,33	132,21
3673	78,13	77,98	70,84	78,72	66,31	73,67	43,40	51,55	90,60	105,33	136,89	104,09
3676	108,15	114,24	95,68	99,12	87,87	79,97	43,18	72,00	127,49	112,08	149,08	129,01
3677	69,71	72,02	65,31	77,10	68,56	70,01	35,25	53,03	91,55	95,52	122,24	87,81
3679	91,73	96,97	71,37	82,56	71,55	71,03	35,66	76,53	95,35	104,92	143,69	99,20
3680	92,09	98,63	75,65	83,77	74,53	72,32	30,81	48,46	106,03	104,00	142,54	104,88
3681	94,06	83,94	71,54	73,19	67,60	58,31	29,59	59,74	93,70	103,82	136,05	101,45
3684	92,93	82,68	65,70	59,70	53,82	47,15	26,06	50,09	86,63	113,10	126,75	98,15
3687	98,45	78,44	72,16	61,62	58,88	48,16	25,48	58,82	97,29	120,88	128,85	107,76
3689	89,15	90,83	65,26	66,33	65,52	60,95	30,52	61,06	82,26	109,91	136,19	97,56
3692	96,17	93,61	79,84	77,59	78,39	69,66	35,41	69,33	101,67	109,49	146,19	104,83
3695	82,43	73,93	59,77	54,24	46,33	34,64	18,78	35,54	75,67	86,20	118,38	85,72
3702	106,15	82,13	69,30	51,66	47,21	43,14	20,13	47,00	73,08	99,97	139,09	97,84
3708	132,42	123,99	103,33	102,66	80,02	77,00	47,05	55,29	86,05	119,27	177,67	150,32
3710	159,93	150,99	120,13	116,95	91,91	71,44	45,37	67,61	101,37	140,88	205,44	178,89
3714	179,33	176,00	128,38	120,23	105,15	87,37	52,63	73,87	113,63	146,77	236,10	182,14
3715	106,25	104,02	86,53	87,46	74,10	71,15	48,31	60,18	94,53	113,13	163,17	114,52
3717	137,71	125,29	93,33	93,79	73,70	54,11	41,95	51,22	100,35	120,11	195,31	137,79
3719	86,74	80,04	62,98	60,39	47,25	48,19	24,70	35,77	74,41	91,19	126,41	99,92
3721	105,50	93,90	71,09	64,48	56,47	43,89	27,86	48,95	90,62	103,65	129,06	98,12
3723	95,05	93,74	71,52	64,71	55,03	36,29	22,26	39,80	79,40	94,53	129,46	100,23
3730	80,36	62,63	53,34	45,33	39,77	29,50	18,24	35,14	74,25	84,39	113,74	68,02
3731	96,01	81,48	64,39	58,48	45,60	32,53	14,67	38,71	83,35	96,18	124,88	84,46
3732	96,00	87,92	65,90	61,74	46,36	35,42	19,97	46,98	84,77	89,10	116,33	85,99
3733	108,54	100,59	74,78	66,76	45,84	30,32	13,95	36,80	84,88	110,75	144,40	91,98
3735	92,65	79,51	62,72	48,62	33,38	20,07	11,59	35,81	81,00	94,10	124,12	86,11
3740	115,14	97,55	74,37	56,43	46,20	26,52	15,85	39,77	87,26	107,33	145,80	96,40
3742	106,01	98,10	83,15	66,53	46,43	34,20	21,54	49,69	76,99	113,72	155,30	104,49
3746	148,39	136,35	101,09	83,28	63,64	51,46	33,23	45,58	86,37	139,50	211,62	162,59
3750	115,07	100,78	87,55	59,75	39,90	28,76	14,34	42,31	76,03	132,80	153,35	121,77
3752	108,35	95,78	77,98	63,77	42,09	29,96	20,90	41,09	69,74	125,51	149,31	111,71
3754	107,27	90,91	88,21	72,99	59,66	38,35	16,40	44,94	76,40	124,42	142,54	113,45

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3755	100,56	83,30	78,83	73,57	43,38	30,25	18,57	47,70	73,50	107,23	139,86	115,24
3756	110,08	83,29	77,46	69,86	48,16	35,55	17,91	39,13	75,31	120,39	136,95	108,83
3758	110,22	99,02	78,37	61,79	44,54	26,07	16,22	37,40	70,24	136,78	137,24	115,02
3759	196,04	146,18	115,63	109,82	79,62	52,13	25,83	61,63	104,52	172,45	212,40	184,43
3760	133,64	120,48	95,94	86,08	57,96	34,55	23,16	44,15	82,42	141,12	162,92	134,37
3762	127,27	112,48	90,31	71,63	52,02	33,82	19,98	42,85	97,22	140,19	149,62	126,62
3764	57,49	55,47	65,50	63,36	41,36	54,89	44,16	62,21	66,10	82,62	75,30	75,93
3765	69,73	64,34	78,98	81,91	71,26	75,46	56,10	79,22	76,52	94,90	94,04	90,61
3766	49,87	44,58	50,57	53,70	32,80	48,88	40,01	55,02	58,06	73,66	64,54	67,80
3771	56,67	55,85	66,57	68,04	57,33	62,79	46,36	59,84	67,63	77,11	76,26	75,67
3772	56,73	54,22	68,24	68,52	61,64	66,37	48,56	64,20	65,86	81,07	80,06	73,91
3773	46,35	45,20	53,31	51,57	43,68	54,23	42,45	59,49	61,01	81,16	67,68	66,24
3774	51,39	47,45	57,46	56,15	39,81	53,80	34,68	56,40	64,83	78,98	67,26	71,84
3776	96,44	100,59	101,67	104,02	78,49	76,50	49,65	57,64	82,42	118,83	160,89	132,35
3777	80,33	82,04	88,84	83,70	78,99	77,17	49,78	57,90	74,73	100,89	117,89	102,99
3778	113,06	111,90	114,80	110,75	85,38	89,83	61,17	66,11	80,12	128,37	157,20	144,97
3779	84,60	78,95	90,17	95,12	74,10	77,65	45,57	58,58	71,46	113,65	136,41	109,52
3780	80,62	77,21	88,30	99,58	74,15	74,32	46,27	56,89	75,70	114,85	129,38	103,33
3781	71,28	69,19	84,64	79,60	70,09	79,28	52,79	61,01	69,96	88,90	100,74	93,36
3783	115,32	114,83	121,87	126,05	107,42	108,61	73,14	87,99	109,50	161,77	170,35	163,85
3784	97,62	93,57	105,11	112,34	91,62	87,44	63,16	78,29	86,28	131,42	148,03	133,23
3785	104,25	95,65	109,94	123,55	99,20	90,56	66,30	95,25	96,12	139,39	143,33	140,53
3786	80,45	79,34	86,49	94,80	76,33	73,34	49,40	76,83	78,63	113,04	105,42	101,30
3787	53,63	55,62	63,88	60,20	41,25	52,86	32,43	51,26	65,53	75,19	71,48	78,56
3788	55,70	42,45	54,26	55,78	38,40	48,67	30,57	54,74	55,40	77,99	60,78	64,55
3789	61,55	52,78	60,40	61,98	46,72	49,98	33,82	47,20	70,18	89,84	72,31	82,01
3790	74,84	76,09	89,79	95,04	78,90	78,00	68,72	75,31	85,91	102,82	110,08	95,84
3791	62,29	61,50	71,48	73,76	59,68	73,91	54,35	68,72	71,76	88,93	83,43	79,48
3792	58,77	48,15	58,76	54,93	38,19	49,54	29,86	48,83	55,34	65,92	69,52	69,03
3793	77,55	78,02	87,09	93,77	69,34	75,76	56,13	72,01	78,41	113,76	104,02	98,13
3794	64,32	57,43	70,63	66,62	56,04	63,37	45,19	58,32	67,59	88,31	76,36	75,36
3795	55,86	51,79	68,59	61,64	45,40	54,01	30,29	59,04	61,34	85,52	74,26	74,31
3796	76,96	74,00	66,59	66,18	65,86	59,52	35,76	53,47	68,39	82,78	110,01	97,14
3798	110,26	105,85	95,18	88,95	73,58	72,35	42,05	54,97	77,85	104,97	162,38	140,39
3800	109,46	96,47	92,33	88,58	72,61	63,31	35,86	55,23	75,81	103,97	161,48	148,27
3801	105,15	99,19	94,90	86,66	72,73	61,12	38,47	51,83	73,83	103,96	155,82	146,30
3803	73,24	68,74	56,54	52,91	46,12	49,47	36,77	44,81	56,33	64,34	98,21	90,38
3805	78,31	78,63	79,70	87,90	73,50	74,89	48,47	61,59	73,49	96,91	111,21	98,83
3806	63,75	63,02	58,07	58,52	60,60	55,70	40,14	51,88	61,60	70,67	102,11	88,98
3807	59,03	53,89	47,03	47,09	46,63	49,64	39,32	44,24	48,48	56,60	86,24	70,69
3808	98,36	88,06	81,52	77,77	69,80	59,35	41,61	46,43	67,66	96,47	156,82	133,20
3809	70,47	62,36	56,38	55,84	46,75	51,30	39,40	39,46	56,33	77,63	109,82	90,65
3810	64,60	61,90	53,40	44,58	44,76	44,13	29,70	40,85	51,61	61,75	105,06	83,04
3811	76,25	73,53	68,17	62,40	47,01	48,42	28,67	36,15	53,39	79,50	110,43	97,64
3813	108,65	109,42	92,54	83,78	69,58	62,73	44,66	46,22	70,73	106,68	181,72	143,90

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3814	131,56	124,03	107,94	98,09	74,57	80,93	53,49	51,06	78,19	122,11	178,99	158,35
3815	98,40	102,01	90,06	82,72	61,00	57,16	33,53	41,07	66,56	92,08	132,53	133,37
3816	82,23	73,79	68,07	63,49	41,05	43,74	32,75	36,59	51,94	81,49	112,97	98,20
3817	113,44	108,46	92,35	84,50	66,71	57,40	50,30	49,70	62,58	95,37	145,01	137,36
3818	76,22	70,18	61,04	52,18	45,01	49,06	41,79	37,39	48,03	73,13	99,55	94,35
3819	76,52	63,32	63,27	65,47	52,24	55,20	49,67	43,48	60,17	73,55	99,58	86,08
3820	76,71	74,96	65,00	71,07	57,73	50,28	43,14	36,72	59,57	76,26	87,69	82,63
3821	59,10	56,25	51,05	52,01	37,51	44,80	32,79	36,30	49,39	61,55	74,45	71,27
3822	81,43	81,37	71,61	89,69	43,77	55,26	35,65	38,47	74,08	105,50	103,95	98,80
3823	70,20	67,68	62,83	69,71	43,20	50,04	33,93	37,43	64,80	82,95	88,08	82,59
3824	67,19	60,91	62,06	64,53	37,38	41,65	31,21	34,09	56,62	77,11	82,88	82,54
3825	88,66	68,46	67,46	71,31	62,69	67,93	53,42	49,88	64,94	82,53	106,94	92,00
3826	71,23	58,16	66,17	77,00	57,00	62,94	49,48	47,56	63,84	89,73	98,38	79,41
3827	70,54	59,66	55,62	55,11	51,04	58,35	50,41	47,54	57,11	69,17	87,88	74,40
3828	60,23	60,13	49,98	47,54	46,54	54,23	47,02	39,74	54,50	61,17	85,30	70,80
3829	50,78	48,34	43,67	40,14	37,97	42,86	31,06	31,66	48,06	57,51	74,80	63,10
3830	58,67	47,13	54,04	54,67	40,80	46,54	30,44	34,71	52,76	66,71	80,36	71,20
3831	57,15	56,02	48,55	54,94	49,65	55,11	42,66	42,95	55,45	55,39	82,43	67,31
3832	74,84	67,81	69,54	64,67	59,60	64,92	38,67	49,12	67,62	88,76	89,56	86,41
3834	83,10	83,71	80,55	86,04	60,77	65,32	39,68	49,23	66,75	101,21	112,23	98,70
3835	80,96	81,94	88,34	85,34	51,05	58,21	41,90	40,96	70,97	89,74	97,91	108,78
3839	110,82	108,41	104,18	116,01	71,49	79,77	56,32	63,44	89,53	129,20	136,51	142,07
3841	102,35	93,13	100,53	102,50	65,72	76,25	50,39	60,74	85,69	113,25	121,89	130,47
3842	63,93	58,20	63,80	64,63	47,14	58,62	37,70	52,41	66,43	73,55	78,15	74,40
3843	90,45	80,17	89,27	87,51	61,85	63,33	43,03	60,72	79,02	98,11	98,03	109,83
3844	70,21	63,08	68,81	70,10	47,48	54,57	37,70	58,11	73,43	81,71	81,39	79,21
3845	82,44	74,25	74,96	79,47	55,32	59,94	38,90	63,62	75,11	92,33	90,45	100,89
3846	75,00	66,99	71,90	71,72	54,80	70,52	45,97	56,81	68,45	81,38	91,50	83,15
3847	53,16	51,38	57,16	58,87	46,77	61,67	39,10	52,49	57,87	69,35	78,41	64,62
3849	52,33	51,75	53,84	52,46	37,59	46,54	32,79	47,82	56,65	61,55	66,71	65,51
3850	62,23	57,75	67,70	65,63	40,44	50,11	31,38	55,89	58,76	81,53	76,24	80,82
3851	58,26	53,96	59,52	52,07	37,20	42,53	34,91	51,13	60,62	82,66	74,77	84,79
3852	97,88	77,32	73,64	68,08	59,85	56,75	52,30	48,04	63,82	85,82	115,47	100,29
3854	85,16	69,35	63,03	66,39	53,37	63,92	52,25	65,21	68,67	80,94	76,16	80,41
3855	122,34	110,10	111,24	103,53	70,70	80,54	67,53	81,56	98,55	122,60	121,66	146,34
3856	87,74	71,49	74,63	82,87	54,68	55,27	47,06	67,53	83,97	87,15	82,41	98,76
3857	90,28	82,56	78,00	87,40	57,16	68,18	53,94	67,08	81,21	97,09	95,71	105,53
3859	60,06	53,54	55,07	51,41	34,94	41,20	34,03	51,86	62,01	76,06	76,81	77,30
3860	81,17	73,80	76,87	74,55	45,94	58,37	48,19	66,15	70,22	83,80	84,70	90,33
3861	81,00	71,12	70,20	63,65	34,32	52,71	46,38	58,70	72,50	86,02	83,36	84,18
3862	65,66	59,61	61,31	56,60	34,19	42,93	39,06	51,94	61,14	75,30	78,67	79,18
3863	169,34	123,70	120,04	87,29	89,77	67,87	44,11	67,95	113,73	118,39	295,33	201,27
3864	149,51	138,90	119,18	114,10	81,19	64,47	43,88	57,65	93,66	115,14	244,84	203,19
3865	119,66	107,96	89,33	77,53	63,32	44,97	38,86	39,88	70,67	100,70	172,47	140,08
3867	139,64	133,68	126,55	106,67	86,63	70,69	58,62	56,18	83,90	114,40	213,44	166,49

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3868	94,27	86,56	84,74	80,24	63,48	62,39	56,77	46,91	67,47	97,10	141,65	116,77
3869	116,83	98,23	82,77	81,66	66,01	52,61	47,71	47,33	74,94	101,01	150,58	128,30
3870	85,29	76,18	68,06	67,10	51,10	48,82	48,59	39,12	63,72	82,40	120,45	97,20
3871	113,23	105,76	86,22	88,10	62,79	66,90	54,89	43,42	68,51	102,55	150,34	125,78
3872	84,93	76,70	71,90	72,41	61,94	67,59	51,06	54,49	75,07	97,88	121,13	86,60
3873	104,51	99,67	88,19	91,67	70,38	66,93	64,06	54,50	77,14	109,62	139,25	121,45
3874	96,87	109,81	81,73	89,47	67,10	69,44	64,35	59,77	77,20	106,03	139,94	113,21
3875	102,07	92,09	86,59	90,81	59,37	55,04	57,66	54,26	68,60	86,63	111,22	117,03
3876	87,22	76,02	76,17	78,68	57,00	59,57	55,81	56,30	71,73	85,58	113,51	90,99
3877	84,26	80,21	74,77	81,03	58,30	57,00	47,32	52,09	67,85	93,53	93,65	92,10
3878	92,09	94,81	82,23	78,56	58,72	63,45	47,95	49,75	67,37	89,70	121,65	112,62
3879	79,24	63,30	67,99	71,59	54,00	62,16	45,24	45,98	60,70	82,95	99,05	87,87
3880	69,46	51,92	58,01	57,77	48,20	52,77	45,89	40,74	62,09	80,11	77,85	66,58
3881	61,01	59,75	62,74	68,29	49,58	62,24	49,36	57,93	68,21	75,71	89,25	77,42
3882	92,92	97,67	90,68	93,13	66,34	68,51	55,24	64,82	87,47	100,28	116,95	108,83
3883	50,97	53,03	55,15	65,19	46,13	51,76	47,65	50,56	60,79	63,49	72,01	64,50
3884	72,19	65,53	62,64	69,58	51,15	54,73	46,56	54,24	67,02	89,13	83,64	76,75
3885	52,37	52,34	50,11	48,41	32,09	40,87	36,11	48,21	55,68	68,92	69,70	75,41
3886	82,14	76,28	71,25	69,12	55,43	62,08	48,99	58,70	69,66	86,25	99,61	88,89
3887	72,96	70,39	66,16	73,28	51,56	51,68	41,98	55,48	74,43	79,42	82,89	84,34
3888	68,99	67,73	62,02	64,32	44,34	46,13	37,39	55,82	71,39	79,81	80,66	92,30
3889	67,86	65,96	65,03	58,14	42,19	39,09	39,30	52,60	66,37	73,87	81,69	77,12
3890	60,33	55,30	53,14	47,19	34,81	35,33	37,57	46,17	64,98	73,16	68,76	88,39
3891	57,45	59,33	51,05	42,77	36,28	32,74	34,20	45,81	66,97	70,84	67,87	76,20
3893	117,65	102,21	92,83	80,41	64,36	62,59	52,30	46,06	67,49	106,41	181,11	130,65
3894	123,24	122,86	107,19	88,97	62,35	59,41	55,10	46,21	79,66	104,96	180,16	141,92
3895	107,59	114,55	96,91	75,66	61,62	52,35	48,58	44,89	67,11	102,44	152,25	138,17
3896	117,33	115,60	95,90	95,76	67,02	55,10	50,00	55,80	71,23	103,76	156,31	143,04
3897	72,68	68,02	62,81	55,74	48,98	52,59	41,85	37,65	52,37	72,42	93,06	83,33
3898	89,88	85,47	73,54	64,02	56,10	59,03	47,12	57,41	59,16	84,42	124,56	106,02
3899	125,97	137,33	113,96	81,28	63,54	65,71	54,10	54,61	82,25	85,82	143,98	134,79
3900	107,24	91,50	76,92	75,93	52,65	58,61	54,11	54,21	65,00	79,51	103,81	93,87
3901	59,07	53,92	53,38	50,77	41,38	43,54	43,29	40,19	50,73	62,47	75,77	69,84
3902	79,60	82,46	70,67	66,33	49,87	55,53	49,79	57,94	70,39	81,29	100,41	84,67
3903	64,77	58,03	60,60	59,52	41,40	49,29	37,96	43,86	62,20	69,13	83,77	71,49
3904	61,80	57,85	55,74	53,72	38,33	39,97	41,00	39,86	55,64	53,92	66,67	72,82
3905	54,51	62,38	52,36	54,77	34,45	38,81	34,48	37,12	52,05	69,36	67,84	60,47
3906	65,09	62,23	56,71	67,12	40,47	39,83	37,21	40,57	64,99	67,56	76,26	75,63
3907	55,57	50,36	50,67	60,18	38,98	33,81	38,61	40,75	59,75	63,40	70,84	64,66
3908	60,03	56,96	46,43	39,61	31,14	31,65	35,60	46,90	59,70	73,16	70,74	77,01
3909	146,24	151,91	122,76	96,16	68,40	48,75	39,73	56,27	75,31	133,66	213,78	198,79
3910	144,81	142,94	113,60	97,23	77,30	59,17	51,71	56,42	78,47	132,48	194,71	172,02
3912	111,05	121,36	93,49	90,55	68,28	54,08	58,16	57,56	80,16	126,27	162,89	129,12
3913	210,17	189,68	159,44	129,60	85,28	62,81	47,13	67,54	105,34	169,84	276,82	252,86
3914	168,31	157,41	142,49	115,27	79,00	60,39	42,94	65,94	84,68	156,19	223,68	219,40

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3915	84,66	85,84	69,07	57,79	46,90	42,84	28,90	49,53	54,81	93,28	115,86	103,72
3916	76,22	77,40	69,87	58,07	50,71	45,31	39,81	39,73	65,05	83,06	109,79	91,59
3917	81,71	79,80	69,59	62,99	53,17	42,55	41,31	47,56	62,13	81,13	104,03	90,45
3918	63,54	62,20	50,89	46,04	42,17	44,70	38,84	38,07	54,83	67,04	90,73	70,89
3919	84,34	105,23	76,80	69,91	46,55	56,97	43,78	43,12	61,00	83,99	97,85	96,53
3920	60,87	66,34	58,26	54,95	36,30	45,61	33,09	35,70	50,98	60,09	76,28	72,28
3922	61,17	68,05	62,98	53,71	38,12	46,92	40,48	47,81	56,76	75,47	79,39	64,76
3923	77,53	84,69	79,26	78,56	48,59	56,70	47,26	49,36	64,87	86,87	96,47	86,13
3924	63,87	62,16	54,26	55,66	34,35	43,98	26,26	39,38	44,42	67,54	72,20	73,32
3925	62,90	60,46	59,54	62,62	42,37	40,07	31,83	44,04	55,13	71,23	79,77	79,09
3927	95,66	84,09	79,44	77,60	52,83	50,26	35,23	49,11	63,97	84,25	96,65	104,25
3928	59,99	63,51	55,07	48,70	37,02	34,77	29,63	40,03	54,66	72,69	75,23	77,27
3929	60,96	68,13	56,02	56,34	37,01	42,36	29,79	36,66	56,03	72,83	73,34	78,21
3930	59,57	67,25	55,92	55,08	34,97	31,72	28,91	40,65	57,67	76,06	73,87	76,19
3932	53,35	53,33	44,74	35,09	29,73	30,10	24,41	34,41	45,56	64,62	67,92	58,58
3934	104,11	91,77	83,00	71,03	51,79	49,02	30,67	37,41	53,33	83,00	117,21	116,17
3935	96,23	87,16	82,66	71,97	48,46	47,65	31,80	42,29	49,63	87,04	108,22	98,70
3936	76,21	75,86	64,74	57,93	41,99	51,26	29,43	34,01	47,26	77,79	92,14	86,06
3937	84,15	86,96	75,27	68,79	53,11	58,35	38,83	38,13	57,10	82,26	111,66	100,42
3938	70,12	76,50	64,33	57,70	43,33	43,40	29,88	34,57	47,89	69,34	81,65	76,00
3939	52,55	52,13	46,43	41,57	31,83	34,71	29,59	24,67	35,15	57,70	67,48	59,67
3940	87,95	80,81	66,44	67,60	46,65	46,39	35,67	40,09	58,79	80,48	100,23	93,22
3941	98,55	90,29	77,60	70,97	51,59	50,13	35,18	41,40	58,93	87,91	114,26	107,61
3942	67,66	69,92	60,09	56,74	40,90	45,37	29,03	32,69	48,43	61,60	81,13	68,01
3943	72,51	66,83	60,19	54,07	39,19	43,29	28,14	34,26	49,21	65,96	81,03	76,85
3944	71,61	69,42	64,13	64,45	41,33	45,50	37,53	43,21	45,93	74,16	77,17	83,51
3946	76,20	79,55	76,41	66,89	46,57	40,94	28,49	46,47	54,49	70,90	86,40	88,28
3952	139,12	112,14	96,17	64,75	49,82	30,00	15,80	36,08	87,80	137,31	163,62	145,25
3953	109,43	101,12	75,56	53,31	39,91	24,19	13,46	38,67	73,59	116,42	131,76	111,13
3955	117,43	95,23	94,59	96,72	83,74	63,60	49,13	65,95	84,55	120,13	179,98	148,17
3956	119,63	113,77	85,20	82,21	69,14	46,63	29,93	50,55	64,83	121,78	163,40	135,20
3957	82,78	87,68	73,09	64,25	58,02	40,02	38,92	27,10	51,78	81,84	128,14	106,80
3963	71,82	81,70	67,20	66,02	49,86	45,81	40,07	37,45	56,35	83,26	115,22	91,36
3964	65,33	72,16	58,38	55,90	49,21	46,25	28,87	41,73	54,89	76,41	104,25	99,52
3966	108,82	111,11	78,12	78,92	53,38	42,29	29,03	36,91	62,33	73,17	165,15	127,08
3970	67,44	63,41	55,17	49,35	43,85	36,01	34,10	40,87	56,04	76,20	106,38	83,18
3984	139,38	136,32	109,58	97,12	88,09	69,13	57,92	58,85	92,20	143,95	190,53	168,25
3985	130,48	122,22	105,43	98,10	80,92	60,13	40,48	55,76	86,95	151,09	162,23	160,40
3986	121,64	111,69	80,87	78,11	63,24	39,20	28,60	51,35	72,80	127,03	168,70	138,72
3987	112,47	121,85	86,42	75,14	59,93	48,94	34,04	51,34	72,30	141,56	171,22	133,88
3989	153,09	146,37	113,76	115,08	100,57	72,06	50,29	63,32	84,72	151,68	208,82	189,18
3990	108,80	104,03	76,83	77,89	67,78	54,68	41,34	53,46	67,89	112,90	138,53	123,99
3991	134,32	123,14	98,56	89,45	76,56	52,60	35,15	56,12	88,53	141,18	172,96	150,12
3993	126,46	118,56	89,38	86,53	66,64	41,25	30,27	53,02	86,70	143,07	175,21	163,65
3996	128,66	110,58	86,85	89,08	72,72	56,26	38,71	51,62	81,18	129,72	151,77	143,07

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3999	148,60	136,78	108,98	95,21	75,36	51,09	34,20	56,59	83,95	155,64	204,48	196,33
4001	154,82	157,19	125,18	124,50	102,79	76,99	59,01	71,86	91,55	142,59	217,26	211,56
4002	142,05	155,86	125,88	116,09	89,37	64,46	49,34	73,86	89,62	150,66	186,53	177,39
4005	123,93	124,18	95,29	81,97	62,04	50,38	28,60	42,83	77,99	104,18	155,98	147,71
4007	139,29	130,70	101,73	87,58	68,20	49,03	32,40	57,30	82,24	150,50	196,95	167,60
4011	165,90	154,89	121,01	103,77	90,91	82,35	63,10	61,72	83,28	147,41	209,92	191,98
4012	168,25	152,93	111,68	96,88	81,18	65,36	51,74	54,44	71,87	155,33	211,24	197,81
4017	132,60	131,97	101,57	97,89	80,45	68,82	56,25	60,97	73,62	123,31	191,62	182,09
4018	106,48	101,62	90,63	81,87	67,57	50,30	42,59	58,27	79,87	124,27	152,59	137,80
4036	157,51	146,89	112,04	67,93	63,63	37,30	25,00	47,12	93,84	141,54	196,64	155,82
4043	134,38	123,21	97,12	74,58	61,00	51,93	30,83	47,74	92,78	136,28	163,30	151,10
4045	114,34	100,16	77,98	62,59	56,73	33,14	21,91	45,30	87,28	115,16	143,41	111,49
4055	120,47	110,30	101,12	77,94	68,41	61,42	58,16	50,02	75,04	118,62	172,97	140,27
4056	105,21	105,44	85,27	79,41	75,31	60,05	55,79	54,87	74,82	122,87	145,79	118,89
4058	96,79	98,72	81,09	68,46	61,65	51,47	45,93	48,10	79,94	111,78	146,16	109,23
4059	111,28	113,85	82,69	76,76	63,73	50,75	36,31	43,40	76,80	106,61	167,52	126,43
4063	128,30	131,63	105,48	75,33	66,20	46,44	32,00	47,18	81,96	136,71	182,36	160,70
4065	143,73	141,66	126,97	82,92	78,43	55,47	40,59	56,21	105,09	176,46	211,96	179,65
4076	210,25	200,36	167,67	131,95	104,05	86,82	50,05	80,14	101,44	187,74	205,40	243,83
4077	127,70	128,15	110,67	98,08	86,31	75,42	48,05	66,43	90,49	135,64	158,51	153,63
4078	128,64	139,04	106,78	101,54	83,56	76,47	43,18	66,63	96,62	138,66	164,81	148,49
4083	152,32	158,08	123,95	103,74	61,67	54,00	32,27	50,54	88,83	165,48	211,99	237,24
4084	99,96	92,93	77,51	72,34	50,13	45,08	31,13	44,80	62,97	97,56	131,21	123,81
4085	94,44	93,93	73,95	72,00	57,77	40,23	26,43	45,66	58,69	95,29	122,44	115,81
4092	67,51	63,92	54,26	55,26	48,77	35,63	37,36	43,52	54,46	89,58	93,62	84,20
4093	74,55	73,33	68,49	63,23	50,47	45,66	38,46	50,26	51,42	97,33	101,05	103,11
4098	122,89	115,94	100,27	87,38	64,72	44,85	33,34	51,23	73,16	128,34	163,86	152,11
4102	87,84	87,00	80,58	69,61	52,13	52,62	30,27	45,87	62,30	101,29	117,08	117,07
4104	89,07	91,56	82,05	66,98	62,91	52,28	38,91	44,07	60,80	92,92	119,19	136,05
4105	95,12	92,55	82,82	78,10	57,08	51,49	36,08	48,69	64,66	97,47	123,34	120,10
4109	78,81	83,42	70,30	64,78	48,94	41,18	35,43	41,85	58,86	89,97	112,57	102,30
4110	74,20	78,78	65,98	59,22	53,24	40,36	32,64	39,82	53,22	80,12	97,55	88,97
4111	80,76	77,95	65,72	59,69	50,23	40,60	24,99	42,55	54,94	90,10	113,39	110,83
4117	104,32	84,89	81,75	76,05	66,05	46,71	30,93	49,93	63,12	112,57	147,33	137,75
4119	116,40	114,30	94,06	87,00	68,50	66,65	39,70	59,04	90,07	125,21	133,80	163,90
4125	146,45	130,90	112,33	95,06	90,35	60,18	25,35	55,86	81,25	133,66	165,20	172,10
4130	118,20	104,89	87,54	64,47	52,39	31,91	22,33	39,75	94,91	113,55	157,91	131,02
4133	120,00	104,12	90,59	76,36	65,18	46,42	31,48	48,99	77,22	125,72	146,55	145,99
4134	124,23	113,52	101,04	88,68	73,04	52,52	42,23	49,88	80,60	124,61	145,50	155,96
4136	105,71	94,56	87,95	67,49	60,15	37,83	25,25	43,02	83,27	123,68	132,09	123,55
4138	112,78	101,59	87,29	73,08	61,10	34,04	23,41	49,23	95,24	121,18	150,51	124,95
4140	87,07	78,00	78,20	61,09	52,07	34,33	21,79	43,33	96,82	139,07	139,14	112,33
4148	95,17	80,55	67,43	52,04	38,97	22,54	14,34	47,47	63,26	115,69	120,01	105,28
4155	97,45	87,01	75,91	63,34	45,24	32,35	19,78	39,02	76,74	122,58	138,82	109,61
4164	118,16	108,74	92,79	73,76	58,95	38,13	29,69	36,26	65,33	127,38	142,92	133,24

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4165	107,66	89,54	80,53	59,62	50,91	30,60	21,44	47,68	69,96	117,00	131,12	124,15
4168	144,97	123,80	111,12	83,73	60,23	28,35	18,34	43,98	77,93	123,40	164,33	158,83
4169	133,53	113,88	101,80	67,48	54,95	29,18	18,42	49,44	70,38	137,24	168,92	149,32
4170	134,39	109,02	95,68	71,54	50,58	28,10	19,42	49,05	67,53	111,41	143,98	146,99
4176	136,28	129,77	118,41	74,47	58,60	27,02	21,14	36,10	62,50	155,26	157,09	158,02
4179	181,28	164,82	144,01	110,37	73,71	42,92	25,38	60,68	94,91	168,14	210,10	210,97
4183	231,68	205,68	184,14	126,46	97,06	50,96	29,19	58,62	90,68	219,39	311,97	284,29
4185	183,93	161,13	153,14	85,35	67,85	32,91	18,42	55,02	87,04	183,85	200,57	196,67
4189	157,69	130,23	122,25	85,73	67,97	40,50	19,11	49,99	88,48	167,62	181,11	180,49
4190	151,74	153,41	137,04	89,64	70,43	40,22	22,02	49,50	93,85	193,51	219,48	181,71
4193	177,15	152,90	151,95	111,31	81,45	53,73	34,61	63,97	97,49	201,20	207,02	212,22
4199	129,50	118,02	113,37	80,88	54,73	31,57	19,19	45,73	76,21	146,63	153,46	156,36
4203	184,76	172,12	142,93	122,74	78,83	51,73	35,38	61,62	87,72	158,05	221,07	238,42
4206	232,14	208,46	165,78	142,82	93,97	59,93	25,46	70,58	84,04	180,31	268,03	249,94
4210	111,37	105,47	90,70	78,25	53,70	46,17	33,99	44,49	51,26	102,42	132,77	144,24
4211	197,97	164,13	137,31	118,79	78,90	48,90	43,33	51,11	67,78	139,68	172,71	219,31
4213	120,72	109,68	103,93	90,23	61,00	41,90	31,05	52,79	56,39	116,74	146,05	158,57
4215	109,52	86,57	87,92	93,15	66,33	53,73	43,93	42,79	53,25	96,90	118,30	126,06
4218	107,80	98,49	83,21	84,82	47,66	45,02	29,88	39,20	49,04	99,99	135,04	126,10
4226	185,91	126,55	124,40	106,12	85,98	57,47	28,46	58,65	85,06	142,65	170,76	215,68
4227	136,00	121,94	102,00	92,51	64,60	43,83	19,63	45,53	66,00	128,37	145,04	161,16
4231	117,44	98,88	94,02	79,12	55,79	36,24	18,95	49,18	66,62	137,48	156,02	143,34
4236	156,01	122,36	110,40	95,82	76,98	48,44	18,46	56,76	84,81	154,69	180,72	183,45
4239	146,20	126,51	107,32	75,86	59,24	43,25	14,17	49,45	74,74	132,25	174,37	158,02
4242	143,74	128,70	114,32	91,02	70,70	53,73	28,80	58,53	81,52	137,84	154,73	151,48
4247	98,85	88,81	78,44	54,40	43,33	23,49	12,70	26,23	54,13	98,48	112,05	107,82
4249	210,37	187,41	151,20	109,43	82,06	54,37	32,41	46,71	73,50	172,12	222,65	246,20
4250	226,14	207,65	176,25	132,95	90,22	48,28	37,44	76,36	108,82	191,56	243,73	256,12
4254	183,19	166,29	145,46	109,14	72,48	57,10	36,95	64,58	91,69	170,42	219,73	215,09
4266	63,00	61,68	48,45	39,88	32,89	28,63	43,59	46,60	57,46	70,93	71,90	77,11
4267	86,82	73,95	68,02	57,14	47,87	41,16	49,77	51,00	75,50	91,57	87,01	103,30
4268	82,66	69,69	56,43	57,96	47,47	44,19	49,40	59,36	83,50	82,06	82,87	89,27
4269	86,68	72,07	61,65	56,20	45,19	41,63	47,03	56,54	63,27	64,15	94,80	91,47
4270	58,08	56,34	54,01	38,20	31,51	33,33	24,59	36,06	53,75	58,16	66,54	68,06
4271	123,01	117,54	106,33	86,61	65,50	59,30	50,79	68,13	83,09	98,65	129,06	137,96
4272	79,80	68,79	75,50	60,71	45,59	45,05	48,44	44,13	70,65	66,50	86,60	96,49
4273	48,57	53,01	47,95	47,67	39,22	31,50	22,46	32,48	42,28	60,02	55,80	64,55
4274	47,16	43,37	41,70	35,53	33,15	26,58	26,25	29,85	40,63	58,92	50,29	50,93
4275	88,39	87,86	82,70	70,51	54,44	44,48	50,23	62,78	87,04	77,21	93,03	116,24
4277	98,93	99,41	83,51	80,43	43,76	46,20	33,65	41,04	52,40	79,99	90,01	99,20
4280	95,21	93,03	89,57	79,89	46,39	47,75	29,06	40,92	47,88	86,03	105,79	110,77
4284	63,57	59,23	60,16	54,97	37,75	44,36	27,34	34,47	45,51	62,58	58,32	64,12
4285	82,72	80,36	79,71	72,32	46,65	49,81	30,63	38,06	48,03	84,82	101,01	99,74
4288	90,17	85,27	77,54	72,39	48,63	34,78	29,84	38,21	47,93	73,98	95,10	91,94
4289	62,92	55,43	60,35	62,45	43,99	37,98	31,27	39,14	49,33	69,39	67,70	78,99

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4290	42,57	38,95	42,10	37,42	30,78	30,24	23,92	29,43	40,52	53,86	49,78	50,27
4291	40,27	35,87	39,13	38,40	30,81	28,14	20,87	30,98	41,53	49,72	44,11	47,82
4294	75,06	78,38	75,06	65,94	46,73	48,69	58,37	49,51	66,84	70,11	91,97	96,55
4295	40,29	36,10	36,22	29,08	29,18	28,35	21,40	26,21	43,60	46,46	49,93	45,91
4296	41,80	41,20	37,87	33,48	27,03	28,18	16,48	27,39	50,29	48,97	45,14	51,90
4297	48,79	51,86	47,87	40,20	40,91	35,78	24,78	29,89	49,04	57,50	55,33	59,85
4298	44,67	47,00	41,37	36,31	35,62	25,70	17,55	26,62	44,51	52,82	53,38	55,69
4299	44,84	46,41	44,01	36,97	34,96	30,20	16,60	28,71	46,74	53,98	48,04	54,79
4300	75,08	77,99	67,65	70,01	45,51	46,16	28,28	43,36	55,80	80,39	93,08	91,23
4301	86,26	81,36	69,97	72,81	54,06	47,01	34,86	47,07	56,81	89,06	93,16	101,40
4302	100,50	96,10	88,64	86,60	49,02	43,71	26,28	52,02	53,83	96,85	112,69	112,58
4303	87,07	77,84	79,15	74,10	46,85	42,78	39,13	49,82	49,98	85,37	91,97	99,44
4304	47,70	42,75	43,61	42,57	36,39	36,74	29,84	32,49	35,76	57,21	52,20	54,52
4305	87,80	81,08	76,55	73,55	53,24	46,69	35,27	46,36	66,23	99,86	104,76	107,16
4306	52,83	43,70	46,00	49,40	30,37	39,33	26,88	34,66	41,16	58,72	53,17	58,15
4307	63,84	61,01	61,34	61,70	43,30	42,96	34,37	36,84	49,73	79,76	77,81	77,67
4308	57,74	54,37	53,97	51,91	48,17	46,96	35,19	32,10	42,11	74,44	65,86	67,21
4310	128,13	124,01	98,91	96,51	60,71	54,65	33,31	47,33	79,80	119,12	171,88	177,55
4312	101,46	105,89	83,33	76,56	55,30	48,90	34,75	51,31	65,21	105,54	127,40	131,32
4313	100,88	110,88	98,68	79,75	57,90	58,93	31,36	40,79	67,88	106,68	147,82	138,76
4314	78,57	76,02	66,52	64,73	47,37	44,62	40,71	39,10	52,75	91,67	113,04	91,15
4315	112,78	116,20	99,08	89,00	58,24	56,40	42,43	46,58	75,96	128,28	152,92	149,02
4316	75,48	70,14	68,73	58,35	48,97	44,04	38,59	39,03	53,48	88,00	96,82	91,65
4317	99,03	93,09	90,50	80,40	51,89	43,22	30,29	42,10	59,27	95,00	117,84	122,43
4318	96,68	95,34	85,17	78,53	53,97	52,89	36,59	45,94	52,10	88,34	109,81	114,57
4319	56,48	61,06	55,42	57,58	45,48	39,10	32,25	40,26	46,27	65,66	71,48	71,85
4321	80,75	79,99	77,88	83,98	51,11	51,78	39,16	41,03	57,01	93,64	91,50	93,57
4322	52,33	56,21	56,01	55,09	39,65	37,78	28,23	37,10	41,42	62,07	64,12	66,52
4325	59,91	59,98	54,91	54,60	45,98	47,90	32,90	38,55	50,07	67,06	65,38	73,95
4326	82,26	84,90	76,16	73,03	52,84	50,35	35,20	42,74	53,00	92,50	84,66	84,29
4327	65,85	69,31	63,70	66,71	48,19	42,06	27,34	41,38	45,59	72,00	77,87	79,35
4328	60,40	65,56	64,03	57,99	43,29	49,84	33,14	39,62	46,05	66,90	71,95	74,92
4329	54,25	54,01	54,83	53,26	46,06	41,78	29,67	35,59	44,85	60,71	59,72	60,37
4330	49,30	52,72	48,87	51,69	44,37	39,31	27,22	34,75	44,34	58,43	60,18	60,39
4332	51,86	52,52	46,87	47,73	42,28	36,72	28,29	35,56	44,61	58,69	55,73	66,72
4333	61,01	60,79	57,58	48,04	46,56	44,10	30,90	30,56	55,07	61,34	64,96	69,79
4334	49,46	54,31	52,77	46,73	48,37	37,60	30,06	29,40	46,54	58,06	60,08	60,82
4335	53,60	54,43	55,08	43,29	41,70	40,59	28,32	29,74	53,95	64,32	62,97	64,41
4336	45,81	52,79	46,54	38,74	43,46	32,67	21,86	30,17	43,90	60,03	56,89	60,86
4337	48,14	48,91	48,21	36,82	35,51	28,78	17,79	29,58	53,89	61,00	59,40	59,57
4338	52,62	56,31	51,96	37,59	37,41	37,42	20,81	33,76	50,33	61,34	63,86	61,29
4339	53,63	63,83	59,17	45,59	39,81	42,40	28,85	31,97	56,17	65,80	67,81	75,00
4340	49,46	54,77	49,99	37,34	39,44	33,43	23,51	33,28	43,44	51,28	62,31	62,16
4344	51,96	62,67	55,95	43,37	39,19	36,03	32,85	27,57	47,81	54,04	67,98	66,09
4345	48,04	55,80	53,50	35,58	34,46	29,41	21,13	30,59	51,65	56,97	61,11	61,50

