

ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA
TRA REGIONE TOSCANA E
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE
DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE
PER

***ATTIVITA' DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO
IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA***

Macroattività B - Modellazione idrologica
Attività B1: Regionalizzazione precipitazioni

**ANALISI DI FREQUENZA REGIONALE
DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME**

Enrica CAPORALI, Valentina CHIARELLO, Giuseppe ROSSI

RELAZIONE TECNICA FINALE
Revisione Marzo 2014

INDICE

INDICE	1
LISTA DELLE FIGURE	3
LISTA DELLE TABELLE	6
PREMESSA	8
1. INTRODUZIONE	11
2. DISTRIBUZIONI DI FREQUENZA DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME	12
2.1. Gumbel.....	13
2.2. Fréchet	14
2.3. Weibull.....	15
2.4. GEV.....	16
2.5. Log-Normale.....	17
2.6. Gibrat.....	18
2.7. Gamma.....	19
2.8. Esponenziale.....	19
2.9. TCEV	20
3. LA REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI	24
3.1. Procedura gerarchica di regionalizzazione.....	26
3.2. Metodologie per l'individuazione di regioni e subregioni omogenee.....	32
3.3. Il terzo livello della regionalizzazione	43
4. STUDI SULLA VALUTAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME IN TOSCANA	45
5. ANALISI DI FREQUENZA REGIONALE	48
5.1. Area di studio e dataset pluviometrico utilizzato.....	48
Validazione del dataset.....	51
5.2. Distribuzione utilizzata.....	55
5.3. Suddivisione in regioni e subregioni e stima regionale dei parametri della distribuzione	56
5.4. Determinazione della curva di crescita per le piogge sub-giornaliere di massima intensità (1h, 3h, 6h, 12h e 24h)	76

5.5.	Determinazione della curva di crescita per le piogge massime sub-orarie di durata 30 minuti	85
5.6.	Pioggia Indice.....	89
5.7.	LSPP.....	100
6.	SOMMARIO DELLE ATTIVITÀ.....	107
	BIBLIOGRAFIA	112
	ALLEGATI	117

LISTA DELLE FIGURE

<i>Figura 5.1: Stazioni di misura pluviometrica giornaliera, con serie storiche maggiori di 30 anni, sul DTM – modello digitale del terreno di risoluzione 70 m dell'area di indagine.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 5.2: Distribuzione spaziale dei coefficienti di asimmetria G (a) e Lsk (b) osservati.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 5.3: Distribuzione spaziale dei coefficienti di variazione Cv (a) e Lcv (b) osservati.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 5.4: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (○) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Nord-Tirrenica.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5.5: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (○) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Nord-Ovest.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5.6: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (○) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Appennino-Amiata.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 5.7: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (○) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Centro-Sud.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.8: Legge di distribuzione TCEV. Curve di crescita teoriche (linea rossa) e osservate (○) per la regione Nord-Tirrenica (in alto) e Nord-Ovest (in basso).....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 5.9: Legge di distribuzione TCEV. Curve di crescita teoriche (linea rossa) e osservate (○) per la regione Appennino-Amiata (in alto) e Centro-Sud (in basso).....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.10: Variazione del fattore di crescita K_T in funzione del tempo di ritorno per le diverse regioni omogenee.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.11: Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee. In figura sono rappresentate le regioni statisticamente omogenee e le 351 stazioni pluviometriche con più di 30 anni di dati, utilizzate nel presente studio. In secondo piano è presente la divisione in bacini idrografici e il modello digitale del terreno (DTM).....</i>	<i>76</i>

<i>Figura 5.12: Legge di distribuzione TCEV per la regione Nord-Tirrenica. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche valide per $d \geq 3$ ore ed 1 g (linea rossa grafico a)) e $d=1$ ora (linea viola grafico b)).....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 5.13: Legge di distribuzione TCEV per la regione Nord-Ovest. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche per $3 \text{ ore} \leq d \leq 24 \text{ ore}$ (linea viola grafico a)) e $d=1$ ora (linea viola grafico b)).....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 5.14: Legge di distribuzione TCEV per la regione Appennino-Amiata. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche valide per $1 \text{ ora} \leq d \leq 12 \text{ ore}$ (linea viola grafico a)) e $d=24$ ore ed 1 giorno (linea rossa grafico b)).....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 5.15: Legge di distribuzione TCEV per la regione Centro-Sud. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche per $6 \text{ h} \leq d \leq 24 \text{ h}$ (linea rossa grafico a)) e $d=1 \text{ h}$ e $d=3 \text{ h}$ (linee viola grafici b), c))..</i>	<i>83</i>
<i>Figura 5.16: Legge di distribuzione TCEV. Confronto tra distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle altezze di pioggia massime annue di durata 30' adimensionali (\circ) e Curva di crescita teorica valida per $d=1$ ora (linea viola) per la regione Nord-Tirrenica a), Nord-Ovest b), Appennino-Amiata c), Centro-Sud d)).....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 5.17: Cumulata Media Annuale di Precipitazione (MAP) per la regione Toscana da dati 1916-2003.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 5.18: Esposizione calcolata a partire da DTM 10 x 10 m.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 5.19: Valore medio delle serie temporali a valori estremi di precipitazione (hm) di durata 1 ora interpolati su tutta la Regione.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 5.20: Valore medio delle serie temporali a valori estremi di precipitazione (hm) di durata 3 ore interpolati su tutta la Regione.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 5.21: Valore medio delle serie temporali a valori estremi di precipitazione (hm) di durata 6 ore interpolati su tutta la Regione.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 5.22: Valore medio delle serie temporali a valori estremi di precipitazione (hm) di durata 12 ore interpolati su tutta la Regione.....</i>	<i>96</i>

<i>Figura 5.23: Valore medio delle serie temporali a valori estremi di precipitazione (hm) di durata 24 ore interpolati su tutta la Regione.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 5.24: Pioggia indice per la durata 1 ora stimata per l'area di studio.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 5.25: Pioggia indice per la durata 3 ore stimata per l'area di studio.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 5.26: Pioggia indice per la durata 6 ore stimata per l'area di studio.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 5.27: Pioggia indice per la durata 12 ore stimata per l'area di studio....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 5.28: Pioggia indice per la durata 24 ore stimata per l'area di studio..</i>	<i>100</i>
<i>Figura 5.29: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "a" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 50 anni.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 5.30: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "n" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 50 anni.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 5.31: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "a" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 5.32: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "n" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 5.33: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 1 ora e Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 5.34: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 3 ore e Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 5.35: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 6 ore e Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 5.36: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 12 ore e Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 5.37: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 24 ore e Tempo di ritorno 200 anni.....</i>	<i>106</i>

LISTA DELLE TABELLE

<i>Tabella 5.1: Consistenza delle serie temporali di valori annui di pioggia massima giornaliera.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 5.2: Consistenza delle serie temporali di valori annui di pioggia massima di durata 1-24 ore.</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 5.3: Consistenza delle serie temporali di valori annui di pioggia massima di durata 15, 20, 30, 45 minuti.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 5.4: Ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 5.5: Parametri del modello probabilistico TCEV per il 1° e il 2° livello di regionalizzazione. Ipotesi di suddivisione del territorio di studio.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 5.6: confronto tra i valori della media e della deviazione standard calcolati sulle serie osservate (obs) e teoriche (th) per i coefficienti di asimmetria G a), Lsk b), e i coefficienti di variazione Cv c), Lcv d).....</i>	<i>64</i>
<i>Tabella 5.7: risultati dei test sui coefficienti di asimmetria G a), Lsk b), e i coefficienti di variazione Cv c), Lcv d).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 5.8: Valori delle statistiche di eterogeneità H1, H2 e H3 e numero di stazioni discordanti per le diverse ipotesi di suddivisione.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabella 5.9: Fattore di crescita K_T per assegnato tempo di ritorno.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabella 5.10: Parametri della distribuzione TCEV ed espressione semplificata del fattore di crescita K_T per le varie durate.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabella 5.11: Coefficienti del modello multiregressivo per la pioggia indice e valori dell'errore quadratico medio per ogni regione omogenea.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabella 6.1: Files consegnati e disponibili nella cartella a_n_LSPP all'interno dello spazio NetStorage della Regione Toscana.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabella 6.2: Files consegnati e disponibili nella cartella hd_Tr all'interno dello spazio NetStorage della Regione Toscana.</i>	<i>110</i>

<i>Tabella A.1: Elenco per codice delle stazioni di misura dei dati giornalieri con almeno 10 anni di osservazioni valide.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabella A.2: Codici e nomi originali delle stazioni automatiche le cui serie storiche di misure sono unite con le stazioni tradizionali, di cui si riporta il codice e il nome di riferimento.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabella A.3: Statistiche delle stazioni utilizzate nell'analisi con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 30 anni.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabella A.4: Statistiche delle stazioni con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 20 anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabella A.5: Statistiche delle stazioni con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 30 anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 15, 20, 30, 45 minuti.....</i>	<i>147</i>

PREMESSA

Nell'ambito dell'Accordo stipulato tra la Regione Toscana e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale per lo sviluppo di attività di ricerca sulla Mitigazione del Rischio Idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico, si fa riferimento all'attività B Modellazione idrologica e in particolare all'attività B1 "Regionalizzazione precipitazioni".

Gruppo di Lavoro: Enrica Caporali (DlCeA – UNIFI, referente), Giuseppe Rossi (DlCeA – UNIFI), Valentina Chiarello (DlCeA – UNIFI), Tiziana Pileggi (DlCeA – UNIFI), Alessandro Santucci (CFR), Bernardo Mazzanti (AdB Arno).

Obiettivi specifici dell'accordo sono:

- aggiornamento del database dei dati pluviometrici estremi fino all'anno 2012 compreso;
- analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme giornaliere e di durata oraria compresa fra 1 ora e 24 ore. L'analisi si basa su metodologie consolidate in ambito nazionale e internazionale, applicate a oggi solo in via sperimentale e in modo preliminare al territorio regionale;
- aggiornamento delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) rispetto a quelle attualmente in uso presenti nel software ALTO (2000) e a quelle pubblicate dal Settore Idrologico della Regione Toscana SIR (2002) mediante un'analisi di frequenza regionale.

Le procedure impiegate per l'aggiornamento dei parametri per la definizione delle LSPP e per l'analisi di frequenza regionale saranno standardizzate e facilmente fruibili.

Mentre si rimanda alla relazione per la descrizione metodologica e la discussione preliminare dei risultati, di seguito si riporta sinteticamente il programma dell'attività delineata in fasi tra loro collegate.

1 - Progettazione attività e costruzione database degli estremi di precipitazione: Elaborazione e validazione, fino a tutto l'anno 2000, dei dati: valori di pioggia massima annua giornaliera, valori estremi di precipitazione per le durate orarie: 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h e per le durate sub-orarie 15', 20', 30', 45'. Confronto da parte del Centro Funzionale Regionale CFR dei dati estremi di precipitazione registrati fino all'anno 2000, con i dati presenti nell'archivio del SIR.

2a - Acquisizione dati estremi di precipitazione al 2011: Acquisizione dati estremi di precipitazione di cui al database della fase 1 e integrazione con i dati estremi di precipitazione per il periodo 2001-2011 forniti dal CFR.

2b - Acquisizione dati "cartografici": DTM alla migliore risoluzione disponibile, Idrografia, parametri idrologici del suolo, altri strati informativi da concordare sulla base delle disponibilità, forniti dal Settore Sistema informativo territoriale ed ambientale.

3 - Analisi di frequenza regionale: Stato dell'Arte e Strumenti: Stato dell'arte sulle tecniche di regionalizzazione delle precipitazioni estreme e messa a punto degli strumenti di analisi statistica sul database disponibile.