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4346	47,63	60,74	53,54	36,50	42,24	38,77	31,04	30,83	51,85	57,21	58,76	59,40
4347	52,35	64,73	61,63	37,05	40,07	34,79	22,75	29,69	56,22	58,01	65,24	68,89
4348	42,50	49,58	52,59	37,39	40,63	34,72	36,45	33,21	47,44	56,82	55,13	53,63
4349	48,19	60,80	53,90	35,91	37,06	37,23	23,95	31,24	52,50	56,80	60,10	62,87
4350	58,74	61,01	57,14	36,90	33,03	30,17	26,57	39,80	57,49	57,98	60,62	64,51
4351	49,07	52,96	51,23	32,51	31,28	29,01	23,50	35,65	55,08	55,18	59,47	64,76
4352	57,37	62,35	57,76	38,80	34,43	34,89	24,91	39,80	64,65	63,05	58,35	72,21
4356	59,71	72,97	64,96	41,38	44,59	32,89	28,19	39,56	56,23	72,83	67,91	72,31
4357	56,64	69,49	68,00	41,79	42,64	44,07	31,44	42,09	53,69	69,62	70,92	71,03
4358	56,68	62,17	61,43	40,65	40,26	29,43	20,76	30,62	52,97	65,15	63,59	66,98
4359	49,23	61,64	60,39	37,99	40,47	37,25	20,53	26,14	53,77	68,34	62,59	67,70
4361	64,56	71,06	68,36	41,26	46,25	36,01	27,09	38,78	46,86	67,26	64,15	74,01
4362	62,22	72,43	69,69	42,34	42,83	37,74	23,61	43,46	50,54	72,59	68,21	69,92
4363	52,18	64,81	62,48	33,13	36,01	35,24	20,78	36,56	58,02	67,89	59,09	65,13
4364	65,91	69,01	61,90	39,73	34,06	36,39	17,22	34,65	54,02	67,50	67,87	70,87
4365	58,68	67,45	58,55	37,39	35,22	28,03	18,24	32,29	52,33	61,47	67,26	72,97
4366	67,05	75,99	71,87	40,48	39,55	33,04	22,69	41,57	58,21	70,51	77,04	82,13
4367	64,69	66,97	66,37	42,37	37,37	28,46	29,23	33,42	45,27	67,98	70,02	77,57
4370	73,42	82,57	70,68	45,57	31,75	35,71	20,92	32,55	55,77	82,46	87,31	95,50
4371	63,65	72,44	74,44	36,34	33,85	25,58	21,53	30,46	44,97	79,65	79,03	89,16
4372	72,19	75,46	77,03	40,64	33,62	24,77	16,73	29,49	46,86	85,77	89,79	78,99
4374	55,57	59,92	64,27	31,43	32,44	27,40	23,67	26,16	35,09	64,83	62,72	61,52
4375	58,16	65,03	59,45	32,47	31,85	27,53	21,75	26,09	36,63	66,43	69,03	63,84
4376	64,50	61,12	72,66	38,40	28,87	26,73	16,02	27,46	41,58	81,86	84,78	72,94
4377	55,41	61,93	69,86	32,33	26,74	17,52	12,24	31,19	43,02	74,63	73,87	70,13
4378	60,68	60,67	78,42	32,07	35,08	21,18	17,01	33,11	47,12	80,10	85,48	82,53
4380	55,27	61,99	68,61	31,77	30,27	17,61	15,67	29,37	54,61	80,92	85,51	70,31
4382	62,09	61,44	72,70	41,61	33,85	23,00	16,73	30,13	58,86	77,62	89,23	71,46
4385	66,09	64,60	71,36	38,86	29,13	24,81	17,78	35,83	54,21	83,08	91,74	78,09
4391	86,64	73,44	81,05	39,37	31,64	23,79	15,06	32,15	50,20	119,56	107,81	92,72
4395	73,44	64,20	71,20	29,50	22,43	16,98	7,78	20,13	40,17	88,51	85,43	81,77
4397	64,87	55,45	66,35	27,69	21,73	13,47	6,71	19,14	39,40	73,17	77,53	63,63
4398	70,58	62,54	74,34	37,47	27,54	24,59	14,98	31,71	54,50	105,30	107,73	83,40
4399	67,41	57,23	69,23	34,89	25,97	21,36	9,50	23,49	48,39	79,72	82,37	71,54
4400	63,29	54,59	73,52	36,84	27,04	20,03	11,20	31,20	67,41	78,54	78,32	75,54
4401	58,62	60,40	72,49	34,46	31,62	20,11	18,95	33,73	42,40	81,78	79,28	78,37
4405	68,73	60,80	70,84	34,79	31,95	23,00	28,15	34,01	52,28	77,56	82,73	72,29
4406	56,67	53,94	61,68	31,35	26,29	21,60	23,11	24,64	36,83	78,33	67,03	69,30
4407	45,86	49,76	55,64	29,66	30,88	26,76	24,74	27,36	31,82	66,29	63,31	61,23
4408	55,81	57,30	68,17	30,80	27,89	23,51	26,14	25,97	34,88	75,77	70,84	59,56
4409	51,55	58,43	58,88	28,16	25,90	20,99	12,68	21,93	29,60	70,02	61,00	63,70
4411	58,12	64,73	60,61	35,96	38,70	28,37	19,59	29,99	41,06	66,08	57,55	67,64
4414	66,40	59,87	52,90	38,73	36,39	28,98	23,81	32,07	36,99	64,11	55,91	68,34
4415	61,83	53,10	53,13	39,50	34,76	19,33	20,72	24,38	34,28	82,14	61,29	81,83
4509	137,16	118,27	96,58	73,49	40,97	26,87	12,38	23,50	41,34	95,65	133,87	141,12

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4547	96,59	84,80	77,24	43,90	21,70	16,77	16,68	20,10	48,22	131,16	94,08	96,18
4549	125,50	98,03	88,00	47,10	31,48	18,57	11,04	22,04	51,20	146,88	107,06	135,26
4552	102,51	79,39	95,98	60,23	35,07	19,96	9,69	27,17	52,94	143,28	112,05	128,61
4554	94,53	65,40	80,91	38,94	29,84	18,01	8,01	22,82	47,12	120,48	86,22	108,95
4556	235,40	212,06	155,08	126,75	92,06	50,25	32,31	36,19	70,53	156,93	195,22	252,80
4557	153,13	136,43	113,16	83,98	64,02	41,35	23,65	30,89	56,22	135,12	153,76	187,53
4558	188,02	165,18	126,27	104,68	70,57	44,65	25,00	29,22	53,61	137,01	175,24	218,96
4559	183,53	170,24	120,64	90,64	66,72	39,76	35,06	34,20	67,06	153,92	137,96	203,95
4561	168,72	158,05	117,33	97,92	62,19	50,90	28,49	30,43	66,79	128,67	151,56	191,96
4562	181,31	151,70	129,45	81,43	54,31	33,41	23,00	29,09	57,07	167,98	141,80	194,23
4563	208,80	163,58	160,53	76,72	46,13	31,67	24,09	33,88	64,39	201,47	161,25	214,85
4564	182,42	147,10	144,58	67,58	37,39	25,85	22,95	23,05	58,02	143,02	126,37	178,54
4565	177,71	135,38	129,90	61,28	38,61	28,18	18,53	22,52	53,37	153,29	135,34	175,43
4566	109,02	75,44	78,44	47,74	33,70	20,16	19,64	22,47	61,03	126,44	110,32	142,45
4568	88,89	56,49	74,64	34,65	27,17	12,84	8,68	22,02	43,48	114,20	78,12	104,87
4569	144,05	89,59	105,75	52,85	30,78	17,63	13,54	20,41	55,97	150,03	107,74	138,80
4572	97,10	56,20	80,00	38,67	28,30	14,40	8,78	20,12	45,95	105,85	82,65	105,30
4575	89,28	62,05	78,07	34,06	22,07	8,78	8,28	18,64	40,05	127,41	95,08	94,13
4578	125,30	98,84	121,40	51,60	28,00	18,24	21,92	18,34	59,85	137,41	130,23	121,36
4579	87,29	58,37	67,41	35,40	24,51	10,43	7,68	14,70	41,88	103,17	79,23	85,30
4580	171,60	118,75	115,92	52,56	33,61	16,32	12,63	24,62	44,30	137,43	128,59	154,29
4583	75,38	47,20	58,57	30,93	20,85	10,18	11,11	12,36	34,15	102,75	74,09	88,25
4584	139,40	98,53	108,71	55,70	44,14	24,64	27,08	25,82	54,59	139,25	118,06	163,64
4586	86,85	62,18	69,37	39,14	28,55	10,53	14,50	18,29	37,28	115,08	85,09	113,88
4589	184,59	149,57	136,63	73,71	47,08	32,32	33,06	31,58	58,13	125,22	144,55	187,72
4590	159,44	123,87	115,77	75,54	51,09	28,87	20,29	28,13	59,98	119,45	131,94	159,14
4593	88,15	73,90	68,05	35,94	25,90	9,77	11,89	11,39	42,69	100,57	85,32	106,87
4594	201,08	181,27	150,68	90,21	51,69	42,01	24,55	33,22	52,19	123,12	161,68	221,74
4599	150,24	120,02	105,25	65,94	32,51	17,03	17,64	19,75	52,25	125,47	138,74	172,82
4600	185,88	165,83	138,98	87,46	37,33	19,58	18,75	26,27	58,05	144,96	168,80	210,62
4601	201,00	165,08	131,10	76,47	38,38	23,33	23,98	25,87	61,47	153,92	139,74	238,53
4602	126,62	101,83	91,58	60,97	31,95	13,89	17,24	18,05	44,03	135,14	117,79	155,95
4603	208,89	169,01	157,55	92,56	43,13	23,80	20,70	29,00	63,50	169,45	149,91	238,03
4605	269,00	228,45	189,09	120,14	75,03	38,39	32,92	43,71	96,80	176,91	175,66	290,78
4606	228,97	199,12	161,96	107,89	69,39	40,00	25,13	37,08	87,38	177,38	168,73	241,15
4613	144,30	103,11	97,75	50,28	29,48	17,15	13,62	18,76	58,99	162,64	120,28	185,26
4614	132,90	91,69	92,43	50,87	24,88	12,72	8,07	15,10	58,14	151,50	109,03	153,92
4615	126,54	95,48	93,95	50,50	26,03	12,95	10,01	16,66	57,48	148,91	101,08	154,52
4616	251,42	192,85	181,82	110,69	70,33	39,81	21,80	36,28	76,32	175,24	173,58	256,06
4617	243,46	179,78	169,10	83,88	49,18	24,58	22,89	35,20	79,30	176,93	166,12	258,78
4620	101,27	72,69	66,12	37,52	21,60	10,70	6,13	14,05	44,57	121,47	87,08	103,53
4622	287,52	216,98	195,34	122,70	80,86	48,40	34,35	35,12	87,58	204,66	206,08	336,02
4623	134,82	103,37	87,68	48,73	28,96	17,77	9,29	18,25	53,58	118,89	106,11	140,43
4626	155,58	119,26	110,56	63,57	33,10	22,22	16,32	21,40	56,14	132,65	121,57	177,16
4630	256,49	240,30	193,87	116,35	53,60	35,45	18,25	36,08	82,12	187,14	207,07	304,85

CODICE STAZIONE	MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4633	153,60	115,34	108,46	51,92	25,72	11,90	7,77	18,72	52,19	148,09	134,68	181,22
4634	133,74	95,35	104,05	48,31	28,03	10,06	9,27	15,44	69,62	164,59	115,13	159,60
4636	160,37	136,52	133,88	84,80	31,38	8,65	9,22	19,14	57,22	156,29	119,39	191,15
4638	79,47	54,53	57,38	28,66	13,18	4,23	5,60	12,07	50,94	116,93	65,97	100,71
4639	130,60	84,94	80,92	45,90	23,61	11,23	12,29	12,35	52,37	111,43	78,05	122,06
4640	68,70	47,93	42,67	24,82	12,16	4,58	5,57	13,33	38,42	80,19	58,03	86,81
4642	86,27	72,06	54,59	32,61	12,96	3,63	6,87	8,03	40,40	79,61	51,75	86,17
4643	124,27	83,88	76,90	40,93	22,66	13,51	10,58	12,72	49,76	110,50	88,63	132,48
4645	123,92	90,36	84,07	47,38	24,26	9,24	7,02	10,17	46,60	105,05	95,01	132,30
4646	71,40	54,92	54,75	30,58	17,15	5,31	3,32	8,52	34,94	90,60	60,61	83,22
4647	87,84	65,80	66,76	40,28	20,60	7,68	3,40	9,72	34,88	90,89	75,77	108,16
4648	153,85	123,86	102,96	69,72	36,86	16,74	13,94	20,27	54,94	119,57	144,48	161,61
4653	106,04	73,63	70,51	48,55	27,71	12,00	17,70	19,39	44,82	93,45	90,92	98,33
4656	115,01	85,57	77,82	60,03	33,00	16,74	20,12	28,15	46,05	107,32	101,80	100,50
4661	191,20	159,20	132,91	105,50	52,95	32,96	27,39	44,11	63,56	154,69	157,54	203,42
4662	194,66	156,74	142,85	92,62	52,83	29,79	23,10	41,55	70,29	159,21	167,72	196,55
4663	161,20	122,54	102,69	72,08	41,46	25,19	17,71	30,53	61,05	99,62	119,56	194,26
4665	220,47	187,58	157,69	109,84	77,08	43,03	34,91	38,57	83,40	160,14	172,75	244,00
4666	158,47	120,46	105,74	88,99	57,35	40,64	20,52	40,23	55,28	144,61	143,16	169,66
4667	105,47	94,60	81,27	63,06	39,52	23,74	25,64	29,87	44,35	108,53	113,53	115,24
4669	130,58	109,76	99,82	72,40	48,88	31,41	28,94	31,72	60,48	112,39	107,33	144,89
4672	145,10	126,51	106,21	83,82	56,65	27,98	29,84	29,76	66,44	114,85	129,30	150,33
4673	137,04	128,28	97,58	81,52	47,58	30,31	27,71	34,83	60,93	109,61	123,68	147,48
4674	138,66	126,91	111,09	85,14	58,34	23,81	24,52	34,08	57,56	117,41	130,14	157,19
4677	156,86	128,04	98,35	74,73	52,70	35,99	24,51	32,55	55,05	115,21	122,45	145,42
4678	126,89	110,54	96,30	73,33	45,33	25,94	27,31	32,28	59,48	103,02	124,74	141,30
4680	130,36	113,50	90,05	72,80	46,71	32,10	24,30	30,76	53,31	101,95	117,63	142,45
4681	114,48	90,57	83,63	60,15	38,15	20,77	19,75	30,49	49,72	110,18	104,49	111,13
4682	96,34	86,64	80,20	55,73	32,18	18,95	13,10	27,09	46,13	87,39	98,95	100,92
4683	123,78	122,33	94,78	69,45	45,16	28,26	23,61	36,52	65,48	123,48	133,76	165,88
4684	95,08	86,84	74,72	64,42	37,14	22,67	15,36	23,87	44,68	96,02	96,67	115,09
4685	111,24	101,14	93,22	68,78	45,27	31,37	23,70	24,88	52,45	103,27	112,07	127,58
4688	163,24	155,60	123,06	85,56	56,45	34,22	38,68	34,78	67,59	143,17	133,82	191,14
4689	100,01	93,43	75,48	52,43	41,23	20,89	19,45	25,32	51,64	97,18	97,41	110,70
4690	103,63	97,58	85,46	53,53	38,23	24,61	23,98	28,63	47,82	85,97	101,42	119,42
4691	226,41	188,51	150,92	104,82	76,46	46,10	24,36	38,36	62,80	135,75	185,78	223,42
4692	213,62	186,43	152,20	95,28	60,68	36,78	19,78	32,13	60,93	120,56	176,70	224,37
4694	197,80	168,41	140,32	88,85	60,90	27,39	19,62	33,90	63,30	135,88	176,34	216,08
4696	158,66	118,43	105,25	65,46	49,38	23,98	20,15	27,47	56,03	138,43	144,06	188,89
4701	115,21	120,62	80,59	58,24	44,46	23,58	24,08	28,79	44,89	105,08	119,62	141,27
4702	102,88	105,57	80,24	59,41	45,47	17,81	16,48	30,06	50,50	96,81	110,37	133,34
4703	182,25	162,26	121,22	106,93	75,69	45,09	33,95	38,42	56,68	119,05	147,25	194,91
4704	224,48	190,10	155,28	111,60	68,08	38,33	27,70	40,83	65,27	132,93	182,94	222,46
4705	182,09	158,72	129,72	86,84	58,58	34,67	18,29	32,11	61,62	112,02	157,42	197,21
4707	151,01	153,32	132,71	86,82	62,05	28,85	23,44	35,81	68,34	127,27	153,35	179,60

MEDIE MENSILI CLIMATOLOGICHE (1961-1990) DI PRECIPITAZIONE CUMULATA [mm]												
CODICE STAZIONE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4709	111,40	111,23	92,74	70,28	56,07	20,86	20,33	37,97	56,74	101,82	118,38	136,74
4710	117,84	118,52	105,48	79,27	51,60	28,48	22,30	38,12	56,82	110,45	124,34	140,78
4711	137,85	121,95	103,97	76,38	59,93	25,25	18,57	37,79	66,93	117,52	135,04	145,71
4713	158,19	147,74	123,30	95,45	61,33	30,25	19,50	38,03	61,13	156,29	160,55	178,22
4714	114,95	113,26	97,10	66,04	46,44	24,70	18,10	36,69	53,87	118,54	127,75	132,43
4715	107,75	113,14	93,90	68,45	49,43	29,27	10,83	36,34	60,83	113,14	125,74	125,23
4717	162,28	133,37	122,99	98,36	55,98	39,02	25,40	46,14	66,65	122,68	150,64	182,96
4718	182,12	158,87	134,95	104,41	67,67	40,21	25,18	49,00	66,37	141,06	182,25	223,97
4719	190,41	158,65	133,78	98,58	64,53	45,08	27,54	46,82	70,00	140,25	195,74	218,20
4720	216,32	187,55	163,55	126,80	76,99	57,89	32,80	57,46	85,55	157,56	196,43	244,90
4721	234,65	193,88	145,88	128,38	73,23	42,18	28,67	42,56	89,24	139,45	194,17	236,26
4723	171,12	144,88	129,04	87,62	49,52	41,66	25,72	52,20	64,05	105,50	151,28	185,71
4724	124,65	111,35	92,11	68,88	47,10	27,96	14,62	36,92	70,57	111,88	136,06	142,53
4725	229,71	203,90	177,13	143,72	90,58	54,92	35,68	67,32	104,63	181,76	256,95	295,26
4726	282,03	255,57	216,86	170,54	100,56	55,11	42,20	73,35	112,31	207,51	307,95	325,56
4728	224,54	204,95	165,30	126,11	82,53	50,62	29,79	55,85	79,66	161,25	232,95	255,95
4730	167,77	154,69	129,07	92,83	68,33	27,55	24,62	51,38	83,68	149,18	182,98	169,79
4731	144,37	137,90	127,82	79,11	62,64	30,74	23,34	47,54	86,76	143,79	172,66	168,25
4807	92,34	81,78	67,90	57,67	21,22	10,17	3,83	15,20	50,52	84,90	84,35	97,97

Tabella 6.2: *Medie Mensili Climatologiche (1961-1990) delle Temperature.*

CODICE STAZIONE	Temperature medie mensili [°C]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
611	-4,58	-3,39	-0,32	3,60	8,05	11,51	13,77	13,22	10,90	6,35	0,75	-3,37
613	0,22	3,45	8,03	12,08	16,29	19,83	22,00	21,38	18,02	12,07	5,34	1,05
614	-5,02	-4,85	-3,00	-0,07	4,64	8,35	10,97	10,67	8,38	4,75	-0,65	-3,78
615	-5,28	-5,16	-3,64	-0,88	3,58	7,70	10,32	9,95	7,48	3,66	-1,28	-3,95
616	-4,62	-2,59	1,14	5,18	9,54	13,06	15,30	14,64	11,77	6,99	0,65	-4,13
618	-2,68	-0,53	3,08	7,01	11,59	14,98	17,25	16,84	13,91	9,02	2,80	-1,73
621	-11,98	-12,28	-11,27	-9,30	-4,87	-1,63	0,77	0,59	-0,97	-3,78	-8,25	-10,83
623	1,25	3,64	7,42	11,06	15,25	19,24	21,95	21,06	17,86	12,30	6,30	2,36
624	2,24	3,16	6,29	9,77	13,70	17,55	20,49	19,70	16,77	11,94	6,20	3,43
625	0,46	2,83	6,88	11,12	15,19	19,19	21,91	21,23	17,89	12,20	6,10	1,60
626	0,80	3,03	6,77	10,65	15,11	19,04	21,96	21,21	17,76	12,29	5,92	1,69
627	-0,45	-0,07	2,04	5,42	9,64	13,47	16,38	15,58	12,85	8,73	3,54	0,98
628	1,80	4,01	7,56	11,39	15,77	19,73	22,30	21,58	18,49	13,29	7,15	2,60
629	1,33	4,12	8,22	12,21	16,51	20,59	23,10	22,17	18,88	13,08	6,90	2,21
630	0,64	3,23	7,32	11,20	15,49	19,58	22,36	21,65	18,33	12,81	6,34	1,82
632	0,75	3,58	7,87	11,96	16,59	20,69	23,22	22,35	18,96	13,41	6,74	1,80
633	1,60	4,31	8,17	12,15	16,85	20,76	23,32	22,63	19,09	13,45	7,24	2,45
634	2,20	4,50	8,16	12,25	17,02	20,68	23,10	22,29	18,99	13,58	7,55	3,00
635	2,16	4,68	8,29	12,43	16,98	20,65	22,99	22,35	19,13	13,84	7,59	3,02
636	2,37	4,50	8,08	12,13	16,83	20,60	23,00	22,39	19,08	13,84	7,76	3,21
637	2,66	4,82	8,36	12,45	17,09	20,61	22,94	22,39	19,13	13,96	7,98	3,44
638	2,49	4,43	7,89	12,10	16,67	20,36	22,68	22,09	18,87	13,73	7,86	3,35
640	5,07	6,42	9,17	13,38	17,91	21,43	24,00	23,54	20,16	15,43	10,20	6,33
647	7,94	8,72	11,02	13,70	17,25	20,69	23,93	23,86	21,05	17,15	12,26	9,01
649	6,13	6,85	8,90	11,78	15,44	19,18	22,25	22,04	19,19	15,08	10,04	7,07
650	-0,76	0,07	2,61	6,12	10,54	14,32	17,30	16,97	13,75	9,10	4,05	0,64
653	-4,30	-4,52	-3,18	-0,86	3,27	7,27	10,52	10,20	7,52	3,90	-0,54	-3,00
656	1,68	4,49	8,62	12,72	17,25	21,15	24,04	23,55	20,09	14,51	7,71	2,80
658	2,75	5,30	8,76	12,66	17,06	20,60	23,18	23,00	19,77	15,05	8,85	4,10
661	3,33	5,28	8,35	11,94	16,19	19,98	22,57	22,22	19,34	14,77	9,11	4,81
663	9,07	9,26	10,82	13,10	16,48	19,94	23,19	23,50	20,93	17,42	12,73	10,03
664	6,45	7,65	9,69	12,64	16,25	19,89	22,83	22,73	19,99	15,87	10,80	7,19
665	5,33	5,43	7,49	10,21	14,56	18,29	21,72	21,56	18,29	14,31	9,08	6,01
666	5,50	5,63	7,45	10,25	14,43	18,03	21,89	21,81	18,56	14,47	9,78	6,77
667	5,76	7,37	9,95	13,22	17,38	21,03	24,18	23,80	20,41	15,56	10,21	6,42
668	4,07	5,53	7,80	10,78	14,90	18,48	21,60	21,32	18,19	13,43	8,47	5,14
669	3,69	4,51	7,13	10,71	15,29	19,12	22,21	21,70	18,23	13,38	8,41	4,90
671	4,69	5,89	8,48	11,83	16,01	19,77	22,27	22,24	19,25	14,72	10,05	6,06
673	3,17	3,24	5,39	8,34	12,96	16,72	20,42	20,18	16,81	12,43	7,33	4,28
674	7,28	8,14	9,82	12,34	16,20	20,16	23,32	23,45	20,60	16,45	11,56	8,16
675	9,84	10,29	11,55	13,72	17,25	20,58	23,41	23,81	21,77	18,33	14,10	11,04
676	5,10	6,43	8,27	10,80	14,91	18,66	21,81	22,04	19,09	14,50	9,53	6,21

CODICE STAZIONE	Temperature medie mensili [°C]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
677	-2,63	-2,74	-1,23	1,27	6,03	9,63	13,15	13,11	10,09	6,32	1,73	-1,43
679	6,73	7,64	9,43	11,98	16,22	20,24	23,62	23,57	20,53	15,94	11,11	7,79
682	6,11	7,10	9,25	12,39	16,61	20,35	23,07	22,86	19,91	15,56	11,03	7,50
683	8,06	8,59	10,49	13,40	17,44	21,10	24,00	23,98	21,45	17,39	13,11	9,62
684	7,11	8,34	10,27	13,01	17,03	20,91	23,99	23,87	20,85	16,35	11,54	8,24
685	7,04	8,35	10,33	13,17	17,19	21,01	23,93	23,91	20,93	16,39	11,42	7,92
686	7,25	8,26	10,12	12,81	17,02	20,87	23,92	23,91	20,81	16,34	11,55	8,28
687	8,31	9,09	10,54	13,12	16,92	20,63	23,37	23,63	20,91	17,00	12,70	9,50
688	8,37	8,92	10,49	12,93	16,96	20,59	23,43	23,86	21,22	17,29	12,82	9,63
689	5,60	6,91	9,22	11,99	16,18	19,96	23,05	23,11	19,96	15,21	10,10	6,65
690	8,39	8,95	10,16	12,47	16,05	19,71	22,46	22,74	20,49	16,96	12,74	9,55
691	3,75	4,18	6,38	9,79	14,52	18,20	21,44	21,33	18,01	13,25	8,38	5,08
692	8,02	8,74	10,46	12,81	16,87	20,48	23,20	23,56	20,89	16,91	12,31	9,16
693	3,43	3,83	5,52	8,87	13,62	17,50	20,27	20,43	17,34	12,65	8,04	4,78
694	7,21	7,84	9,84	12,84	17,57	21,74	24,73	24,69	21,44	16,75	11,83	8,44
695	0,96	1,29	3,36	6,52	11,27	15,14	18,42	18,39	15,14	10,36	5,54	2,03
696	8,68	9,00	10,73	13,48	17,54	21,17	23,76	23,72	20,96	16,93	13,09	10,07
698	8,19	8,74	10,50	13,27	17,31	20,92	23,70	23,73	20,81	16,69	12,33	9,31
700	3,48	3,82	5,83	9,11	13,56	17,03	20,09	20,17	16,98	12,50	8,12	4,90
701	10,16	10,13	11,51	13,96	17,76	21,27	24,26	24,58	22,19	18,54	14,53	11,55
702	5,84	6,29	8,32	11,32	15,72	19,78	22,72	22,49	19,31	14,68	10,15	7,09
703	3,90	3,93	5,71	8,75	13,37	16,94	20,11	20,25	17,39	12,87	8,43	5,26
704	9,54	9,92	11,40	14,09	17,89	21,68	24,48	24,61	22,02	18,17	13,97	10,88
705	8,50	8,96	10,73	13,63	18,19	22,04	24,87	24,92	21,73	17,35	12,77	9,69
706	8,79	9,34	11,02	13,41	17,71	21,65	24,74	24,73	21,90	17,53	12,89	9,84
707	8,64	9,11	10,93	13,79	18,21	22,23	24,86	24,94	21,92	17,48	13,15	9,89
708	7,98	8,06	9,63	12,26	16,23	19,63	22,62	23,02	20,47	16,58	12,42	9,27
709	0,05	0,12	1,57	4,53	9,51	12,86	15,76	15,80	12,88	8,55	4,76	1,45
710	9,06	9,34	10,77	13,11	17,37	21,75	25,01	25,01	22,00	17,69	13,49	10,39
714	12,53	12,59	13,44	15,64	18,93	22,48	25,59	26,20	24,05	20,40	16,81	13,80
717	11,98	12,06	13,28	15,40	19,23	23,14	26,38	26,72	24,17	20,17	16,36	13,50
719	11,48	11,61	12,59	14,59	18,17	21,63	24,55	25,13	23,03	19,57	15,68	12,74
720	4,44	4,71	6,30	9,25	14,12	18,51	21,79	21,58	18,24	13,66	9,14	5,81
722	11,56	11,74	12,43	14,36	17,77	20,89	23,19	23,97	22,74	19,52	15,98	13,07
723	10,37	10,89	12,18	14,36	18,43	22,91	26,01	26,27	23,42	19,18	14,80	11,54
724	10,52	10,85	12,13	14,29	17,84	21,85	25,14	25,63	23,08	19,20	15,00	11,67
726	12,17	12,23	13,22	15,20	18,64	22,47	25,56	26,13	24,06	20,51	16,73	13,57
729	9,82	9,98	11,01	13,22	16,67	20,34	23,29	23,40	21,21	17,72	13,65	10,87
733	10,16	10,33	11,62	13,66	16,94	20,80	23,91	24,33	22,06	18,64	14,32	11,33
736	9,27	9,79	11,11	13,34	17,21	21,41	24,65	24,86	22,13	18,05	13,37	10,35
740	9,83	10,33	11,63	13,75	17,28	21,30	24,14	24,41	21,93	18,24	13,83	10,90
775	2,83	4,92	8,86	12,79	16,64	20,14	22,60	21,62	18,13	12,86	7,24	3,70
777	-3,83	-0,38	3,07	7,25	11,62	15,38	18,38	17,54	14,33	8,90	0,94	-3,96
778	-1,08	0,32	3,38	7,04	11,33	14,85	17,31	16,80	13,97	9,23	3,44	-0,10

CODICE STAZIONE	Temperature medie mensili [°C]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
799	1,36	4,36	8,39	12,61	17,21	20,80	23,03	22,35	18,90	13,31	6,99	2,32
817	0,94	3,58	7,79	11,73	15,89	20,18	22,80	22,24	19,01	13,44	7,10	2,33
820	2,36	4,99	8,93	12,80	17,24	21,06	23,71	23,28	19,97	14,86	8,35	3,67
823	1,87	4,74	8,57	12,52	16,93	20,60	23,07	22,68	19,46	14,34	7,83	3,06
826	5,92	6,58	8,76	11,93	16,07	19,69	22,99	22,68	19,42	14,87	9,77	6,71
829	6,38	7,10	9,43	12,71	16,89	20,50	24,03	23,76	20,56	16,18	10,66	7,08
830	5,92	7,17	9,59	12,74	16,82	20,39	23,41	23,19	19,96	15,40	10,09	6,52
834	2,58	2,97	5,42	9,14	13,67	17,39	20,46	20,01	16,77	12,01	7,41	3,84
838	5,26	6,60	8,83	11,91	16,18	19,81	22,66	22,62	19,67	15,33	10,03	6,56
842	4,51	6,06	8,53	11,86	16,29	19,96	23,17	22,61	19,37	14,54	9,13	5,52
843	4,66	6,06	8,30	11,69	15,78	19,53	22,31	21,96	18,83	13,89	8,70	5,75
856	7,33	8,66	10,35	13,10	17,39	20,78	23,64	23,73	20,68	16,38	11,36	8,13
863	5,53	5,97	7,81	10,71	14,74	18,15	21,30	21,32	18,76	14,55	9,61	6,58
883	9,10	9,36	11,10	13,62	17,43	20,89	23,59	23,83	21,54	17,88	13,36	10,25
890	9,78	10,02	11,87	14,86	19,20	23,27	26,29	26,25	23,21	18,83	14,37	11,09
892	8,81	9,42	11,14	13,64	17,75	21,83	25,83	25,60	22,47	18,22	13,21	10,06
893	8,69	8,92	10,46	12,40	16,12	20,51	23,16	23,48	20,90	17,14	12,87	9,94
904	3,44	3,73	5,21	7,76	11,72	14,87	17,19	17,40	14,79	11,02	7,37	4,74
909	9,17	9,68	11,27	14,28	18,69	22,97	25,68	25,59	22,11	17,54	13,63	10,55
915	11,89	11,94	13,18	15,20	18,79	22,44	25,42	25,91	23,65	19,98	16,54	13,41
917	9,15	9,59	11,26	14,00	18,34	22,21	25,24	25,20	22,21	18,07	13,64	10,43
920	5,50	6,51	8,71	11,79	16,22	20,10	22,87	22,83	19,22	14,07	9,46	6,26
921	9,75	10,07	11,43	13,93	17,81	21,31	24,33	24,58	22,18	18,37	14,00	10,91
922	9,81	10,22	11,84	14,57	18,51	21,95	25,00	25,03	22,52	18,77	14,37	11,23
923	8,04	9,08	11,15	14,05	18,29	22,22	25,14	24,82	21,59	17,07	12,20	8,94
924	5,07	6,00	8,89	12,34	17,03	20,87	23,72	23,37	20,12	15,25	10,25	6,37
925	4,14	6,17	8,79	12,35	16,46	20,12	22,61	22,26	19,18	14,49	9,65	5,13
926	3,56	4,53	7,07	10,73	15,23	19,22	22,07	21,52	17,90	12,99	7,91	4,80
928	6,40	8,31	10,71	13,97	18,48	22,40	25,59	25,25	21,76	16,55	11,02	7,39
930	2,50	4,94	9,06	13,22	17,61	21,74	24,53	23,97	20,56	14,98	8,40	3,75
931	2,53	4,80	8,98	13,04	17,54	21,42	24,07	23,47	20,15	14,68	8,43	3,80
933	3,26	5,58	9,61	13,53	18,27	22,21	24,76	24,29	20,62	15,32	8,83	4,33
935	1,67	4,57	9,09	13,58	17,99	22,21	24,74	23,85	20,38	14,43	7,61	2,93
936	1,11	3,88	8,25	12,47	17,07	21,11	23,76	22,90	19,41	13,54	6,95	2,27
938	6,27	7,59	10,23	13,78	17,78	21,69	24,32	23,70	20,32	15,63	10,66	7,03
939	7,15	8,20	10,10	13,38	16,95	20,64	23,35	23,27	20,38	16,09	11,22	7,81
940	5,74	7,06	9,59	12,96	16,87	20,60	23,58	23,09	19,93	15,36	10,06	6,50
941	9,76	10,27	12,02	14,71	18,00	21,70	24,96	24,96	22,26	18,51	13,63	10,84
942	8,53	9,13	10,92	13,56	17,03	20,56	23,52	23,24	20,51	16,71	12,39	9,42
943	9,90	10,17	11,82	14,36	17,59	20,88	23,74	23,81	21,27	17,80	13,37	10,86
945	7,36	8,43	10,81	14,00	17,27	21,20	24,06	23,84	21,04	16,88	11,65	8,65
947	1,74	4,24	8,45	12,60	16,73	20,76	23,10	21,95	18,33	12,74	6,76	2,55
949	1,68	4,15	8,20	12,27	16,34	19,87	22,40	21,63	18,12	12,45	6,43	2,49
950	3,68	5,51	8,81	12,68	16,42	20,68	23,38	22,40	18,89	14,04	8,51	4,69

CODICE STAZIONE	Temperature medie mensili [°C]											
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
951	1,72	4,20	8,55	13,03	17,81	21,81	24,29	23,03	19,76	13,83	7,41	2,74
952	3,21	5,58	9,68	13,52	18,09	21,73	24,50	23,39	19,97	14,41	8,26	4,08
954	3,70	5,32	8,73	12,67	17,12	20,97	23,55	22,82	19,52	14,29	8,52	4,63
955	2,32	4,03	7,50	11,37	15,20	19,03	21,72	20,76	17,69	12,72	7,05	3,40
956	0,33	3,02	7,52	11,77	15,84	20,14	22,98	22,15	18,73	12,84	6,40	1,70
957	-3,61	-3,26	-1,31	1,74	6,10	9,89	12,73	12,07	9,61	5,66	0,53	-2,56
960	1,54	2,54	5,95	9,43	13,34	17,56	20,55	19,73	16,63	11,68	5,93	2,89
962	3,02	4,86	8,21	11,61	15,55	19,37	22,23	21,51	18,28	13,27	7,42	3,83
963	3,67	5,65	8,86	12,90	17,59	21,36	23,99	23,73	20,12	14,96	8,99	4,66
964	3,19	5,40	8,96	12,94	17,16	20,80	23,58	23,04	19,47	14,26	8,26	3,86
965	10,54	10,70	11,93	14,14	17,91	21,76	24,84	24,99	22,30	18,53	14,73	11,81
969	8,25	9,19	10,91	13,59	16,98	20,69	23,62	23,34	20,92	16,96	12,51	9,13

6.4 ANALISI DEI RISULTATI

In questa parte della relazione si vogliono mettere in evidenza, attraverso alcuni grafici, i risultati ottenuti dall'analisi dei valori delle medie mensili climatologiche dei dati di precipitazione cumulata e di temperatura.

A titolo esemplificativo sono state scelte tre Regioni Italiane (Veneto, Toscana, Calabria) collocate nelle tre zone in cui era stata suddiviso il territorio nazionale e per ognuna di esse sono state scelte due stazioni di misura delle precipitazioni per ogni classe di quota per un totale di sei stazioni per ogni regione.

In figura 6.6 si riporta la mappa con tali scelte.

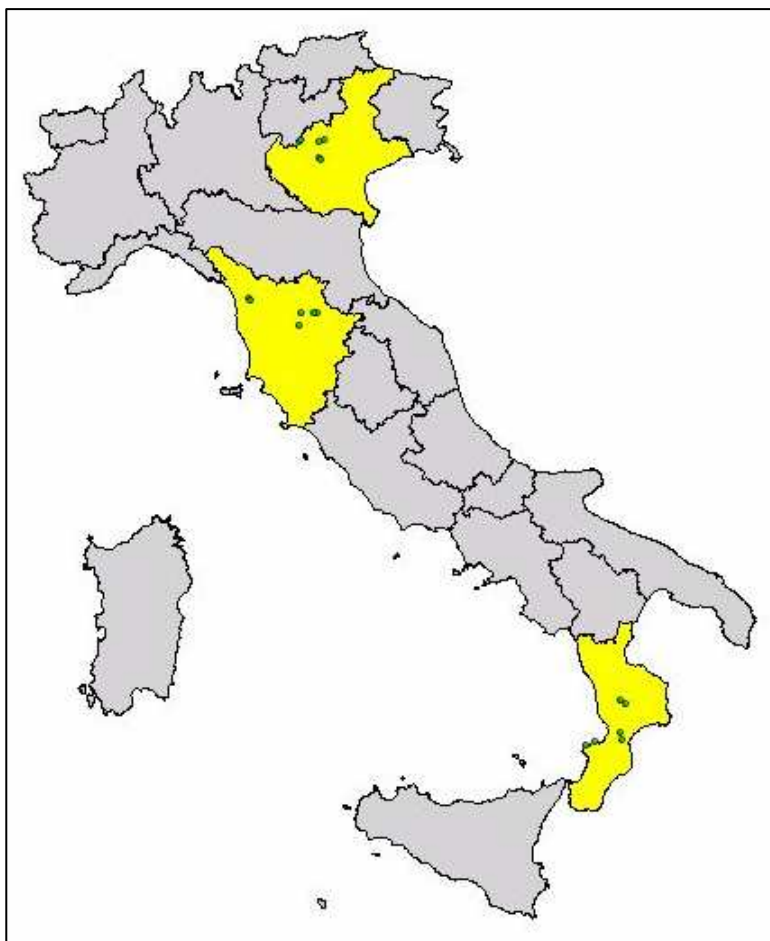


Figura 6.6: *Stazioni di misura delle precipitazioni e Regioni selezionate per l'analisi conclusiva.*

Per ognuna delle tre regioni si riportano nelle figure (6.7-6.9) i grafici relativi alle medie mensili climatologiche riferite al trentennio 1961-1990 della variabile precipitazione cumulata.

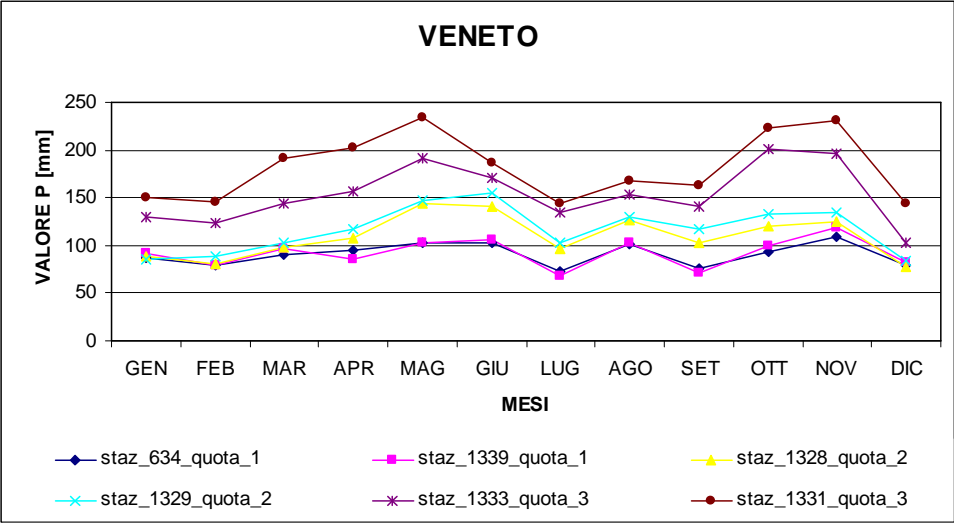


Figura 6.7: Media mensile climatologica della precipitazione cumulata in Veneto.

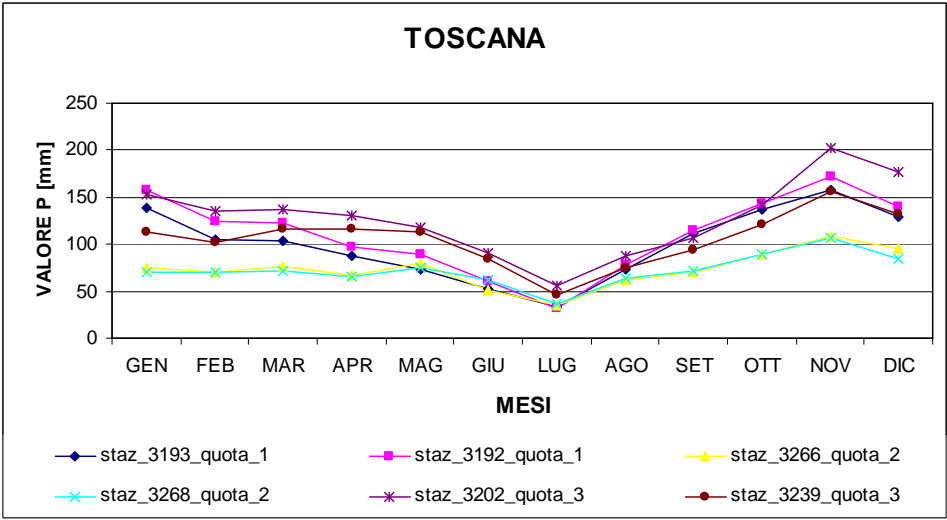


Figura 6.8: Media mensile climatologica della precipitazione cumulata in Toscana.

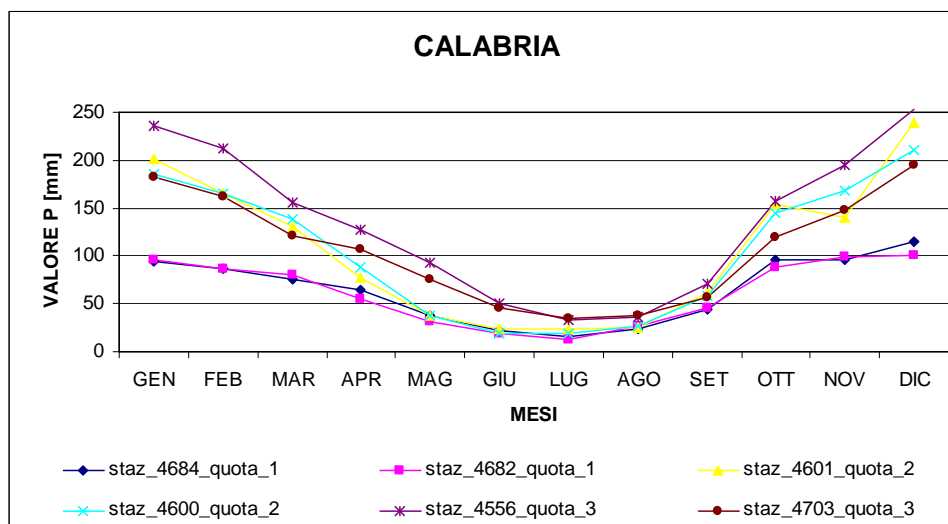


Figura 6.9: *Media mensile climatologica della precipitazione cumulata in Calabria.*

Osservando il grafico in figura (6.7) si osserva un andamento simile di tutti i valori delle differenti stazioni inoltre per quelle appartenenti alla stessa classe di quota si trovano valori di precipitazione molto prossimi e in ordine crescente con la quota. Il valore medio climatologico minimo si raggiunge per tutte le stazioni nel mese di luglio mentre quello massimo dipende dalla classe di quota alla quale appartiene la stazione.

Il grafico in figura (6.8) potrebbe essere definito come il classico grafico rappresentativo dell'andamento delle precipitazioni poiché presenta una fase discendente da gennaio a luglio, il mese più secco, ed una ascendente da questo ultimo al mese di dicembre. Infine il grafico in figura (6.9) è anch'esso caratterizzato da una depressione coincidente con la stagione secca dell'anno, ma a differenza del grafico precedente dove i valori delle stazioni erano molto simili e quasi indipendenti dalla quota, in questo caso nei mesi piovosi le stazioni collocate a quote basse restituiscono valori molto più bassi di quelle ad alta quota. Confrontando contemporaneamente i tre grafici appare evidente che la regione Calabria è caratterizzata da estati molto secche, ma con inverni con una piovosità con valori elevati sebbene il periodo secco sia comunque maggiore di quello piovoso. La regione Toscana mostra, per le stazioni selezionate in questo caso, una situazione di quasi equilibrio perché i suoi valori si mantengono in un intervallo compreso tra i 50-160mm per quasi tutti i mesi dell'anno ad eccezione dei tre mesi estivi caratterizzati da un clima più caldo. La regione Veneto è quella che presenta il grafico più anomalo con diversi picchi elevati di precipitazione in diversi mesi dell'anno che non appartengono neanche alle stesse stagioni.

In ogni caso è l'unica, tra le tre analizzate, che non presenta una stagione secca molto pronunciata poiché corrisponde a valori di precipitazione maggiori di 75mm.

Concludendo si può affermare che la variabilità dei dati dipende dalla zona geografica e dalla classe di quota di appartenenza, oltre che dal mese dell'anno in cui sono state effettuate le misurazioni. I grafici hanno permesso di visualizzare un comportamento dei dati per nulla anomalo e quindi si può dedurre che le elaborazioni sui dati elementari del sistema SCIA e le analisi di controllo sugli indicatori effettuate sono state condotte in modo corretto.

Per quanto riguarda le temperature si riporta dapprima la mappa in figura 6.10 che permette di visualizzare le regioni e le stazioni scelte a titolo esemplificativo per mostrare qualche risultato.



Figura 6.10: Stazioni di misura delle temperature e Regioni selezionate per l'analisi conclusiva.

Le regioni selezionate sono la Lombardia, l'Emilia-Romagna, la Toscana, il Lazio e la Sicilia e in ognuna di esse sono state selezionate alcune stazioni appartenenti a differenti classi di quota. In questo caso a differenza del lavoro svolto per le precipitazioni cumulate non è stato possibile selezionare lo stesso numero di stazioni per le stesse classi di quota nelle diverse regioni poiché si ricorda che la distribuzione delle stazioni di misura delle temperature selezionate sul territorio italiano risulta poco fitta.

Si riportano nelle figure (6.11-6.15), come già fatto precedentemente per le precipitazioni, i grafici relativi agli andamenti dei valori delle temperature medie mensili climatologiche delle diverse regioni selezionate.

In generale tutte le stazioni selezionate mostrano uno stesso andamento crescente da gennaio fino a luglio per poi decrescere fino a dicembre, inoltre la curva relativa alla stazione collocata alla quota di classe tre, che si ricorda corrisponde alle quote maggiori dei 600 metri s.l.m., risulta correttamente più bassa e quindi con temperature inferiori a quelle delle altre due classi.

In figura 6.11 si riporta il grafico della Lombardia dove non si avevano a disposizione stazioni appartenenti alla classe di quota 1 relativa alle zone pianeggianti. Le stazioni collocate alla classe di quota 2 mostrano valori molto simili per tutti i mesi dell'anno e soprattutto superiori a quelli associati alla classe di quota 3.

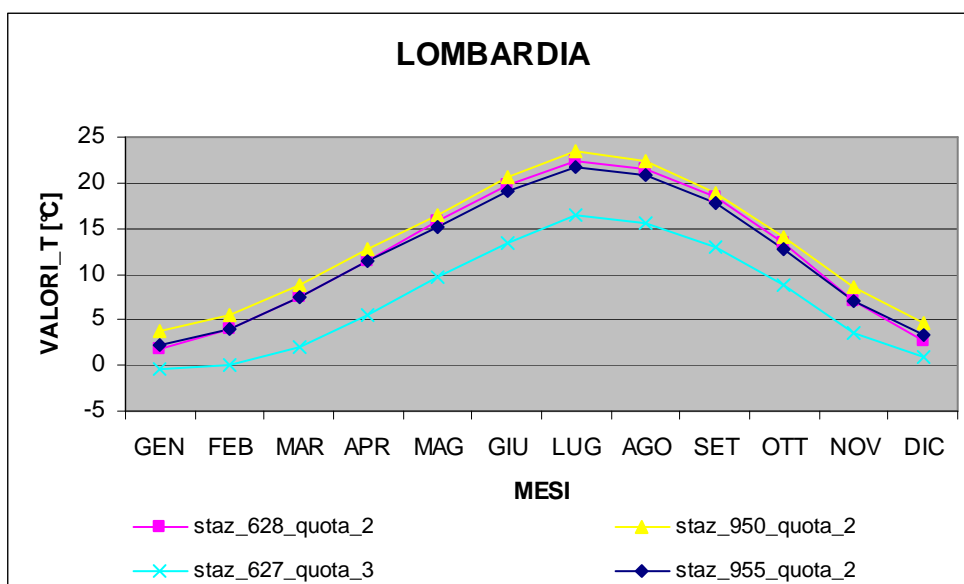


Figura 6.11: Media mensile climatologica della temperatura in Lombardia.

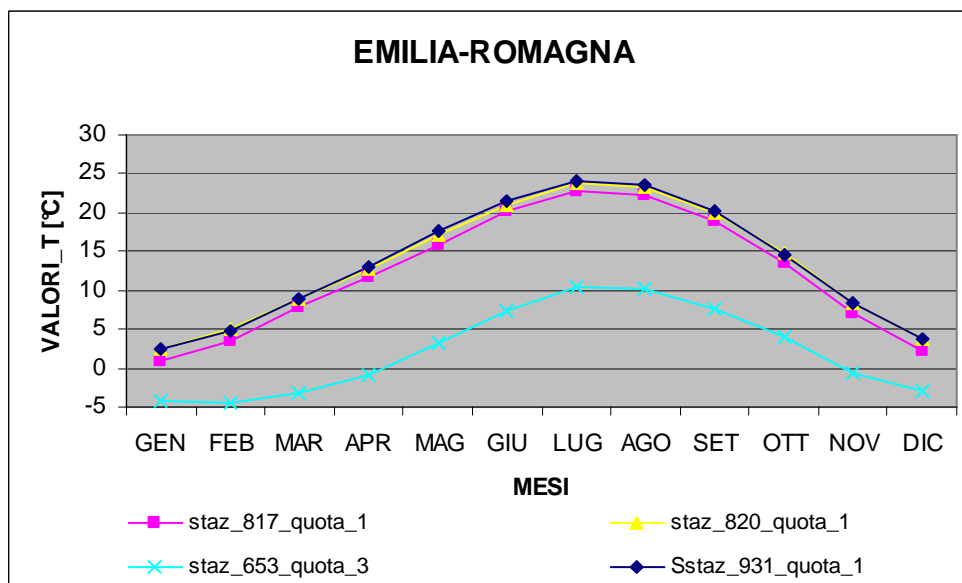


Figura 6.12: Media mensile climatologica della temperatura in Emilia-Romagna.

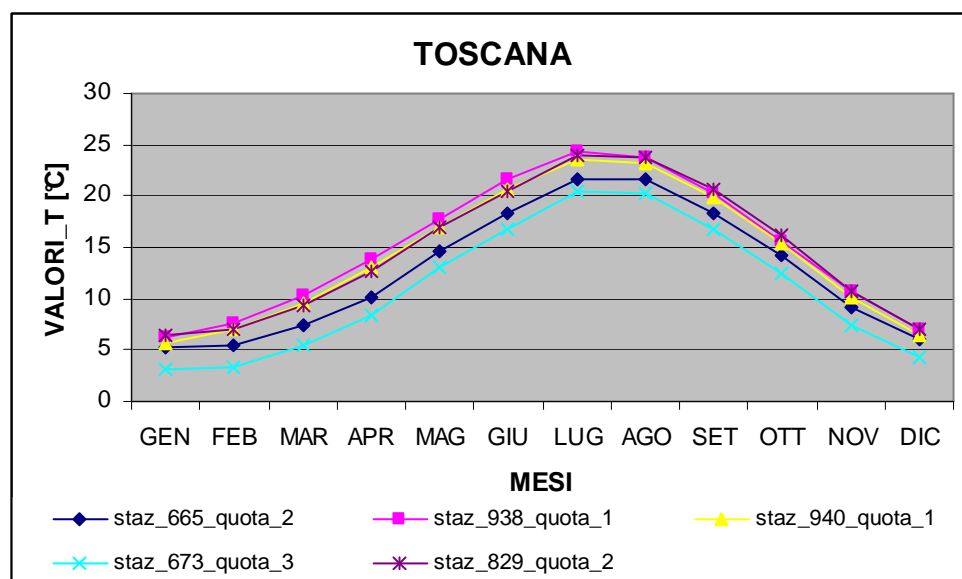


Figura 6.13: Media mensile climatologica della temperatura in Toscana.

Per quanto riguarda la regione Emilia-Romagna, in figura 6.12, sono state selezionate solo le stazioni collocate a quota 1 e 3. I valori relativi alla classe di quota 1 risultano molto simili tra loro e risultano molto superiori a quelli di quota 3.

A differenza di quest'ultima per la regione Toscana si riportano in figura 6.13 i valori relativi a cinque stazioni di misura collocate nelle tre diverse classi di quota. Tale grafico

mostra ancora una volta e più chiaramente dei precedenti, avendo almeno una stazione collocata in una delle tre classi di quota, un andamento decrescente dalla classe di quota 1 alla 3.

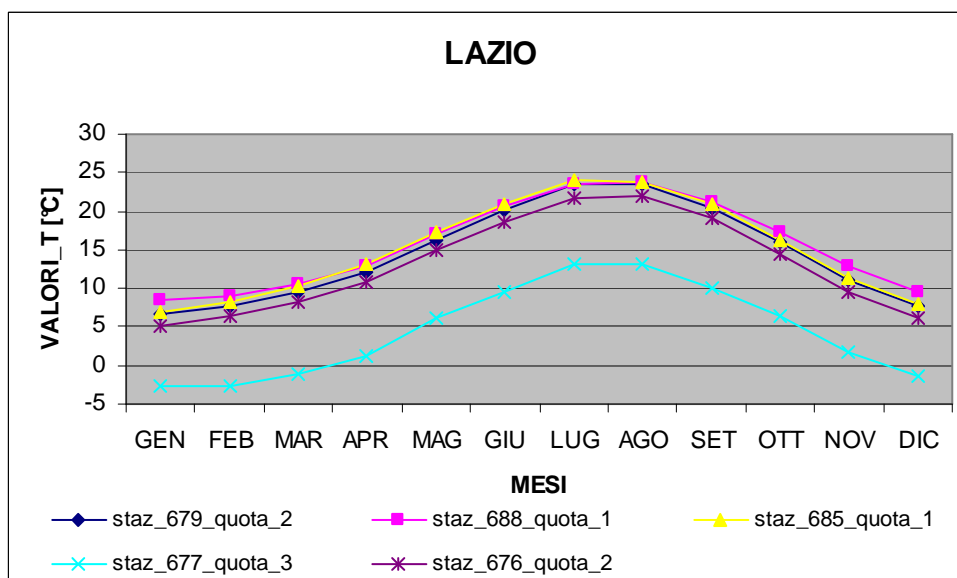


Figura 6.14: *Media mensile climatologica della temperatura nel Lazio.*

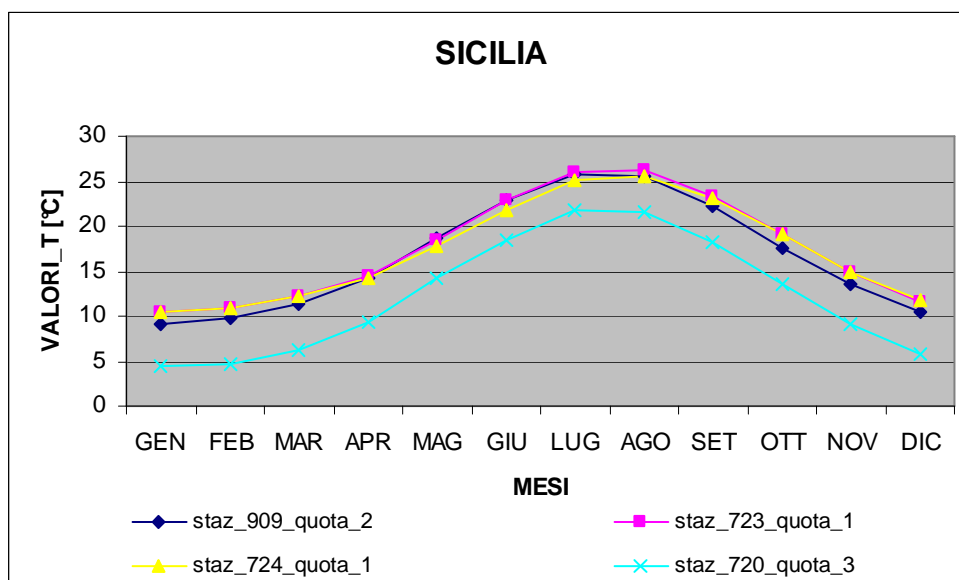


Figura 6.15: *Media mensile climatologica della temperatura in Sicilia.*

In figura 6.14 si riporta il grafico relativo alla regione Lazio dove sono state selezionate cinque stazioni appartenenti alle tre classi di quota. L'andamento risulta sempre lo stesso e con le stesse caratteristiche di quelli mostrati per le altre regioni però esiste una leggera sovrapposizione nei mesi di Luglio, Agosto e Settembre tra i valori relativi a due stazioni, la 679 e la 685, collocate ad una distanza breve e rispettivamente alla classe di quota 2 e 1. Infine si illustra il grafico della regione Sicilia in figura 6.15 dove sono state selezionate quattro stazioni appartenenti almeno una volta ad una delle tre classi di quota. Questo caso risulta simile a quello della regione Lazio poiché si è rilevata anche questa volta una leggera sovrapposizione dei valori tra due stazioni appartenenti a classi di quote diverse, ma situate ad una distanza breve tra loro.

Concludendo si può affermare che anche per le temperature non si sono riscontrate anomalie sui valori delle medie mensili climatologiche nel senso che dipendono dal mese dell'anno in cui sono state effettuate le misurazioni presentando infatti un andamento a campana simile per ogni stazione, decrescente dalle regioni appartenenti alla zona Nord a quelle della zona Sud e crescenti al diminuire della classe di quota.

CAPITOLO 7

TECNICA DI INTERPOLAZIONE GEOSTATISTICA ADOTTATA

In questo capitolo si spiega nel dettaglio come una volta ottenute le tabelle (6.1) e (6.2), relative ai valori medi mensili climatologici della precipitazione cumulata e della temperatura, si è proceduto per applicare una tra le tecniche di spazializzazione riportate e discusse nel paragrafo 4.3 con il fine di determinare le mappe relative ai 12 mesi dell'anno per le variabili oggetto di studio.

7.1 PROCEDURA PER L'APPLICAZIONE DELLA TECNICA DI SPAZIALIZZAZIONE

Per effettuare tale fase del progetto ossia applicare una tecnica di interpolazione geostatistica che permettesse di spazializzare i valori puntuali della variabile primaria, che nel nostro caso è costituita una volta dalla media mensile climatologica della precipitazione cumulata e un'altra da quella della temperatura, per ottenere la loro stima sull'intera area oggetto di studio si è ritenuto opportuno utilizzare una tecnica che tenesse conto di ulteriori variabili secondarie che potessero in qualche modo influenzare la stima di quella primaria.

Diverse sono le tecniche geostatistiche che permettono di introdurre il contributo di variabili ausiliarie, ma in ogni caso è necessario effettuare da prima un'analisi di correlazione qualitativa tra le variabili primarie e quelle secondarie per accertare l'esistenza di un certo grado di correlazione tra di esse per poi procedere all'implementazione di una tra le tecniche di interpolazione supportandola anche con ulteriori verifiche sul grado di miglioramento che una o più variabili secondarie possono apportare nella determinazione della stima della variabile primaria.

Si riporta, in figura 7.1, per semplificare la comprensione della procedura applicata in questa fase di studio un diagramma che evidenzia le diverse macrofasi sviluppate che verranno discusse nel dettaglio nei paragrafi successivi.

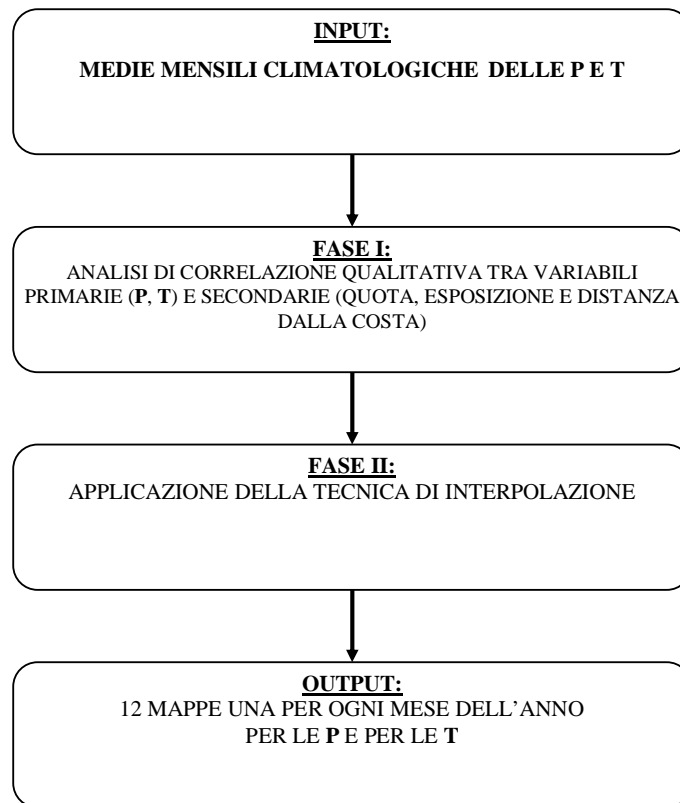


Figura 7.1: *Modello concettuale della procedura applicata in questa seconda parte dello studio.*

7.2 ANALISI DI CORRELAZIONE QUALITATIVA

In questo paragrafo si introducono dapprima le variabili secondarie che si è deciso di selezionare in funzione delle variabili primarie oggetto dello studio e poi si riportano nel dettaglio i diversi steps seguiti per determinare il grado di correlazione esistente tra di esse.

7.2.1 Variabili secondarie

La scelta delle variabili secondarie si è basata essenzialmente sulla tipologia delle variabili primarie che si dovevano analizzare ossia sull'input di questa fase che consiste nelle medie mensili climatologiche delle precipitazioni cumulate e delle temperature.

In letteratura è nota perché la maggior parte degli studi lo conferma che esiste una certa correlazione tra queste variabili primarie e la quota del terreno, ed è per questo motivo che la prima variabile ausiliaria considerata è stata proprio questa. Tali informazioni sono fornite dal DEM (digital elevation model) dell'Italia che oltre ad essere una variabile

valida è stata facilmente reperibile grazie al contributo del SINAnet. In generale, ad esempio, le precipitazioni tendono a crescere con l'aumentare dell'altitudine principalmente perché l'effetto della orografia dei terreni montuosi causa lo spostamento dell'aria verso l'alto e la sua condensazione è dovuta al raffreddamento adiabatico. Un esempio di quanto appena esposto tra le variabili precipitazione media annua e altitudini misurate in 62 stazioni è fornito da Hevesi et al. (1992a,b) che ottenne un valore di correlazione di 0.75 considerando una grid con celle di dimensione di 1 Km². Le altre due variabili considerate sono state l'orientazione delle pendenze e la distanza dalla costa. La prima è stata valutata calcolando l'esposizione dei versanti direttamente dal DEM attraverso la funzione "aspect" disponibile in ambiente Arcgis poiché si riteneva che potesse influenzare molto il clima e quindi le variabili temperatura e precipitazione. Infine si è selezionata la distanza dalla costa perché si riteneva che la vicinanza al mare influenzasse molto il clima del territorio mitigandolo.

Per quanto riguarda queste tre variabili ausiliarie è stato necessario scegliere una scala di studio adeguata che tenesse conto da una parte della tipologia di studio da effettuare e che dall'altra minimizzasse il tempo di implementazione necessario per applicare la tecnica di interpolazione scelta. Si è dunque scelto di utilizzare le tre variabili secondarie in un formato grid caratterizzato da celle di dimensioni di 3x3 Km².

Nelle tre figure (7.2-7.4) si riportano rispettivamente le tre grid che si riferiscono alle tre variabili secondarie necessarie per poter effettuare le analisi di correlazioni esposte nel paragrafo successivo:

- DEM;
- Esposizioni dei versanti;
- Distanza dalla costa.

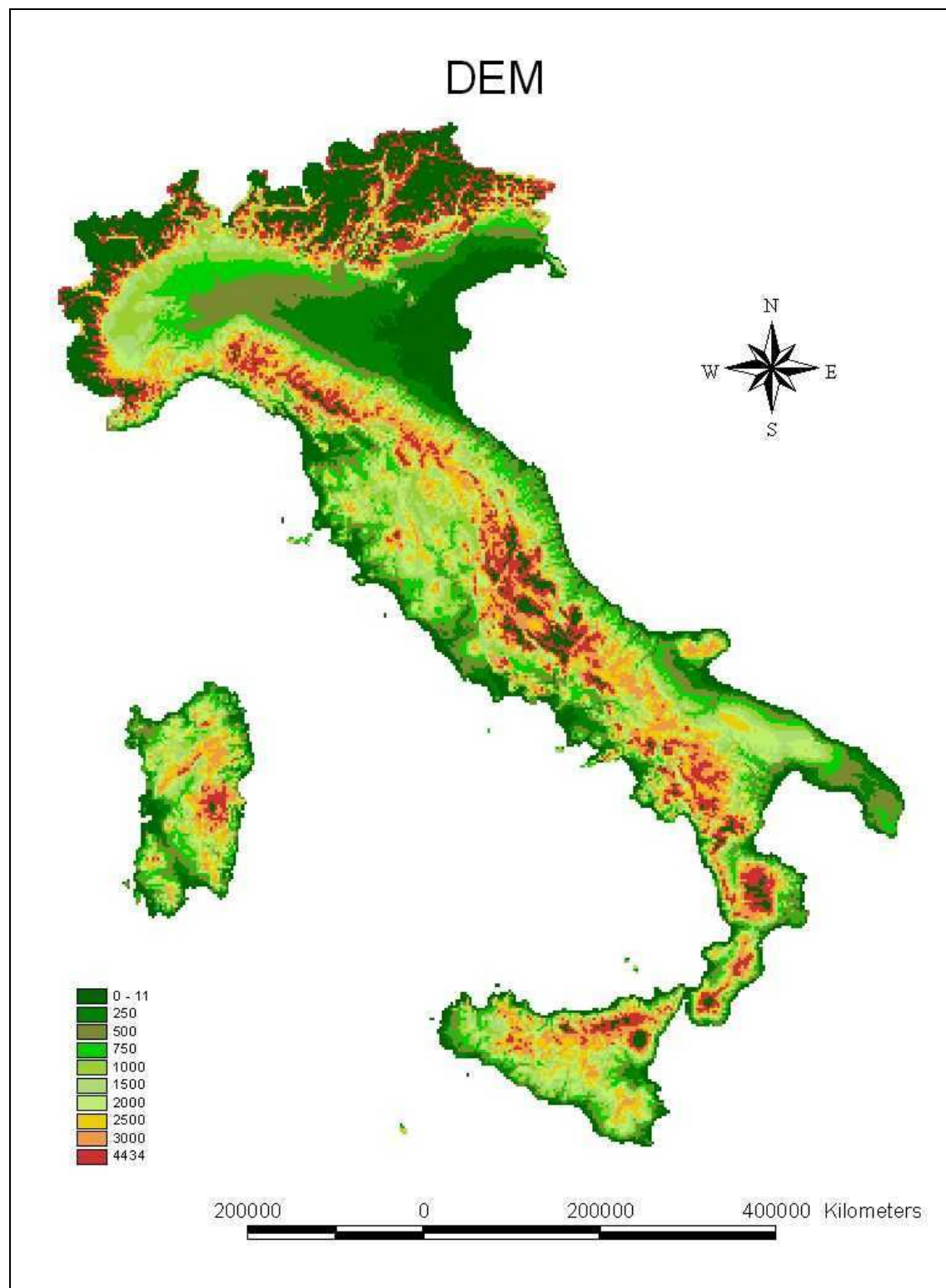


Figura 7.2: *Mappa dell'Italia relativa alle quote del terreno (DEM).*

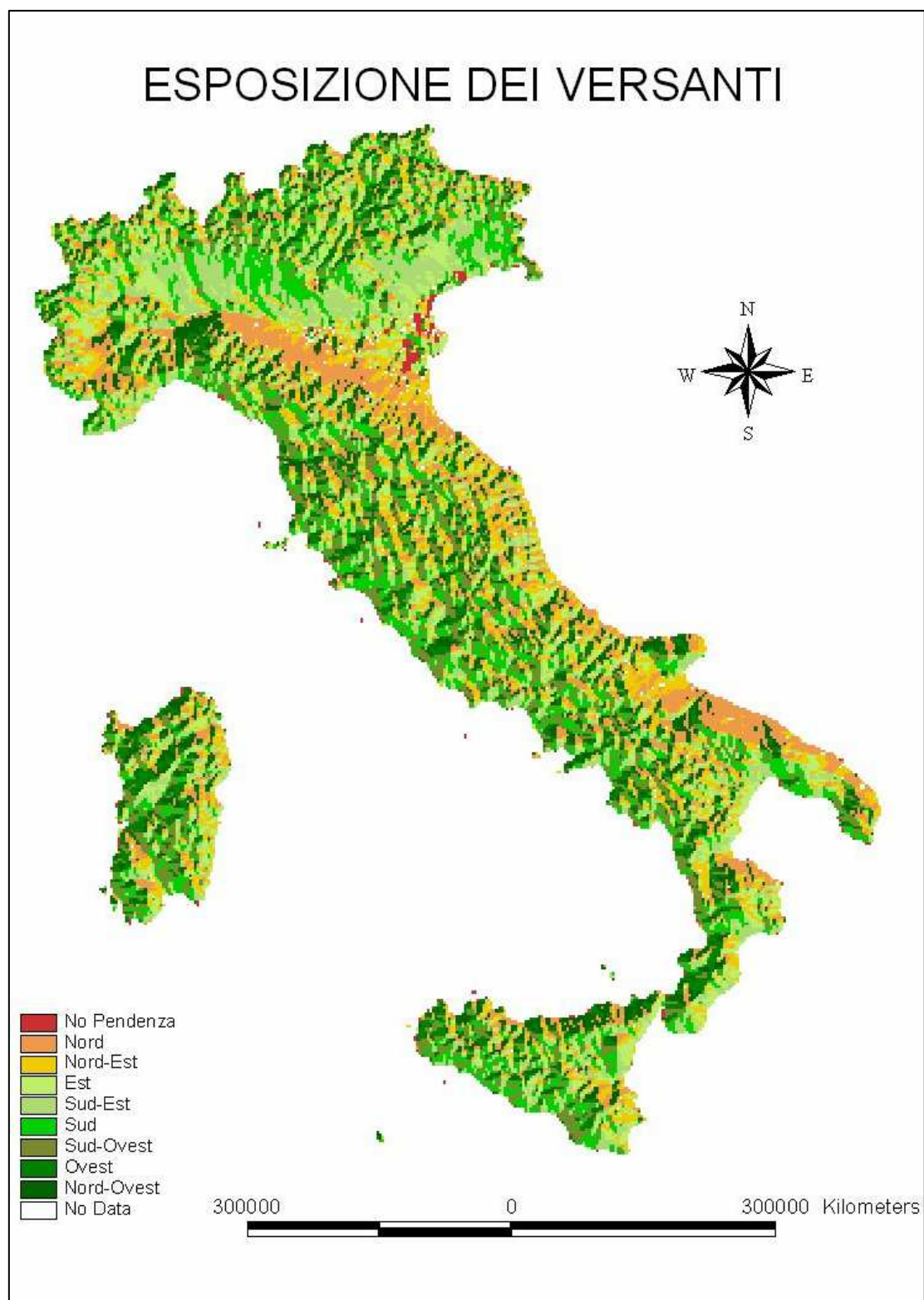


Figura 7.3: *Mapa dell'Italia relativa alle esposizioni dei versanti.*

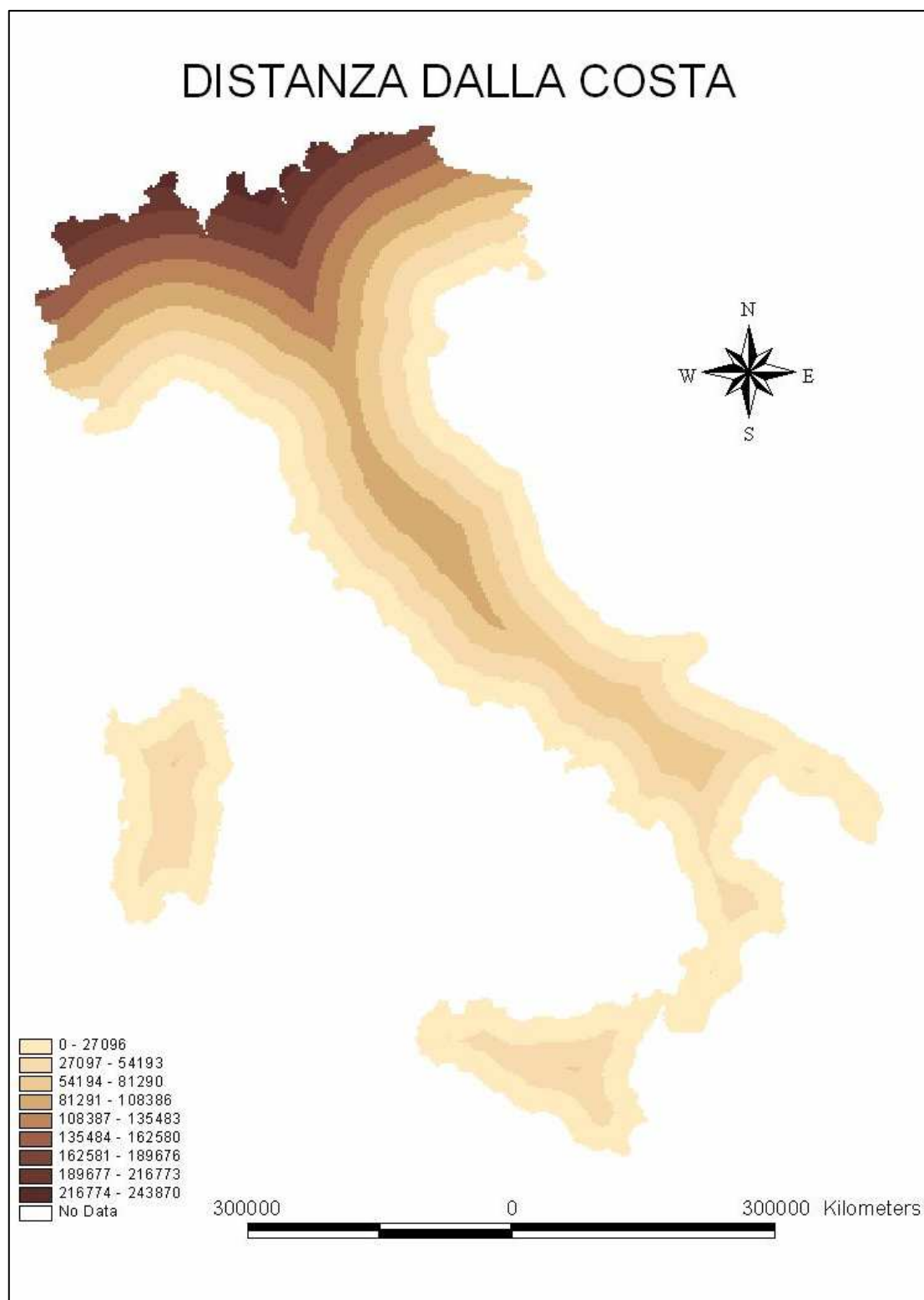


Figura 7.4: *Mapa dell'Italia relativa alle distanze dalla costa.*

7.2.2 Procedura dell'analisi di correlazione tra le variabili primarie e secondarie

Per effettuare l'analisi di correlazione è necessario considerare separatamente le due variabili primarie precipitazione cumulata e temperatura media per poi ripetere la medesima procedura che consiste nel confrontare le variabili secondarie una alla volta con quella primaria. In figura 7.5 si riporta tale concetto.

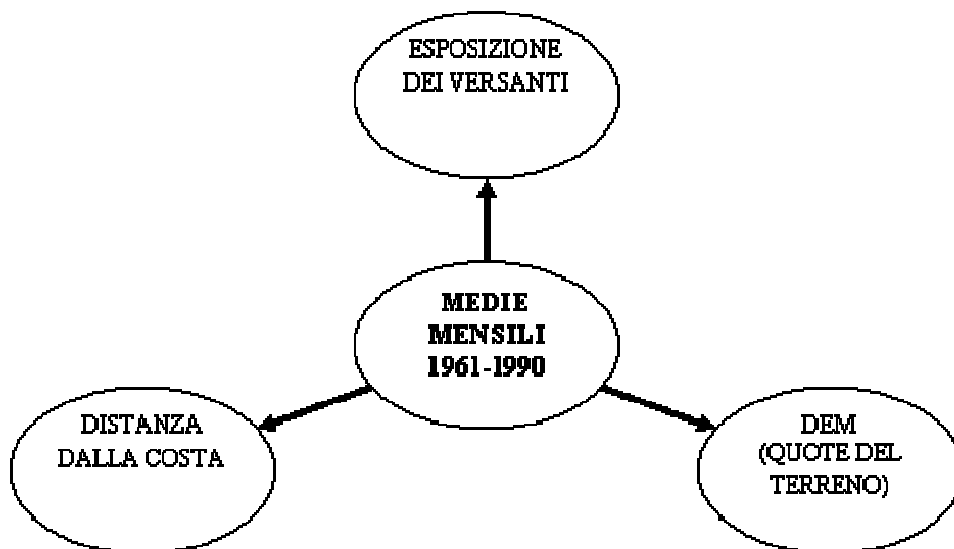


Figura 7.5: Schema concettuale dei confronti da effettuare per determinare il grado di correlazione tra le variabili primarie e secondarie.

Per poter effettuare tale correlazione è necessario avere i valori puntuali delle tre variabili secondarie per ogni stazione di misura ricavabili dalle tre grid riportate nelle figure (7.2-7.4). La prima operazione è stata quella di proiettare ogni stazione di misura sul DEM associando ad ognuna la relativa quota s.l.m., informazione anche disponibile dai dati forniti dal sistema SCIA. Inoltre è stato necessario determinare il valore puntuale, relativo ad ogni singola stazione di misura, delle esposizioni dei versanti e della distanza dalla costa attraverso una proiezione delle stazioni sulle grid relative alle due variabili secondarie poiché tali informazioni non erano disponibili dai dati di input. Noti tutti i valori si è costruita una tabella con i codici delle stazioni, la zona di appartenenza, il valore della variabile primaria e di quelle secondarie.

Raccolte tutte le informazioni si è effettuata dapprima l'analisi di correlazione per mostrare

come la variabile primaria precipitazione cumulata varia con quelle secondarie. Si riportano in figura 7.6-7.8 i grafici relativi alle diverse classificazioni in zone geografiche finora utilizzate.

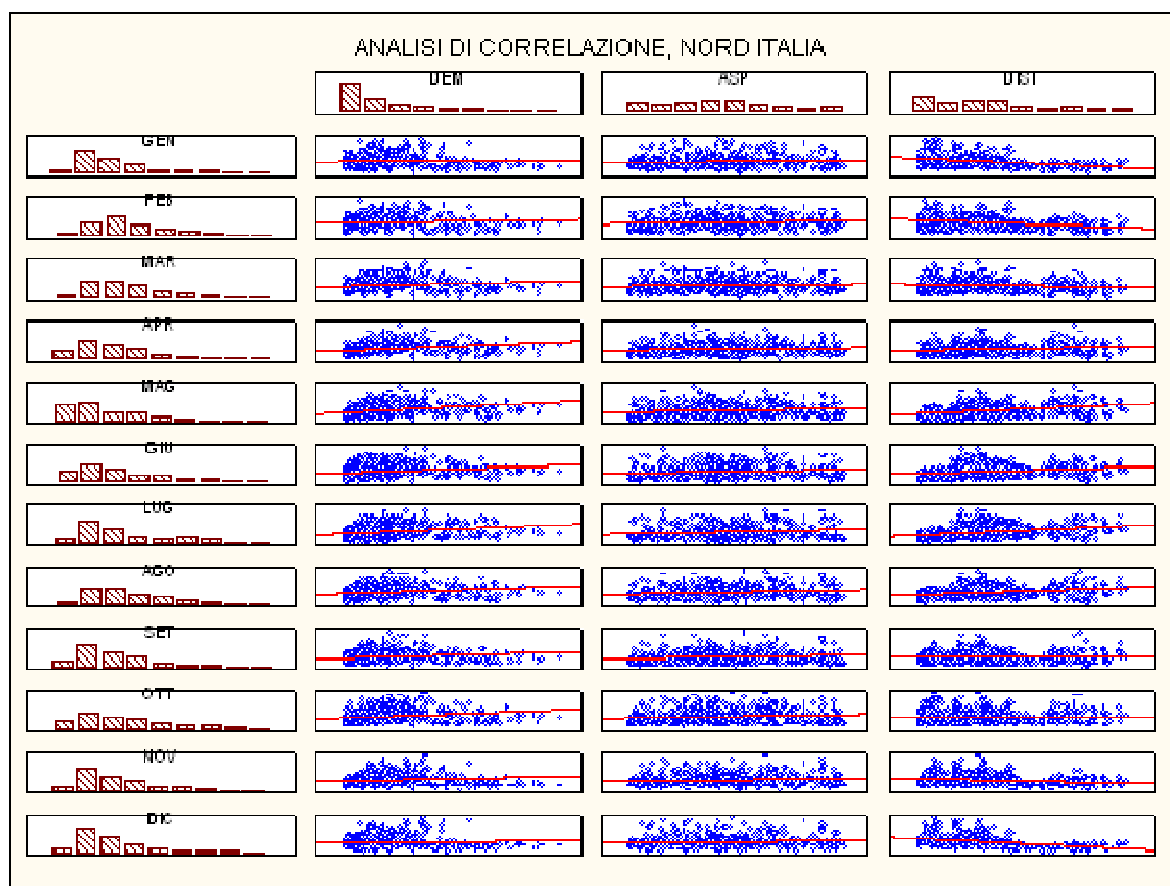


Figura 7.6: Analisi di correlazione per le stazioni della zona Nord tra le medie mensili climatologiche della precipitazione cumulata e le tre variabili ausiliarie.