4 - Analisi di Frequenza Regionale – AFR: Aggiornamento dei parametri per la definizione delle LSPP mediante un'analisi di frequenza regionale basata su metodologie consolidate in ambito nazionale e internazionale (i.e. TCEV Two Component Extreme Value).

4a - AFR – Analisi statistica preliminare: Determinazione dei parametri delle Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) attraverso una statistica locale (i.e. GEV); costruzione degli strati informativi geomorfologici e meteorologici (i.e. *Mean Annual Precipitation*) per le elaborazioni successive.

4b - AFR – Elaborazioni: Suddivisione del territorio regionale in regioni statisticamente e idrologicamente omogenee e definizione dei parametri del modello probabilistico e del fattore di crescita sul territorio regionale (i.e. metodo della variabile indice: primo e secondo livello di regionalizzazione).

4c - Acquisizione dati estremi di precipitazione del 2012: Acquisizione dati e integrazione con il database della fase 2a.

4d - AFR – Elaborazioni finali e risultati: Definizione della distribuzione della variabile indice (terzo livello di regionalizzazione) e dei parametri delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica sul territorio regionale.

5 - Condivisione dei risultati: Trasferimento e condivisione dei risultati dell'Analisi di Frequenza Regionale sviluppata.

In questa relazione finale si riportano le attività svolte fino a dicembre 2013 e i risultati ottenuti.

L'attività di acquisizione dei valori estremi di precipitazione è stata molto più onerosa in termini di tempo, di quanto previsto, sia per quanto riguarda l'acquisizione vera e propria sia per quanto riguarda la fase effettivamente importante della validazione e del controllo dei dati, descritta in dettaglio nel capitolo 5, dedicato all'analisi e alle elaborazioni successive.

Le elaborazioni dei dati e la discussione preliminare dei risultati sono precedute da due capitoli teorico metodologici sulle distribuzioni di frequenza delle precipitazioni estreme e la regionalizzazione delle precipitazioni (fase 3).

Esistendo per la regione Toscana, già dal 2000, alcuni studi sulla valutazione delle precipitazioni estreme, è stato ritenuto opportuno richiamarli nel capitolo 4 al fine anche di mettere in evidenza l'importanza degli studi effettuati (fase 3).

Le elaborazioni dei dati sono tutte interconnesse e si differenziano anche sulla base delle durate esaminate (fase 4). Nel capitolo 6 sono descritti, oltre alle attività svolte, i prodotti finali, tutti archiviati nello spazio condiviso ad accesso controllato NetStorage della Regione Toscana.

La presente versione della relazione contiene anche le integrazioni richieste dalla Regione Toscana dopo la prima presentazione del lavoro. In particolare è stato aggiunto un paragrafo per l'utilizzo delle LSPP anche per piogge di durata inferiore all'ora.

1. INTRODUZIONE

La stima di eventi estremi di precipitazione, come l'altezza massima di pioggia caratterizzata da un assegnato tempo di ritorno, in bacini idrografici non strumentati o non provvisti di una serie temporale affidabile di dati, può essere affrontata con metodologie diverse, tra cui la più robusta e più utilizzata a livello scientifico e tecnico è l'analisi di frequenza regionale. Tale approccio consente di utilizzare contemporaneamente l'intera informazione pluviometrica disponibile per le diverse stazioni pluviometriche presenti sul territorio di una regione riducendo così l'incertezza associata alla disomogeneità delle serie storiche osservate nei diversi siti di misura. L'analisi dei dati idrologici condotta nella prima fase del presente lavoro ha rivelato la disponibilità di dati in grande quantità, spesso disomogenei rispetto alla loro distribuzione spazio-temporale. L'analisi regionale permette di utilizzare la maggior quantità di dati per una rappresentazione significativa dei processi idrologici con una omogeneizzazione dei dati su un'intera regione.

2. DISTRIBUZIONI DI FREQUENZA DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME

Quando si utilizza nella valutazione degli eventi estremi una metodologia statistica, la misura della precipitazione o della portata in un determinato punto non è un valore associato in assoluto al punto stesso, ma quel valore che mediamente sarà raggiunto nella zona considerata una volta ogni Tr anni. Questa misura idrologica, indicata con x_{Tr} , si dirà appunto caratterizzata da un tempo di ritorno Tr .

La stima del valore idrologico è immediata ove si presuma di conoscere la CDF- *Cumulative Distribution Function* della variabile casuale X , che esprime la probabilità che la variabile casuale assuma un valore non superiore ad x .

La serie storica dei valori della pioggia massima annuale può essere interpretata come una serie di osservazioni di una variabile casuale X con funzione di probabilità cumulata:

$$F_x(x) = P[X \leq x] \quad 2.1$$

il valore x della variabile X avente probabilità cumulata (CDF) pari a $F_x(x)$ è fornito dalla funzione quantile:

$$x(F) = F_x^{-1}(x) \quad 2.2$$

che può essere espresso in funzione del tempo di ritorno Tr come:

$$x_{Tr} = x\left(F = 1 - \frac{1}{Tr}\right) \quad 2.3$$

Essendo quindi:

$$F_x(x) = 1 - \frac{1}{Tr} \quad 2.4$$

è sufficiente ipotizzare un valore di Tr , per ricavare il valore di $F_x(x)$, e da questa ricavare il valore x_{Tr} cercato.

Per la caratterizzazione dei valori estremi idrologici si prestano bene diverse leggi probabilistiche a due o più parametri, fra le quali molto importanti, per la

grande diffusione nella pratica idrologica, sono le leggi asintotiche del massimo valore.

La distribuzione più utilizzata per modellare le precipitazioni estreme è la distribuzione di Gumbel per la sua semplicità, accuratezza nella stima dei parametri e per ragioni pratiche. La riproduzione degli estremi idrologici più intensi risulta però non corretta come dimostrato da Koutsoyannis (2004).

Distribuzioni utilizzate per la caratterizzazione delle precipitazioni estreme sono: Gumbel, Fréchet, Weibull, Esponenziale, Gamma e Log-normale e le meno utilizzate Pareto, Cauchy e Log-Gamma (Kottegoda e Rosso, 1997; 2008) e a livello italiano, come vedremo nel capitolo successivo, la distribuzione TCEV.

2.1. Gumbel

La legge di Gumbel (o EV1-Extreme Value Type 1 o LEVD) è una distribuzione di probabilità continua a due parametri e appartiene alle distribuzioni asintotiche del primo tipo in cui la funzione di probabilità è superiormente illimitata e tende a uno in modo esponenziale. La distribuzione di probabilità è espressa dalla seguente formula:

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-b}{a}\right)\right) \quad 2.5$$

Utilizzando il metodo dei momenti, i parametri sono stimati come:

$$\begin{aligned} a &= \frac{\hat{\sigma}[x]}{1.285} \\ b &= \hat{E}[x] - 0.45\hat{\sigma}[x] \end{aligned} \quad 2.6$$

Con $\hat{E}[x]$ valore atteso e $\hat{\sigma}[x]$ deviazione standard della grandezza idrologica.

La stima dei parametri con il metodo dei minimi quadrati è condotta valutando i parametri a e b che minimizzano lo scarto fra la distribuzione campionaria e quella teorica su carta di Gumbel. La distribuzione campionaria viene calcolata attribuendo ai valori registrati (disposti in ordine decrescente)

una probabilità pari a $i/(N+1)$ dove i è il numero d'ordine e N il numero totale dei valori disponibili.

Nella carta di Gumbel la variabile ridotta assume la seguente espressione:

$$y = \frac{x-b}{a} = -\ln(-\ln(P(x))) \quad 2.7$$

I parametri della distribuzione sono stimati con le seguenti espressioni:

$$a = \frac{\sum_1^N x_i^2 - \frac{\left[\sum_1^N x_i\right]^2}{N}}{\sum_1^N x_i y_i - \frac{\sum_1^N x_i \sum_1^N y_i}{N}} \quad b = a \left(\frac{\sum_1^N x_i}{Na} - \sum_1^N y_i \right) \quad 2.8$$

2.2. Fréchet

La distribuzione di Fréchet è una distribuzione generalizzata dei valori estremi. Detta anche Log-Gumbel, può essere espressa nella seguente forma:

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{\ln(x)-b}{a}\right)\right) \quad 2.9$$

La stima dei parametri può essere condotta sia con il metodo dei momenti che con quello dei minimi quadrati.

Nel metodo dei momenti, analogamente alla distribuzione di Gumbel, i parametri sono stimati con le seguenti espressioni:

$$a = \frac{\hat{\sigma}[\ln(x)]}{1.285} \quad 2.10$$

$$b = \hat{E}[\ln(x)] - 0.45\hat{\sigma}[\ln(x)]$$

La stima dei parametri con il metodo dei minimi quadrati, come per la distribuzione di Gumbel, è condotta valutando i parametri a e b che minimizzano lo scarto fra la distribuzione campionaria e quella teorica su carta di Gumbel. La distribuzione campionaria viene calcolata attribuendo ai valori registrati (disposti in ordine decrescente) una probabilità pari a $i/(N+1)$ dove i è

il numero d'ordine e N il numero totale dei valori disponibili. Nella carta di Gumbel la variabile ridotta assume la seguente espressione:

$$y = \frac{\ln(x) - b}{a} = -\ln(-\ln(P(x))) \quad 2.11$$

I parametri della distribuzione sono stimati con le seguenti espressioni:

$$a = \frac{\sum_1^N \ln(x_i)^2 - \frac{\left[\sum_1^N \ln(x_i)\right]^2}{N}}{\sum_1^N \ln(x_i)y_i - \frac{\sum_1^N \ln(x_i)\sum_1^N y_i}{N}} \quad b = a \left(\frac{\sum_1^N \ln(x_i)}{Na} - \sum_1^N y_i \right) \quad 2.12$$

2.3. Weibull

La distribuzione di Weibull è una distribuzione generalizzata dei valori estremi.

La funzione consente di calcolare i parametri della distribuzione sia con il metodo dei momenti che con quello dei minimi quadrati.

La distribuzione di probabilità Weibull è espressa nella seguente forma:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\exp\left(\frac{\ln(x) - b}{a}\right)\right) \quad 2.13$$

I parametri sono stimati con il metodo dei momenti, attraverso le relazioni:

$$a = \frac{\hat{\sigma}[\ln(x)]}{1.285} \quad b = \hat{E}[\ln(x)] + 0.45\hat{\sigma}[\ln(x)] \quad 2.14$$

con i parametri definiti come per la distribuzione di Gumbel e Fréchet. La stima dei parametri con il metodo dei minimi quadrati è condotta valutando i parametri a e b che minimizzano lo scarto fra la distribuzione campionaria e quella teorica su carta di Gumbel dei minimi. La distribuzione campionaria viene calcolata attribuendo ai valori registrati (disposti in ordine decrescente) una probabilità pari a $i/(N+1)$ dove i è il numero d'ordine e N il numero totale dei

valori disponibili. Nella carta di Gumbel la variabile ridotta assume la seguente espressione:

$$y = \frac{\ln(x) - b}{a} = \ln(-\ln(1 - P(\ln(x)))) \quad 2.15$$

I parametri della distribuzione sono stimati con le seguenti espressioni:

$$a = \frac{\sum_1^N \ln(x_i)^2 - \frac{\left[\sum_1^N \ln(x_i)\right]^2}{N}}{\sum_1^N \ln(x_i)y_i - \frac{\sum_1^N \ln(x_i)\sum_1^N y_i}{N}} \quad b = a \left(\frac{\sum_1^N \ln(x_i)}{Na} - \sum_1^N y_i \right) \quad 2.16$$

2.4. GEV

I tre tipi di distribuzione precedenti possono essere rappresentati come facenti parte di un'unica famiglia di distribuzioni generalizzate la *Generalized Extreme Value distribution* (GEV) la cui CDF è data da:

$$P(X \leq x) = \left[1 + \xi \left(\frac{x - m}{s} \right) \right]^{-1/\xi} \quad \text{con } 1 + \xi \left(\frac{x - m}{s} \right) > 0, \quad -\infty < \xi < \infty, \quad s > 0 \quad 2.17$$

Con:

m parametro di posizione;

s parametro di scala;

ξ parametro di forma che determina il tipo di distribuzione.