In figura 7.6 si mostrano gli andamenti delle medie mensili climatologiche delle precipitazioni cumulate delle stazioni del Nord Italia rispetto al DEM, alle esposizioni e alle distanze dalla costa. Per quanto riguarda la correlazione con il DEM si evidenzia un andamento crescente con la quota che nei diversi mesi dell'anno che appare più o meno marcato. Diverso risulta l'andamento della precipitazione con l'esposizione dei versanti che risulta piuttosto costante a significare che è molto probabile che non ci sia una forte correlazione tra tali variabili. Infine per le distanze dalla costa si individua un andamento crescente per i mesi estivi (Maggio-Settembre), mentre risulta decrescente in quelli invernali.

In figura 7.7 si riportano i grafici delle stesse correlazioni riferite però alle stazioni di misura collocate nel Centro Italia.

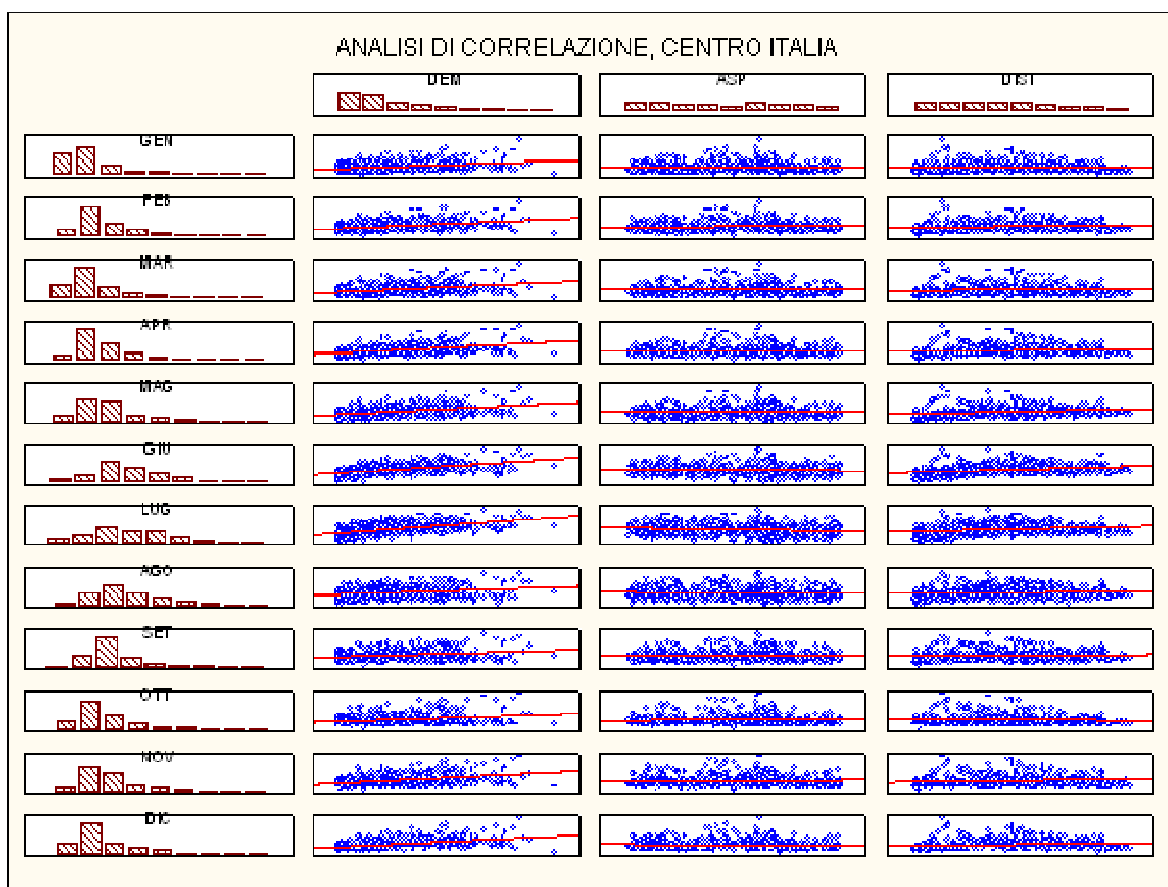


Figura 7.7: Analisi di correlazione per le stazioni della zona Centro tra le medie mensili climatologiche della precipitazione cumulata e le tre variabili ausiliarie.

In figura 7.7 gli andamenti delle correlazioni con le tre variabili secondarie risultano gli stessi del caso precedente. Per ultimo si è effettuata l'analisi delle correlazione relativa ai valori delle stazioni situate nel Sud e nelle isole Sardegna e Sicilia riportata in figura 7.8. Anche in questo caso si sono ottenuti gli stessi risultati già discussi nelle altre due zone geografiche. Dall'analisi di correlazione si evince che gli andamenti con le tre variabili secondarie presentano lo stesso andamento nelle tre differenti zone geografiche pur se con valori decrescenti dal Nord al Sud. Per quanto riguarda alcune anomalie si evidenzia quella presente nella correlazione tra la precipitazione cumulata e il DEM per la quale è possibile distinguere nei grafici due andamenti crescenti ben distinti. Altra anomalia è quella che si riscontra nei grafici che correlano la precipitazione cumulata e la distanza dalla costa dove

si riscontra per alcuni mesi dell'anno un andamento dello scatterplot a forma di otto pur se il fitting risultante è crescente.

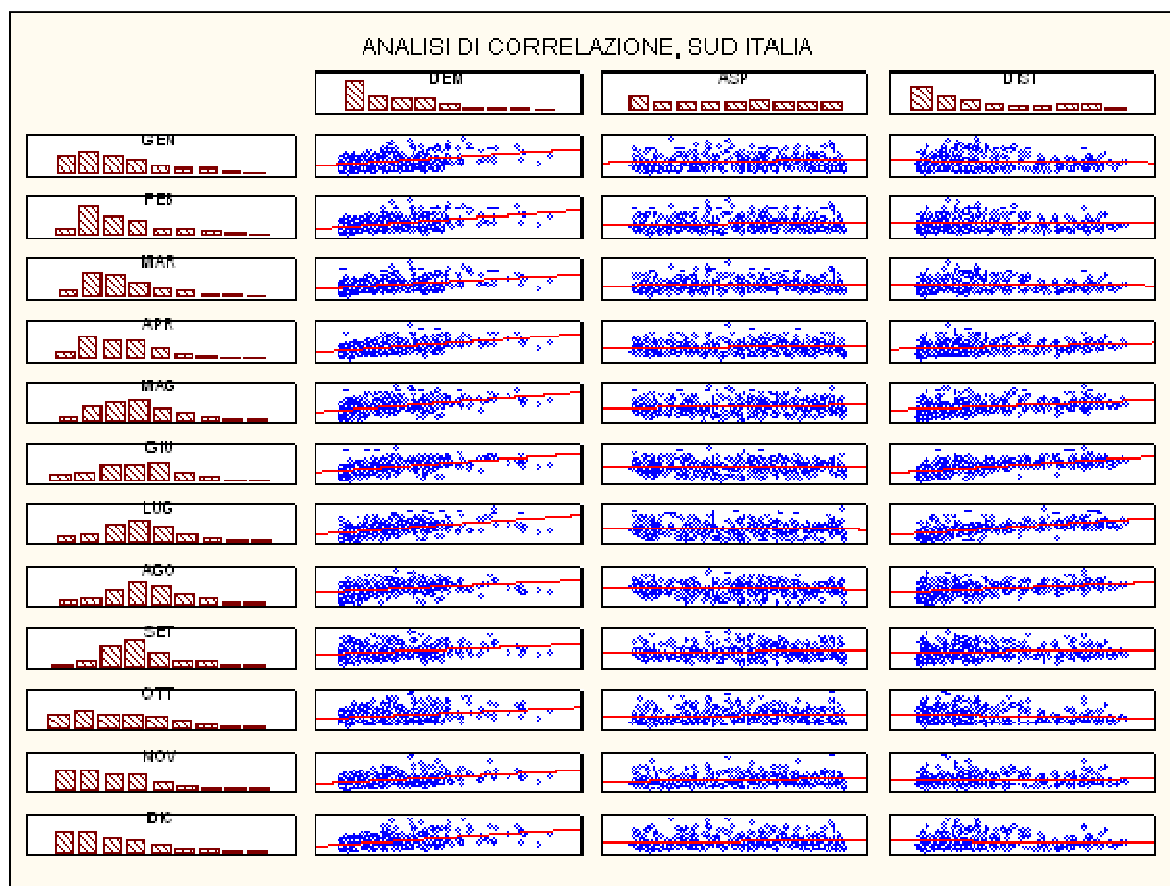


Figura 7.8: Analisi di correlazione per le stazioni della zona Sud tra le medie mensili climatologiche della precipitazione cumulata e le tre variabili ausiliarie.

Infine si riporta in tabella 7.1 il grado di correlazione tra i valori delle medie mensili climatologiche della precipitazione cumulata con le tre derivate considerate. Tale analisi qualitativa non ha fornito chiare informazioni sull'effettiva esistenza di correlazione tra le variabili poiché si sono considerate tre zone geografiche che comunque contengono all'interno aree di versanti diversi come ad esempio quello adriatico e quello tirrenico. Sarebbe stato opportuno effettuarla per bacini idrografici cosa che non è stata possibile realizzare considerando che si aveva a disposizione un DEM a 3Km che restituiva più di 2000 bacini di dimensioni ridotte che non potevano essere raggruppati poiché era impossibile determinare con una grid di tali dimensioni il reticolo idrografico gerarchizzato.

ZONA	DERIVA	MESE											
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
NORD	DEM	0.03	0.10	0.19	0.31	0.37	0.23	0.28	0.23	0.21	0.25	0.15	0.03
	ESP	0.11	0.10	0.08	0.10	0.14	0.14	0.16	0.17	0.14	0.14	0.12	0.08
	DIST	-0.39	-0.29	-0.13	0.16	0.37	0.24	0.35	0.28	0.05	-0.02	-0.19	-0.41
CENTRO	DEM	0.36	0.42	0.41	0.51	0.48	0.57	0.57	0.29	0.30	0.29	0.43	0.48
	ESP	0.05	0.06	0.02	0.01	0.05	-0.07	-0.16	-0.05	0.05	0.06	0.06	-0.02
	DIST	0.00	0.10	0.06	0.18	0.28	0.33	0.23	0.10	0.08	-0.05	0.16	0.11
SUD	DEM	0.42	0.47	0.40	0.55	0.51	0.54	0.51	0.35	0.29	0.28	0.40	0.43
	ESP	0.11	0.11	0.09	0.12	0.12	-0.02	-0.05	-0.02	0.09	0.13	0.15	0.10
	DIST	-0.08	0.00	-0.05	0.25	0.36	0.65	0.62	0.40	0.08	-0.13	0.07	-0.04

Tabella 7.1: *Grado di correlazione tra i valori delle medie mensili climatologiche della precipitazione cumulata e le tre derive.*

Per quanto riguarda la temperatura media mensile climatologica si è svolta la stessa procedura, appena riportata per le precipitazioni, della quale si mostrano i risultati ottenuti nelle figure 7.9-7.11 relative alle tre zone geografiche.

La figura 7.9 riporta l'analisi di correlazione tra i valori della temperatura media mensile climatologica con le tre variabili ausiliari dove a differenza delle precipitazioni si è in presenza sicuramente di una forte correlazione con la quota mostrato dal marcato andamento decrescente dello scatterplot. Per quanto riguarda la correlazione con l'esposizione dei versanti non si riscontra alcun andamento caratteristico poiché risulta pressoché costante, mentre con la distanza dalla costa si individua un andamento decrescente caratterizzato comunque da una pendenza di gran lunga inferiore al caso relativo alla correlazione con la quota.

In figura 7.10 si riportano i grafici dell'analisi di correlazione tra la temperatura media mensile climatologica e le tre variabili ausiliarie considerate per le stazioni di misura collocate nella zona del Centro Italia.

Per tale zona è possibile individuare i medesimi andamenti riscontrati nella zona Nord come del resto risulta anche nell'ultima zona considerata ossia il Sud mostrato in figura 7.11.

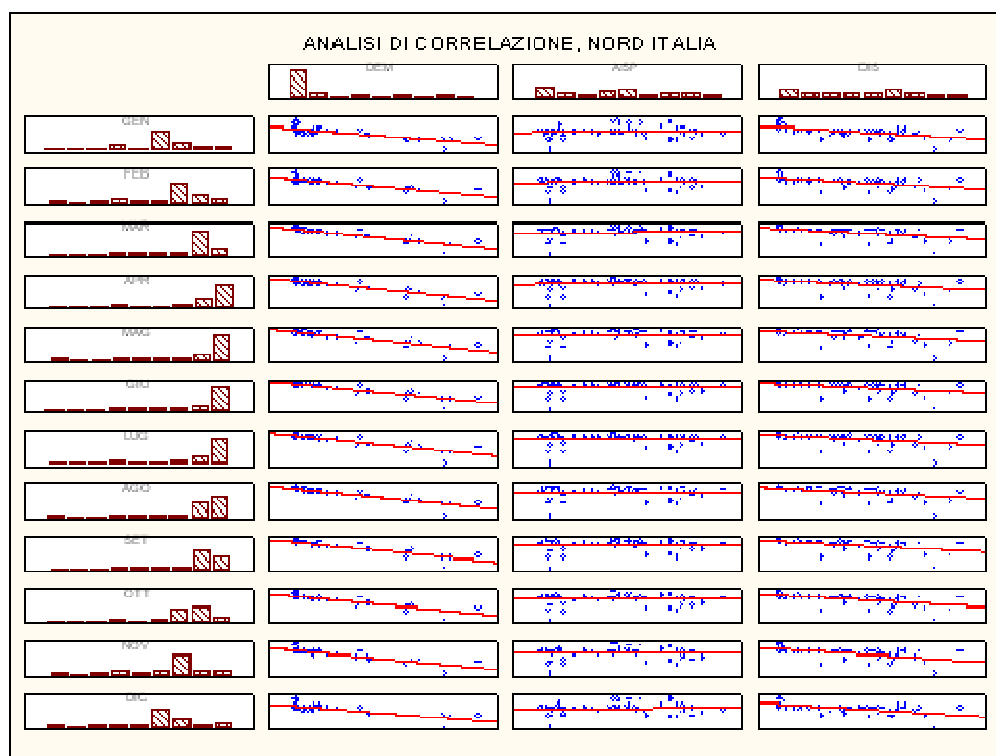


Figura 7.9: Analisi di correlazione per le stazioni della zona Nord tra le medie mensili climatologiche della temperatura e le tre variabili ausiliarie.

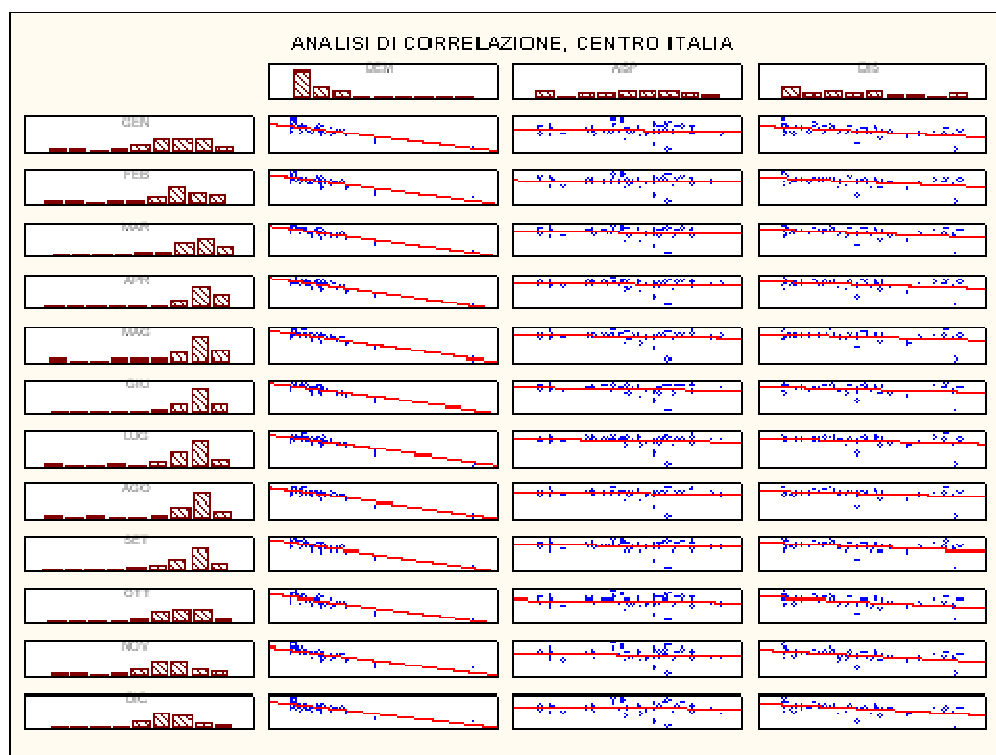


Figura 7.10: Analisi di correlazione per le stazioni della zona Centro tra le medie mensili climatologiche della temperatura e le tre variabili ausiliarie.

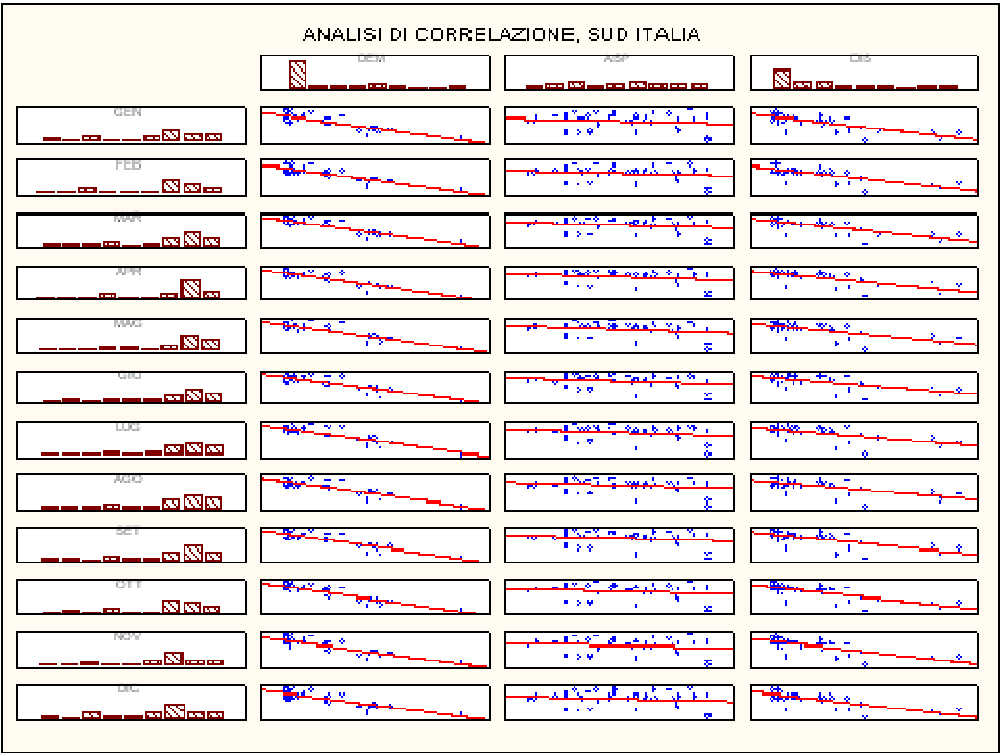


Figura 7.11: Analisi di correlazione per le stazioni della zona Sud tra le medie mensili climatologiche della temperatura e le tre variabili ausiliarie.

Infine si riportano in tabella 7.2 i gradi di correlazione ottenuti per le diverse zone geografiche e relativamente alle tre variabili ausiliarie considerate. Si evidenzia che si ottengono valori maggiori rispetto al caso precedentemente analizzato delle medie mensili climatologiche della precipitazione cumulata.

		MESE											
ZONA	DERIVA	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
NORD	DEM	-0.78	-0.87	-0.90	-0.91	-0.91	-0.91	-0.91	-0.91	-0.91	-0.89	-0.86	-0.78
	ESP	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.07
	DIST	-0.61	-0.57	-0.49	-0.45	-0.43	-0.42	-0.44	-0.48	-0.51	-0.58	-0.62	-0.63
CENTRO	DEM	-0.81	-0.86	-0.90	-0.92	-0.90	-0.90	-0.88	-0.89	-0.90	-0.87	-0.85	-0.81
	ESP	-0.06	-0.07	-0.10	-0.13	-0.16	-0.17	-0.16	-0.15	-0.12	-0.10	-0.08	-0.07
	DIST	-0.53	-0.47	-0.42	-0.38	-0.33	-0.33	-0.29	-0.35	-0.42	-0.50	-0.57	-0.57
SUD	DEM	-0.86	-0.88	-0.90	-0.90	-0.88	-0.87	-0.84	-0.85	-0.88	-0.89	-0.86	-0.85
	ESP	-0.16	-0.17	-0.19	-0.23	-0.25	-0.24	-0.23	-0.21	-0.20	-0.18	-0.17	-0.17
	DIST	-0.77	-0.76	-0.74	-0.72	-0.69	-0.64	-0.60	-0.63	-0.70	-0.73	-0.76	-0.77

Tabella 7.2: Grado di correlazione tra i valori delle medie mensili climatologiche della temperatura e le tre derive.

7.3 SELEZIONE DELLA TECNICA DI SPAZIALIZZAZIONE GEOSTATISTICA DA APPLICARE

In questa fase si è selezionata e poi applicata una tecnica di interpolazione di dati che permettesse di stimare i valori sull'intera area oggetto di studio. Ricordando che si voleva sperimentare una procedura che tenesse conto oltre che delle variabili principali anche di quelle secondarie, che finora nel progetto SIDES non erano state mai considerate, si restringeva di molto il gruppo di tecniche di interpolazione da poter utilizzare. Le principali tecniche geostatistiche che permettono di utilizzare il contributo, anche se in modo diverso, di variabili ausiliarie sono:

1. Cokriging
2. Collocated Cokriging
3. Kriging Universale
4. FAI-k
5. Kriging con deriva esterna

Le prime due tecniche si applicano in situazioni stazionarie mentre le ultime tre nei casi di non stazionarietà.

La possibilità di avere i valori delle tre variabili ausiliarie sull'intero territorio nazionale ha comportato l'esclusione del Cokriging che è preferibile ed indicato per essere utilizzato quando sono noti i valori delle variabili secondarie solo nei punti in cui è noto il valore della variabile primaria da stimare. Inoltre si è esclusa anche la tecnica del Collocated Cokriging poiché dovendo effettuare una stima su un territorio vasto e allo stesso tempo caratterizzato da una eterogeneità complessa risultava più opportuno utilizzare una tecnica applicabile in situazione di non stazionarietà. Delle restanti tre tecniche di interpolazioni dei dati si è esclusa anche quella del Kriging con deriva esterna essendo un caso particolare delle FAI-k poiché aggiunge, come già spiegato nel capitolo 4, al sistema relativo a quest'ultima solo una condizione in più.

La scelta tra le due tecniche di interpolazione si è basata a questo punto solo sulla disponibilità di un software che permettesse di elaborare la grande quantità di dati che si avevano a disposizione e che permettesse di utilizzare contemporaneamente più derivate esterne. In definitiva è stata selezionata una tecnica di interpolazione considerando le seguenti caratteristiche:

- efficacia nel descrivere il fenomeno;

- efficienza nell'ottenere l'analisi dal punto di vista del tempo da impiegare e delle risorse necessarie ad essa;
- disponibilità di programmi che permettano di effettuare la spazializzazione e tutte le fasi precedenti e successive ad essa;
- contesto operativo in cui si inserisce il metodo.

La scelta è quindi ricaduta su un programma inedito realizzato dal Prof. Giuseppe Raspa del Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali, delle Materie Prime e Metallurgia dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Tale programma utilizza la tecnica del Kriging Universale poiché modella il trend di dati filtrando la deriva e determinando il variogramma che viene, in questo caso, aggiustato automaticamente cosa questa che la maggior parte delle volte non avviene perché risulta molto difficile poiché la deriva maschera il variogramma comportando una distorsione dello stesso. Il variogramma totale è un variogramma del gruppo unbounded ossia non limitato poiché si è in condizioni di non stazionarietà ed è di ordine due poiché viene determinato ottimizzando la combinazione di due modelli: nugget e lineare.

Si ricorda che il modello nugget viene combinato con altri modelli per adattare il più possibile il variogramma sperimentale a quello teorico esprimendo la discontinuità del variogramma nell'origine.

Questo programma è stato realizzato per poter essere applicato in diverse condizioni ossia non utilizzando derivate esterne, utilizzandone una sola e nel caso in cui se ne vogliano utilizzare più di una contemporaneamente con un limite di cinque.

In ogni caso è costituito da due fasi principali, la prima costituisce le fondamenta della stima poiché consiste nella ottimizzazione della combinazione dei due modelli di variogramma attraverso la restituzione della migliore cross-validazione necessaria per valutare quando si è raggiunto l'ottimo. Tale prima fase restituisce in output due file, uno con i valori del nugget e della pendenza ossia i valori dell'equazione del variogramma ottimo, con il valore della deviazione standard e del valore dei punti di vicinaggio migliore da considerare e l'altro con i valori della cross-validazione, relativa alla migliore combinazione del variogramma, che permettono di confrontare i valori reali campionati da quelli degli stessi stimati. La cross-validazione viene calcolata per ogni valore del quale si aveva a disposizione il valore campionato dopo averlo escluso temporaneamente dall'insieme dei dati e stimando poi di nuovo il suo valore dai restanti dati usando l'algoritmo di riferimento.

La seconda fase del programma restituisce invece la stima dei valori sull'intera area oggetto dello studio ossia i risultati della spazializzazione. I file di output sono anche in questo caso due, uno inerente alla stima e uno alla varianza di stima che fornisce la precisione della stima effettuata.

7.4 IMPLEMENTAZIONE DEL SOFTWARE PER LA SPAZIALIZZAZIONE DEI DATI DELLE PRECIPITAZIONI CUMULATE E DELLE TEMPERATURE

Per poter applicare il software appena descritto nel paragrafo 7.3 precedente è stato necessario preparare e organizzare tutti i file di input secondo le modalità richieste ossia le grid relative alle tre derive esterne e alla booleana in formato Surfer e come file di testo i valori delle coordinate di riferimento con associati i valori puntuali delle variabili da stimare e dove necessario anche quelli delle derive in quei punti. Innanzitutto si è ritenuto opportuno svolgere delle prove per verificare se e in che modo l'utilizzo di derive esterne potesse migliorare la stima delle variabili oggetto di studio ed una volta ottenuti e confrontati tali risultati si è implementato il programma per stimare i valori sia delle precipitazioni cumulate che delle temperature per tutti i dodici mesi dell'anno.

Nei paragrafi 7.4.1 e 7.4.2 si spiegano nel dettaglio rispettivamente le procedure eseguite per le precipitazioni cumulate e quella delle temperature.

7.4.1 Stima delle precipitazioni cumulate

La prima variabile analizzata è stata quella della precipitazione cumulata della quale erano state precedentemente calcolate le medie mensili climatologiche relative al trentennio di riferimento 1961-1990. Si è considerata quindi la colonna dei dati relativi al mese di Gennaio e su di queste sono state effettuate alcune prove. Innanzitutto è stato eseguito il programma con tali valori e con quelli relativi alla prima deriva esterna considerata ossia il DEM. Tale prova ha comportato la necessità di effettuare alcune modifiche al programma relativo alla spazializzazione poiché il grande numero di stazioni di misura considerate (1538) comportava un'esecuzione del programma molto lunga quindi si è diminuito da una parte il numero dei punti che venivano analizzati per individuare il variogramma ottimo e dall'altra la cross-validazione è stata eseguita non per tutti i valori, ma solo su un 20% di essi. Si è ottenuta quindi la stima riportata in figura 7.12 che come appare evidente

presentava valori completamente sbagliati per gran parte della Sardegna e che in minor modo comportava una sovrastima di altre zone dell'Italia. Tali errori nel computo della stima sono stati analizzati per scoprire la provenienza e si è individuato che dipendevano dalla distribuzione non omogenea delle stazioni di misura presenti in Sardegna. Si è quindi deciso di eliminare la suddetta isola dallo studio per poi effettuare su di essa un'analisi più accurata e approfondita, in un secondo momento dopo aver concluso la tesi, e allo stesso tempo poter continuare lo studio sul resto dell'Italia.

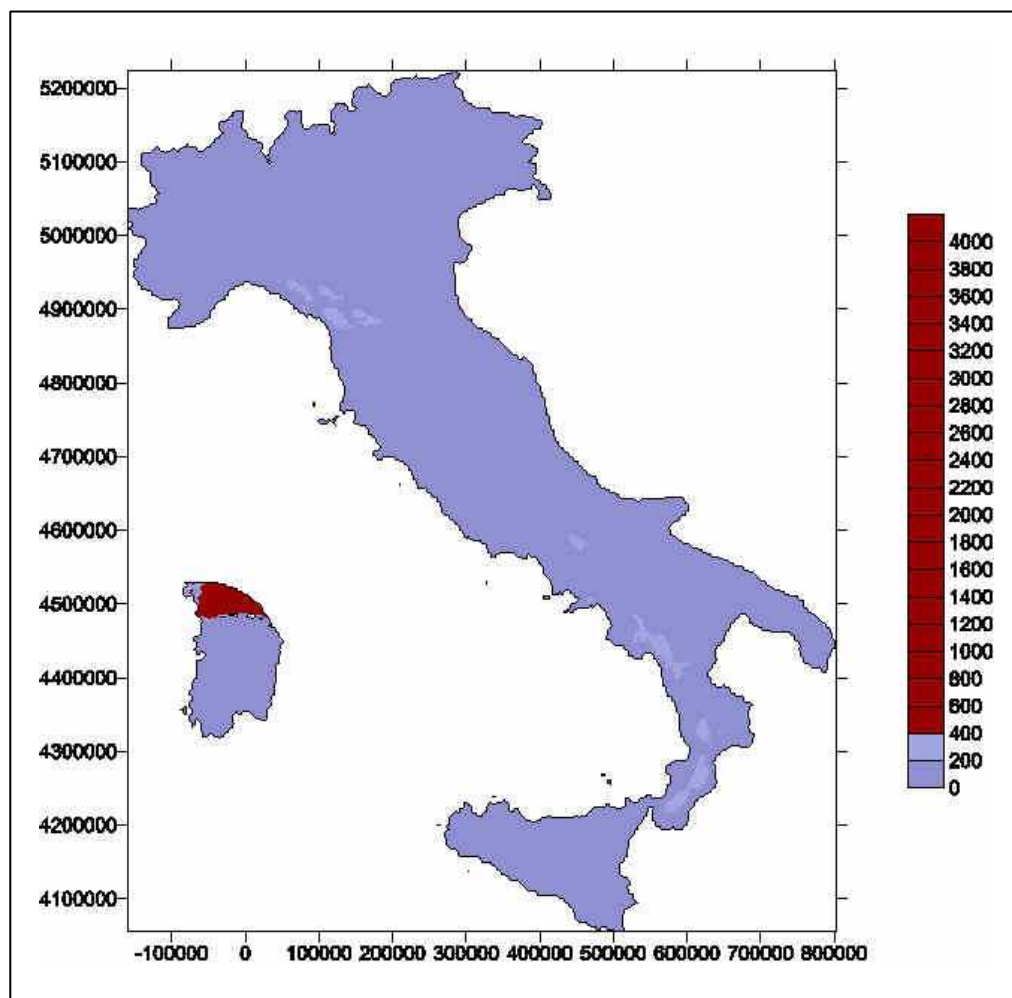


Figura 7.12: *Stima della media climatologica della precipitazione cumulata del mese di gennaio.*

Una volta aver deciso di eliminare dallo studio la Sardegna si sono ricostruite tutte le grid di input relative alle tre derivate esterne e i file di testo dai quali sono state eliminate le stazioni di misura situate in Sardegna. Si è implementato il programma sempre con i valori

relativi al mese di gennaio nel caso in cui non si utilizzava nessuna deriva esterna e nei tre in cui si utilizzavano le derivate esterne considerate singolarmente una alla volta.

In figura 7.13 si riportano i grafici relativi della cross-validazione dove appare evidente che non esiste nessuna sostanziale differenza tra la stima svolta senza deriva o con una delle tre derivate.

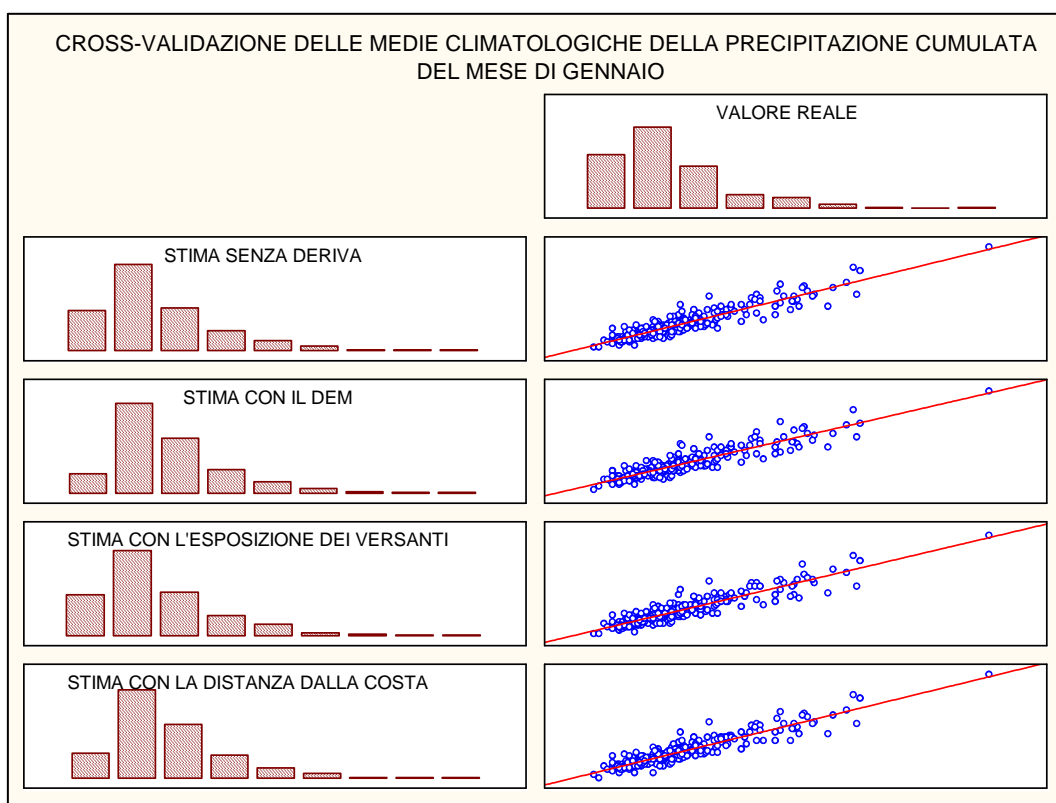


Figura 7.13: *Cross-validazione della media climatologica della precipitazione cumulata del mese di Gennaio.*

Inoltre se si confrontano i valori ottenuti per la deviazione standard si rileva un peggioramento se si utilizza il DEM, l'esposizione dei versanti o la distanza dalla costa come riportato nella tabella 7.3.

	SENZA DERIVA	DEM	ESPOSIZIONE	DISTANZA
DEVIAZIONE STANDARD	6.95	7.52	7.42	6.96

Tabella 7.3: *Valori della deviazione standard ottenuti nella stima delle precipitazioni cumulate del mese di gennaio.*

Per maggiore chiarezza si riportano in figura 7.14 anche le quattro mappe relative dove appare evidente che l'utilizzo di nessuna delle tre derive comporta miglioramento ed addirittura le stime con l'esposizione dei versanti e con la distanza dalla costa comportano degli errori in Sicilia poiché sottostimano una parte di essa presentando alcuni valori negativi.

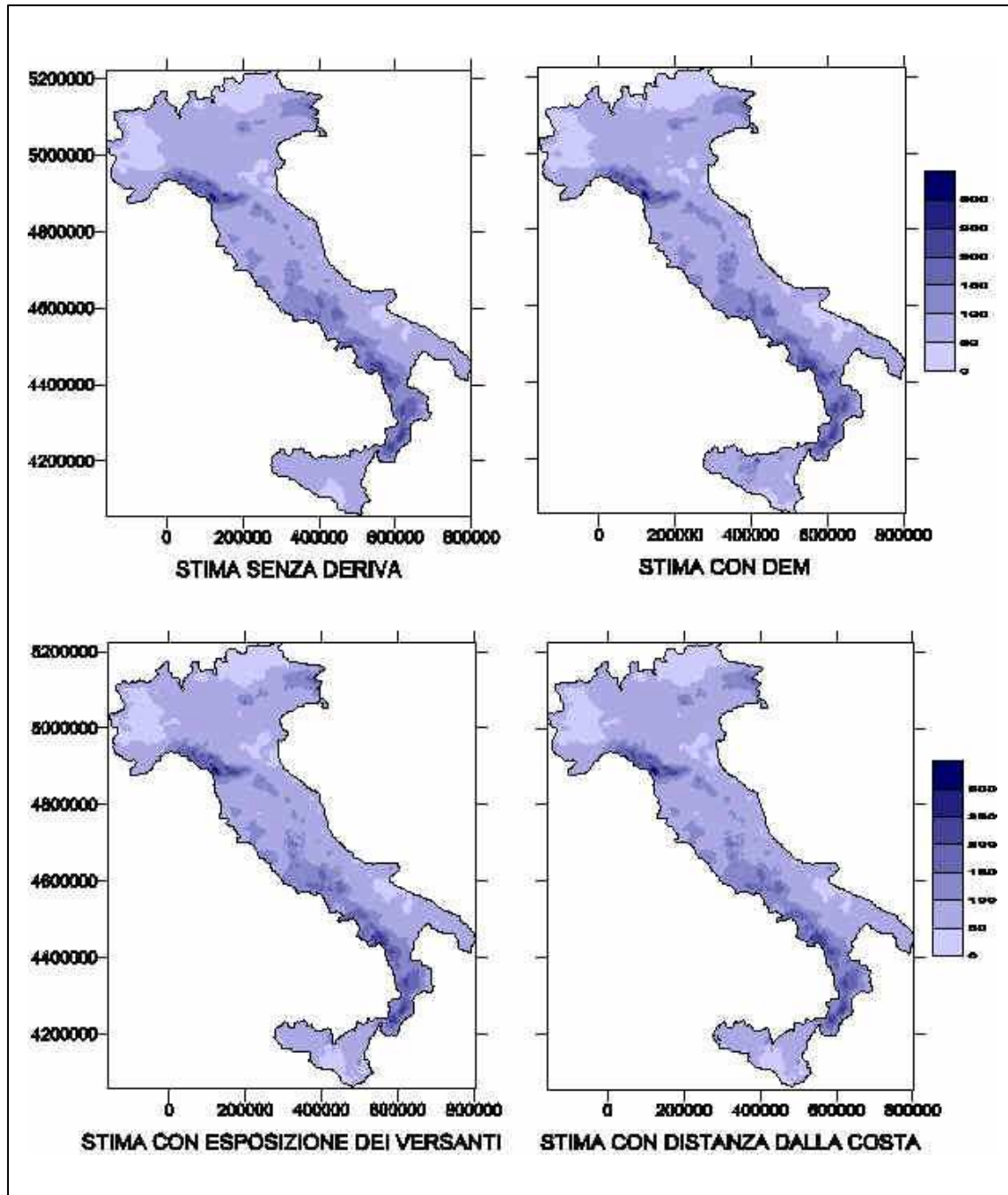


Figura 7.14: Stima della media climatologica della precipitazione cumulata del mese di gennaio con e senza derive esterne.

Avendo ottenuto tali risultati si è ritenuto di non utilizzare alcuna deriva esterna nella determinazione della stima delle precipitazioni cumulate poiché non avrebbero comportato alcun miglioramento. Si è implementato quindi il programma per ognuno dei dodici mesi dell'anno ottenendo le seguenti cross-validazioni riportate nelle figure 7.15-7.26.