Per $\xi \rightarrow 0$ ritroviamo la distribuzione di Gumbel, per $\xi > 0$ la distribuzione di Fréchet, per $\xi < 0$ la distribuzione di Weibull.

Possiamo dire che il caso $\xi > 0$ corrisponde a distribuzioni con code pesanti e lunghe che decrescono come una funzione potenza $x^{-1/\xi}$, il caso $\xi = 0$ alle distribuzioni intermedie con code che decadono in modo esponenziale e infine il caso $\xi < 0$ corrisponde a distribuzioni con code corte e finite a destra.

Se $\xi \neq 0$ il quantile vale:

$$x = m + \frac{s}{\xi} \left[1 - \left(\ln \frac{1}{P} \right)^\xi \right] \quad 2.18$$

se $\xi=0$ ritroviamo il valore inverso di $P(x)$ della distribuzione di Gumbel, ovvero

$$x = m + s \cdot \ln(-\ln P) \quad 2.19$$

Per determinare i parametri caratteristici della GEV si possono utilizzare vari metodi: sia quello dei momenti pesati in probabilità PWM - *Probability Weighted Moment* (Greenwood, 1979) che quello degli L-moments (Hosking, 1990).

2.5. Log-Normale

La distribuzione Log-Normale a 2 parametri è la distribuzione di probabilità di una variabile aleatoria x il cui logaritmo $\log x$ segue una distribuzione normale, espressa nella sua variabile ridotta standardizzata, assume la forma:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-1/2z^2} dz \quad 2.20$$

dove la variabile ridotta $z = b \ln(x) + a$.

I parametri possono essere stimati con il metodo dei momenti o con quello della massima verosimiglianza (ML-Maximum Likelihood).

Utilizzando il metodo dei momenti, i parametri sono stimati come:

$$b = \frac{1}{\ln \left(\left(\frac{\hat{\sigma}[x]}{\hat{E}[x]} \right)^2 + 1 \right)} \quad a = \frac{1}{2b} - b \ln[\hat{E}[x]] \quad 2.21$$

Con $\hat{E}[x]$ valore atteso e $\hat{\sigma}[x]$ deviazione standard campionarie.

Il metodo della massima verosimiglianza conduce alle seguenti espressioni:

$$a = -\frac{\mu'}{\sigma'} \quad b = -\frac{1}{\sigma'} \quad \mu' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i) \quad \sigma'^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\ln(x_i) - \mu']^2 \quad 2.22$$

Il metodo della massima verosimiglianza richiede un procedimento iterativo per la stima del parametro c da cui dipendono successivamente i parametri a e b .

2.6. Gibrat

La distribuzione di Gibrat, detta anche Log-Normale a 3 parametri, espressa nella sua variabile ridotta standardizzata, assume la forma:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-1/2z^2} dz \quad 2.23$$

dove la variabile ridotta $z = b \ln(x-c)+a$

I parametri possono essere stimati con il metodo dei momenti o con quello della massima verosimiglianza.

Utilizzando il metodo dei momenti i parametri sono stimati come:

$$c = \hat{E}[x] - \frac{\hat{\sigma}^2[x]}{t} \quad a = \frac{1}{2b} - b \ln(\hat{E}[x] - c) \quad b = \frac{1}{\sqrt{\ln \left[1 + \frac{\hat{\sigma}^2[x]}{[\hat{E}[x] - c]^2} \right]}} \quad 2.24$$

Essendo:

$$t = \left(\frac{\mu_3[x]}{2\sigma^3[x]} + \left(\frac{\mu_3^2[x]}{4\sigma^6[x]} + 1 \right)^{1/3} \right)^{1/3} + \left(\frac{\mu_3[x]}{2\sigma^3[x]} - \left(\frac{\mu_3^2[x]}{4\sigma^6[x]} + 1 \right)^{1/3} \right)^{1/3} \quad 2.25$$

Il metodo della massima verosimiglianza conduce alle seguenti espressioni:

$$a = -\frac{m'}{s'} \quad b = \frac{1}{s'} \quad m' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i - c)$$

$$s'^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\ln[x_i - c] - m' \right]^2 \quad 2.26$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i - c} \left[1 + \frac{\ln(x_i - c) - m'}{s'^2} \right] = 0$$

Il metodo della massima verosimiglianza richiede un procedimento iterativo per la stima del parametro c da cui dipendono successivamente i parametri a e b .

2.7. Gamma

Per lo studio della distribuzione Gamma è necessario introdurre la funzione gamma. Se una variabile aleatoria X ha distribuzione di probabilità gamma con i parametri α e β , scriviamo:

$$X \approx \Gamma(\alpha, \beta) \quad 2.27$$

La funzione di densità di X sarà allora:

$$f_X(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad 2.28$$

Dove α è il parametro di regolarità, β prende il nome di parametro di scala e $\Gamma(\alpha)$ è la funzione gamma definita come:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{+\infty} x^{\alpha-1} \cdot e^{-x} dx \quad 2.29$$

se α è un numero intero non negativo, allora abbiamo:

$$\Gamma(\alpha + 1) = \alpha! \quad 2.30$$

Il tempo necessario per un numero α di eventi caratterizzati da un processo di tipo Poisson è descritto dalla distribuzione Gamma. È limitata inferiormente a zero. È applicata in idrologia principalmente per descrivere l'altezza di precipitazione di ogni evento meteorico.

2.8. Esponenziale

La distribuzione esponenziale modella il tempo (o la lunghezza) tra due eventi di tipo Poissoniano. La sua CDF è espressa nella forma:

$$F_X(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad 2.31$$

e la funzione generale che esprime i momenti è:

$$F_x(t)=E(e^{xt}) = \int_0^{\infty} e^{xt} \lambda e^{-\lambda x} dx = \frac{\lambda}{\lambda - t} \quad \text{per } t < \lambda \quad 2.32$$

Alcuni processi idrologici, come il verificarsi delle precipitazioni possono essere considerati processi di Poisson, in cui ogni evento accade istantaneamente e indipendentemente a livello temporale. Il tempo tra ogni evento è descritto dalla distribuzione esponenziale in cui il parametro λ è il tasso medio di accadimento. Questo parametro è quindi facilmente stimabile una volta nota la serie di dati. Lo svantaggio principale nell'utilizzo di questa distribuzione è che gli eventi idrologici spesso non possano essere considerati indipendenti l'uno dall'altro.

2.9. TCEV

La distribuzione TCEV - *Two-Component Extreme Value* è una distribuzione probabilistica introdotta da Rossi et al. (1984) allo scopo di rappresentare l'elevata asimmetria delle serie storiche dei massimi annui di portata al colmo di piena dei bacini italiani e la presenza di *outliers*. Gli *outliers* sono eventi con frequenze molto rare che si discostano in modo consistente dai valori mediamente raggiunti dall'estremo idrologico considerato.

Partendo dalla considerazione che gli *outliers* delle serie storiche osservate vengono generati da eventi meteorologici eccezionali, associati a speciali condizioni meteorologiche, gli autori hanno costruito un modello probabilistico in cui i valori delle serie di massimi annuali si considerano provenienti da una mistura di due popolazioni, la prima rappresentativa degli eventi normali e più frequenti (componente di base) e la seconda degli eventi più gravosi e rari (componente eccezionale).

La rappresentazione che si ottiene, a quattro parametri, è composta dal prodotto di due distribuzioni del tipo EV1 e la sua CDF è data da:

$$F_x(x)=\exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\theta_1}\right)-\Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\theta_2}\right)\right\} \quad \text{per } x \geq 0 \quad 2.33$$

nella quale i parametri Λ_1 e Λ_2 (con $\Lambda_1 > \Lambda_2 \geq 0$) rappresentano il numero medio annuo di eventi relativi rispettivamente alla componente di base e alla componente eccezionale, mentre i parametri θ_1 e θ_2 (con $\theta_2 > \theta_1 > 0$) rappresentano il rispettivo valore medio di tali eventi.

Usualmente nella procedura di individuazione delle zone omogenee si fa riferimento alla variabile ridotta y definita come:

$$y = \frac{X}{\theta_1} - \ln(\Lambda_1) \quad 2.34$$

per la quale la CDF assume la forma:

$$F_Y(y) = \exp\left[-\exp(-y) - \Lambda^* \exp(-y/\theta^*)\right] \quad 2.35$$

dove i parametri Λ^* e θ^* sono definiti come:

$$\theta^* = \theta_2 / \theta_1 \quad \text{e} \quad \Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\theta^*} \quad 2.36$$

L'uso delle distribuzioni di probabilità caratterizzate da un numero di parametri elevato non è consigliato per l'analisi locale, cioè per l'analisi di singole serie di massimi annuali di piogge intense. La presenza di quattro parametri implica, infatti, di considerare i momenti fino al quarto ordine, che risultano praticamente impossibili da stimare con una certa precisione in presenza di campioni di ridotta dimensione. La varianza della stima del momento di un certo ordine di una distribuzione è infatti proporzionalmente tanto maggiore quanto più elevato è l'ordine del momento. Poiché la varianza della stima risulta, a parità di ordine del momento, tanto minore quanto maggiore è la dimensione del campione, per superare la difficoltà occorre aumentare in qualche modo il numero delle osservazioni utilizzate, per stimare momenti di ordine superiore.

Un metodo per superare questo problema è quello di considerare le proprietà congiunte, ossia di passare dalle statistiche sulle stazioni indipendenti alle analisi statistiche di tipo regionale (Haan, 1977), combinando le osservazioni di tutte le stazioni di misura in una certa area. In tal modo si ottengono campioni più numerosi e le stime dei parametri relativi ai momenti di ordine maggiore del II diventano più attendibili.

Una ulteriore formulazione della legge TCEV è esprimibile tramite la variabile adimensionale $X' = X/\mu$, dove μ rappresenta la media della distribuzione statistica adottata. La legge di distribuzione di X' è la seguente:

$$F_{X'}(x') = \exp[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\theta^*} \exp(-\eta x'/\theta^*)] \quad 2.37$$

Per definire la media e gli altri parametri statistici della (2.37) viene utilizzata l'espressione dei momenti di ordine r rispetto all'origine, elaborata da Beran et al. (1986):

$$\mu_r = m_r + \theta_1^r \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \sum_{k=1}^r (-1)^k k \binom{r}{k} (\ln \Lambda_1)^{r-k} \Gamma^{(k-1)}(j/\theta^*) \quad 2.38$$

dove:

$$m_r = \theta_1^r \sum_{k=0}^r (-1)^k \binom{r}{k} (\ln \Lambda_1)^{(r-k)} \Gamma^{(k)}(1) \quad 2.39$$

è l' r -esimo momento della componente di base di X e $\Gamma^{(k)}(x)$ è la derivata k -esima della funzione gamma.