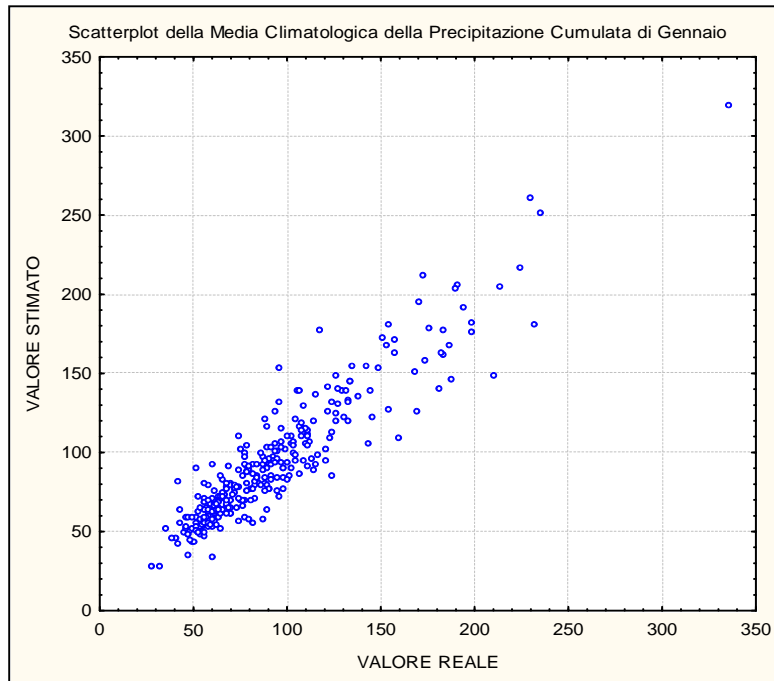


Figura 7.15: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Gennaio.*

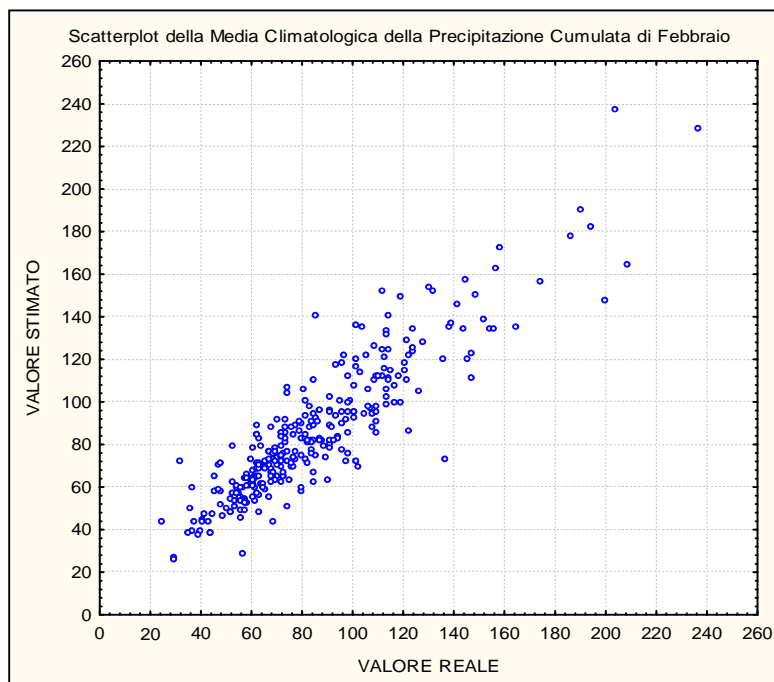


Figura 7.16: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Febbraio.*

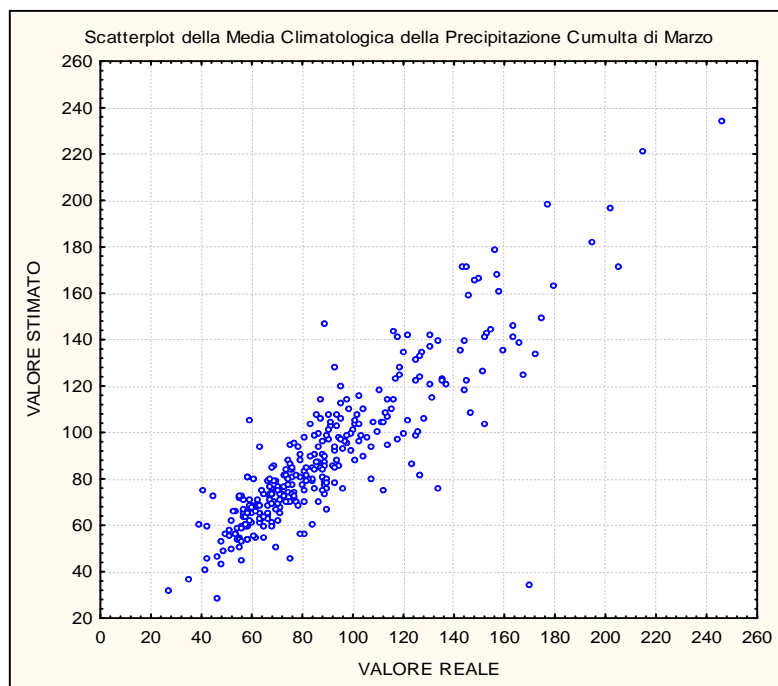


Figura 7.17: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Marzo.*

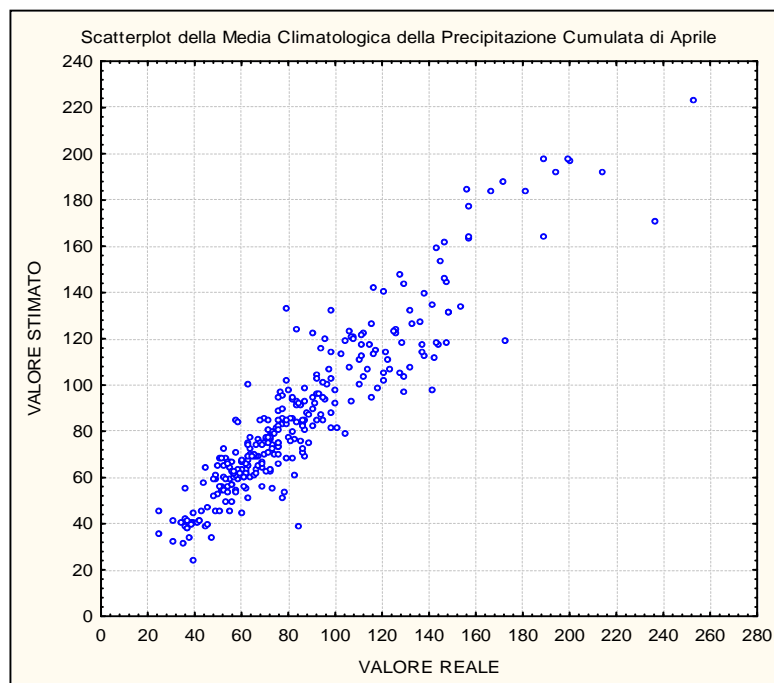


Figura 7.18: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Aprile.*

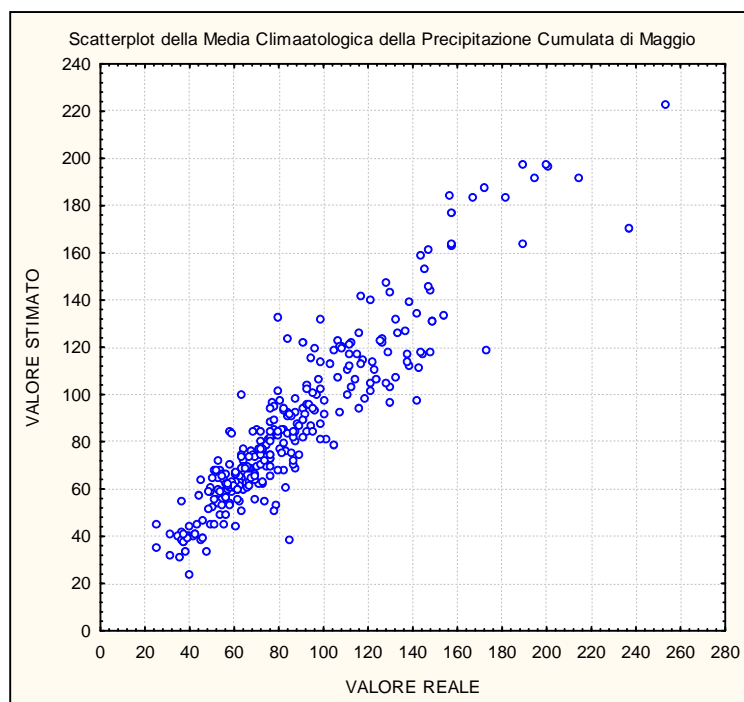


Figura 7.19: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Maggio.*

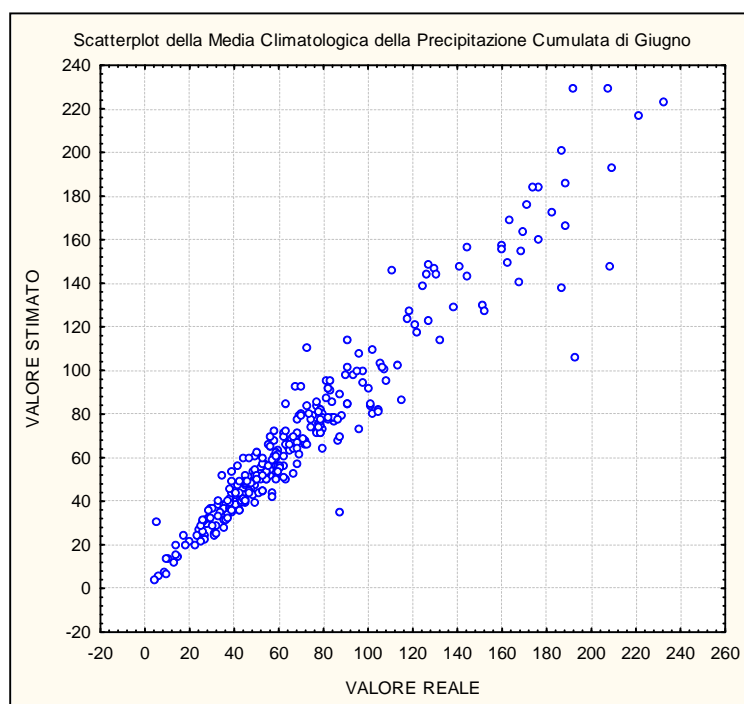


Figura 7.20: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Giugno.*

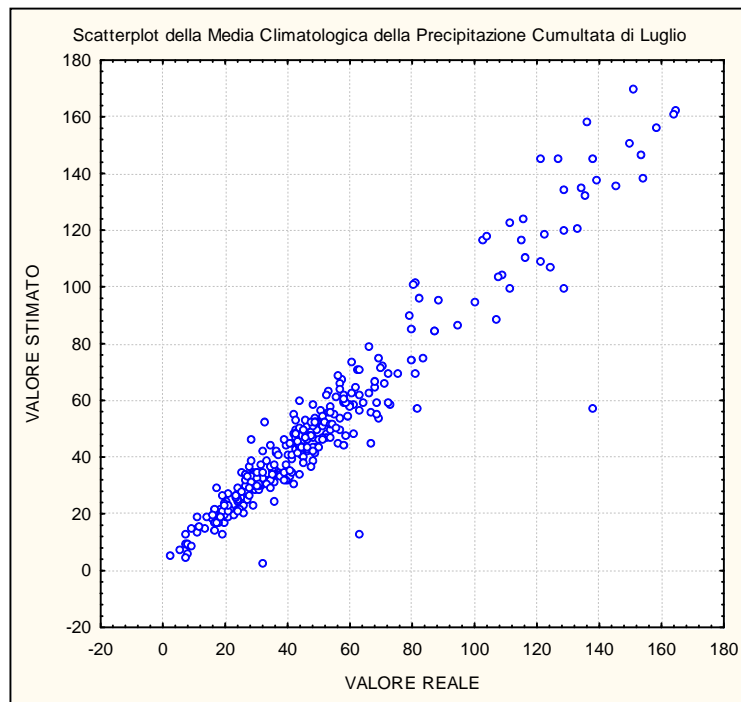


Figura 7.21: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumultata del mese di Luglio.*

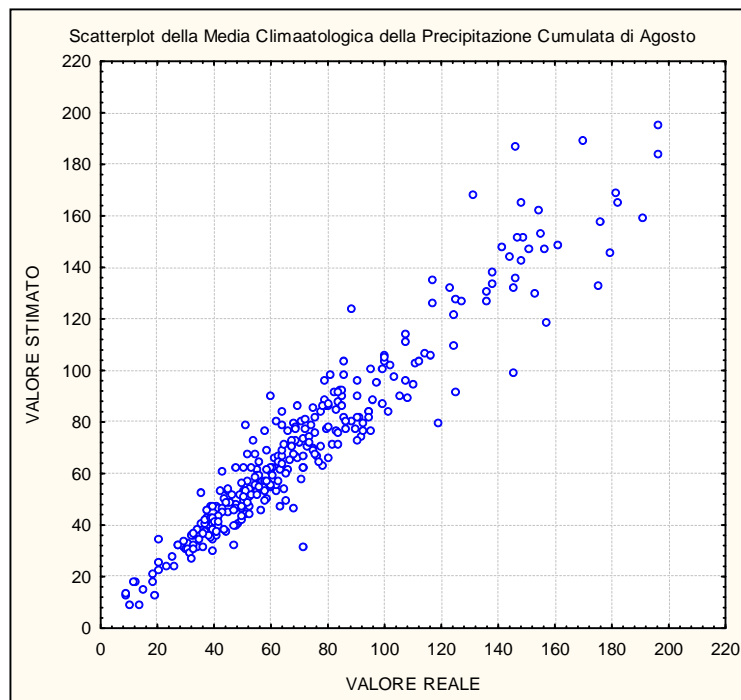


Figura 7.22: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Agosto.*

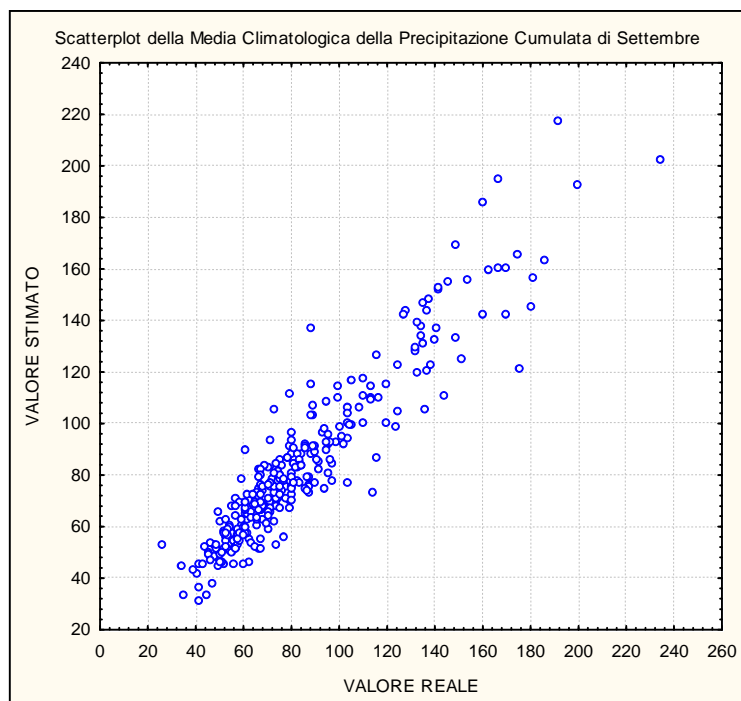


Figura 7.23: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Settembre.*

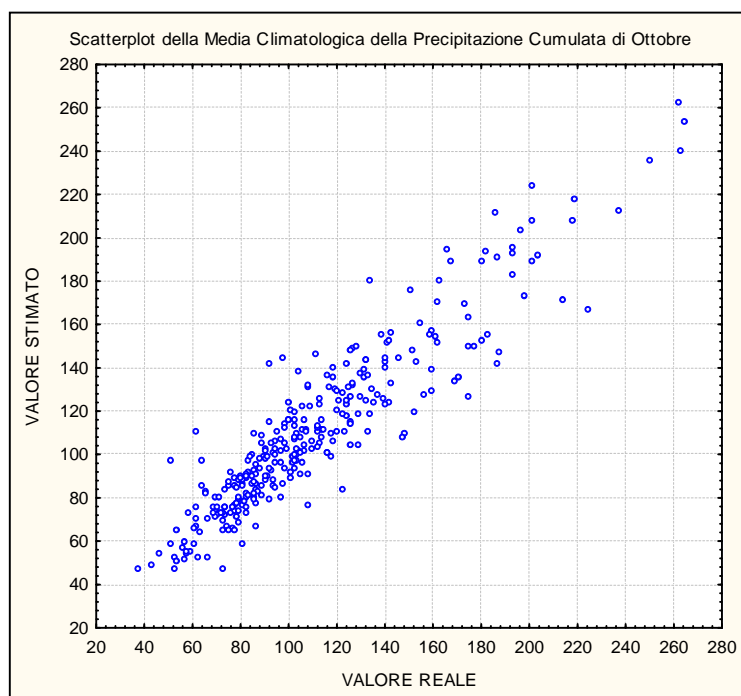


Figura 7.24: *Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Ottobre.*

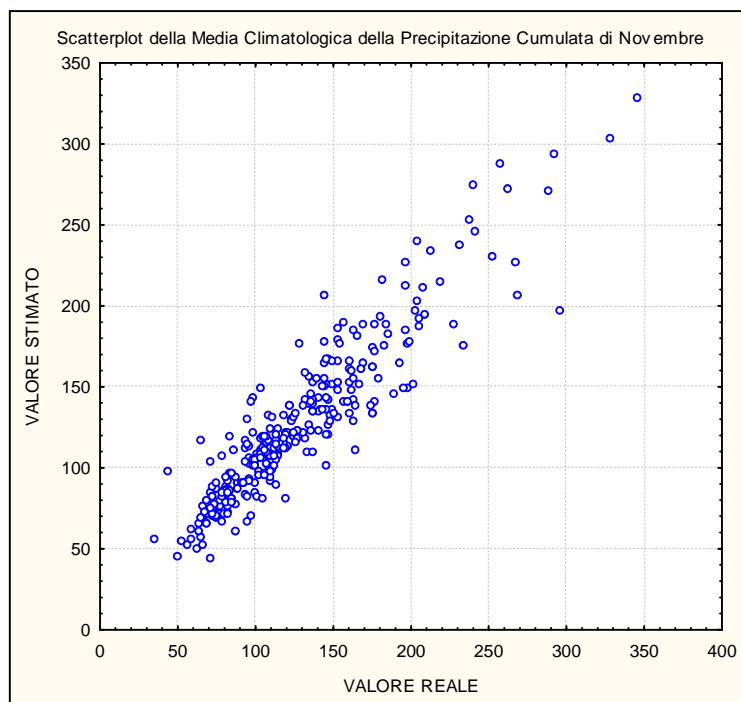


Figura 7.25: Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Novembre.

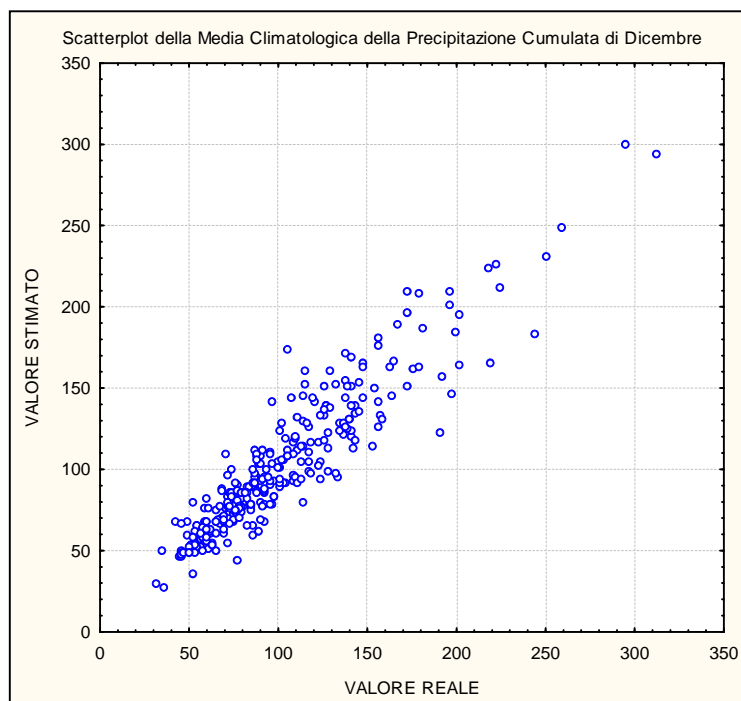


Figura 7.26: Scatterplot della media climatologica della Precipitazione cumulata del mese di Dicembre.

Gli scatterplot appena illustrati nelle figure 7.15-7.26 risultano abbastanza simili tra loro anche se giustamente variano nell'arco dei dodici mesi analizzati. Si ricorda che tali scatterplot sono il risultato di un'analisi eseguita solo sul 20% dei dati di input poiché in tal modo si diminuiva moltissimo il tempo di esecuzione del programma e comunque prima di prendere una tale decisione si è eseguita per verifica una cross-validazione completa notando che si ottenevano risultati simili ossia la nuvola dello scatterplot seguiva comunque lo stesso andamento sebbene si riscontrava un giusto incremento nei valori della deviazione standard.

Nelle figure 7.27 e 7.28 si riportano le mappe relative ai dodici mesi suddivise in due gruppi che caratterizzano la variabilità stagionale delle precipitazioni cumulate ottenute dalla spazializzazione dei valori delle medie climatologiche riferite al trentennio 1961-1990. Le mappe inizialmente ottenute dal programma di spazializzazione si presentavano in formato grid ($3 \times 3 \text{Km}^2$) leggibile dal programma Surfer così è stato necessario trasformarle nel formato sempre grid per poterle visualizzare attraverso strumenti GIS che permettevano di effettuare le altre operazioni necessarie per raggiungere l'obiettivo della tesi stessa. Per facilità di lettura delle mappe stesse, sono state riclassificate seguendo la stessa legenda, riportata per ognuno dei due gruppi nelle rispettive figure, nella quale sono stati riportati il valore maggiore tra i minimi e tra i massimi presenti nell'arco dell'anno.

Per i mesi invernali si evidenzia una piovosità maggiore sull'arco appenninico con i valori più alti in una area ristretta della Toscana dovuti ai valori di input stessi. Per quanto riguarda l'arco alpino si riscontrano invece i valori più alti man mano che si avvicina il periodo estivo caratterizzato appunto dai valori maggiori in questa area. Il periodo estivo è caratterizzato da vaste aree nelle quali le precipitazioni assumono valori molto bassi e spesso anche nulli soprattutto dal centro al sud Italia. Il mese in assoluto più magro di piogge è risultato Luglio, mentre il più piovoso Novembre. La regione meno piovosa nell'arco di tutto l'anno è la Sicilia che per molti mesi fornisce valori bassissimi.

Concludendo si può affermare che i valori stimati attraverso tale tecnica di interpolazione hanno fornito risultati buoni soprattutto se confrontati con altri lavori svolti sulla stessa area e alla stessa scala come ad esempio le mappe, che è possibile consultare sul web, del sistema SCIA. Inoltre i valori stimati escludendo la Sardegna raggiungono livelli massimi di pioggia congruenti per essere comunque valori mensili.

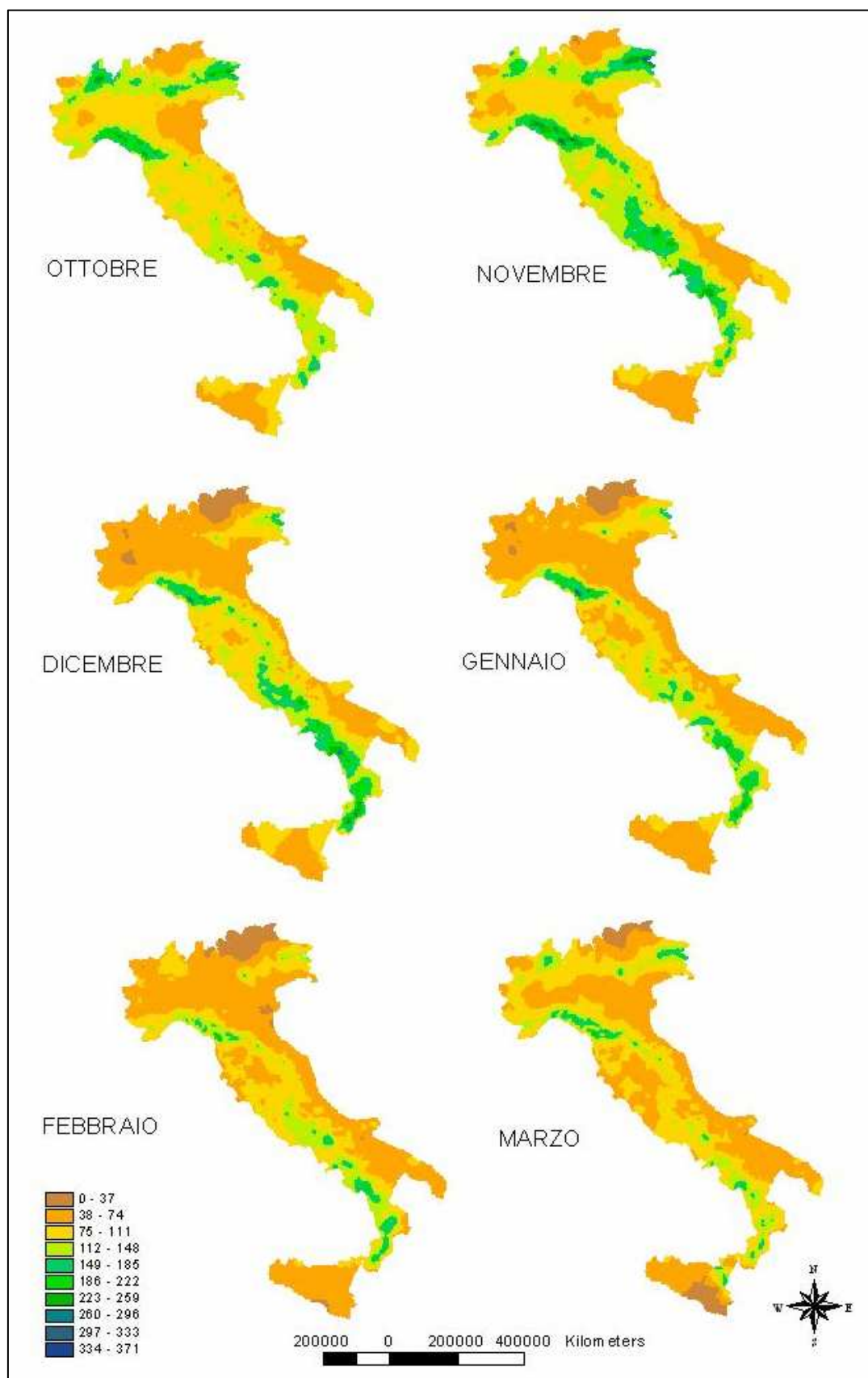


Figura 7.27: *Stima della media climatologica della precipitazione cumulata dei mesi “invernali”.*

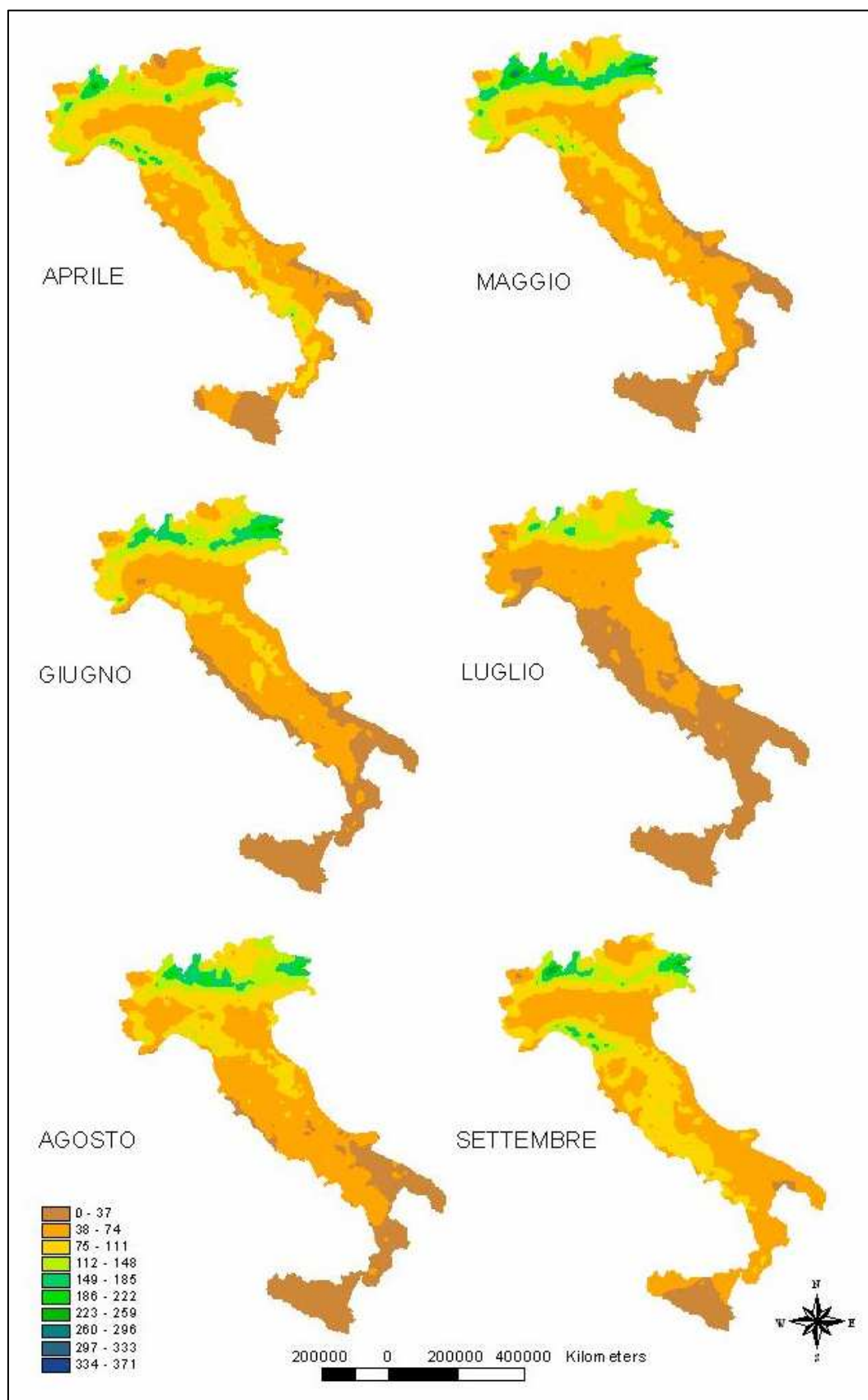


Figura 7.28: Stima della media climatologica della precipitazione cumulata dei mesi “estivi”.

7.4.2 Stima delle temperature

Per quanto riguarda la stima dei valori delle temperature è stata applicata la stessa procedura già discussa per le precipitazioni partendo innanzitutto dall'esclusione della Sardegna per mantenersi conforme allo studio già svolto per esse considerando il fatto che entrambe le variabili verranno utilizzate per le elaborazioni successive atte alla costruzione dell'indice di aridità. Anche in questo caso è stato necessario preparare i file di testo per ogni mese dell'anno dei valori delle coordinate delle stazioni di misura con associati i relativi valori delle medie climatologiche delle temperature, mentre per quanto riguarda le grid di input delle derive esterne e della booleana sono state utilizzate quelle già preparate per le precipitazioni cumulate essendo sempre le stesse. Una volta ottenuti i file di input si è effettuata una prova considerando i valori del mese di gennaio nel caso in cui si utilizzava o no una o più derive esterne. Per le temperature a differenza delle precipitazioni la cross-validazione è stata fatta eseguire per tutti i valori poiché in questo caso si aveva un numero di stazioni di misura (138) molto inferiore al precedente. In figura 7.29 si riportano i grafici relativi alla cross-validazione per i quattro casi analizzati dai quali emerge, osservando che la nuvola dello scatterplot è molto più addensata sulla retta inclinata a circa 45° rispetto agli altri casi, un netto miglioramento utilizzando come deriva esterna il DEM confermato anche dai valori della deviazione standard mostrati in tabella 7.4 per i quali il valore relativo al DEM è molto minore degli altri quindi la stima dei valori è prossima ai valori reali. Per quanto riguarda l'esposizione dei versanti anche in questo caso non si è riscontrato nessun miglioramento rispetto al caso di stima senza l'utilizzo di alcuna deriva esterna infatti le due nuvole sono praticamente identiche e il valore della deviazione standard risulta addirittura maggiore di quello ottenuto implementando la stima senza alcuna deriva esterna. Un leggerissimo miglioramento dello scatterplot si nota con l'utilizzo della distanza dalla costa, ma è talmente piccolo che se venisse utilizzata anche insieme al DEM non apporterebbe nessun miglioramento visibile considerando anche che il valore della deviazione standard si discosta pochissimo dal caso in cui non venga utilizzata nessuna deriva esterna a differenza del valore di stima ottenuto usando le informazioni del DEM. Si è deciso quindi di utilizzare come deriva esterna solo l'informazione ausiliaria relativa al DEM e quindi alle quote del terreno sul livello del mare.

Per facilità di comprensione dei concetti appena esposti si riportano in figura 7.30 le mappe relative alle stime ottenute senza l'utilizzo di alcuna deriva esterna e quelle con le

tre derive applicate separatamente. Dall’analisi di queste ultime emerge ancora una volta il miglioramento netto che comporta l’utilizzo del DEM a significare la stretta correlazione esistente tra le temperature e le quote sul livello del mare anche nel caso di studi a scala globale cosa che invece non si era riscontrata nel caso delle precipitazione dove probabilmente esiste una correlazione solo a livello locale.

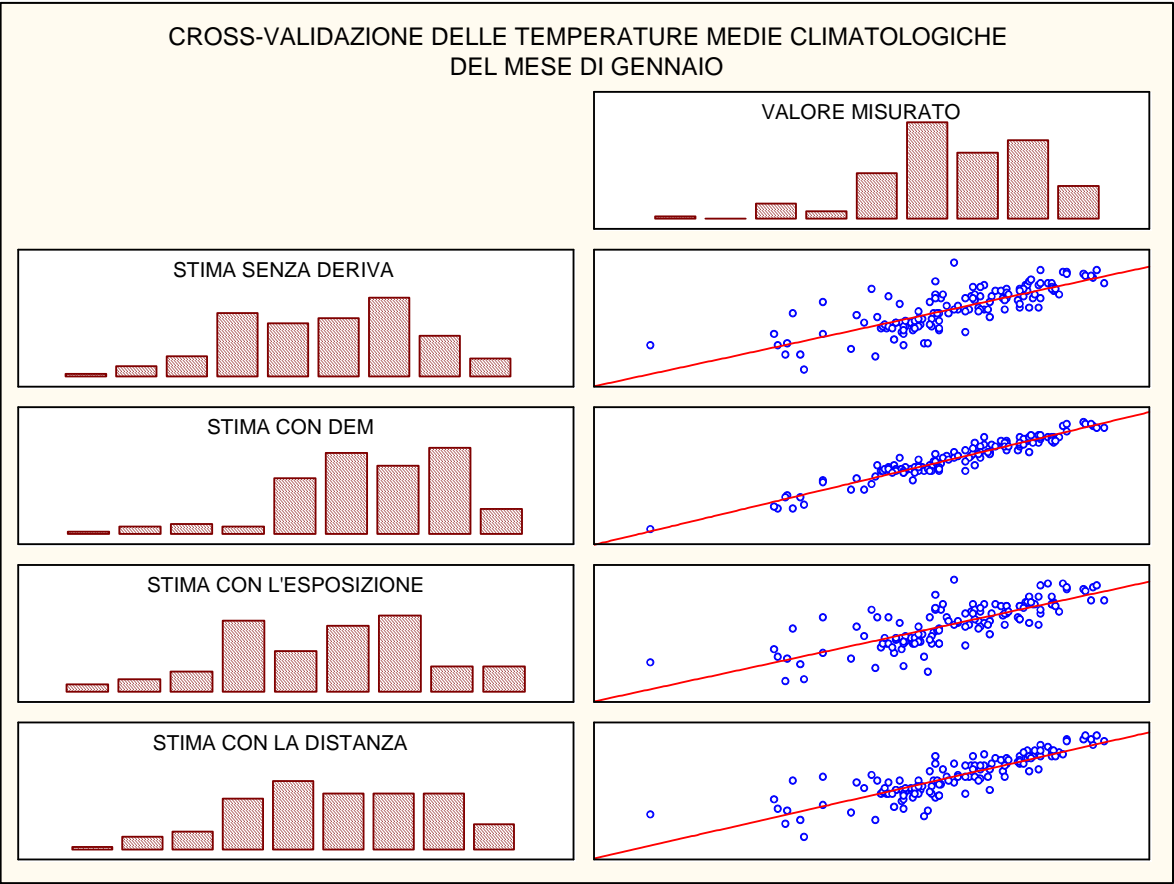


Figura 7.29: Cross-validazione della media climatologica della temperatura del mese di Gennaio.

	SENZA DERIVA	DEM	ESPOSIZIONE	DISTANZA
DEVIAZIONE STANDARD	2.58	1.62	2.62	2.18

Tabella 7.4: Valori della deviazione standard ottenuti nella stima delle temperature medie del mese di Gennaio.

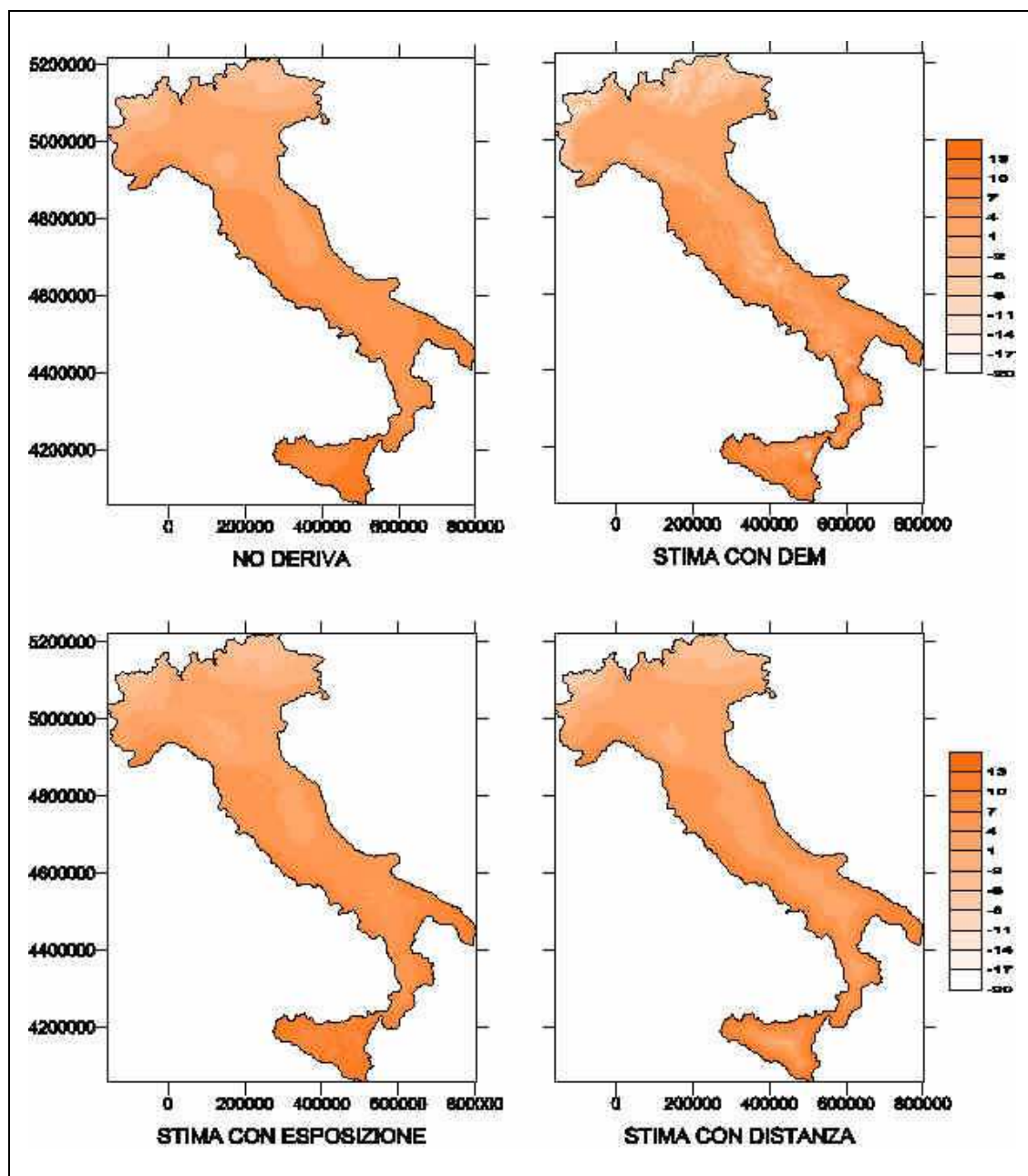


Figura 7.30: *Stima della media climatologica della temperatura del mese di Gennaio con e senza derivate esterne.*

Stabilita la metodologia da applicare alle temperature si è implementato il programma per effettuare la spazializzazione dei dati tenendo in considerazione la deriva esterna relativa al DEM.

Nelle figure 7.31-7.42 si riportano i grafici dei risultati delle cross-validazioni ottenute applicando la tecnica di spazializzazione per evidenziare il rapporto tra il valore reale e quello stimato.