Così il valore atteso di X sarà dato, per $r = 1$, da:

$$\mu = E[X] = \theta_1 \left[(\ln \Lambda_1 + \gamma_\epsilon) - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma(j/\theta^*) \right] = \eta \theta_1 \quad 2.40$$

nella quale η ha chiaro significato matematico, mentre con γ_ϵ si è indicata la costante di Eulero:

$$\gamma_\epsilon = \int_0^{\infty} \exp(-z) \log z \, dz = 0.57722 \quad 2.41$$

Sempre mediante l'espressione dei momenti teorici di Beran è possibile definire il coefficiente di variazione teorico Cv e il coefficiente di asimmetria teorico G , calcolati a partire dai momenti centrali del 2° e 3° ordine μ_2 e μ_3 :

$$Cv = \frac{\mu_2^{1/2}}{\mu} \quad G = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} \quad 2.42$$

I coefficienti campionari di asimmetria e variazione, sono invece rispettivamente individuati dalle relazioni:

$$\hat{G} = \sqrt{N} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{3/2}} \quad \hat{Cv} = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}}{\sum_{i=1}^N x_i} \quad 2.43$$

dove N è la dimensione del campione e \bar{x} la media campionaria.

Va osservato che, la distribuzione (2.33) dipende da quattro parametri ($\Lambda_1, \Lambda_2, \theta_1, \theta_2$), la distribuzione della variabile ridotta y (2.34) dipende solo da due parametri (Λ^*, θ^*), mentre la distribuzione della variabile adimensionale X' dipende da 3 parametri ($\Lambda^*, \theta^*, \Lambda_1$). Analogamente, si ha che il coefficiente di variazione teorico Cv e la media μ dipendono esclusivamente da questi ultimi tre parametri, mentre il coefficiente di asimmetria teorico G è dipendente solamente dai parametri con apice asterisco. Da queste osservazioni deriva la procedura gerarchica di regionalizzazione proposta da Fiorentino et al. (1987) descritta dettagliatamente in seguito. Per la stima regionale dei parametri, la quale può essere condotta a diversi livelli con metodi differenti, si rimanda al Capitolo 3.

3. LA REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI

Un limite all'utilizzo dell'analisi probabilistica puntuale è rappresentato dalle lunghezze delle serie storiche disponibili che sono spesso assai minori del tempo di ritorno prescelto, rendendo poco affidabile la definizione delle leggi probabilistiche assunte a rappresentare il fenomeno nel campo dei valori assai piccoli delle frequenze. In generale, la stima degli eventi corrispondenti ad un tempo di ritorno Tr si può ritenere sufficientemente attendibile fin tanto che $Tr < 2n$, avendo indicato con n la dimensione del campione utilizzato (Benson, 1962); d'altra parte, essendo assai di frequente la lunghezza delle serie storiche non superiore ad alcuni decenni, si verifica spesso la situazione in cui $Tr >> n$.

Estendendo l'analisi statistica ad un elevato numero di serie storiche registrate su bacini diversi ma considerati appartenenti ad una regione idrologicamente omogenea (Cunnane, 1988), non solo si ottiene un campione di dimensione molto maggiore di quello delle singole serie storiche, ma si aumenta la probabilità di includere nell'analisi di frequenza un maggior numero di eventi caratterizzati da elevati tempi di ritorno, rendendo più affidabile la stima degli eventi di intensità eccezionalmente elevata. Mettendo insieme i dati delle stazioni appartenenti ad una medesima regione è così possibile ottenere anche una statistica degli eventi più rari di maggiore intensità.

Una completa procedura di regionalizzazione permette di caratterizzare dal punto di vista idrologico un bacino idrografico anche in siti sprovvisti di stazioni di misura.

Il primo passo in una procedura di regionalizzazione è l'individuazione di regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni. Esistono diversi metodi per poter individuare le regioni omogenee. Nella maggior parte degli studi riguardanti il territorio italiano è stato utilizzato il metodo TCEV - *Two-Component Extreme Value*, basato sull'omonima legge di distribuzione probabilistica, prescelta per la variabile casuale h_d , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria d .

Questo è dovuto allo sviluppo a livello nazionale, nell'ambito delle attività del GNDCI – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi idrogeologiche del CNR, del progetto VAPI - VALutazione delle Piene in Italia (Versace, 1994). Obiettivo del progetto è la definizione di una procedura uniforme sull'intero territorio italiano per la valutazione di eventi idrologici a valore estremo. Scopo del progetto VAPI è quindi quello di fornire uno strumento ed una guida ai ricercatori ed ai tecnici operanti sul territorio, per descrivere più correttamente possibile i fenomeni coinvolti nella produzione di piogge e di portate di piena naturali e per effettuare previsioni sui valori futuri con la minor incertezza possibile. Il progetto VAPI utilizza come modello probabilistico il modello TCEV secondo una procedura gerarchica a tre livelli.

In ambito nazionale una consistente attività di ricerca legata al progetto è stata svolta dall'inizio degli anni '90 principalmente nelle regioni meridionali all'interno delle diverse Unità Operative del GNDCI - CNR (Cannarozzo et al., 1993; Cao et al., 1991; Copertino e Fiorentino, 1992; Gabriele e Iritano, 1994; Rossi & Villani, 1995; Versace et al., 1989) estesa poi con procedure simili anche alle regioni del centro Italia e del Triveneto (Brath, A. et al., 1998; Calenda e Cosentino, 1996; Franchini e Galeati, 1994; Villi e Bacchi, 2001).

I diversi progetti VAPI regionali, pur con differenziazioni da un caso all'altro, hanno in linea di massima sviluppato le seguenti fasi:

- Analisi delle piogge giornaliere: partendo dalla delimitazione delle zone e sottozone pluviometriche omogenee sono stati stimati i parametri regionali ed identificate le curve di crescita; individuate infine le aree pluviometriche omogenee ed identificate le relazioni tra pioggia indice giornaliera e caratteristiche geografiche del sito è stata determinata la precipitazione di assegnato tempo di ritorno.
- Analisi delle piogge orarie: è stata effettuata nelle aree omogenee la stima dell'evento estremo pluviometrico per le diverse durate $h_{d,Tr}$ una volta identificate le relazioni tra pioggia indice e caratteristiche climatiche dell'area d'interesse.
- Analisi delle piene: partendo dalla delimitazione delle zone e sottozone idrometriche omogenee, non sempre coincidenti con quelle

pluviometriche, sono stimati i parametri regionali ed identificate le curve di crescita; sono state identificate le relazioni tra piena indice giornaliera e caratteristiche geomorfoclimatiche del bacino idrografico sotteso finalizzate alla stima delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno.

3.1. Procedura gerarchica di regionalizzazione

Seguendo la procedura VAPI-TCEV la separazione delle fasi di analisi viene associata a distinti livelli di regionalizzazione dell'indagine tramite l'individuazione di zone omogenee rispetto a determinati parametri proposta da Fiorentino et al. (1987).

È stato osservato che i coefficienti di asimmetria e variazione campionari, definiti precedentemente (2.42), presentano generalmente una contenuta variabilità spaziale, qualora vengano stimati dai massimi idrologici delle serie storiche relative a più stazioni di misura e nell'ambito di vaste aree. Ciò permette, vista la stretta relazione tra valori campionari e teorici, di ipotizzare l'esistenza di zone con coefficienti teorici di asimmetria e di variazione costanti.

Sulla base di questa osservazione e delle relazioni teoriche esistenti fra i coefficienti di asimmetria e di variazione e i parametri del modello TCEV è stata proposta la seguente procedura di regionalizzazione, strutturata in 3 livelli sequenziali.

Nel primo livello di regionalizzazione si individuano una o più zone omogenee all'interno delle quali si può ammettere costante il coefficiente di asimmetria teorico G e conseguentemente i parametri Λ^* e θ^* , Risulta così costante nelle zone omogenee la distribuzione della variabile ridotta y .

Nel secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione teorico C_v e quindi anche il parametro Λ_1 . In questo modo la distribuzione di probabilità della variabile adimensionale X' , e dunque anche il fattore di crescita $x'(F)$ definito nel seguito nell'equazione 3.1, risultano costanti in ogni sottozona omogenea. L'estensione

della sottozona, in caso di elevata omogeneità dei dati, può coincidere con quella della zona omogenea che la contiene.

Nel terzo livello di regionalizzazione si individuano infine delle aree omogenee all'interno delle quali si ricercano delle relazioni tra la grandezza indice μ e le caratteristiche geomorfoclimatiche del bacino idrografico, qualora si analizzino le portate, o le caratteristiche geografiche del sito, qualora si analizzino le piogge.

Come si può osservare dalle definizioni, i primi due livelli permettono di individuare regioni omogenee esclusivamente da un punto di vista statistico in quanto la stima dei parametri si basa solo sulle informazioni provenienti dalle serie storiche. In questo ambito, può essere definita omogenea rispetto ad un parametro (Λ^* , θ^* e Λ_1), una qualsiasi area che permette di ottenere una migliore stima dello stesso se si utilizzano contemporaneamente le informazioni provenienti dai dati relativi a tutti i pluviometri dell'area stessa, rispetto a una stima sulla base dei dati di un solo pluviometro.

Il terzo livello, invece, ricerca una suddivisione in sottozone la cui omogeneità sia legata anche e soprattutto a fattori geografici, morfologici e climatici difficilmente schematizzabili con relazioni analitiche.

Appare quindi evidente come, accanto alla caratterizzazione puramente statistica, sia possibile attribuire al concetto di omogeneità anche una valenza geomorfologica e climatica. La presenza di similitudini idrologiche fra aree geograficamente contigue, infatti, suggerisce la possibilità di definire alcuni legami di tipo semideterministico tra caratteristiche climatiche, morfologiche e valori medi di alcuni indici statistici legati alle serie storiche delle precipitazioni.

La complessità dei fattori che concorrono alla formazione delle precipitazioni, unita all'intrinseca aleatorietà del fenomeno, rende difficile la definizione di criteri e metodi per delimitare, sulla sola base dei dati fisici, territoriali e climatici, aree omogenee all'interno delle quali il valore atteso di un determinato parametro può essere considerato costante in tutti i punti. Le caratteristiche fisiche, territoriali e climatiche, comunque, possono essere analizzate per avere un'idea riguardo alla scelta delle zone omogenee in cui suddividere l'area in

esame. La regionalizzazione, infatti, parte dal presupposto di stabilire a priori, e proprio sulla base dei fattori sopracitati, la suddivisione dell'area in regioni, zone e sottozone interne, per poi controllare con coefficienti e test statistici, la bontà del tentativo effettuato.

Conclusi i tre livelli precedenti si può facilmente stimare il valore del generico evento idrologico in funzione della probabilità cumulata o del tempo di ritorno tramite relazioni del tipo:

$$x(F) = \mu \cdot x'(F) = \mu \cdot K_T \quad x_T = \mu \cdot x'(F = 1 - 1/Tr) \quad 3.1$$

dove μ rappresenta la grandezza indice e K_T prende il nome di fattore di crescita, unico per l'intera zona idrologicamente omogenea e determinabile in maniera univoca in funzione del tempo di ritorno Tr , ossia dei parametri che definiscono la distribuzione TCEV caratteristica della zona.

La stima dei parametri Λ^* , θ^* e Λ_T necessaria nei primi due livelli di regionalizzazione può essere eseguita con diverse metodologie, quali quelle basate sulla massima verosimiglianza ML-Maximum Likelihood, sui momenti pesati in probabilità PWM - *Probability Weighted Moments* (Greenwood et al., 1979) o sugli L-moments (Hosking e Wallis, 1997). Un ulteriore tipo di stima vede un procedimento congiunto, basato sulla massima verosimiglianza, per la determinazione dei parametri del 1° e del 2° livello (Gabriele e Iritano, 1994).