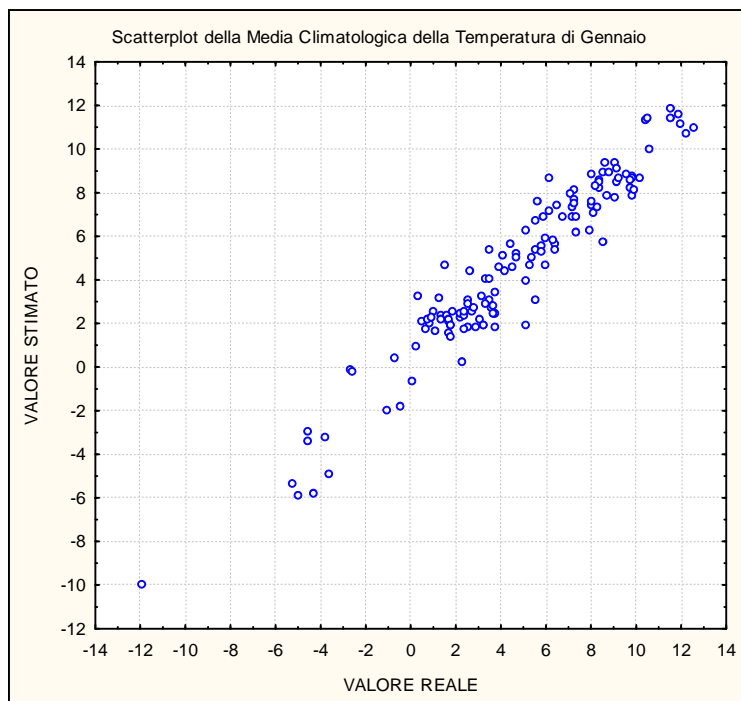


Figura 7.31: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Gennaio.*

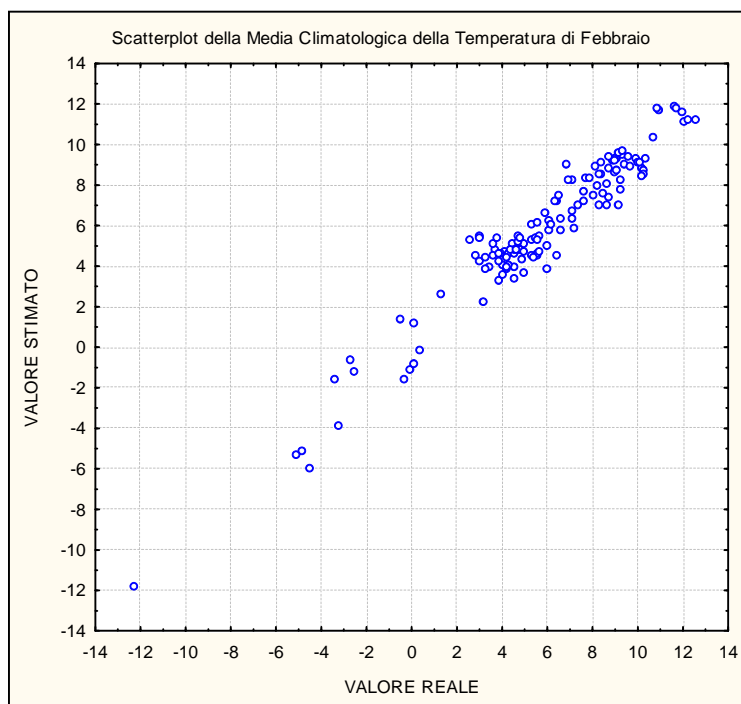


Figura 7.32: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Febbraio.*

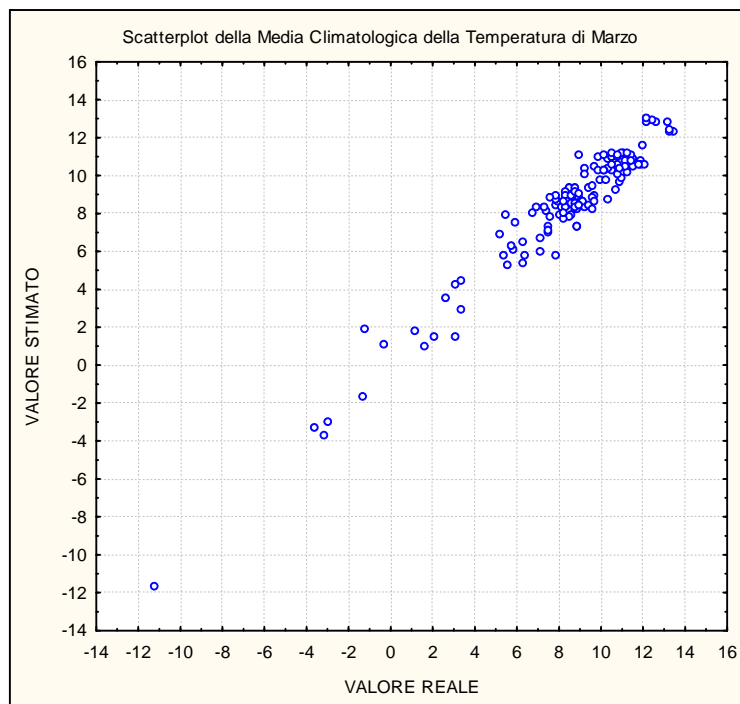


Figura 7.33: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Marzo.*

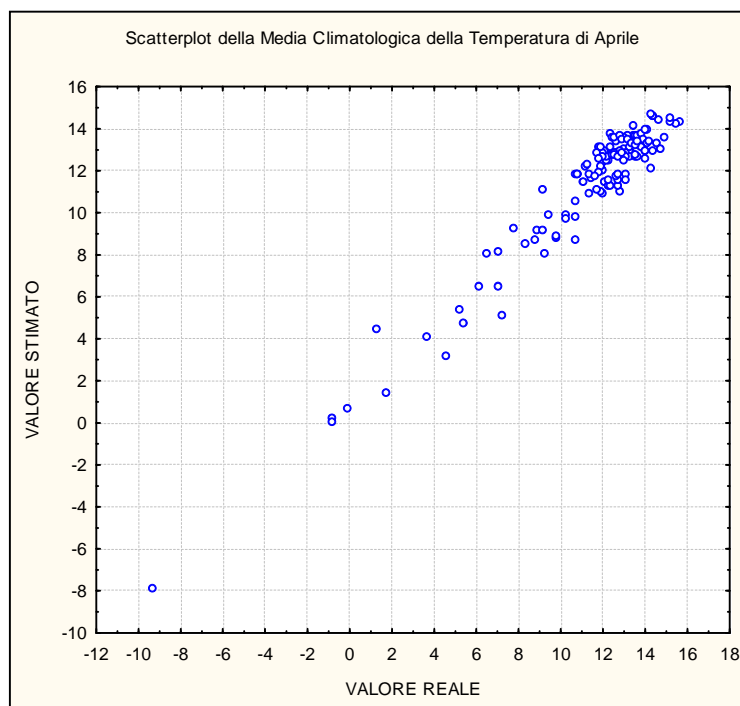


Figura 7.34: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Aprile.*

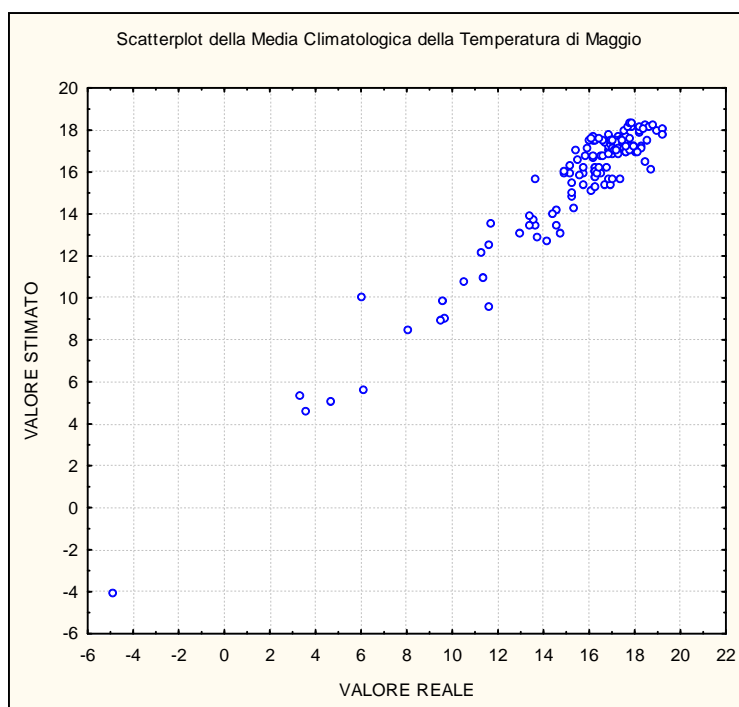


Figura 7.35: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Maggio.*

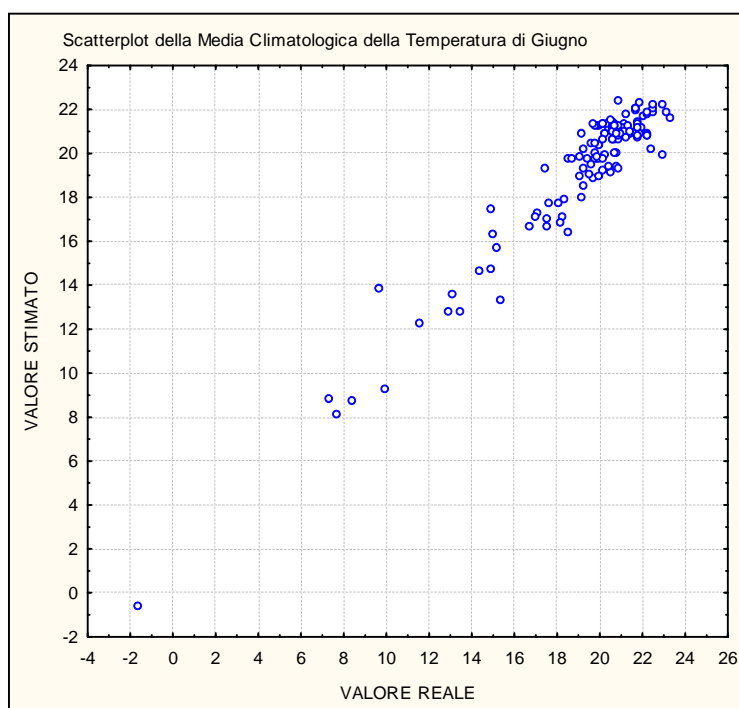


Figura 7.36: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Giugno.*

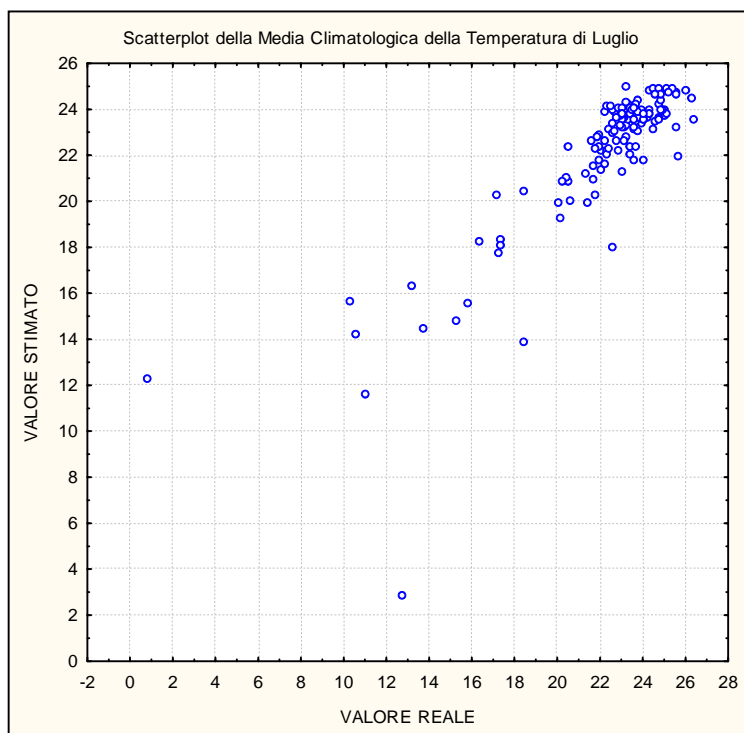


Figura 7.37: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Luglio.*

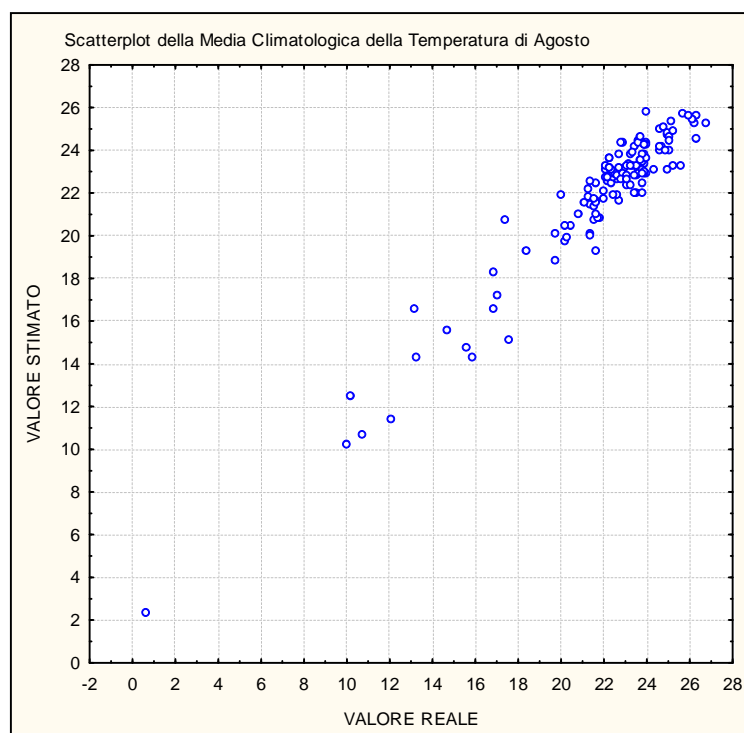


Figura 7.38: *Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Agosto.*

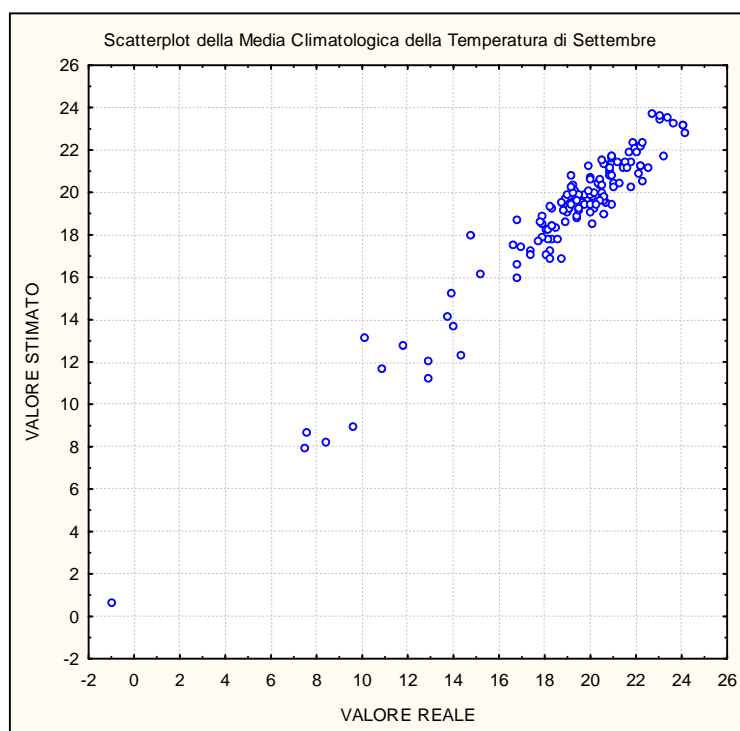


Figura 7.39: Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Settembre.

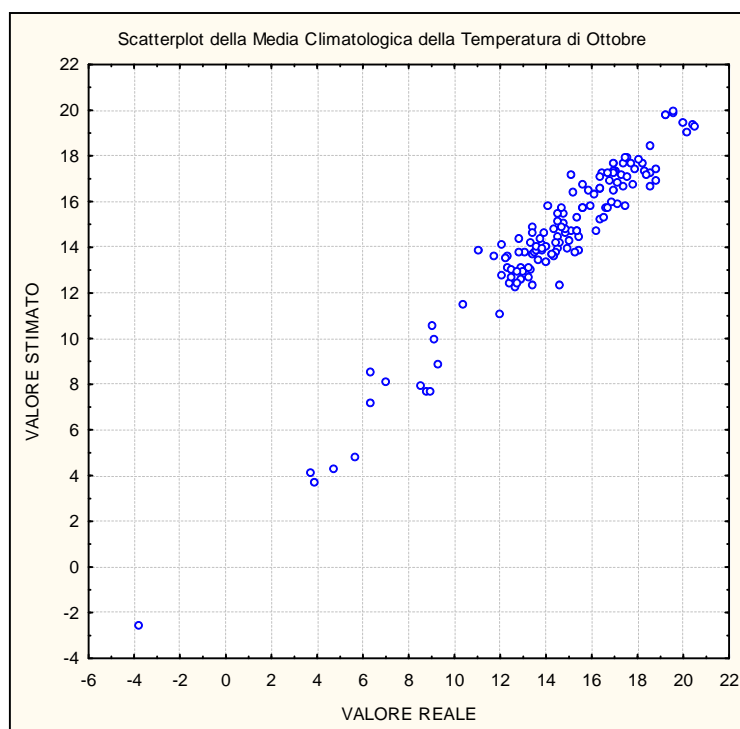


Figura 7.40: Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Ottobre.

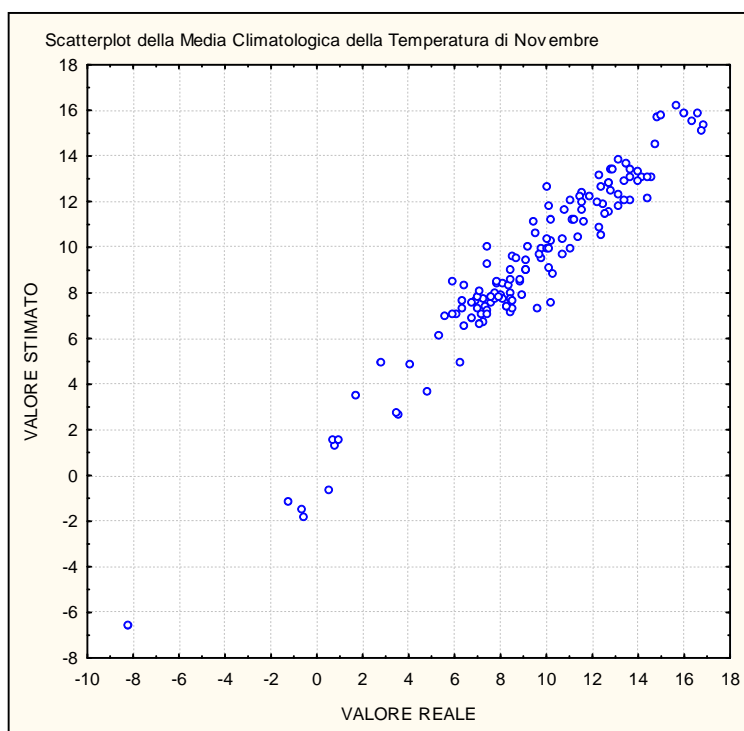


Figura 7.41: Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Novembre.

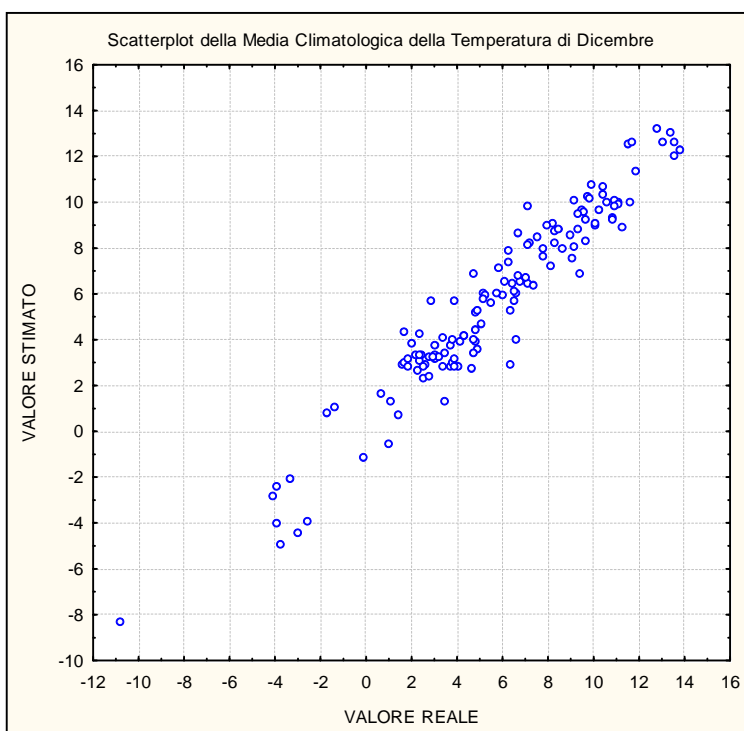


Figura 7.42: Scatterplot della media climatologica della Temperatura del mese di Dicembre.

Analizzando i grafici rappresentanti gli scatterplot della cross-validazione non si sono riscontrate anomalie anzi risultano tutti molto buoni ad eccezione di due valori del mese di Luglio corrispondenti alle stazioni di misura 621 e 957 collocate rispettivamente alla quota 1841 e 2257. Il valore della prima stazione è sovrastimato, mentre quello relativo alla seconda è sottostimato. Si ritiene che il valore della stazione 621 possa essere non corretto poiché risulta il minore del mese di Luglio e comunque molto inferiore rispetto a quelli misurati nelle stazioni collocate a quote molto prossime.

Infine si riportano, raggruppate per considerare la variabilità stagionale nelle figure 7.43 e 7.44, le mappe delle stime ottenute implementando il software che permette di spazializzare i dati utilizzando le informazioni derivanti dal DEM. Si ricorda che anche in questo caso come già svolto per le precipitazioni è stato necessario trasformare le grid dal formato surfer a quello GIS per poter effettuare le elaborazioni successive. Inoltre per rendere più leggibili e confrontabili i valori stimati delle mappe sono state tutte riclassificate utilizzando la stessa legenda, riportata in entrambe le figure, per tutti i mesi dell'anno e caratterizzata da un valore minimo di -17° e uno massimo di 26° .

Nella figura 7.43 sono riportate le mappe relative ai mesi invernali dove si riscontrano per quelli più freddi (dicembre, gennaio e febbraio) temperature in media prossime allo zero gradi. Il mese più freddo è Gennaio dove si raggiungono le temperature più basse di tutto l'anno sull'arco alpino e appenninico. Il valore minore di temperatura stimato è di -17° raggiunto in una località collocata ad una quota elevatissima.

Per quanto riguarda i mesi estivi riportati nella figura 7.44 i mesi che presentano le temperature maggiori sono Luglio e Agosto. Il valore medio climatologico stimato più alto è di 26° ed è raggiunto nel mese di Agosto. Nei mesi più caldi le temperature variano tra un range di $20-26^{\circ}$ nella maggior parte del territorio Italiano ad esclusione dell'arco alpino e appenninico che anche nei mesi estivi sono caratterizzati da temperature minori comprese in un intervallo tra i $5-16^{\circ}$.

E' interessante osservare come in Sicilia le uniche temperature a mantenersi basse siano quelle della zona dell'Etna a prova che le informazioni del DEM hanno contribuito a stimare bene i valori delle temperature poiché esisteva una forte correlazione tra di esse.

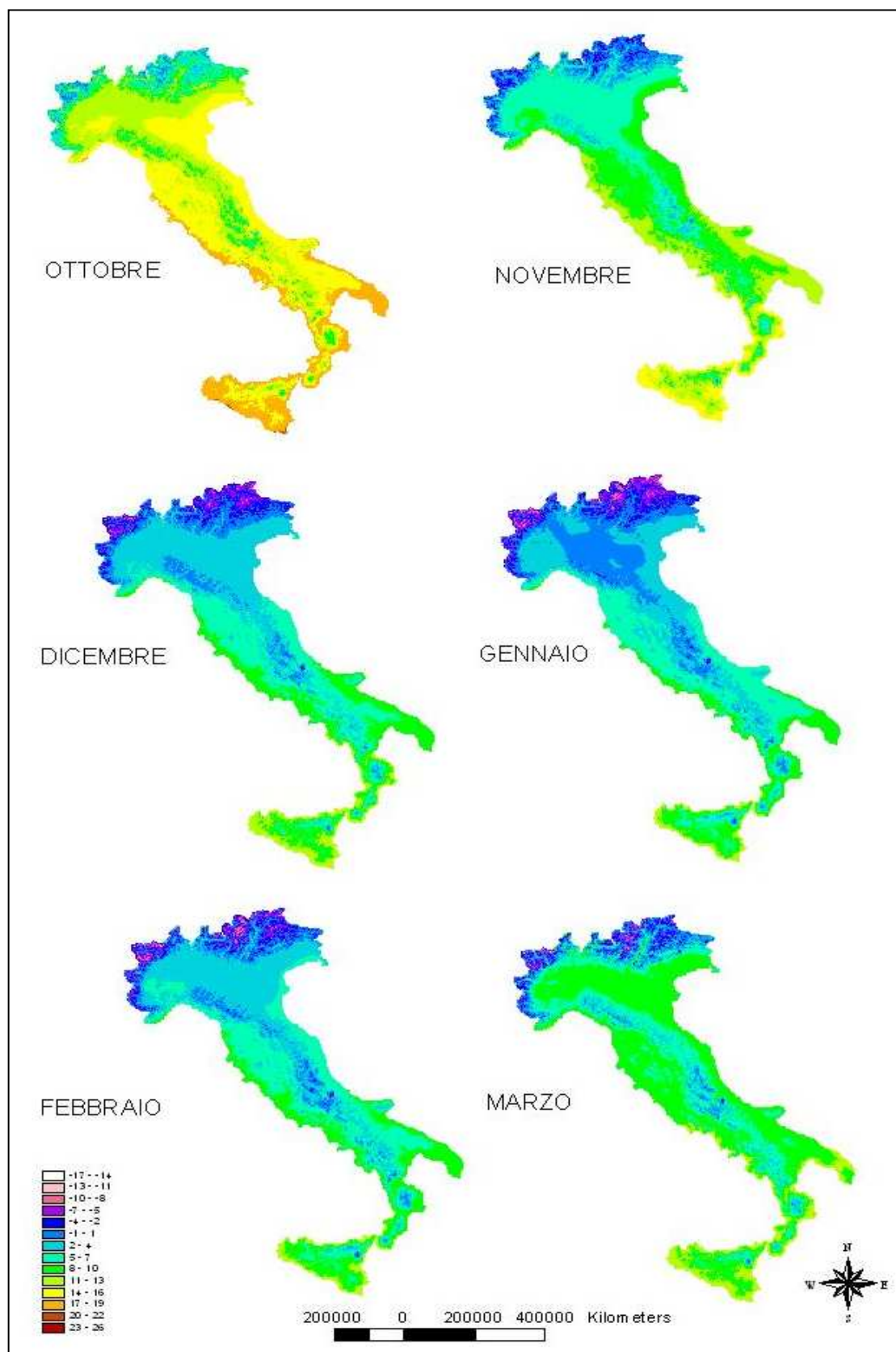


Figura 7.43: *Stima della media climatologica della Temperatura relativa ai mesi “invernali”.*

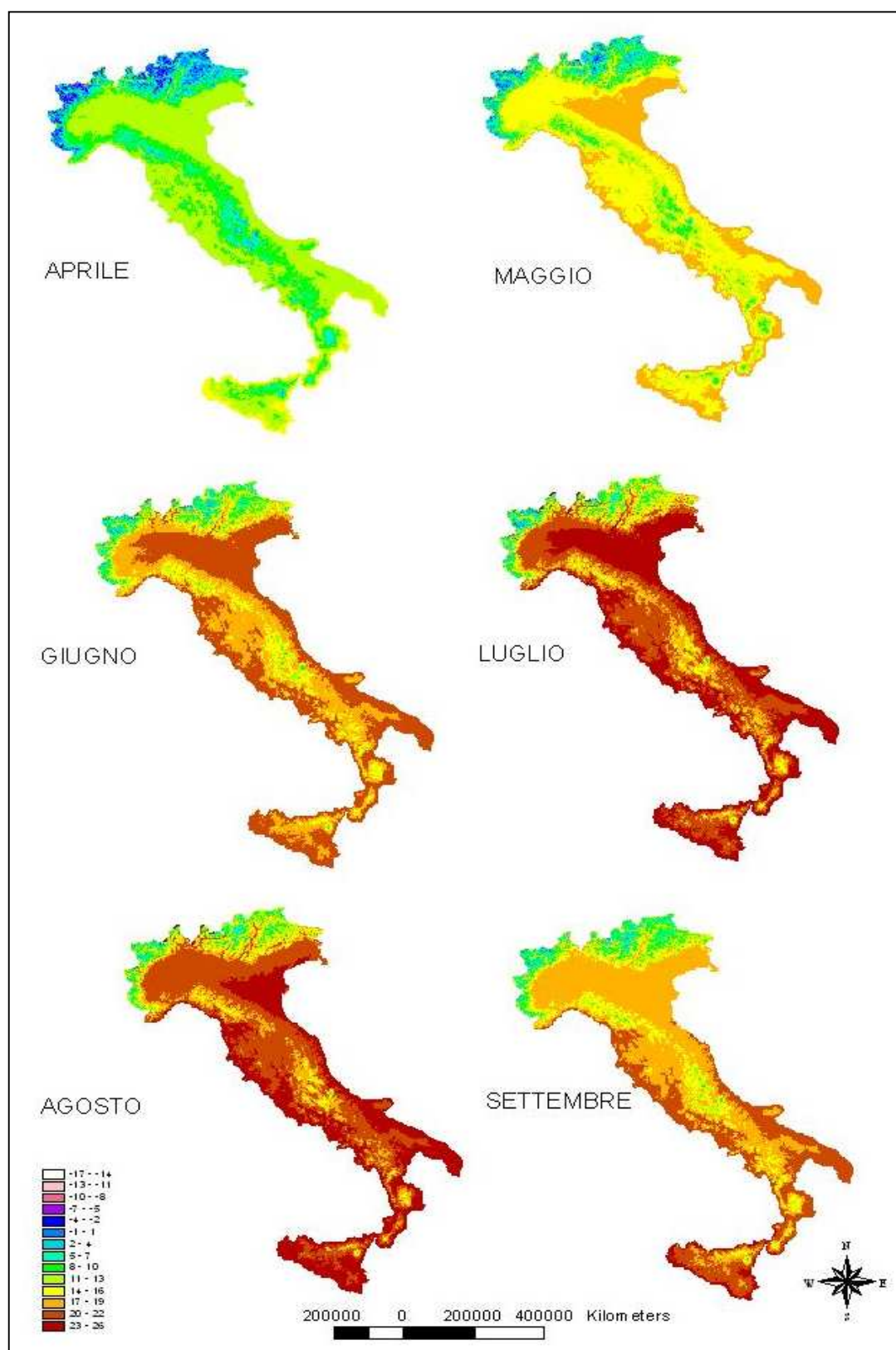


Figura 7.44: *Stima della media climatologica della Temperatura relativa ai mesi “estivi”.*

CAPITOLO 8

ELABORAZIONI FINALI PER LA DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI ARIDITA'

In questo capitolo si spiega nel dettaglio come, una volta eseguita la spazializzazione dei dati ed ottenute le 12 mappe mensili sia delle precipitazioni cumulate che delle temperature, si è proceduto nel determinare la mappa dell'indice di aridità attraverso la formulazione proposta dall'UNEP e calcolando dapprima l'evapotraspirazione potenziale necessaria per la sua applicazione. Alla fine del capitolo si determinano altre mappe dell'indice di aridità applicando altre formulazioni, tra quelle già riportate e ampiamente discusse nel capitolo 2, con il fine di confrontare i risultati ottenuti.

8.1 PROCEDURA APPLICATA PER DETERMINARE L'INDICE DI ARIDITA' (UNEP)

In questo paragrafo si illustra, attraverso un diagramma di flusso riportato in figura 8.1, la procedura applicata per determinare l'indice di aridità. Ricordando che la formulazione scelta per il calcolo dell'indice di aridità è la (2.9), che è stata adottata dalla Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla Siccità e alla Desertificazione, è stato necessario elaborare ed eseguire tutte le procedure finora riportate per determinare i parametri di cui è funzione: precipitazione annua e evapotraspirazione potenziale annua. Elaborate le 12 mappe della precipitazione cumulata mensili si determina quella annuale sommandole. Note le 12 mappe della temperatura media mensile si calcolano le corrispondenti mappe dell'evapotraspirazione potenziale mensile, tramite la formulazione di Thornthwaite, attraverso le quali poi si determinerà quella annuale sommandole o in alternativa è possibile applicare la formulazione di Langbein che fornisce invece direttamente l'evapotraspirazione potenziale annua. In tal modo si avranno tutti gli elementi necessari per determinare l'indice di aridità che produrrà la mappa con tutte le informazioni necessarie per poter individuare le aree del territorio Italiano affette dalla aridità,

componente questa tra quelle principali che contribuiscono maggiormente all'avanzamento del processo di desertificazione.

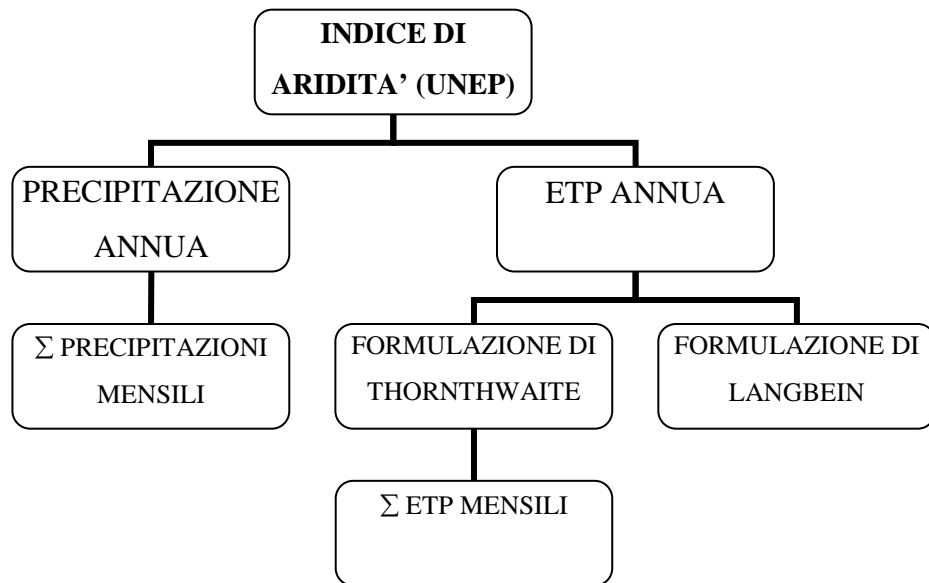


Figura 8.1: *Diagramma della procedura applicata per determinare l'indice di aridità.*

8.2 ELABORAZIONI PER DETERMINARE L'EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE ANNUA

Di fondamentale importanza per determinare l'indice di aridità è l'evapotraspirazione potenziale, che contribuisce molto al fenomeno stesso, poiché valori elevati di essa causano un deficit nel bilancio idrico qualora superino i valori delle precipitazioni.

Nel capitolo 2 si sono discusse per la sua determinazione alcune tra le formulazioni maggiormente utilizzate in ambito climatologico e agronomico, e per questo studio si è deciso di utilizzare, per rimanere conformi al lavoro già svolto in SIDES, la formulazione di Thornthwaite (2.11) e per avere un confronto dei risultati ottenuti si è applicata anche quella di Langbein (2.14).

Nei paragrafi successivi 8.2.1 e 8.2.2 si riportano le elaborazioni eseguite per determinare l'evapotraspirazione potenziale utilizzando le due formulazioni appena introdotte.

8.2.1 Determinazione ed elaborazione dell'evapotraspirazione potenziale con la formulazione di Thornthwaite

La formulazione scelta per determinare l'evapotraspirazione è, come già accennato più volte, quella di Thornthwaite che, pur essendo una tra quelle più facile da applicare perché non richiede la conoscenza di moltissimi parametri, è stata considerata quella che più si adattava allo studio da eseguire in funzione anche dell'indice sintetico di aridità selezionato. Si ricorda che la formulazione di Thornthwaite fornisce il valore dell'evapotraspirazione potenziale mensile e non quello annuo necessario per determinare l'indice di aridità quindi occorre sommare i valori mensili calcolati per ottenere quello annuale. Per facilitare la comprensione della determinazione dell'evapotraspirazione potenziale si riporta l'equazione (2.11) relativa ad essa e già ampiamente discussa nel capitolo 2:

$$ETP_{mensile} = 16 \cdot C_2 \left(\frac{10 \cdot T_m}{I} \right)^{C_1}$$

Per determinare l'evapotraspirazione potenziale con tale equazione è stato necessario elaborare i seguenti punti attraverso una procedura automatizzata in Arcinfo:

1. Calcolo dell'indice globale di calore I che risulterà una costante nell'equazione dell'evapotraspirazione potenziale;
2. Calcolo della costante C_1 che è funzione dell'indice di calore;
3. Calcolo preliminare della evapotraspirazione potenziale provvisoria (ETP_p):

$$ETP_p = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot T_m}{I} \right)^{C_1} \quad (8.1)$$

che è funzione solo dell'indice di calore I e della temperatura media mensile T_m . Tale valore, secondo l'Autore stesso, rappresenta l'evapotraspirazione potenziale mensile provvisoria (ETP_p) e non quello finale ETP_m perché è calcolata per una giornata con 12 ore di illuminazione.

4. In generale l'ETP a parità di temperatura cresce con la durata astronomica del giorno. Quindi in questa fase è necessario correggere l' ETP_p , introducendo e

determinando il coefficiente di correzione C_2 , che tiene conto della latitudine in cui è collocata la stazione di misura e del mese dell'anno esaminato; considerando quindi l'effetto dell'insolazione teorica nella località considerata e nei diversi periodi dell'anno.

5. In questa ultima fase si calcola l'evapotraspirazione potenziale finale ETP_m moltiplicando i valori ottenuti nei punti 3 e 4.

Si è dunque eseguita tale procedura, riportata nell'Allegato II, iniziando dal calcolo

dell'indice di calore annuo per il quale si è utilizzata l'equazione: $I = \sum_{m=1}^{12} (0.2 \cdot T_m)^{1.514}$ che

è funzione della sola temperatura media mensile T_m .

Note le mappe relative alle stime dei valori medi climatologici mensili delle temperature (figure 7.43 e 7.44) si è dapprima applicata per ogni mese la parte dell'equazione che individua l'indice di calore mensile i_C ossia:

$$i_C = (0.2 \cdot T_m)^{1.514} \quad (8.2)$$

e poi sono stati sommati tutti i valori ottenuti per ottenere il valore dell'indice di calore annuo rappresentato nella mappa riportata in figura 8.2.

Per non ottenere nelle elaborazioni successive dei valori di ETP_m negativi che non avrebbero avuto alcun senso fisico, l'equazione relativa all'indice di calore è stata applicata solo per valori delle $T_m \geq 0^\circ \text{C}$; nei casi in cui tale condizione non è stata verificata è stato adottato un valore $T_m = 0$.

I valori dell'indice di calore annuo sono compresi tra 0-87.523 e risultano crescenti con i valori delle medie climatologiche delle temperature.

Una volta determinato l'indice di calore è stato possibile determinare il punto 2 della procedura ossia la costante C_1 che è una funzione polinomiale che dipende soltanto dall'indice di calore annuo appena calcolato nel punto 1:

$$C_1 = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0.49239.$$

Tale costante costituirà l'esponente da utilizzare per determinare l'evapotraspirazione potenziale ETP_p introdotta precedentemente.

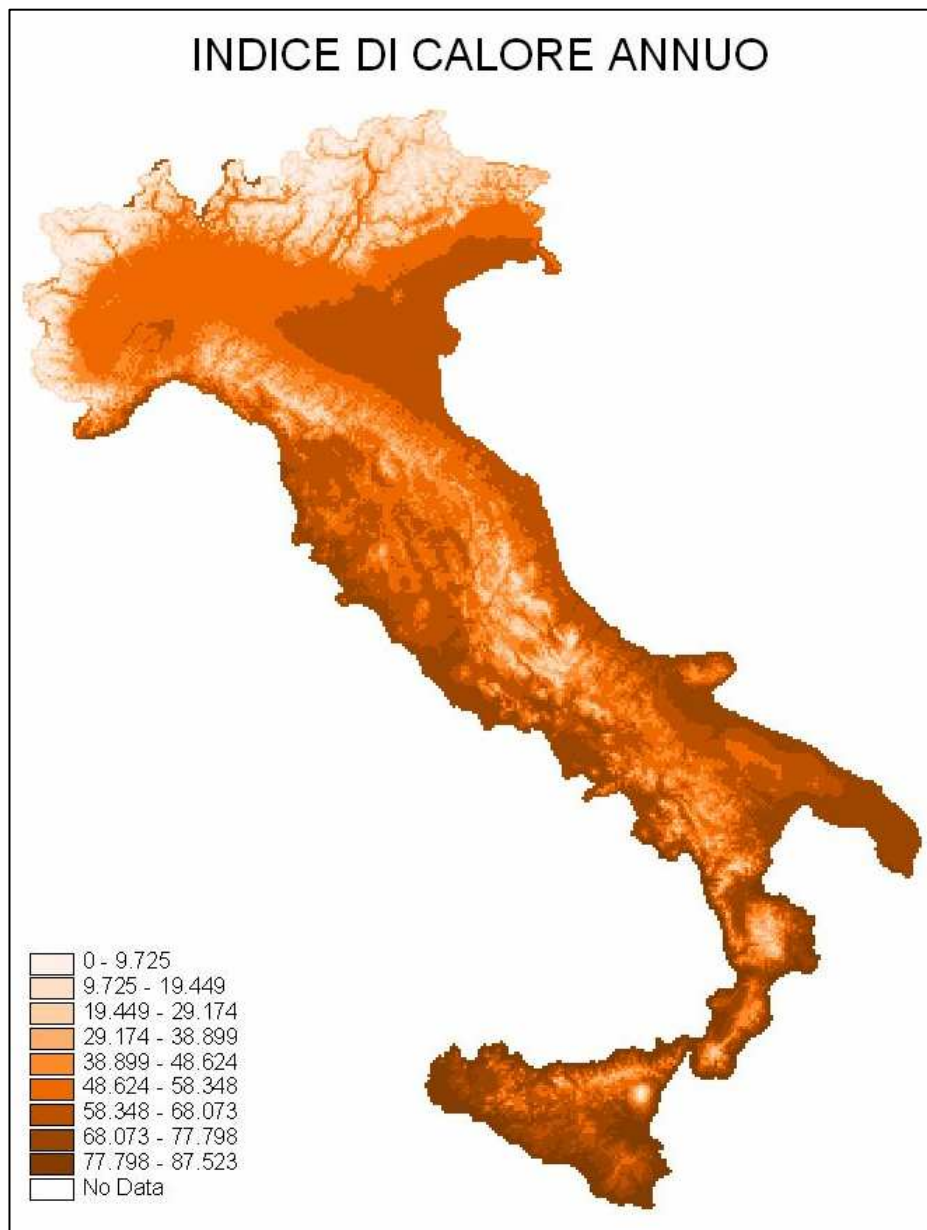


Figura 8.2: *Mappa relativa all'indice di calore annuo.*

Si rappresentano, nella mappa riportata in figura 8.3, i risultati ottenuti per la costante C_1 che comprendono il range di valori 0.492-1.923. In questo caso si evidenzia un andamento crescente dei valori di C_1 all'aumentare dei valori dell'indice di calore annuo e quindi anche in questo caso i valori crescono con le medie climatologiche delle temperature dalle quali dipendono indirettamente.

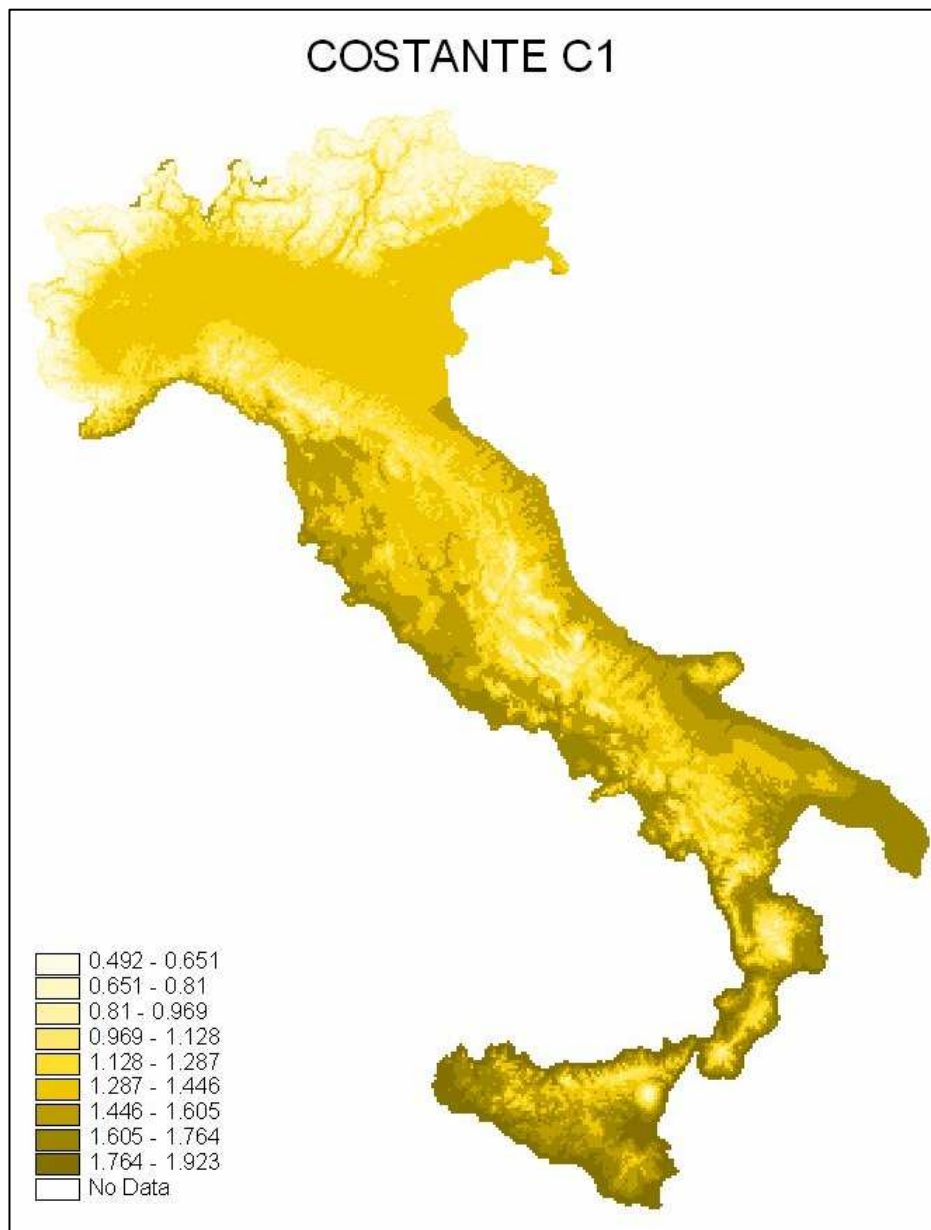


Figura 8.3: *Mappa relativa alla costante C_1 dell'equazione dell'evapotraspirazione potenziale.*

Dopo avere calcolato l'esponente C_1 si è determinata l'evapotraspirazione potenziale provvisoria (ETP_p) in funzione dell'indice di calore annuo e della temperatura media mensile. Tali risultati sono stati poi moltiplicati per il coefficiente di correzione C_2 , rappresentato nella mappa di figura 8.4, che illustra il rapporto tra le ore di luce del mese e le 360 ore del mese standard per le latitudini da 37-47° che sono quelle relative all'area oggetto di studio.



Figura 8.4: *Mappa relativa al coefficiente di correzione C_2 per latitudine e per mese.*

Per elaborare tale mappa è stato necessario suddividere dapprima l'Italia in gradi di latitudine e poi associare ad essa i valori del coefficiente di correzione, della tabella (2.8), in funzione dei gradi di latitudine e del mese dell'anno.

Calcolate le 12 mappe dell'evapotraspirazione potenziale si è determinata quella annuale sommandole. Si riporta, in figura 8.5, la mappa dell'evapotraspirazione potenziale annua

ottenuta. Si sottolinea che la legenda mostrata è stata riclassificata per essere la stessa utilizzata per determinare l'ETP annua con il metodo di Langbein.

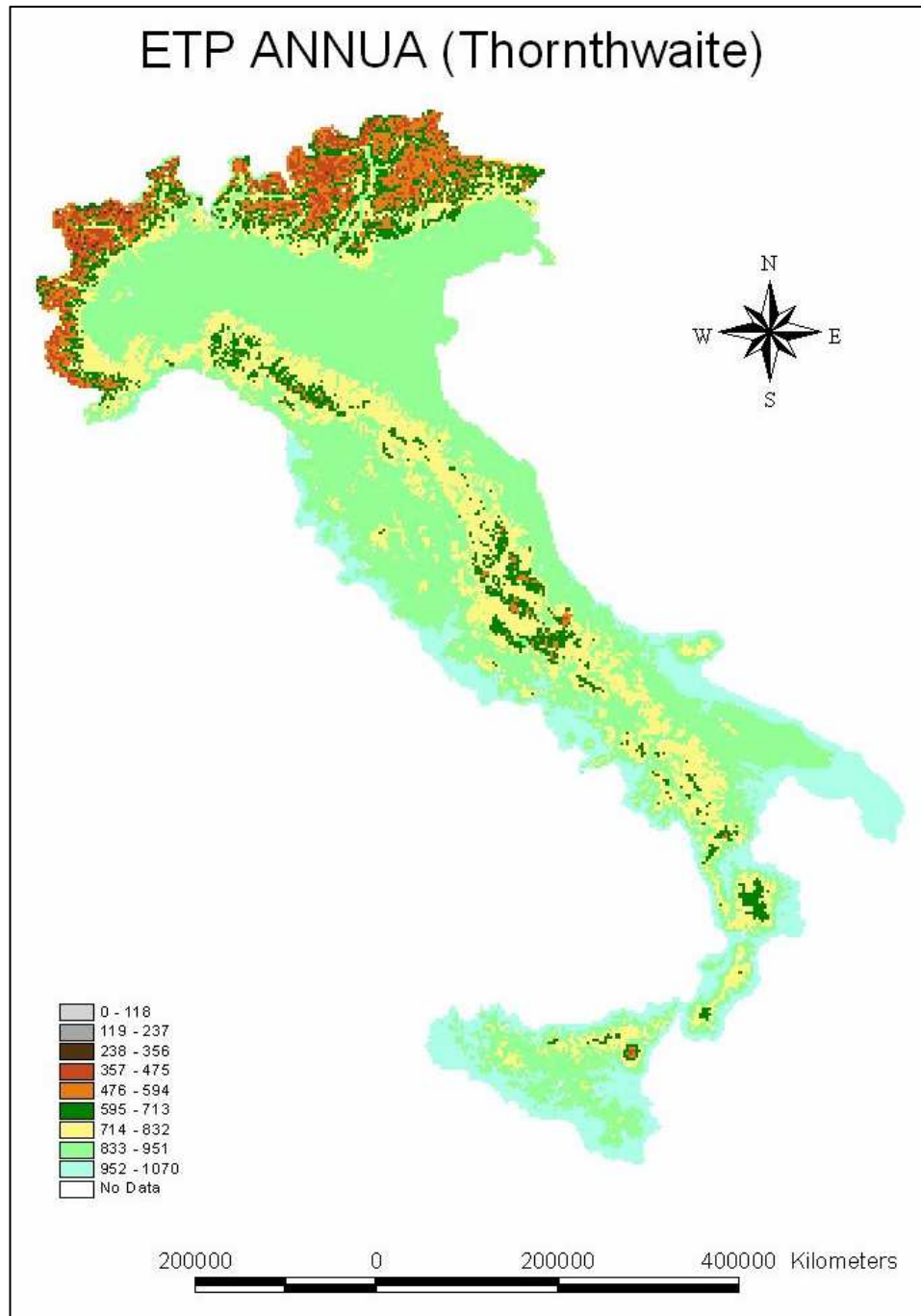


Figura 8.5: *Mapa dell'evapotraspirazione potenziale annua (Thornthwaite).*

Tale mappa è contraddistinta da valori dell'evapotraspirazione potenziale annua compresi tra 209,928-1069,987 mm. Le aree di Italia caratterizzate dai valori maggiori sono la Sicilia, parte della Calabria e della Puglia, e la costa tirrenica del centro-sud Italia. I valori minimi si riscontrano sulle Alpi, mentre valori bassi si hanno sia sull'arco alpino che appenninico ossia su tutte le aree collocate a quote elevate dove è comprensibile che vi siano temperature inferiori che non incrementano il processo evapotraspirativo del terreno.

8.2.2 Determinazione dell'evapotraspirazione potenziale con la formulazione di Langbein

A titolo di confronto è stata utilizzata anche un'altra formulazione per determinare l'evapotraspirazione potenziale annua tenendo in considerazioni il fatto di potere utilizzare i parametri di input già elaborati . si è quindi scelto di utilizzare la formulazione di Langbein (2.14) che come quella di Thornthwaite, oltre a risultare di facile applicazione, è funzione della sola temperatura media mensile T_m :

$$\overline{EP}_{annua} = 4,75 \sum_{m=1}^{12} \overline{T}_m .$$

Si ricorda che anche in questo caso per utilizzare l'equazione (2.14) è necessario che si verifichi la seguente condizione: $T_m > 0$ altrimenti si deve porre $T_m = 0$ per non ottenere valori di ETP_{annua} negativi.

Inoltre per raggiungere i risultati è stata elaborata, come nel caso della formulazione di Thornthwaite, una procedura automatizzata in ambiente Arcinfo riportata nell'Allegato II, che implementasse l'equazione di Langbein utilizzando le 12 mappe delle medie climatologiche mensili delle temperature (figure 7.43 e 7.44). Si rappresentano i risultati ottenuti nella mappa riportata in figura 8.6.

Tale mappa è contraddistinta da valori dell' evapotraspirazione potenziale annua compresi tra 0-1040,964 mm. Le aree di Italia caratterizzate dai valori maggiori sono la Sicilia e parte della Calabria. Le aree in cui è minimo il contributo evaporativo si collocano nelle Alpi, negli Appennini e su l'Etna ossia su tutte le zone a quote elevate dove è comprensibile che le temperature basse non incrementino il processo evapotraspirativo del terreno.

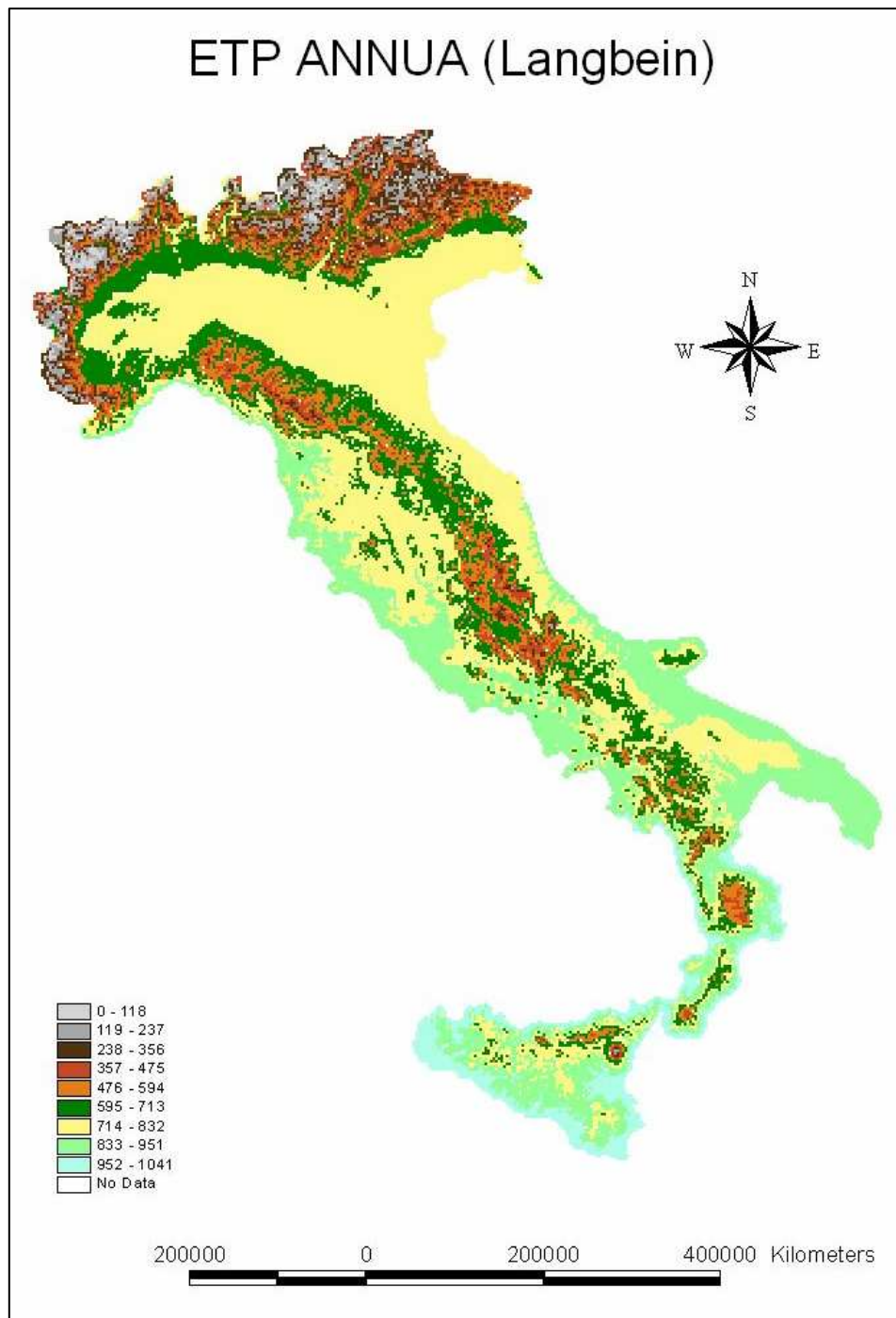


Figura 8.6: *Mapa dell'evapotraspirazione potenziale annua (Langbein).*

Confrontando le due mappe, di figura 8.5 e 8.6, si evince che la formulazione di Langbein fornisce valori più bassi e in alcuni casi anche nulli, mentre la mappa ottenuta sommando quelle per le quali era stata applicata la formulazione di Thornthwaite presenta un valore

minimo di circa 210 mm. Per facilitare il confronto si è utilizzata, come già detto nel paragrafo precedente 8.2.1, la stessa legenda per entrambe.

8.3 INDICE DI ARIDITA' (UNEP, 1997)

L'indice di aridità selezionato, tra quelli riportati e discussi nel capitolo 2, è stato quello dell'UNEP poiché è quello che più si adattava alle esigenze dello studio da svolgere essendo stato adottato, come già ripetuto più volte, dalla Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla Siccità e alla Desertificazione. Per facilità di comprensione del testo si riporta di nuovo l'equazione (2.9):

$$I_A = \frac{P}{ETP}$$

In tale relazione con P si indica la precipitazioni cumulata media annua, mentre con ETP l'evapotraspirazione potenziale media annua. In tale studio tali variabili sono state utilizzate nel senso di valori medi climatologici annui in riferimento al trentennio standard 1961-1990 poiché, come suggerito da Wallen (1967), l'aridità si inquadra nell'ambito delle caratteristiche climatiche permanenti, ossia tali da poter essere definite in termini di valori medi annuali di variabili climatiche.

A questo punto per procedere all'implementazione di essa, sempre utilizzando una procedura automatizzata in Arcinfo riportata nell'Allegato II, dovendo gestire valori riferiti alle celle di grid e quindi non a quelli puntuali, è stato necessario dapprima determinare la media climatologica della precipitazione cumulata annua come somma di quelle mensili per poi dividerla con l'evapotraspirazione potenziale annua appena determinata e discussa nei paragrafi 8.2.1 e 8.2.2.

In figura 8.7 si riporta la mappa della media climatologica della precipitazione cumulata annua dove i valori sono compresi tra 194.26 -2871.60 mm. I valori massimi si individuano sull'arco alpino e appenninico a prova che comunque esiste una certa correlazione tra le precipitazioni e le quote s.l.m. sebbene non sia forte quanto quella esistente con le temperature. Si ricorda infatti che la stima dei valori delle precipitazioni è stata eseguita senza utilizzare il contributo di nessuna deriva esterna, sebbene il suo andamento annuo sia comunque simile a quello del DEM. Le aree meno piovose del territorio italiano sono risultate la Sicilia, la Puglia, la costa adriatica, parte della pianura padana e l'Argentario.

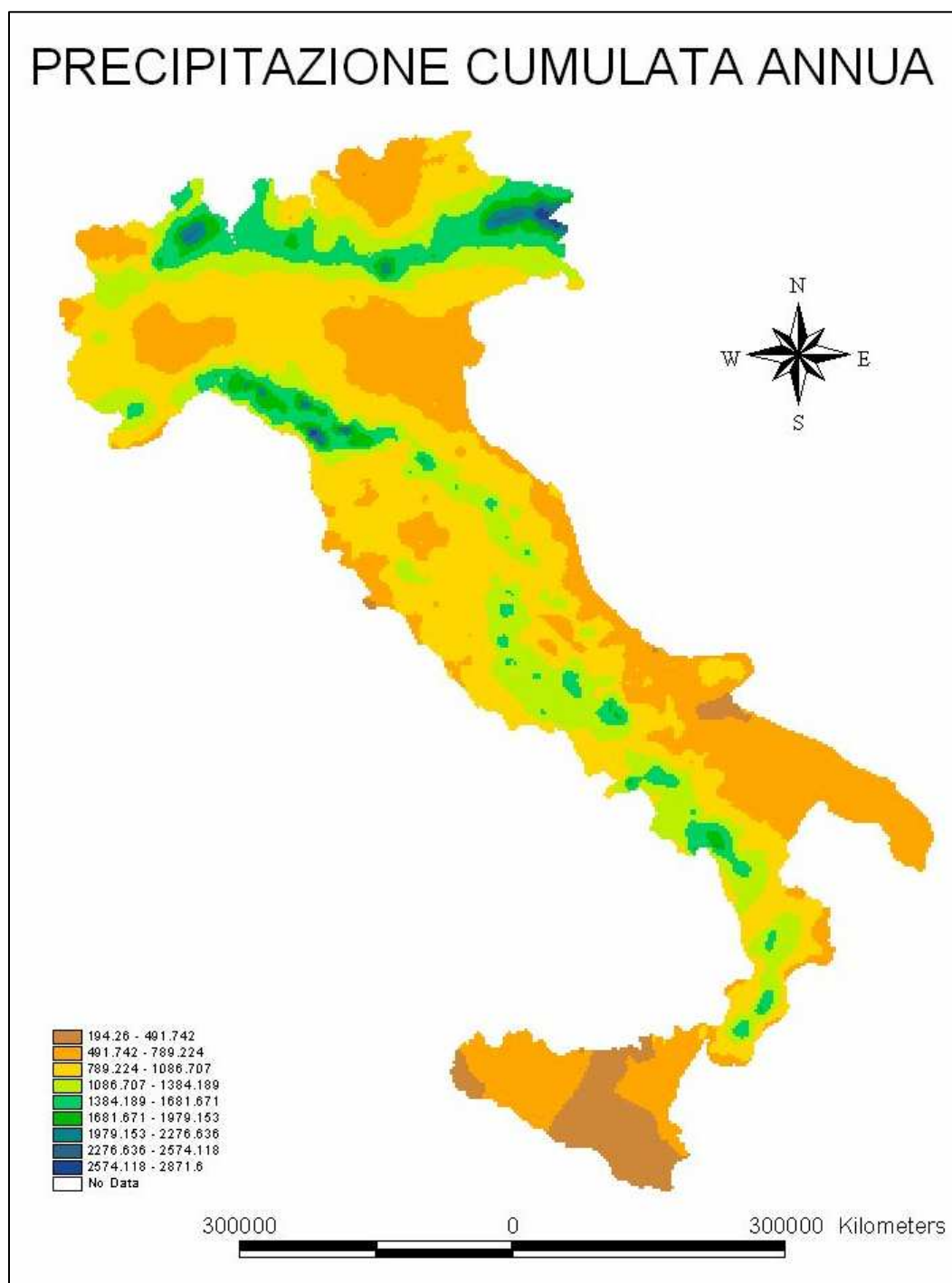


Figura 8.7: Mappa della media climatologica (1961-1990) della precipitazione cumulata annua.

Una volta determinata la mappa della media climatologica della precipitazione cumulata annua, e nota la mappa dell'evapotraspirazione potenziale annua, sia nel caso della formulazione di Thornthwaite che di quella di Langbein, è stato possibile determinare la mappa dell'indice di aridità in entrambi i casi. I valori ottenuti sono stati classificati secondo le classi climatiche proposte dall'UNEP e riportate nella tabella 1.18:

Classi climatiche	IA
Iperarido	<0.05
Arido	0.05-0.2
Semiarido	0.2-<0.5
Sub-umido secco	0.5-0.65
Umida o perumida	>0.65

Nelle figure 8.8 e 8.9 si riportano le mappe dell'indice di aridità (UNEP) calcolato utilizzando le due differenti formule per la determinazione dell'evapotraspirazione potenziale. Tali mappe sono state riclassificate per renderle conformi alle classi climatiche sopraesposte.

L'indice di aridità calcolato utilizzando l'ETP di Thornthwaite attribuisce la classe climatica di umida o iperumida per la maggior parte del territorio italiano, mentre le aree sub-umide secche sono collocate in Sicilia, Puglia, Basilicata, monte Argentario e in una piccolissima parte del Molise, della Calabria, Emilia-Romagna e Valle d'Aosta. Le zone caratterizzate da un clima semiarido sono principalmente concentrate in Sicilia, in Puglia e sul Monte Argentario. Le zone classificate nella classe climatica arida sono concentrate in una piccolissima area della Sicilia localizzabile in prossimità di Sant'Agata di Militello.

Per quanto riguarda l'indice di aridità calcolato invece utilizzando la formulazione di ETP di Langbein la mappa relativa riportata in figura 8.9 attribuisce, come nel caso precedente, alla maggior parte del territorio italiano la classe climatica di umida o iperumida, mentre le aree sub-umide secche in questo caso risultano inferiori e sono collocate in Sicilia, Puglia, Basilicata, l'Argentario e in una piccolissima parte del Molise, della Calabria. Le zone caratterizzate da un clima semiarido si estendono rispetto al caso precedente anche se sono localizzate nelle stesse regioni menzionate prima. Le zone classificate nella classe

climatica arida sono concentrate anche in questo caso in una piccolissima area della Sicilia localizzabile in prossimità di Sant'Agata di Militello, ma l'area soggetta a tale clima risulta più ampia della precedente. Confrontando le figure 8.8 e 8.9 si evince che non sono molte le differenze riscontrabili poiché in definitiva sono il risultato dell'applicazione della stessa equazione (2.9) ed inoltre anche se si sono utilizzate due differenti formulazioni per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale annua entrambe risultano equazioni funzioni della temperatura media mensile T_m . Si sottolinea inoltre che per entrambi i casi non esistono valori dell'indice di aridità minori di 0.05 attribuibili alla prima classe climatica della tabella 1.18 ossia quella iperarida. Tale considerazione era già emersa dagli studi svolti precedentemente in ambito del progetto SIDES sebbene si fosse eseguita una procedura differente da quella esposta in questo lavoro di tesi. Si riporta, in figura 8.10, per un confronto qualitativo la mappa dell'indice di aridità ottenuta nell'aggiornamento di SIDES sebbene sia il frutto di una procedura diversa in quanto si erano determinati i valori puntuali dell'indice di aridità per poi spazializzarli tramite la tecnica di interpolazione geostatistica Kriging. Inoltre si erano scelte e utilizzate stazioni di misura diverse, e si era eseguito il lavoro su un periodo temporale (1991-2000) inferiore e successivo a quello considerato in questo lavoro. Si sottolinea che il confronto non è immediato poiché lo studio svolto precedentemente sicuramente non è stato eseguito con grid caratterizzate da celle di $3 \times 3 \text{ Km}^2$, ma con dimensioni maggiori. Sicuramente si può affermare che la mappa in figura 8.10 è molto più simile ai risultati ottenuti nella mappa di figura 8.9 sebbene sovrastima moltissimo i valori dell'indice di aridità poiché molte aree che risultano semiaride o aride non sono presenti.

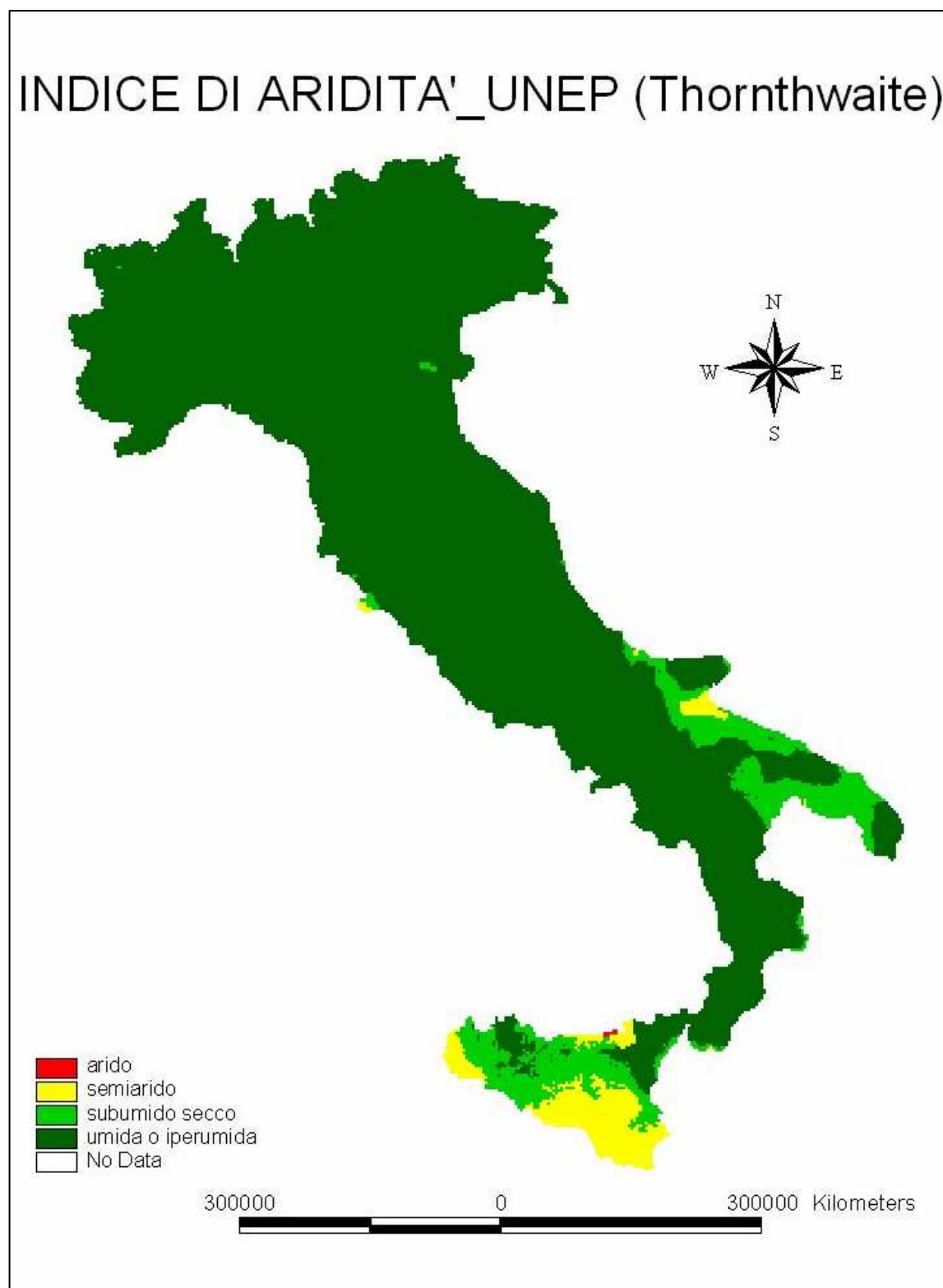


Figura 8.8: *Mapa dell'indice di aridità (UNEP) utilizzando la formulazione di Thornthwaite per l'ETP.*

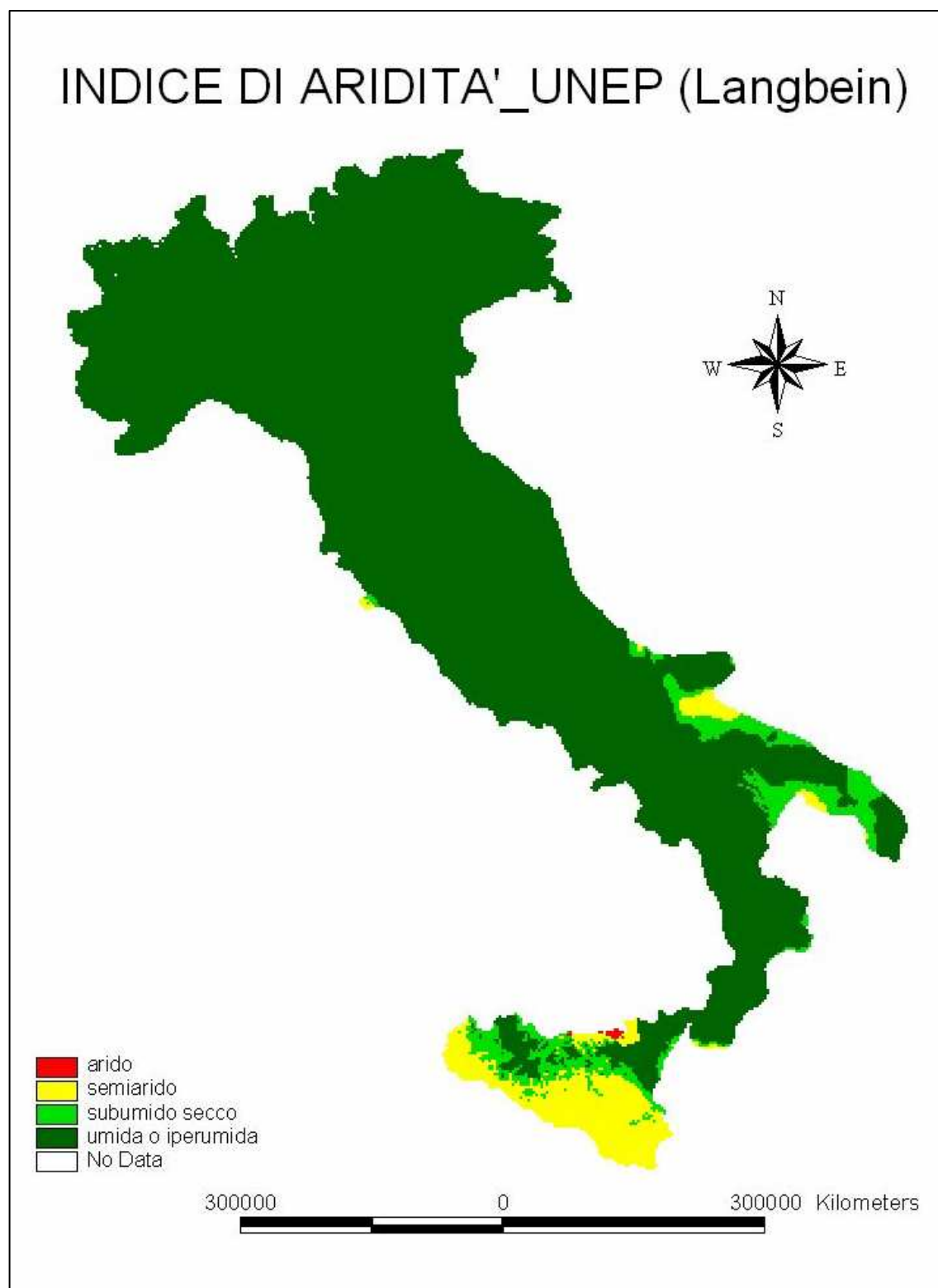


Figura 8.9: *Mappa dell'indice di aridità (UNEP) utilizzando la formulazione di Langbein per l'ETP.*

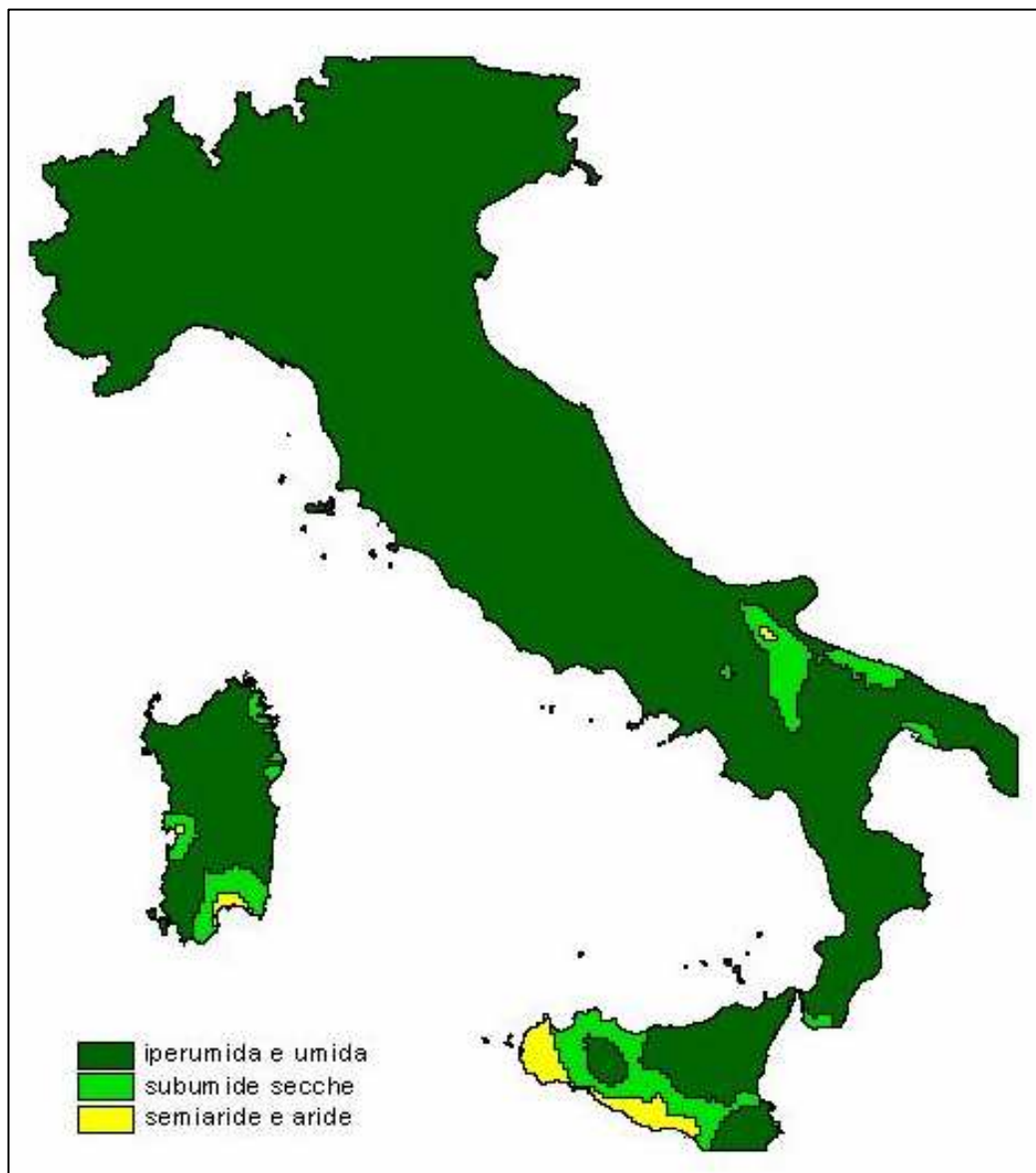


Figura 8.10: *Mapa dell'indice di aridità (UNEP) realizzata nell'aggiornamento del progetto SIDES.*

8.4 ALTRE PROCEDURE PER LA STIMA DELL'INDICE DI ARIDITÀ

Per determinare l'indice di aridità, oltre al metodo proposto dall'UNEP, ne esistono diversi altri già ampiamente discussi nel capitolo 2. Per questo motivo sono state applicate altre formulazioni per confrontare i risultati ottenuti e trarre alcune conclusioni. La selezione di questi altri metodi è scaturita esclusivamente dalla disponibilità dei parametri necessari per la loro applicazione. Si è quindi scelto di applicare la formulazione dell'indice globale di umidità di Thornthwaite e l'indice di aridità di De Martonne, attraverso sempre una

procedura automatizzata riportata nell'Allegato II e rispettivamente discusse nei paragrafi successivi 8.4.1 e 8.4.2

8.4.1 Indice Globale di Umidità di Thornthwaite

Un altro metodo per determinare l'indice di aridità è quello dell'indice globale di umidità di Thornthwaite già ampiamente discusso nel paragrafo 2.2.5 del capitolo 2. In questo caso è stata utilizzata la seconda formulazione proposta ossia l'equazione (2.8) che esprime l'indice globale di umidità in funzione della precipitazione media annua P e dell'evapotraspirazione potenziale media annua ETP derivante dalla somma dei 12 valori di quella media mensile:

$$I_m = \left[\frac{(P - ETP)}{ETP} \right] \times 100$$

La scelta di utilizzare anche questa formulazione si basa, come già detto, esclusivamente sul fatto di essere funzione delle stesse variabili finora utilizzate; si è quindi utilizzata la mappa della media climatologica (1961-1990) della precipitazione cumulata annua riportata in figura 8.7 e quella dell'evapotraspirazione potenziale annua in figura 8.5.

In figura 8.11 si riporta la mappa dell'indice globale di umidità di Thornthwaite la quale è caratterizzata da una leggenda diversa dal caso precedente e per la quale la suddivisione in classi climatiche segue la tabella 2.5:

Tipo	I_m
Iperumido	>100
Umido	$100 \div 20$
Subumido-umido	$20 \div 0$
Asciutto-subumido	$0 \div -33$
Semiarido	$-33 \div -67$
Arido	$-67 \div -100$

Si è cercato quindi di rendere le leggende il più simili possibili per potere effettuare dei confronti.

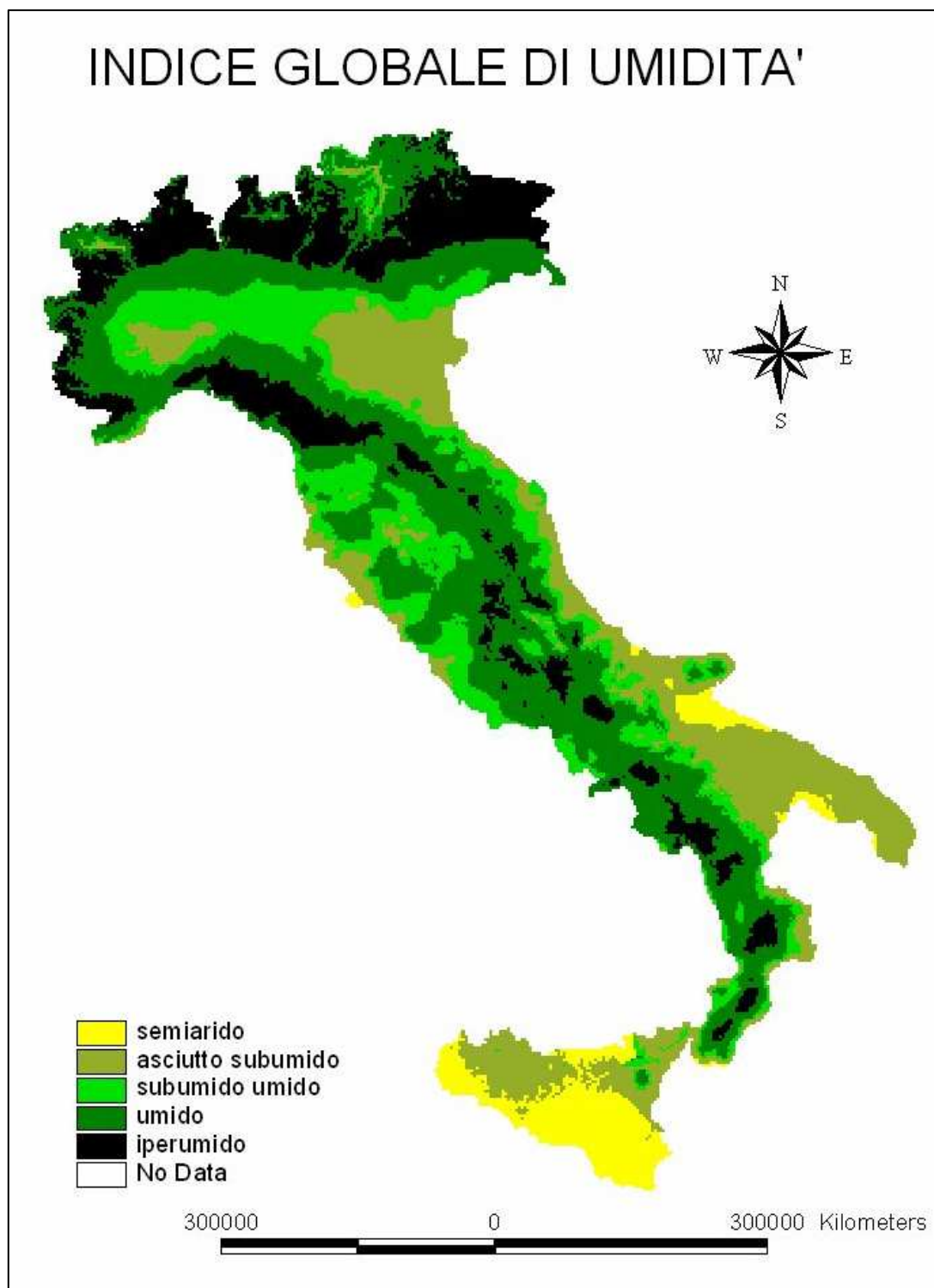


Figura 8.11: *Mappa dell'indice globale di umidità di Thornthwaite.*

L'indice globale di umidità attribuisce la classe climatica iperumida alle zone situate sull'arco alpino e appenninico, mentre quelle umida e subumida estendono le aree della classe precedente occupando la maggior parte del territorio italiano. Le aree asciutte sono collocate in Sicilia, Puglia, Basilicata, Pianura Padana ed inoltre sono presenti lungo tutta la fascia costiera adriatica e nella parte toscana e laziale di quella tirrenica. Le zone caratterizzate da un clima semiarido sono principalmente concentrate in Sicilia, in Puglia, sul Monte Argentario ed in piccolissima parte in Calabria e Basilicata.