Nella stima con il metodo della massima verosimiglianza la valutazione dei parametri Λ^* e θ^* si ottiene determinando i valori di Λ^* e θ^* che massimizzano la funzione:

$$L_{\max} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \ln f(y_{ij}, \theta^*, \Lambda^*) \quad 3.2$$

dove f è la funzione di densità di probabilità della variabile ridotta y e i valori di y_{ij} vengono calcolati dalla i -esima serie come $y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\theta_{1i}} - \ln \Lambda_{1i}$, con k numero di serie della regione e n_i numero di dati della i -esima serie. I valori di Λ_{1i} e θ_{1i} sono invece quelli per cui sono massime le rispettive funzioni di verosimiglianza:

$$L_{\max}^{(i)} = f(x_{ij}, \Lambda_{1i}, \theta_{1i} | \theta^*, \Lambda^*) \quad 3.3$$

Esplicitando le (3.2) e (3.3) in base alla distribuzione TCEV si ottiene:

$$LR = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \ln \left[\left(-e^{-y_{ij}} - \Lambda^* e^{-y_{ij}/\theta^*} \right) \cdot \exp \left(-e^{-y_{ij}} - \Lambda^* e^{-y_{ij}/\theta^*} \right) \right] \quad 3.4$$

$$LS^{(i)} = \sum_{j=1}^{n_i} \ln \left\{ \left[\frac{\Lambda_{1i}}{\theta_{1i}} \exp \left(-\frac{x_{ij}}{\theta_{1i}} \right) - \frac{\Lambda^* \Lambda_{1i}^{1/\theta^*}}{\theta^* \theta_{1i}} \exp \left(-\frac{x_{ij}}{\theta^* \theta_{1i}} \right) \right] \cdot \exp \left[-\Lambda_{1i} \exp \left(-\frac{x_{ij}}{\theta_{1i}} \right) - \Lambda^* \Lambda_{1i}^{1/\theta^*} \exp \left(-\frac{x_{ij}}{\theta^* \theta_{1i}} \right) \right] \right\} \quad i = 1, \dots, k \quad 3.5$$

Eguagliando a zero le derivate parziali di LR rispetto a Λ^* e θ^* e di $LS^{(i)}$ rispetto a Λ_{1i} e θ_{1i} si ottengono i valori dei parametri che massimizzano le funzioni stesse. Questo significa risolvere un sistema non lineare di $2+2k$ equazioni per la cui risoluzione sono state messe a punto diverse tecniche.

Fiorentino e Gabriele (1985) hanno proposto, per la stima di Λ^* , θ^* , Λ_{1i} e θ_{1i} , un metodo basato sulla risoluzione iterativa in fasi separate delle equazioni (3.4) e (3.5). La procedura è definita dai seguenti punti:

- per ciascuna serie si calcolano dei valori di tentativo di Λ_{1i} e θ_{1i} , in base ai parametri α_i ed ε_i , ottenuti adattando ai dati della serie un modello a singola componente (legge di Gumbel), con il metodo della massima verosimiglianza:

$$\theta_{1i} = \frac{1}{\alpha_i} \quad 3.6$$

$$\Lambda_{1i} = \exp(\alpha_i \varepsilon_i)$$

- sulla base della definizione della variabile ridotta, indicizzata in funzione della zona:

$$y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\theta_{1i}} - \ln \Lambda_{1i} \quad i=1, \dots, k \quad j=1, \dots, k \quad 3.7$$

- si possono determinare i valori di y_{ij} , con cui si stimano i valori di Λ^* e θ^* , che massimizzano la (3.4);

- fissati così i due parametri del primo livello di regionalizzazione si ricavano, azzerando le derivate parziali, i valori di Λ_{1i} e θ_{1i} che massimizzano la (3.5);
- si ripetono le iterazioni a partire dal punto b) sino a che la differenza tra i parametri calcolati in due iterazioni successive non soddisfa una prefissata tolleranza.

Il metodo ora descritto risolve in maniera concettualmente semplice il problema, nell'ipotesi che Λ_{1i} sia variabile da sito a sito. Per quanto riguarda la risoluzione numerica del sistema di derivate parziali gli stessi autori hanno proposto un metodo misto tra la soluzione iterativa e quella basata sull'algoritmo di Newton-Rapson, metodo più lento rispetto ad altri algoritmi adatti allo scopo ma ben più robusto in quanto sempre convergente a valori massimizzanti rispetto alle (3.4) e (3.5).

È opportuno ricordare che questo metodo porta a risolvere sistemi di equazioni piuttosto complicati e che si adatta meglio a serie storiche piuttosto consistenti. In numerosi studi il metodo della massima verosimiglianza ML è quello utilizzato per stimare i parametri caratteristici della TCEV.

Uno sviluppo del metodo della massima verosimiglianza è quello della stima gerarchica dei parametri. In questo caso la stima dei parametri di ogni livello è subordinata a quella dei parametri del livello precedente. Quindi la stima dei parametri al primo livello non utilizza nessuna informazione precedente e il risultato del secondo livello di regionalizzazione è condizionato dai risultati ottenuti nel primo livello. Questo comporta anche una gerarchizzazione a livello operativo che offre dei vantaggi in quanto, a seconda della numerosità delle serie storiche disponibili, si può scegliere il livello di regionalizzazione da adottare.

Al primo livello i parametri da stimare sono $2+2k$: devono infatti essere stimati Λ^* , θ^* , Λ_{1i} e θ_{1i} con $i = 1, \dots, k$, dove k è il numero di pluviometri considerati (numero delle serie storiche); i suddetti parametri si stimano massimizzando rispetto ad essi le funzioni di verosimiglianza che costituiscono un sistema fortemente non lineare di $2+2k$ equazioni in $2+2k$ incognite per la cui

soluzione sono stati proposti vari procedimenti. Il programma TCEV che viene utilizzato sfrutta un metodo iterativo proposto da Fiorentino e Gabriele (1985). Se le serie storiche considerate sono molto consistenti (in presenza cioè di migliaia di dati) è possibile integrare il metodo iterativo sopra descritto con l'algoritmo risolutivo di Newton-Raphson ottenendo così il cosiddetto metodo misto.

Il metodo iterativo presenta dei problemi se, tra le k serie storiche, ve ne sono alcune con basso valore del coefficiente di asimmetria (in genere a causa del numero limitato di dati) e che quindi non sono ben rappresentabili con una distribuzione a doppia componente. Un basso valore del coefficiente di asimmetria, infatti, significa che la curva di probabilità si distribuisce in maniera piuttosto uniforme attorno al suo valor massimo, per cui non risulta molto adatto il ricorso al modello TCEV.

La stima separata dei parametri dei primi due livelli di regionalizzazione comporta un aumento dell'errore di stima su Λ_1 in quanto la sua valutazione dipende dai parametri Λ^* e θ^* , valutati al primo livello con un dato errore. Per ovviare a questo inconveniente Gabriele e Iritano (1994) hanno introdotto un metodo, detto della massima verosimiglianza con stima congiunta, basato sulla massima verosimiglianza che effettua una stima contemporanea dei parametri di primo e secondo livello (Λ^* , θ^* e Λ_1). Un ulteriore vantaggio, utilizzando il metodo di stima congiunta, viene dalla riduzione dei parametri da stimare da $2 + 2k + M$ a $2 + k + M$, dove k sono i siti presenti nella regione ed M sono le sottozone, in quanto non è più necessaria la stima per ogni sito dei Λ_{1i} effettuata nel primo livello di regionalizzazione. Dalle esperienze condotte dagli Autori risulta inoltre che anche i parametri del primo livello beneficiano di una stima congiunta a Λ_1 .

Il metodo della massima verosimiglianza con stima gerarchica è formalmente corretto solo se ci si limita al primo livello di regionalizzazione, ma introduce pesanti approssimazioni nel caso in cui si tenti di spingere la regionalizzazione a livelli superiori. Questo perché al secondo livello stima il parametro Λ_1 sfruttando i valori Λ^* e θ^* calcolati al primo livello nell'ipotesi di Λ_1 variabile da sito a sito, mentre il secondo livello di regionalizzazione si basa proprio su un Λ_1

costante in ogni regione omogenea. Il metodo della massima verosimiglianza con stima congiunta ha, invece, lo scopo di eliminare questa incongruenza tenendo già conto, nel calcolo di Λ^* e θ^* della suddivisione in zone omogenee.

La stima del quarto parametro, θ_1 , legato al terzo livello di regionalizzazione, si riconduce invece alla stima della grandezza indice μ (definito nella 2.38). Nel caso di siti dotati di misurazioni μ si può porre uguale alla media campionaria $\hat{\mu}$. In assenza di misurazioni si può ricorrere a numerose procedure: l'individuazione delle aree omogenee non segue procedure standard come finora visto per le zone e le sottozone, bensì, per ogni sito o area di indagine si cerca una relazione tra la grandezza indice e le caratteristiche delle stazioni ivi ricadenti o del bacino idrografico stesso, solitamente mediante tecniche di analisi multi-regressive.

3.2. Metodologie per l'individuazione di regioni e subregioni omogenee

Il primo passo dell'approccio regionale è l'individuazione delle regioni omogenee, costituite da un gruppo di stazioni dove le distribuzioni di frequenza sono approssimativamente le stesse, che rappresentano l'unità fondamentale dell'analisi di frequenza regionale.

Le ipotesi preliminari di delimitazione delle regioni omogenee prevedono l'analisi della distribuzione spaziale dei coefficienti campionari G e C_v e analogamente dei coefficienti di skewness e di variazione trovati con gli L-moments.

Per ciascun set di dati sono prodotte delle mappe di distribuzione dei coefficienti di asimmetria e variazione, sulla base di metodi di interpolazione IDW - *Inverse Distance Weighted Interpolation Method*, che a ogni cella dello spazio (non misurata) associa un valore che dipende dall'inverso del quadrato della distanza dai punti più vicini, facendo l'ipotesi che ogni sito misurato abbia un'influenza locale sulla cella che diminuisce con la distanza elevata all'esponente prefissato.

La relazione tra i dati noti alle stazioni di misura e il valore associato a ogni cella è data da:

$$p(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^n p_k \frac{1}{D_{k-(i,j)}^v}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{D_{k-(i,j)}^v}} \quad 3.8$$

Dove:

$p(i, j)$ è il valore della quantità associata alla cella ij ;

p_k è il valore calcolato al sito di misura k ;

$D_{k-(i,j)}$ è la distanza tra il sito k e il centro della cella ij ;

v è l'esponente della relazione.

La validità di queste ipotesi di suddivisione gerarchica del territorio può essere controllata, verificando che le zone e le sottozone così definite costituiscano ciascuna un insieme omogeneo con riferimento, rispettivamente, al coefficiente di asimmetria G e al coefficiente di variazione C_v . La verifica di omogeneità si basa sul confronto, operato mediante gli usuali test di ipotesi, fra le curve di frequenza relativa cumulata dei valori di G e C_v sperimentali e le corrispondenti curve teoriche di frequenza ottenuta mediante generazione con metodo Monte Carlo, per gli assegnati valori dei parametri.

Al fine di valutare la bontà degli adattamenti delle funzioni di probabilità ai dati del campione possono essere utilizzati i test statistici, parametrici o no a seconda che si possano fare o meno ipotesi circa la distribuzione della popolazione dalla quale si ritiene provenire il campione.

Il test statistico esplica la sua funzione qualora consenta di misurare, sulla base delle osservazioni di cui si dispone, la validità dell'ipotesi nulla H_0 che sta alla base dell'elaborazione inferenziale svolta, di fronte all'ipotesi alternativa H_1 che esiste sempre anche se non esplicitamente formulata. Un risultato negativo implica l'obbligo di rigetto dell'ipotesi H_0 ma non automaticamente garantisce la bontà dell'ipotesi H_1 .

Anche i test statistici comportano una probabilità di errore per cui si definisce il livello di significatività, come la probabilità che il campione ricada fuori dalla regione di accettazione, invalidando l'ipotesi H_0 nonostante questa sia vera.

Test usualmente utilizzati in questo ambito sono i test per la media. Due test tra i più adoperati sono il test della *t di Student*, test parametrico, e il *Wilcoxon Rank Sum Test*, test non parametrico. Questo secondo test risulta necessario in quanto a volte non si conosce a priori l'andamento della distribuzione dalla quale si ipotizza estratto il campione dei dati, ed in questi casi un test non parametrico risulta più significativo del test della *t di Student*.

Il test della *t di Student* per la media è utilizzato per verificare la coincidenza delle medie delle serie campionarie e generate dei coefficienti di asimmetria e variazione. Con questo test si vuole provare che la variabile casuale x , distribuita normalmente con scarto quadratico medio $s(x)$, abbia una media uguale a $m(x)$. L'ipotesi da sottoporre a verifica è quindi $m(x) = \mu(x)$, dove con $m(x)$ si è indicato il valore da testare, contro l'ipotesi alternativa $m(x) \neq \mu(x)$. La regione critica del test sarà individuata dai valori campionari della media per i quali vale:

$$P(\bar{x} < \bar{x}_{\text{inf}}) = P(\bar{x} > \bar{x}_{\text{sup}}) = \alpha / 2 \quad 3.9$$

dove con \bar{x} si è indicato il valore della media calcolata sul campione della popolazione data.

Qualora la consistenza del campione fosse elevata e si conoscesse lo scarto quadratico medio della popolazione, sapremmo che la \bar{x} è distribuita in maniera molto simile alla normale. Generalmente però la dimensione del campione è modesta e la $\sigma(x)$ è ignota ed in questi casi si ipotizza che la \bar{x} segua la distribuzione della *t di Student* con $n-1$ gradi di libertà.

Sapendo questo è immediato trovare i valori estremi della zona di accettazione; infatti, scelto α , dall'inversione della distribuzione della *t di Student*, avremo:

$$\begin{aligned}\bar{x}_{\text{inf}} &= m(x) - t_{\alpha/2} s / \sqrt{n} \\ \bar{x}_{\text{sup}} &= m(x) + t_{\alpha/2} s / \sqrt{n}\end{aligned}\tag{3.10}$$

Accetteremo quindi H_0 se la \bar{x} ricade all'interno dell'intervallo $[\bar{x}_{\text{inf}}; \bar{x}_{\text{sup}}]$ mentre rifiuteremo se cade altrove.

Nelle ipotesi si richiede comunque di avere un campione proveniente da una popolazione normalmente distribuita. Nei casi in cui questo non si può dire a priori occorre utilizzare un test non parametrico, come il test di *Wilcoxon*.

Il *Wilcoxon Rank Sum Test* viene applicato quando si voglia comparare l'uguaglianza di due medie di due campioni indipendenti provenienti da due distribuzioni non necessariamente normali.

L'ipotesi sulla quale si fa il test è quindi $\mu_1 = \mu_2$ contro eventuali alternative. Il test si effettua analizzando due campioni di dimensione n_1 il più piccolo ed n_2 il più grande. La prima operazione consiste nell'unire i due campioni ordinando il risultato in senso non decrescente. In seguito si assegna il numero della propria posizione ad ogni componente sostituendo a questo, nel caso un valore compaia più volte, la media aritmetica del valore delle posizioni. Denoteremo poi con w_1 la somma delle posizioni appartenenti ai dati del campione di minor dimensione e con w_2 la somma delle rimanenti posizioni, appartenenti ovviamente al campione di dimensione maggiore. È facile dimostrare che la somma dei w dipende solo dalle dimensioni dei due campioni ed avremo:

$$w_1 + w_2 = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{2}\tag{3.11}$$

per cui possiamo limitarci a determinare ad esempio w_1 trovando w_2 tramite:

$$w_2 = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{2} - w_1\tag{3.12}$$

Eseguendo più volte queste operazioni, su campioni casualmente estratti dalle popolazioni di partenza, si nota che i w tendono a distribuirsi secondo le statistiche U_1 ed U_2 , uguali tra loro nel caso dell'ipotesi fatta, che, qualora la

dimensione di entrambi i campioni sia superiore ad 8, possono essere approssimate da una distribuzione normale con media e varianza definite come:

$$\mu_U = \frac{n_1 n_2}{2} \quad \sigma_U^2 = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{2} \quad 3.13$$

Il valore sul quale baseremo la scelta è definito come il minimo tra i seguenti:

$$u_1 = w_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} \quad u_2 = w_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} \quad 3.14$$

Dovremo quindi verificare che questo valore ricada nell'intervallo di accettazione definito interno ai valori $[U_{\alpha/2}; U_{1-(\alpha/2)}]$.

Osserviamo infine che il WRS test può essere utilizzato anche per campioni provenienti da popolazioni normali, anche se, in questo caso, ha una potenza decisionale minore rispetto all'analogo test della *t di Student*.

Il *test del chi-quadro – test del χ^2* viene adoperato per controllare l'ipotesi che la distribuzione teorica con la quale si è deciso di approssimare i valori sperimentali possa essere una rappresentazione soddisfacente della distribuzione dalla quale un dato campione è stato estratto (distribuzione campionaria).

Il test misura in sostanza un parametro dipendente dalla distanza che sussiste tra le due curve controllando che non sia superiore ad un assegnato valore, limitando così lo scostamento reciproco. Nel caso che non si conosca a priori la popolazione originaria, si potrà comunque utilizzare il test per verificare se il campione può essere o meno approssimato con una scelta distribuzione probabilistica, ad esempio una TCEV.

Il test raggruppa i dati in intervalli, calcolando il numero totale di valori osservati e di valori attesi ricadenti in ogni intervallo. La grandezza statistica χ^2 è definita come:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N (O_i - E_i)^2 / E_i \quad 3.15$$

Dove O_i indica gli elementi del campione, di dimensione N , che ricadono nell' i -esimo intervallo e E rappresenta i valori attesi totali ricavati dalla

distribuzione ipotizzata. Il test statistico ha approssimativamente una distribuzione chi-quadro quando i totali sono sufficientemente grandi. In conclusione, l'ipotesi nulla H_0 sulla quale fare il test è se i valori dei coefficienti teorici G , C_v , L_{sk} , L_{cv} generati con il metodo Monte Carlo, possono essere considerati realizzazioni di una distribuzione TCEV che rappresenti i valori campionari dei coefficienti G , C_v , L_{sk} , L_{cv} .

Per la suddivisione in zone e sottozone omogenee per i primi due livelli di regionalizzazione è stata seguita la seguente procedura:

- Definizione dell'ipotesi preliminare di suddivisione mediante osservazione della mappatura dei coefficienti statistici di asimmetria G (L_{sk}) e di variazione C_v (L_{cv}).
- Stima dei parametri relativi ai primi due livelli, in modo congiunto, formulando diverse ipotesi sulla delimitazione delle zone e sottozone omogenee e verificando l'appartenenza delle stazioni situate al confine all'una o all'altra zona o sottozona.
- Verifica delle ipotesi di omogeneità formulate mediante applicazione dell'insieme dei test precedentemente elencati.

Qualora i test non forniscano esito positivo, è necessario modificare l'ipotesi di suddivisione territoriale. In genere nel primo tentativo è conveniente assumere un'unica zona ed un'unica sottozona omogenee, entrambe coincidenti con l'intera regione esaminata; in tal modo, se l'esito dei test statistici dovesse risultare insoddisfacente sarà possibile aumentare il grado di omogeneità dei parametri G e C_v riducendo l'ampiezza delle zone o sottozone ipotizzate. In particolare, se la disomogeneità evidenziata dai test riguarda solo C_v , è sufficiente aumentare il numero delle sottozone omogenee, mentre occorre aumentare anche il numero delle zone omogenee quando la disomogeneità riguarda il coefficiente di asimmetria G .

Gli L-moments, introdotti da Hosking e Wallis (1997) sono un sistema alternativo di descrivere la forma delle distribuzioni di probabilità. Storicamente

essi nascono come modifica dei momenti pesati in probabilità (*Probability Weighted Moments - PWM*) di Greenwood et al. (1979).

I momenti pesati in probabilità di una variabile casuale X con distribuzione di frequenza cumulata $F(x) = P(X < x)$ sono le quantità:

$$\beta_{p,r,s} = E[X^p \{F(X)\}^r \{1 - F(X)\}^s] \quad 3.16$$

dove p , r , e s sono numeri reali. I momenti pesati in probabilità sono più utili quando la forma inversa della distribuzione di probabilità $x(F)$ può essere scritta in forma chiusa, potendo così scrivere:

$$\beta_{p,r,s} = \int_0^1 \{x(F)\}^p F^r \{1 - F\}^s dF \quad 3.17$$

Hosking and Wallis (1993) estesero l'uso degli L-moments e svilupparono una serie di statistiche utili per l'analisi di frequenza regionale, con la possibilità di misurare la discordanza e l'omogeneità delle regioni proposte.

L'espressione teorica degli L-moments è definita come una combinazione lineare dei momenti pesati in probabilità. Seguendo la definizione di Hosking (1990), sia X una variabile reale casuale con una distribuzione cumulativa $F(x)$ e una funzione dei quantili $x(F)$, gli L-moments di X sono definiti come:

$$\lambda_r = r^{-1} \sum_{k=0}^{r-1} (-1)^k \binom{r-1}{k} EX_{r-k:r} \quad \text{con } r = 1, 2, \dots \quad 3.18$$

La L in L-moments enfatizza il fatto che λ_r è una funzione lineare dei momenti dell'ordine considerato. Inoltre lo stimatore naturale di λ , basato su un campione di dati osservati, è una combinazione lineare dei dati ordinati. Sostituendo nella precedente espressione il valore atteso di un momento di ordine dato, si ottiene l'espressione:

$$\lambda_r = \int_0^1 x(F) P_{r-1}(F) dF \quad \text{con } r = 1, 2, \dots \quad 3.19$$

I primi quattro momenti sono quindi espressi come:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= EX & &= \beta_0 \\ \lambda_2 &= 1/2E(X_{2:2} - X_{1:2}) & &= 2\beta_1 - \beta_0 \\ \lambda_3 &= 1/3E(X_{3:3} - X_{2:3} + X_{1:3}) & &= (6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0) \\ \lambda_4 &= 1/4E(X_{4:4} - X_{3:4} + X_{2:4} - X_{1:4}) & &= 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0\end{aligned}\tag{3.20}$$

Dove:

$$\beta_i = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot F_X(x)^i dF(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot F_X(x)^i \cdot f(x) dx\tag{3.21}$$

è l' i -esimo PWM. Il primo L-moments è la media. Il secondo L-moments misura la scala o la dispersione del campione. Il terzo L-moments è la seconda differenza centrale della media del campione, misura la skewness (asimmetria). Distribuzioni simmetriche hanno il terzo momento uguale a zero. Il quarto L-moments è una misura della kurtosi della distribuzione, così come il quarto momento convenzionale. Nelle analisi statistiche regionali, sono particolarmente utili i rapporti adimensionali tra gli L-moments proposti sempre da Hosking (1990) (L-moments ratios di seguito indicati con l'acronimo LMR). Gli stimatori LMR sono Lcv , Lsk e Lku e rappresentano rispettivamente il coefficiente di variazione, di asimmetria e di curtosi. In particolare, il coefficiente di variazione Lcv è dato da:

$$Lcv = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}\tag{3.22}$$

Mentre gli altri due LMR (Lsk e Lku) sono definiti dalle seguenti relazioni:

$$r_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_2} \quad \text{con } i = 3, 4, \dots\tag{3.23}$$

e Lsk per $r=3$ e Lku per $r=4$.