8.4.2 *Indice di Aridità di De Martonne*

L'ultimo indice utilizzato in questo studio è quello di De Martonne che, come i precedenti, era stato già discusso nel paragrafo 2.2.2 del capitolo 2. Anche per questo metodo erano già disponibili i parametri necessari per applicarlo poiché è funzione solo della precipitazione media annua P e della temperatura media annua T , riportata in figura 8.12. Si riporta qui di seguito l'equazione (2.2) relativa:

$$I_A = \frac{P}{(10 + T)}$$

Si ricorda che tale indice rappresenta un perfezionamento del pluviofattore di Lang per le zone caratterizzate da un clima freddo e quindi con temperature prossime allo zero per le quali assumerebbe valori eccessivi in prossimità dello stesso e addirittura negativi per quelli inferiori.

In figura 8.13 si riporta la mappa dell'indice di aridità di De Martonne, caratterizzata da una legenda simile al caso precedente, ma molto diversa da quella dell'indice di aridità dell'UNEP.

La legenda della figura 8.13 segue la suddivisione in classi climatiche della tabella 2.2 che per comprensibilità del testo si riportata di nuovo:

IA	Tipo
0+5	Arido estremo (deserto)
5+15	Arido (steppe circumdesertiche)
15+20	Semiarido (di tipo Mediterraneo)
20+30	Subumido
30+60	umido
>60	Iperumido

Questo indice è quello che restituisce i valori più restrittivi tra quelli analizzati finora sebbene la classe climatica iperumida occupi sempre le aree sull'arco alpino e appenninico. Le classi umida e subumida sono un'estensione dell'area precedente e occupano la maggior parte del territorio italiano. Le zone caratterizzate da un clima semiarido sono principalmente concentrate in Sicilia, in Puglia, sul Monte Argentario ed in piccolissima parte in Basilicata. Il problema maggiore nasce per le aree classificate come aride poiché a differenza dei casi precedenti occupano la maggior parte della Sicilia e dell'Argentario. In tutto il territorio italiano non si sono mai ottenuti valori dell'indice di aridità compresi tra 0 e 5 che caratterizzano la classe climatica più critica ossia quella di arido estremo.

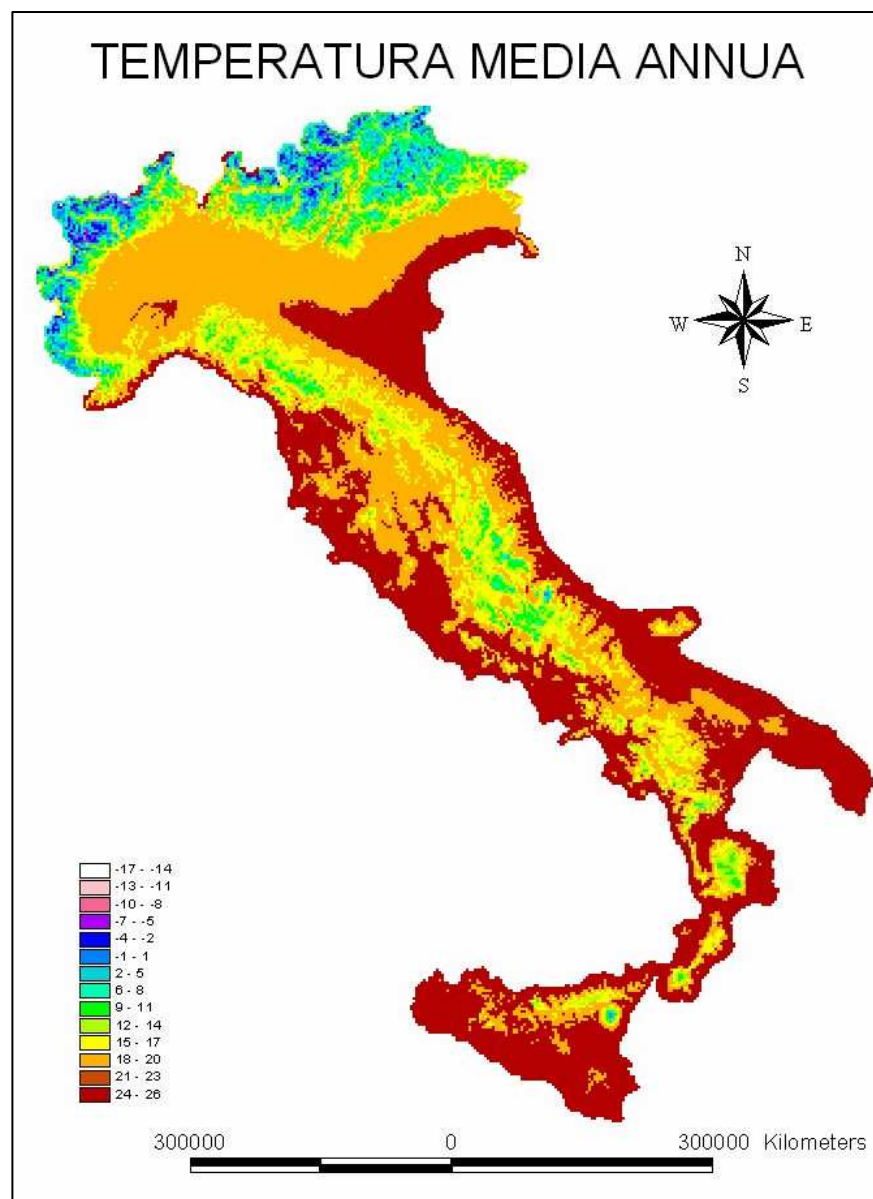


Figura 8.12: *Mappa della Temperatura media annua (1961-1990).*

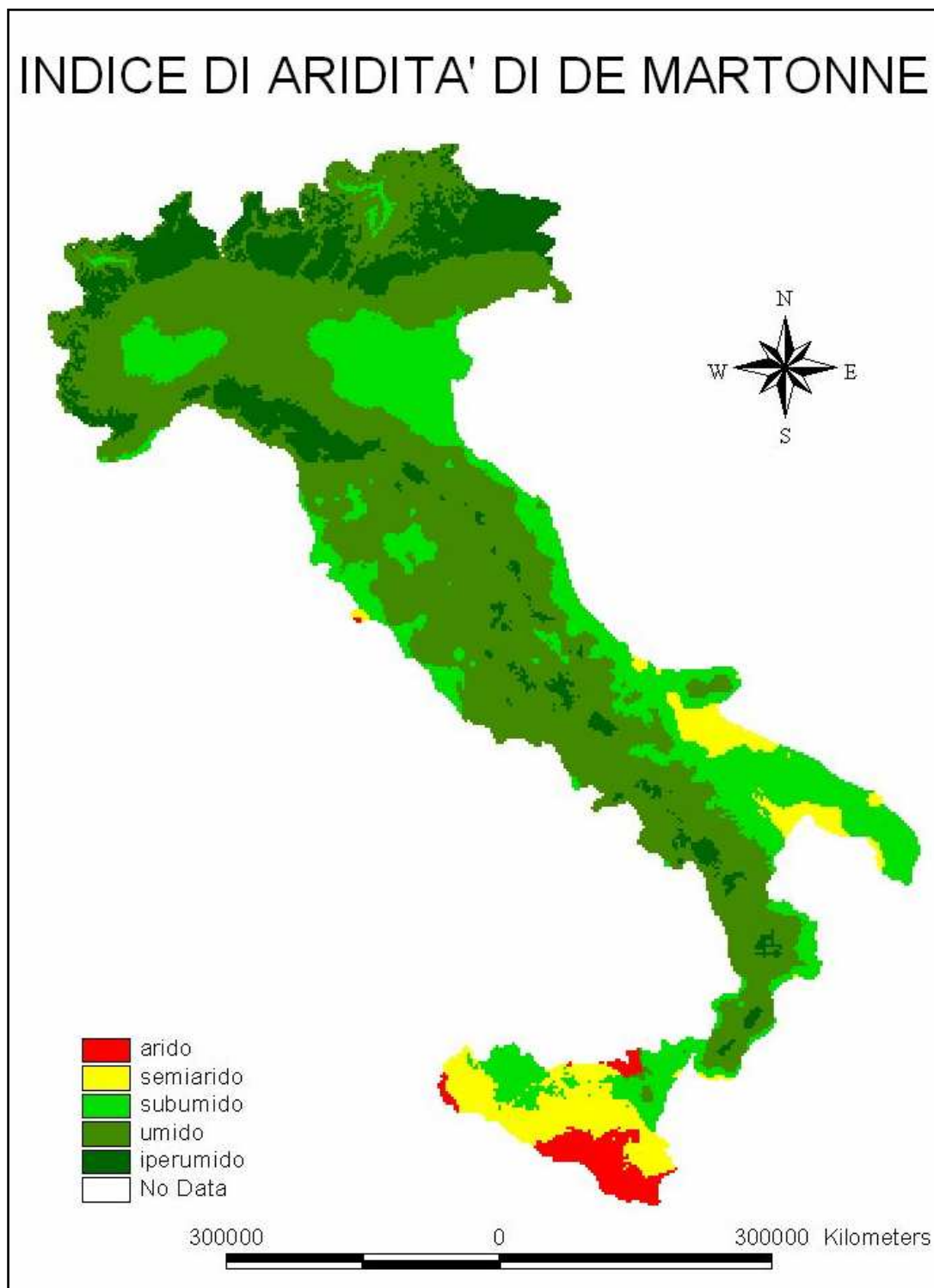


Figura 8.13: *Mappa dell'indice di aridità di De Martonne.*

8.5 CONFRONTO TRA I DIVERSI INDICI DI ARIDITA' DETERMINATI

L'ultima elaborazione effettuata in tale studio è consistita in un confronto dei risultati ottenuti per l'indice di aridità utilizzando i diversi metodi. Innanzitutto sono tutti caratterizzati dal fatto di riferirsi ai valori annui piuttosto che a quelli dei singoli mesi, quindi possono assumere valori identici a prescindere dall'esistenza di una stagione secca nell'area oggetto di studio.

Effettuare il confronto tra le mappe 8.8, 8.9, 8.11, 8.13 non è stato facile perché ogni metodo fa riferimento ad una determinata suddivisione in classi climatiche che spesso pur usando una stessa tassonomia indicano concetti diversi. Si è elaborata quindi la tabella 8.1 dove le diverse classi climatiche di ogni metodo sono state confrontate tra di loro considerando i risultati ottenuti dalle elaborazioni degli stessi.

UNEP (Thornthwaite)	UNEP (Langbein)	Indice Globale di Umidità	De Martonne
ARIDO	ARIDO	SEMIARIDO	ARIDO
SEMIARIDO	SEMIARIDO		SEMIARIDO
SUBUMIDO SECCO	SUBUMIDO SECCO	ASCIUTTO SUBUMIDO	SUBUMIDO
UMIDO IPERUMIDO	UMIDO IPERUMIDO	SUBUMIDO UMIDO	UMIDO
		UMIDO	
		IPERUMIDO	IPERUMIDO

Tabella 8.1: Confronto tra le diverse classi climatiche.

Da tale tabella è emerso che ogni metodo fornisce risultati di aridità diversi con aree più o meno estese, ma riguardanti le stesse regioni del territorio italiano: Sicilia, Puglia, Molise, Calabria e Toscana per l'area dell'Argentario.

Il metodo che restituisce una maggiore estensioni delle aree affette da aridità è quello di De Martonne, mentre quello che ne fornisce di meno è quello dell'UNEP che utilizza per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale la formulazione di Thornthwaite.

E' evidente che non può essere selezionato un metodo migliore di un altro perché è impossibile confrontarli tra loro avendo una suddivisione in classi climatiche completamente differenti, però è emerso che per tutti i metodi non si sono ottenuti risultati riguardanti la classe più critica che raggrupperemo nella denominazione "iperarida".

Dal punto di vista del fenomeno della desertificazione è evidente che il problema principale riguarda la classe climatica arida e quella semiarida dove si sono riscontrate le maggiori differenze nell'utilizzare un metodo o un altro, mentre i risultati ottenuti per la classe umida e iperumida si sono mostrati molto simili occupando la maggior parte del territorio italiano.

Concludendo si può affermare che, dal confronto tra i diversi metodi riportati in questo capitolo, la determinazione dell'indice di aridità dipende dai parametri considerati e dalla suddivisione delle classi climatiche selezionate.

CONCLUSIONI

Questo lavoro ha rappresentato, nell'ambito del progetto SIDES, un passo in avanti nello studio dell'individuazione delle aree del territorio italiano affette da aridità attraverso una nuova procedura sperimentale che ha fornito i presupposti per un approfondimento futuro su tutti gli indici che contribuiscono al processo di desertificazione.

L'obiettivo principale di tale studio è consistito, nell'analisi, a scala nazionale e in riferimento al trentennio 1961-1990, di alcuni tra i possibili metodi che permettono di determinare l'indice di aridità e quindi di individuare le aree affette da tale fenomeno.

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'indice, è emerso che molteplici sono i fattori che contribuiscono ad ottenere risultati diversi. Il fattore più rilevante è sicuramente la formulazione dell'indice stesso (UNEP, De Martonne, Indice globale di umidità) che oltre ad essere funzione di parametri differenti, presenta una suddivisione in classi climatiche con tassonomie diverse e soprattutto concettualmente contrastanti come mostrato in tabella 8.1. Applicando i diversi indici si è riscontrata una maggiore o minore espansione delle aree affette da aridità, pur se concordanti riguardo alle Regioni interessate (Sicilia, Puglia e in piccolissima parte anche in Molise, Basilicata, Calabria e Toscana) e al fatto che in Italia non esistano aree sottoposte alle condizioni di aridità più critiche. Inoltre è emerso che un altro fattore che influenza i risultati è la metodologia selezionata per determinare i parametri dai quali l'indice dipende. Infatti selezionando l'indice di aridità dell'UNEP, ma utilizzando per determinare l'evapotraspirazione potenziale annua una volta la formulazione di Thornthwaite e un'altra quella di Langbein si sono ottenuti risultati differenti sebbene entrambe le equazioni dipendano dalle temperature medie mensili.

Un altro fattore importante nel valutare l'indice di aridità, ma in generale un qualsiasi indice è la procedura utilizzata per stimare i valori dei parametri su tutta l'area oggetto di studio. Si sottolinea che in questo studio si è sperimentata la procedura che stimava i parametri dai quali dipende l'indice e non direttamente questo ultimo. Inoltre esistono diverse tecniche di spazializzazione dei dati e la scelta di utilizzarne una piuttosto che un'altra può comportare risultati diversi, anche se in questo caso, confrontando le stime ottenute, è possibile individuare quella che più si adatta allo studio da effettuare poiché restituisce i risultati migliori.

Infine un altro fattore determinante è la scelta del tipo e della scala temporale dei dati di input da utilizzare e quindi anche del numero e della distribuzione delle stazioni di misura da considerare. Infatti è emerso che le stazioni di misura selezionate in Sardegna, non avendo una distribuzione omogenea sul territorio, restituivano nella stima valori errati comportando quindi l'esclusione della Regione stessa dallo studio.

Concludendo si può affermare che risulta un'utopia stabilire quale formulazione dell'indice di aridità fornisca risultati migliori, se non supportandoli con rilevamenti in sito che permettano di verificare la congruenza dei risultati stessi.

Interessante in questo studio è stata l'applicazione di una procedura completamente diversa, da quelle finora utilizzate in tali ambiti, ma che ha fornito comunque risultati apprezzabili.

Per quanto riguarda le prospettive future emerge sicuramente la necessità di svolgere, in tempi brevi, la stessa procedura anche per la Regione Sardegna che per problemi di stima dei valori è stata esclusa dallo studio. Inoltre sarebbe opportuno conformare, almeno a livello nazionale, una stessa metodologia applicativa in tutte le sue fasi per non implicare un grado di eccessiva libertà nelle scelte, che porterebbe ad una difficoltà pratica nel confrontare i risultati ottenuti.

Un ulteriore sviluppo futuro sarebbe quello di svolgere, per le Regioni risultate affette da aridità, uno studio a scala locale tenendo in considerazione la metodologia sviluppata in questo lavoro di tesi.

ALLEGATO I

Programma per il calcolo delle statistiche di base sui dati di precipitazione (temperature), segmentati per anno, mese, zona, quota.

AP

```
&SV input = precipitazioni.dat
&SV dist = distanze_tp.dat
&SV staz = stazioni_tp
&SV min = dist_min
```

```
/*-----
-----
AGGIUNGO AL FILE DELLE PRECIPITAZIONI I DATI DI ZONA E QUOTA
```

```
&IF [EXIST %input%.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE %input%.dat -INFO]
ARC DBASEINFO %input%.dbf %input%.dat
ARC ADDITEM %input% %input% zona 10 10 C
ARC ADDITEM %input% %input% c_quota 4 4 I
RELATE ADD
    staz
    %staz%.pat
    INFO
    cod
    cod
    LINEAR
    RW
    [UNQUOTE '']
CALC %input% INFO zona = staz//zona
CALC %input% INFO c_quota = staz//c_quota
```

```
/*-----
-----
```

```
/*CREO IL FILE DELLE DISTANZE MINIME e ASSOCIO I CAMPI ZONA E QUOTA
&GOTO pp
&IF [EXIST %dist% -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE %dist% -INFO]
ARC POINTDISTANCE %staz% %staz% %dist% 100000
```

```
&IF [EXIST %min% -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE %min% -INFO]
RESELECT %dist% INFO distance LE 80000
INFOFILE %dist% INFO %min%.dat INIT
ARC ADDITEM %min%.dat %min%.dat cod_a 8 8 i
ARC ADDITEM %min%.dat %min%.dat cod_b 8 8 i
ARC ADDITEM %min%.dat %min%.dat zona 8 8 c
ARC ADDITEM %min%.dat %min%.dat c_quota 8 8 i
```

```

RELATE ADD
    coda
    %staz%.pat
    INFO
    %staz%#a
    %staz%#
    LINEAR
    RW
    [UNQUOTE '']

CALC %min%.dat INFO zona = coda//zona
CALC %min%.dat INFO c_quota = coda//c_quota
CALC %min%.dat INFO cod_a = coda//cod_staz
RELATE ADD
    codb
    %staz%.pat
    INFO
    %staz%#b
    %staz%#
    LINEAR
    RW
    [UNQUOTE '']
CALC %min%.dat INFO cod_b = codb//cod_staz
ARC INDEXITEM %min%.dat cod_a
&pause
&LABEL pp
&IF [EXIST valori.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE valori.dat -INFO]
&IF [EXIST stat.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE stat.dat -INFO]
&IF [EXIST statistiche.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE statistiche.dat -INFO]

&DO A = 1961 &TO 1990
    &DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
        RESELECT %input% INFO anno = %A% AND mese = [QUOTE %M%]
        &IF [EXIST base.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE base.dat -INFO]
        INFOFILE %input% INFO base.dat INIT
        &DO Z &LIST NORD /*CENTRO SUD
            &DO Q = 1 &TO 3
                RESELECT base.dat INFO zona = [QUOTE %Z%] AND c_quota = %Q%

/*file delle precipitazioni
                &IF [EXIST sub.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE sub.dat -
INFO]

                INFOFILE base.dat INFO sub.dat INIT

/*file delle distanze

                RESELECT %min%.dat INFO zona = [QUOTE %Z%] AND c_quota = %Q%
                &IF [EXIST %min%_s.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE
%min%_s.dat -INFO]

```

```

INFOFILE %min%.dat INFO %min%_s.dat INIT

/*-----
-----

/*devo lavorare sul file delle distanze per determinare le statistiche; prima devo
associare i dati di precipitazione dal file sub.dat

/*calcolo sul file delle distanze il valore di precipitazione nelle stazioni dell'intorno
    ARC ADDITEM %min%_s.dat %min%_s.dat cod 10 10 I
    ARC ADDITEM %min%_s.dat %min%_s.dat ctrl 10 10 I
    CALC %min%_s.dat INFO cod = cod_b
    ARC JOINITEM %min%_s.dat sub.dat %min%_s.dat cod
    ARC ADDITEM %min%_s.dat %min%_s.dat val_int 8 19 F 5
    CALC %min%_s.dat INFO val_int = valore_p
    CALC %min%_s.dat INFO ctrl = anno
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat valore_p
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat cod_staz
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat data_i
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat mese
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat anno
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat rete
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat zona
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat c_quota

/*calcolo sul file delle distanze il valore di precipitazione nella stazione
    CALC %min%_s.dat INFO cod = cod_a
    ARC JOINITEM %min%_s.dat sub.dat %min%_s.dat cod
    ARC ADDITEM %min%_s.dat %min%_s.dat val_staz 8 19 F 5
    CALC %min%_s.dat INFO val_staz = valore_p
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat valore_p
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat cod_staz
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat data_i
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat mese
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat anno
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat rete
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat zona
    ARC dropitem %min%_s.dat %min%_s.dat c_quota

/*eseguo la statistica sul file delle distanze
    &IF [EXIST stat.dat -INFO] &THEN &SV pippo = [DELETE
stat.dat -INFO]

    RESELECT %min%_s.dat INFO ctrl GT 0
    STATISTICS %min%_s.dat INFO cod stat.dat
    MAXIMUM val_int
    MINIMUM val_int
    MEAN val_int
    STANDARDDEVIATION val_int
    END

/*associo la statistica al file delle precipitazioni
    ARC JOINITEM sub.dat stat.dat sub.dat cod
    &IF [EXIST statistiche.dat -INFO] &THEN
    &DO

```

```

        INFOFILE sub.dat INFO statistiche.dat APPEND
    &END
    &ELSE INFOFILE sub.dat INFO statistiche.dat INIT
    CLEARSELECT base.dat INFO
    CLEARSELECT %min%.dat INFO
    /*&PAUSE
    &END /*chiudo il ciclo si riselezione sulle quote

        /*&IF %Z% = CENTRO &THEN &PAUSE
    &END /*chiudo il ciclo sulle zone
    CLEARSELECT %input% INFO
    &END /*chiudo il ciclo dei mesi
&END /*chiudo il ciclo dell'anno
&STOP

```

ALLEGATO II

Programma per la determinazione degli indici di aridità e dell'evapotraspirazione

```
GRID

&GOTO salta
&SV I = 0
&IF [EXIST somma -GRID] &THEN ARC KILL somma ALL
&IF [EXIST espc -GRID] &THEN ARC KILL espc ALL

/*-----
/*INDICE ANNUO DI CALORE
/*-----
&IF [EXIST iac_t -GRID] &THEN ARC KILL iac_t ALL
&IF [EXIST iac -GRID] &THEN ARC KILL iac ALL

&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
  &SV I = %I% + 1
  &SV nome = st%M%

  &IF [EXIST %nome%_etp -GRID] &THEN ARC KILL %nome%_etp ALL
  &IF [EXIST %nome%A -GRID] &THEN ARC KILL %nome%A ALL
  %nome%A = con(%nome%f > 0, %nome%f * 0.2, 0)
  %nome%_etp = pow(%nome%A, 1.514)
  &IF %I% = 1 &THEN ARC COPY %nome%_etp iac
  &IF %I% > 1 &THEN
    &DO
      somma_%I% = sum(iac, %nome%_etp)
      ARC KILL iac ALL
      ARC COPY somma_%I% iac
      ARC KILL somma_%I% ALL
    &END
  ARC KILL %nome%A
&END

&DO L = 1 &TO 5
  &IF [EXIST es%L% -GRID] &THEN ARC KILL es%L% ALL
&END
  es1 = pow(iac, 3)
  es2 = es1 * 0.000000675
  es3 = pow(iac, 2)
  es4 = es3 * 0.0000771
  es5 = iac * 0.01792
  espc = es2 - es4 + es5 + 0.49239

&DO L = 1 &TO 5
  &IF [EXIST es%L% -GRID] &THEN ARC KILL es%L% ALL
&END

/*      espc = (0.000000675 * pow(iac_t, 3) - 0.0000771 * pow(iac_t, 2) + 0.01792 * iac_t +
0.49239)

&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
  &SV nome = st%M%
  ARC KILL %nome%_etp ALL
&END

/*-----
/*EVAPOTRASPIRAZIONE
/*-----
/*&LABEL salta
&IF [EXIST etp -GRID] &THEN ARC KILL etp ALL
```

```

&IF [EXIST etp_t -GRID] &THEN ARC KILL etp_t ALL
&SV I = 0
&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
  &SV I = %I% + 1
  &SV nome = %M%
  &IF [EXIST etp_%M% -GRID] &THEN ARC KILL etp_%M% ALL

  /*etp_%M% = con(st%M%_f > 0, (16 * geogrid_utm.%M% * pow(10 * st%M%_f / iac, espc)), 0)
  &DO L = 1 &TO 5
    &IF [EXIST t%L% -GRID] &THEN ARC KILL t%L% ALL
  &END

  t1 = (16 * geogrid_utm.%M%)
  t2 = con(st%M%_f > 0, 10 * st%M%_f, 0)
  t3 = t2 / iac
  t4 = pow(t3, espc)
  etp_%M% = t1 * t4

  &DO L = 1 &TO 5
    &IF [EXIST t%L% -GRID] &THEN ARC KILL t%L% ALL
  &END

  &IF %I% = 1 &THEN ARC COPY etp_%M% etp_t
  &IF %I% > 1 &THEN
    &DO
      somma_%I% = SUM(etp_t, etp_%M%)
      ARC KILL etp_t ALL
      ARC COPY somma_%I% etp_t
      ARC KILL somma_%I% ALL
    &END
  &END
etp = etp_t / 12
ARC KILL etp_t ALL

&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
  ARC KILL etp_%M% ALL
&END

/*-----
/*EVAPOTRASPIRAZIONE C1 calcolato con la somma di etp
/*-----
/*&LABEL salta
&IF [EXIST etpc1 -GRID] &THEN ARC KILL etpc1 ALL
&IF [EXIST etp_t -GRID] &THEN ARC KILL etp_t ALL
&SV I = 0
&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
  &SV I = %I% + 1
  &IF [EXIST etpc_%M% -GRID] &THEN ARC KILL etpc_%M% ALL

  /*etp_%M% = con(st%M%_f > 0, (16 * geogrid_utm.%M% * pow(10 * st%M%_f / iac, espc)), 0)
  &DO L = 1 &TO 5
    &IF [EXIST t%L% -GRID] &THEN ARC KILL t%L% ALL
  &END

  t1 = (1.6 * geogrid_utm.%M%)
  t2 = con(st%M%_f > 0, 10 * st%M%_f, 0)
  t3 = t2 / iac
  t4 = pow(t3, espc)
  etpc_%M% = t1 * t4

  &DO L = 1 &TO 5
    &IF [EXIST t%L% -GRID] &THEN ARC KILL t%L% ALL
  &END

  &IF %I% = 1 &THEN ARC COPY etpc_%M% etp_t
  &IF %I% > 1 &THEN
    &DO
      somma_%I% = SUM(etp_t, etpc_%M%)
      ARC KILL etp_t ALL
      ARC COPY somma_%I% etp_t
      ARC KILL somma_%I% ALL
    &END
  &END
etp_c1 = etp_t /* / 12
ARC KILL etp_t ALL

```



```

&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
      ARC KILL etpc_%M% all
&END

/*-----
/*PRECIPITAZIONI TOTALI
/*-----

&IF [EXIST prec -GRID] &THEN ARC KILL prec ALL
&SV I = 0
&SV in = ..\..\precipitazioni\grid
&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
      &SV I = %I% + 1
      &SV nome = %M%
      &IF [EXIST prec_%M% -GRID] &THEN ARC KILL prec_%M% ALL

      &IF %I% = 1 &THEN ARC COPY %in%\p_st%M%_f prec
      &IF %I% > 1 &THEN
        &DO
          somma_%I% = con(isnull(%in%\p_st%M%_f), prec, sum(prec, %in%\p_st%M%_f))
          ARC KILL prec ALL
          ARC COPY somma_%I% prec
          ARC KILL somma_%I% ALL
        &END
      &END
&END

/*-----
/*-----
/*INDICI DI ARIDITA'
/*-----

      &IF [EXIST aridita -GRID] &THEN ARC KILL aridita ALL
      &IF [EXIST arid_igu -GRID] &THEN ARC KILL arid_igu ALL
      &IF [EXIST arid_c1 -GRID] &THEN ARC KILL arid_c1 ALL
      &IF [EXIST arid_unep10 -GRID] &THEN ARC KILL arid_unep10 ALL
      &IF [EXIST arid_unep -GRID] &THEN ARC KILL arid_unep ALL

/*-----
/* INDICE UNEP 10 calcolato con la media di etp

      arid_unep10 = (prec / etp)
/*-----
/* INDICE UNEP calcolato con la somma di etp
      arid_unep = prec / etp_c1
/*-----
/*INDICE GLOBALE DI UMIDITA calcolato con la media di etp
      t1 = prec - etp
      t2 = t1 / etp
      arid_igu = t2 * 100
      ARC KILL t1 all
      ARC KILL t2 all

&LABEL salta
/*-----
/*INDICE DI DE MARTONNE
/*-----

&IF [EXIST prec_med -GRID] &THEN ARC KILL prec_med ALL
&IF [EXIST t_t -GRID] &THEN ARC KILL t_t ALL
&IF [EXIST t_med -GRID] &THEN ARC KILL t_med ALL
&IF [EXIST aridita_dm -GRID] &THEN ARC KILL aridita_dm ALL
&SV I = 0
&SV in = ..\..\precipitazioni\grid
&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC

      prec_med = MED(%in%\p_stGEN_f, %in%\p_stFEB_f, %in%\p_stMAR_f, %in%\p_stAPR_f,
%in%\p_stMAG_f, %in%\p_stGIU_f, ~
%in%\p_stLUG_f, %in%\p_stAGO_f, %in%\p_stSET_f, %in%\p_stOTT_f,
%in%\p_stNOV_f, %in%\p_stDIC_f)

      t_t = MED(stGEN_f, stFEB_f, stMAR_f, stAPR_f, stMAG_f, stGIU_f, stLUG_f, stAGO_f,
stSET_f, stOTT_f, stNOV_f, stDIC_f)
      t_med = t_t + 13

      aridita_dm = prec DIV t_med
/* ARC KILL t_t all

```

```

/*-----
/*II formula di LANGBEIN calcolo etp e aridità
/*-----
&IF [EXIST etp_ann -GRID] &THEN ARC KILL etp_ann ALL
&IF [EXIST arid_lang -GRID] &THEN ARC KILL arid_lang ALL
&IF [EXIST etp_476 -GRID] &THEN ARC KILL etp_476 ALL

&SV I = 0
&DO M &LIST GEN FEB MAR APR MAG GIU LUG AGO SET OTT NOV DIC
    &SV I = %I% + 1
    &SV nome = %M%

    &IF %I% = 1 &THEN etp_ann = con(st%nome%f > 0, st%nome%f, 0)
    &IF %I% > 1 &THEN
        &DO
            somma_%I% = con(st%nome%f > 0, sum(st%nome%f, etp_ann), etp_ann)
            ARC KILL etp_ann ALL
            ARC COPY somma_%I% etp_ann
            ARC KILL somma_%I% ALL
        &END
    &END
&END

    etp_476 = etp_ann * 4.76
    arid_lang = prec / etp_476
    /*ARC KILL t1 ALL

&STOP

```

BIBLIOGRAFIA

1. Alexandersson H, Moberg, “A Homogenization of Swedish temperature data. Part I: a homogeneity test for linear trends”, Int. J. Climatology 17: 25-34, 1997
2. Ashraf Muhammad, Loftis Jim C., Hubbard K.G., “Application of geostatistics to evaluate partial weather station networks”, Agricultural and Forest Meteorology 84: 255-271, 1997
3. Baffo F., Desiato F., Lena F., Suatoni B., Toreti A. (APAT), Bider M., Cacciamani C. (ARPA ER), Tinarelli G. (ARIANET srl), “Criteri di calcolo degli indicatori meteoroclimatici”, APAT: Progetto SCIA, Aprile 2005
4. Baffo F., Suatoni B., Desiato F., “Indicatori climatici: i controlli di validità e la ricerca dei valori errati”, APAT: Progetto SCIA, 2005-2006
5. Biagi Ludovico, Brovelli Maria Antonia, Negretti Marco “Metodi rigorosi per la predizione di Modelli Digitali di Superficie”, Politecnico di Milano
6. Bohling Geoff Assistant Scientist Kansas Geological Survey, “Introduction to Geostatistics And Variogram Analysis”, <http://people.ku.edu/~gbohling/cpe940>, C&PE 940, 17 October 2005
7. Bruno R., Raspa G., “La pratica della geostatistica lineare, il trattamento dei dati spaziali”, Guerini Studio, Milano, 170 pp., 1994.
8. Castrignanò A.1, Lopez N.1, Caradonna M.S. “L’impiego di parametri topografici per migliorare la precisione della stima della precipitazione”, CRA- Istituto Sperimentale Agronomico – Bari, annamariacastrignanano@tin.it
9. Chilès J.P. e Felfiner P., “Geostatistics: modelling of spatial uncertainty”, Wiley Series in Probability and Statistics, 695 pp., 1999.

10. Commission for Climatology (CCI), “*Guide to Climatological Practices*”, WMO n°100, 2° edizione, 1983
11. Cressie Noel A. C., “*Statistics for spatial data revised edition*”, John Wiley & Sons, Inc., 1993
12. Crisci Alfonso, “*Spazializzazione dati meteo*”, Tavolo di confronto Bologna 15 Settembre 2004 sito.....
13. Desiato F., Lena F., Fabiana Baffo, Barbara Suatoni, Andrea Toreti, “*Indicatori del CLIMA in Italia elaborati attraverso il sistema SCIA*”, Maggio 2005
14. DPCM 26 / 9 / 97 G.U. n. 43 del 21/2/98, “*Comunicazione Nazionale alla convenzione delle Nazioni Unite per la lotta contro la desertificazione nei Paesi gravemente colpiti dalla siccità e/o desertificazione, con particolare urgenza in Africa (UNCCD)*”, Ministero dell’Ambiente, Comitato Nazionale per la lotta contro la desertificazione Novembre 1998
15. Edzer J. Pebesma, “*gstat user’s manual*”, Dept. of Physical Geography, Utrecht University, <http://www.geog.uu.nl/gstat/manual>, 1999
16. Eulogio Pardo-Igúzquiza, “*Optimal selection of number and locaton of rainfall gauges for areal rainfall estimation using geostatistics and simulated annealing*”, Journal of Hydrology 210: 206-220, 1998
17. Eulogio Pardo-Igúzquiza, “*Comparison of geostatistical methods for estimatine the areal average climatological rainfall mean using data on precipitation and topography*”, International Journal of Climatology 18: 1031-1047, 1998
18. Fabbri Paolo, Trevisan Sebastiano, “*Introduzione alla Geostatistica*”, Veneto Geologi 41:7-8, Gennaio-Marzo 2003
19. Gaetan Carlo, “*Statistica per l’ambiente*”, gaetan@unive.it, Università di Venezia Ca’ Foscari, Dip. di Statistica, 2005

20. Gaetan Carlo, "*Statistica per l'ambiente*", <http://www.stat.unipd.it/~gaetan>, Università di Padova, Dip. di Statistica, 2002-2003

21. Goovaerts P., "*Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall*" , Journal of Hydrology 228: 113-129, 2000

22. Hanssen-Bauer I, Forland E, and Nordli PO, "*Homogeneity test of precipitation data, descriptions of the methods used at DNMF*", DNMI Report 13/91 Norwegian Meteorological Institute: 28pp, 1991

23. Hartkamp, A.D., De Beurs K., Stein A., White J.W., "*Interpolation Techniques for Climate Variables*", NRG-GIS Series 99-01, Mexico, D.F.:CIMMYT,1999

24. Hevesi, J.A., Flint, A.L., Istok, J.D., "*Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part II: isohyetal maps.*" Journal of Applied Meteorology 31: 677–688, 1992b.

25. Hevesi, J.A., Istok, J.D., Flint,A.L.,"*Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part I: structural analysis.*" Journal of Applied Meteorology 31: 661–676, 1992a.

26. J.W. van Groenigen, "*The influence of variogram parameters on optimal sampling schemes for mapping by Kriging*", Geoderma 97: 223-236, 2000

27. Jeffrey Stephen J., Carter John O., Moodie Keith B., Beswick Alan R. " *Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data*", Environmental Modelling & Software 16: 309-330, 2001

28. Jens Nieschulze1 and Joachim Saborowski,"*Regionalisation of Point Information: A Comparison of Parameter Estimation Techniques for Universal Kriging*", Universität Göttingen, Institut für Forstliche Biometrie und Informatik, Büsgenweg 4, D-37077 Göttingen, Germany

29. Kosmas C., Kirkby M., Geeson N., *"The MEDALUS project Mediterranean desertification and land use: Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification"*, European Commission, 1999
30. Legge 18 maggio 1989 n.183 integrata con la legge 253/90 e con il decreto legge 398/93 convertito con la legge 493/93: *"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*.
31. Legge 23 marzo 2001, n. 93: *"Disposizioni in campo ambientale"*, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 79 del 4 aprile 2001
32. Legge 4 giugno 1997, n. 170: *"Ratifica ed esecuzione della Convenzione delle Nazioni Unite sulla lotta contro la desertificazione nei paesi gravemente colpiti dalla siccità e/o dalla desertificazione, in particolare in Africa, con allegati, fatta a Parigi il 14 ottobre 1994"*, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 142 del 20 giugno 1997 - Supplemento Ordinario n. 122/L
33. Li Z. W., Ding X.L., Liu G.X., *"Modeling atmospheric effects on InSAR with meteorological and continuous GPS observations: algorithms and some results"*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 66: 907-917, 2004
34. Lloyd C. D., *"Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain"*, Journal of Hydrology 308: 128-150, 2005
35. Loguercio Canio, *"Il ruolo dell'Italia nella lotta alla desertificazione"*, Cuen srl, Ottobre 1999
36. Luise Anna, *"Il Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità e alla Desertificazione per l'attuazione del PAN"*, Convegno Siccità e Desertificazione, Fiera di Rimini, Novembre 2004
37. Mariani Luigi, *"Geostatistica in meteorologia e climatologia possibilità applicative e vincoli"*, ERSAL – Servizio Agrometeorologico, Presidente dell'Associazione Italiana di Agrometeorologia

38. Martinez-Cob A., "Multivariate geostatistical analysis of evapotranspiration and precipitation in mountainous terrain", *Journal of Hydrology* 174: 19-35, 1996
39. Master universitario in Governo del territorio e delle risorse fisiche del Politecnico di Milano, "Dispense insegnamento di Laboratorio di GIS per la pianificazione", <http://www.cremona.polimi.it/msa>
40. Meneghetti Federica, "La convenzione delle Nazioni unite per la lotta alla Desertificazione (UNCCD)", Convegno siccità e desertificazione, Fiera di Rimini, Novembre 2004
41. Monestiez Pascal, Courault Dominique, Allard Denis and Ruget Françoise, "Spatial interpolation of air temperature using environmental context: Application to a crop model", *Environmental and Ecological Statistics* 8: 297-309, 2001
42. Motroni A., Canu S., Bianco G., Loj G., "Relazione tecnica: Carta delle aree sensibili alla desertificazione (Environmentally sensitive areas to desertification, ESAS)", Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna (SAR), Aprile 2004
43. Nalder Ian A., Wein Ross W., "Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest", *Agricultural and Forest Meteorology* 92: 211-225, 1998
44. Pavan V., Tomozeiu R., Selvini A., Marchesi S., Marsigli C., "Controllo di qualità dei dati giornalieri di temperatura minima Controllo di qualità dei dati giornalieri di temperatura minima e massima e di precipitazione massima e di precipitazione", *Quaderno Tecnico ARPA*, n. 15, 2003.
45. Raspa G., "Dispense di Geostatistica Applicata, capitolo 3: Geostatistica di base", *Università di Roma "La Sapienza"*, Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio modulo di Geostatistica del corso integrato "Calcolo delle Probabilità e Geostatistica", 1995

46. Raspa G., “*Il ruolo della Geostatistica nella modellistica ambientale*”, Facoltà di Ingegneria dell’Università di Roma “La Sapienza”, 2000
47. Regione Siciliana, Assessorato Agricoltura e Foreste Gruppo IV – Servizi allo Sviluppo Unità di Agrometeorologia, “*Climatologia della Sicilia*”
48. Rodica Tomozeiu, “*Le serie storiche dei dati meteorologici*”, progetto Desernet
49. Rossiter D G, “*An introduction to applied geostatistics Part 2 – Theory of random functions Modelling the variogram Overheads*”, Department of Earth Systems Analysis International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC), <http://www.itc.nl/personal/rossiter>, July 9, 2005
50. Sneyers R., “*Sur l’analyse statistique des series d’observations*”, Note technique OMM, 143: 189 pp, 1975
51. Suatoni Barbara, Toreti Andrea, “*L’omogeneizzazione delle serie annuali di temperatura*”, Rivista di Meteorologia Aeronautica n. 4, 2005
52. T.Col. Tiziano Colombo, Magg. Vinicio Pelino, Ten. Stefania Vergari, “*Controllo di qualità dei dati meteorologici: l’omogeneizzazione*”, Rivista di Meteorologia Aeronautica n. 4, 2005
53. Trevisani Sebastiano, Tesi in “*Geostatistica nel contesto idrogeologico ed ambientale*”, Università degli Studi di Padova, Dottorato di ricerca in Scienze della Terra, Dip. di Geologia, Paleontologia e Geofisica , 2004
54. Wackernagel Hans, “*Multivariate Geostatistics An Introduction with Applications*”, Springer: Seconda edizione. 1998
55. Wilks, S.D., “*Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*”, International Geophysics Series, Academic Press, vol. 59: 467pp., 1995