La stima campionaria degli L-moments, dato un campione di dimensione n , può essere effettuata tramite le seguenti espressioni:

$$l_1 = n^{-1} \sum_i x_i$$

$$l_2 = \frac{1}{2} \binom{n}{2}^{-1} \sum_i \sum_j (x_{i:n} - x_{j:n}) \quad 3.24$$

$$l_3 = \frac{1}{3} \binom{n}{3}^{-1} \sum_i \sum_j \sum_k (x_{i:n} - 2x_{j:n} + x_{k:n})$$

$$l_3 = \frac{1}{4} \binom{n}{4}^{-1} \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l (x_{i:n} - 3x_{j:n} + 3x_{k:n} - x_{l:n})$$

Con $i > j > k > l$.

Il pregio degli L-moments rispetto ai PWM è che offrono il vantaggio di una più facile interpretazione statistica potendosi leggere come una misura dei parametri di forma delle distribuzioni di probabilità teoriche ed osservate del campione. Gli L-moments, a differenza dei momenti convenzionali, sono meno soggetti alla presenza di condizioni di campionamento avverse, quali serie storiche ridotte o errori di misura (Kottegoda e Rosso, 1997; 2008) e meno influenzati da eventuali *outliers* (Gonzalez e Valdes, 2008). Inoltre gli LMR L_{cv} , L_{sk} , ed L_{ku} sono quasi non distorti, indipendentemente dalla distribuzione di probabilità da cui provengono le osservazioni, usualmente mostrano distorsioni minori rispetto ai classici momenti statistici, specialmente per campioni estremamente asimmetrici e infine, a differenza di quello che succede per i momenti convenzionali, gli LMR non sono superiormente e inferiormente limitati, ciò dipende dalla dimensione del campione.

L'omogeneità dei siti (stazioni di misura) presenti in ogni regione e l'omogeneità della regione stessa, sono verificate utilizzando due test messi a punto da Hosking e Wallis (1997): il test della discordanza D e il test di eterogeneità H .

Lo scopo del test della misura della discordanza D è quello di identificare quelle stazioni in cui gli LMR (L_{cv} , L_{sk} e L_{ku}) campionari sono significativamente diversi da quelli della maggior parte delle altre stazioni e che necessitano quindi di un esame più approfondito, dato che le imprecisioni nei dati osservati, gli *outliers*, gli scostamenti nella media del campione, si riflettono negli LMR del campione stesso.

Sono previsti due usi della misura della discordanza: il primo uso può essere effettuato all'inizio dell'analisi. In questo caso la misura della discordanza può essere applicata, ad un grande gruppo di stazioni ricadenti all'interno di una grande area geografica. Le stazioni con possibili errori nei dati, individuate quindi come discordanti dal resto del gruppo, sono esaminate in modo più approfondito per individuare eventuali errori presenti nella serie storica dei dati, dovuti a trascrizione o a errori nella misura o nella trasmissione. Nel secondo caso, la discordanza è usata quando sono state identificate, almeno provvisoriamente, le regioni omogenee. Le stazioni risultanti discordanti con le altre appartenenti alla stessa regione, possono essere incluse in un'altra regione geograficamente contigua e verificato quindi l'effetto. Nel caso in cui i dati risultino più omogenei con quelli della nuova regione, si procede allo spostamento della stazione, viceversa si lascia nella regione precedente o si valuta se non utilizzare i dati in questione.

La discordanza della stazione, in funzione degli LMR, può essere espressa dalla seguente equazione:

$$D_i = 1/3 (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad 3.25$$

dove S è la matrice di covarianza del campione e $\mathbf{u} = [L - cv^{(i)} \ L - sk^{(i)} \ L - ku^{(i)}]$ è il vettore dei valori degli LMR per l' i -esimo sito con:

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad 3.26$$

Alti valori di D_i indicano i siti più discordanti dell'intero campione. Non è facile scegliere un valore di D_i che possa essere usato come valore soglia per decidere se un sito è discordante oppure no. Un possibile criterio è quello proposto da Hosking e Wallis (1993) che considera un sito discordante quando la misura di discordanza D_i è maggiore di 3 e possibilmente discordante se D_i è maggiore di 2.

Il test di eterogeneità H confronta invece le variazioni negli LMR campionari tra i diversi siti che si pensa possano costituire una regione omogenea. Esso si basa sulla deviazione normale di Lcv ($H1$), di Lsk ($H2$) e di Lku ($H3$) del campione stesso. La differenza dei valori di Lcv tra le diverse stazioni ha un

effetto maggiore sulla variazione della stima del quantile rispetto alla differenza dei valori di Lsk e di Lku . La varianza campionaria di Lcv , infatti è ritenuta da Hosking & Wallis (1997) il parametro più significativo ai fini della individuazione delle regioni omogenee. La varianza campionaria viene calcolata come:

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^R n_i (t_{2(i)} - \bar{t}_2)^2}{\sum_{i=1}^R n_i} \quad 3.27$$

Una misura della dispersione per Lcv e Lsk nello spazio $Lcv - Lsk$ è:

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^R \sqrt{n_i (t_{2(i)} - \bar{t}_2)^2 + (t_{3(i)} - \bar{t}_3)^2}}{\sum_{i=1}^R n_i} \quad 3.28$$

Una misura della dispersione per Lsk e Lku nello spazio $Lsk - Lku$ è:

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^R \sqrt{n_i (t_{3(i)} - \bar{t}_3)^2 + (t_{4(i)} - \bar{t}_4)^2}}{\sum_{i=1}^R n_i} \quad 3.29$$

dove \bar{t}_2 , \bar{t}_3 , e \bar{t}_4 sono la media regionale rispettivamente di Lcv , Lsk e Lku ; $t_{2(i)}$, $t_{3(i)}$, $t_{4(i)}$, e n_i sono i valori di Lcv , Lsk e Lku e la numerosità del campione per il sito i ; R è il numero delle sequenze.

Mediante generazione stocastica di tipo Monte Carlo (Hosking e Wallis suggeriscono per la generazione stocastica dei dati una legge tipo kappa a 4 parametri come distribuzione Parent), di dati appartenenti ad una regione omogenea, con serie generate di lunghezza pari a quelle osservate, si possono calcolare media, μ_v , e deviazione standard, σ_v , di V e conseguentemente, l'indice:

$$H_k = \frac{V_k - \mu_{V_k}}{\sigma_{V_k}} \quad \text{per } k = 1, 2, 3. \quad 3.30$$

Le tre statistiche ottenute (H_i) sono $H1$, $H2$ e $H3$ relative rispettivamente alla dispersione di Lcv , a $Lcv-Lsk$ ed a $Lcv-Lku$.

Confrontando la dispersione osservata con quella simulata, H misura il grado di eterogeneità dei dati osservati in un gruppo di stazioni e verifica se esse possano o meno essere considerate appartenenti alla stessa regione omogenea. In particolare Hosking e Wallis (1997) suggeriscono che se:

- $H < 1$ la regione è accettabilmente omogenea;
- $1 \leq H < 2$ la regione è possibilmente eterogenea;
- $H \geq 2$ la regione è certamente eterogenea.

3.3. Il terzo livello della regionalizzazione

In ambito VAPI Versace et al. (1989) hanno ipotizzato una dipendenza lineare tra la media dell'altezza di pioggia giornaliera di ogni singola stazione e la quota z sul livello del mare: $\mu_x = cz + d$ dove c e d sono parametri calcolati con una semplice regressione lineare. I risultati, controllati tramite i valori del coefficiente di correlazione, hanno indicato che la dipendenza lineare dalla sola quota non è del tutto soddisfacente.

Successivamente, nel Rapporto VAPI Calabria, Dell'Aera (1991), ha cercato di migliorare il modello regressivo precedente, proponendo un modello multiregressivo in cui la dipendenza della media dalla quota fosse logaritmica anziché lineare, e aggiungendo un fattore climatico riguardante la direzione dei venti: $\log \mu_x = A_0 + A_1 z + A_2 \Theta$ in cui z è come al solito la quota, Θ è l'angolo formato dalla direzione di provenienza delle masse d'aria umida con la tangente alla barriera orografica, e A_0 , A_1 e A_2 sono dei coefficienti di regressione. Questo modello evidenzia una migliore capacità interpretativa dei dati rispetto al precedente; richiede però la stima di un numero maggiore di parametri e quindi la necessità di avere serie campionarie molto consistenti.

Nel PAI della Regione Calabria (2001) tutti i parametri della distribuzione sono stimati regionalmente con la pioggia indice determinata mediante una formula in relazione dell'altezza media s.l.m. del bacino considerato. La LSPP è

stata determinata interpolando per ogni tempo di ritorno i valori delle altezze di pioggia per le diverse durate ottenute con la distribuzione TCEV.

Nel VAPI Regione Calabria (De Luca, Biondi e Versace, 2010) sono state considerate le serie storiche dei massimi annuali di pioggia giornaliera e dei massimi annuali di pioggia di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore e si è quindi proceduto alla stima dei fattori di crescita K_T di assegnato tempo di ritorno T_r .

La mappatura regionale dei parametri della curva di possibilità pluviometrica (LSPP) è stata prodotta, una volta stimate le grandezze a e n puntualmente, utilizzando tecniche di kriging ordinario, al fine di rappresentare la distribuzione spaziale dei parametri sul territorio in esame utilizzabile per qualsivoglia successiva analisi su un bacino di studio. Il dominio spaziale di calcolo è rappresentato da celle di risoluzione pari a 20 m.

4. STUDI SULLA VALUTAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME IN TOSCANA

In data 28 dicembre 1994 veniva stipulata una Convenzione tra la Regione Toscana e il PIN-Centro Studi Ingegneria per prestazione di servizi relativi alla "Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana e attività formativa sull'analisi dei fenomeni alluvionali".

L'oggetto della Convenzione prevedeva in particolare la redazione di un manuale sui criteri e metodi per lo studio e l'analisi dei fenomeni alluvionali e gli studi e le procedure per la regionalizzazione delle portate di piena nel territorio toscano.

In data 21 marzo 1996 veniva consegnata alla Regione Toscana la documentazione. Dopo procedure di verifica e di revisione nel dicembre 1997 è stato consegnato alla Regione il definitivo Rapporto Conclusivo del lavoro (PIN, 1997).

Nello studio PIN, con un database di 249 stazioni di registrazione pluviometrica, sono state determinate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) per durate di pioggia inferiori all'ora e da 1 a 24 ore. In particolare, per ciascuna durata, sono state utilizzate le distribuzioni di Gumbel e una TCEV semplificata in cui per i primi due livelli di regionalizzazione è stata considerata tutta la Toscana come un'unica zona omogenea, mentre per il terzo livello sono stati determinati i coefficienti tramite i dati puntuali della stazione. Per ogni stazione, una volta calcolati i parametri delle due distribuzioni, è stata scelta la curva che presentava il miglior adattamento ai dati sperimentali.

La derivazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica è avvenuta considerando i valori di precipitazione per varie durate corrispondenti ad assegnati tempi di ritorno, e quindi applicando una procedura di regressione per la determinazione dei coefficienti ottimali delle suddette linee.

Le curve di possibilità pluviometriche sono espresse nella forma seguente e dunque caratterizzate dai parametri a , n , m :

$$h = a t^n Tr^m \quad 4.1$$

con: h = altezza di pioggia [mm]; t = durata [ore]; Tr = tempo di ritorno [anni].

Dalla distribuzione di probabilità adattata per ogni durata considerata (1h, 3h, 6h, 12h e 24h), sono stati derivati i valori di a , n , m mediante un procedimento di regressione lineare multipla riscrivendo la relazione precedente in forma logaritmica, così come riportato in PIN, 1997:

$$\log(h_{(Tr,t)}) = \log(a) + m \log(Tr) + n \log(t) \quad 4.2$$

I parametri a , n , m relativi alle LSPP sono stati distribuiti sul territorio regionale attraverso la procedura dei topoletti o dei poligoni di Thiessen (1911). Le altezze di pioggia calcolate con la LSPP sono state ragguagliate sui bacini in esame mediante un parametro Kr per tener conto della variabilità spaziale. Le distribuzioni di frequenza cumulata dei valori dei parametri a , n ed m delle LSPP, calcolate considerando i valori di tutte le stazioni pluviometriche esaminate, sono caratterizzate dai seguenti valori della deviazione standard (PIN, 1997): $CV_a=0.191$; $CV_n=0.232$; $CV_m=0.0076$.

La stessa procedura è applicata per le precipitazioni sub-orarie (durata 10', 15', 30') ottenendo così una nuova terna di valori a' , n' ed m' .

Il 18 giugno 2002 veniva stipulata una nuova convenzione fra Regione Toscana e PIN S.c.r.l. "Aggiornamento e sviluppo del sistema di regionalizzazione delle portate di piena nei bacini della Toscana" (PIN, 2003a). In questo studio la procedura TCEV con un'unica regione e tre sottozone omogenee viene applicata alle portate al colmo di piena e i risultati confrontati con quelli ottenuti con il software AITo e con quelli di studi precedenti dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Per la stima della grandezza indice si ipotizza di utilizzare una distribuzione GEV i cui parametri sono determinati con gli L-moments.

Come per la prima convenzione, le LSPP sono qui ottenute utilizzando le distribuzioni di Gumbel e una TCEV semplificata in cui per i primi due livelli di regionalizzazione è stata considerata tutta la Toscana come un'unica zona omogenea, mentre per il terzo livello sono stati determinati i coefficienti tramite i dati puntuali della stazione. Vengono applicate dunque le stesse procedure dello studio del 1997 aggiornando le serie storiche delle precipitazioni estreme

al 2002 e considerando quindi per le elaborazioni 272 stazioni con serie storiche di almeno 10 anni (PIN, 2003b).

Dai risultati di questa seconda convenzione, dopo approfondimenti e aggiornamenti, l'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa in collaborazione con il PIN e la Regione Toscana, ha pubblicato le *Linee Segnalatrici di Probabilità pluviometrica – analisi delle precipitazioni intense del compartimento di Pisa* (2006) in cui sono messe a disposizione dell'utenza tabelle e rappresentazioni grafiche delle LSPP delle stazioni del compartimento di Pisa con una serie di dati lunga almeno 30 anni. Per il calcolo delle linee segnalatrici è stata utilizzata la procedura della prima convenzione con alcune modifiche. È stata utilizzata solamente la distribuzione TCEV per cui il primo livello è stato calcolato solamente per i dati superiori all'ora, data la scarsità di dati inferiori all'ora. Il secondo livello è stato calcolato sia per i dati superiori all'ora che per quelli suborari, utilizzando in questo caso come parametri del primo livello quelli calcolati per la durata oraria. In tale studio, date le evidenze sperimentali, è stato deciso di rigettare l'ipotesi della Regione Toscana come unica zona omogenea ed è stata adottata una suddivisione in due zone: la zona "costa" con i bacini della Toscana Nord, il bacino del Serchio, i bacini litoranei dall'Arno (escluso) al Bruna e i bacini litoranei a sud dell'Ombrone Grossetano (escluso), e la zona "interno" con il bacino dell'Arno e il bacino dell'Ombrone Grossetano.

5. ANALISI DI FREQUENZA REGIONALE

5.1. Area di studio e dataset pluviometrico utilizzato

Le stazioni di misura pluviometriche considerate nell'analisi sono gestite dal Servizio Idrologico Regionale Toscano e dalla rete di monitoraggio precedentemente di competenza del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale - SIMN, Uffici di Pisa, Genova, per il solo bacino idrografico del fiume Magra, e Roma per il bacino idrografico del fiume Fiora e il sottobacino idrografico del fiume Paglia, affluente di destra del fiume Tevere.

L'area di studio indagata comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, come l'Arno, il Serchio e l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli di fiumi costieri tirrenici, il bacino attiguo del fiume Magra e alcuni sottobacini idrografici dei fiumi Tevere e Fiora.

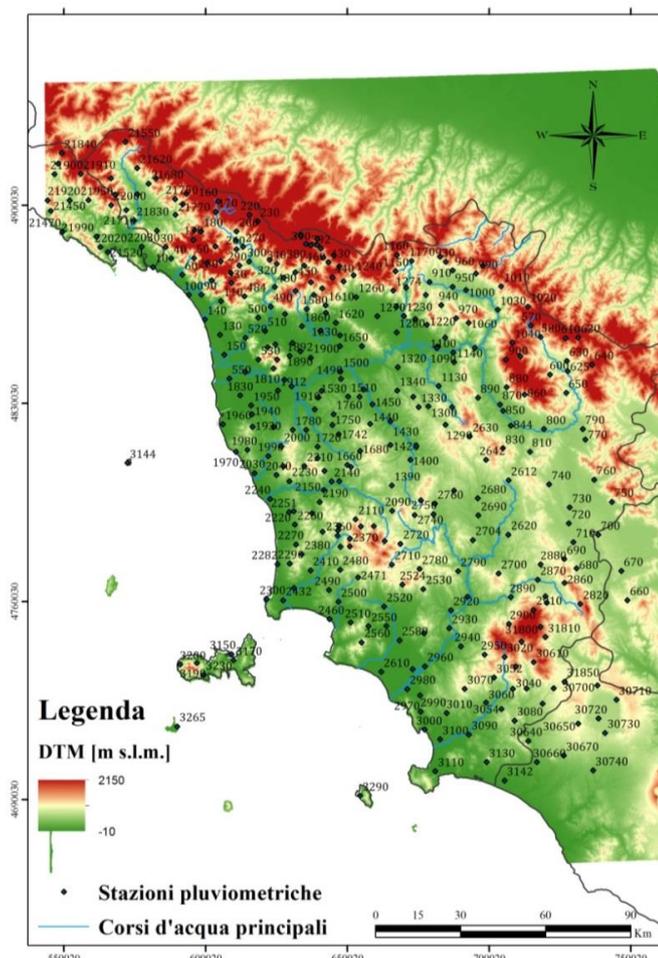


Figura 5.1: Stazioni di misura pluviometrica giornaliera, con serie storiche maggiori di 30 anni, sul DTM – modello digitale del terreno di risoluzione 70 m dell'area di indagine.

L'informazione pluviometrica utilizzata si riferisce ai valori annui di pioggia massima giornaliera, di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore e di durata sub-oraria 15, 20, 30, 45 minuti. I valori di precipitazione massima giornaliera sono convenzionalmente misurati in un intervallo di 24 ore a partire dalle 09.00 del mattino, inizio stabilito della giornata meteorologica.

In Tab. 5.1 si riporta la consistenza delle serie storiche dei dati giornalieri nel periodo di registrazione dal 1916 al 2012 e analogamente in Tab. 5.2 si riportano alcune statistiche caratterizzanti i dati di pioggia orari censiti nel periodo di registrazione dal 1928 al 2012 e in Tab. 5.3 quelle dei dati delle piogge sub-orarie rilevati nel periodo 1923-2012. Le statistiche sulla numerosità dei dati di precipitazione riportate sono state ottenute unendo le serie storiche di misure delle stazioni tradizionali analogiche con quelle automatiche collocate nella stessa posizione, garantendo pertanto la continuità delle serie storiche.

In Tab. A.1 dell'Allegato A l'elenco per codice delle stazioni di misura dei dati giornalieri con almeno 10 anni di osservazioni valide, con indicato per ogni stazione il nome, il bacino idrografico di appartenenza, le caratteristiche di quota [m s.l.m.] e le coordinate geografiche nel sistema di riferimento UTM fuso 32N [m].

Tabella 5.1: Consistenza delle serie temporali di valori annui di pioggia massima giornaliera.

Copertura del Territorio: S.I. Pisa, Fiora, Magra			
Statistiche sui dati di precipitazione giornaliera			
Anni di dati (N)	N. stazioni	N. dati	N. medio
N ≥ 10	622	24026	38.63
N ≥ 15	509	22688	44.57
N ≥ 20	427	21327	49.95
N ≥ 25	379	20287	53.53
N ≥ 30	351	19528	55.64
N ≥ 35	315	18371	58.32
N ≥ 40	279	17040	61.08
N ≥ 45	241	15444	64.08
N ≥ 50	214	14183	66.28
Numero totale stazioni:		795	
Numero totale dati:		24902	31.32

Tabella 5.2: Consistenza delle serie temporali di valori annui di pioggia massima di durata 1-24 ore.

Copertura del Territorio: S.I. Pisa, Fiora, Magra			
Statistiche sui dati di precipitazione di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore			
Anni di dati (N)	N. stazioni	N. dati	N. medio
N ≥ 10	404	12327	30.51
N ≥ 15	317	11294	35.63
N ≥ 20	225	9743	43.30
N ≥ 25	174	8634	49.62
N ≥ 30	152	8040	52.89
N ≥ 35	137	7558	55.17
N ≥ 40	117	6818	58.27
N ≥ 45	100	6117	61.17
N ≥ 50	85	5412	63.67
Numero totale stazioni:		540	
Numero totale dati:		12880	23.85

Tabella 5.3: Consistenza delle serie temporali di valori annui di pioggia massima di durata 15, 20, 30, 45 minuti.

Copertura del Territorio: S.I. Pisa, Fiora, Magra								
Statistiche sui dati di precipitazione di durata 15', 20', 30', 45'								
Anni di dati (N)	15'		20'		30'		45'	
	N°	N. dati	N°	N. dati	N°	N. dati	N°	N. dati
N ≥ 10	281	4616	162	2907	307	6461	211	2478
N ≥ 15	154	3087	107	2233	228	5522	-	-
N ≥ 20	80	1884	58	1401	147	4162	-	-
N ≥ 25	23	631	25	690	91	2951	-	-
N ≥ 30	5	156	5	160	60	2120	-	-
N ≥ 35	-	-	1	35	28	1099	-	-
N ≥ 40	-	-	-	-	12	514	-	-
N ≥ 45	-	-	-	-	2	90	-	-
N ≥ 50	-	-	-	-	-	-	-	-
Numero totale stazioni:					508			
Numero totale dati:					9988		19.66	

L'estensione totale dell'area di studio è circa 23'000 Km² e le stazioni ricadenti sono 795 con una densità media di una stazione ogni 30 Km² nel caso dei valori giornalieri e 540 con una densità media di una stazione ogni 43 Km² nel caso dei dati orari.

Per la costruzione dell'archivio dei valori estremi di precipitazione sono stati validati in collaborazione anche con il CFR (Centro Funzionale Regionale Toscano) ed elaborati i dati presenti nel database utilizzato per studi precedenti dal gruppo di ricerca di Idrologia del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICeA) dell'Università degli Studi di Firenze fino a tutto l'anno 2000, integrati con i dati forniti dal CFR per il periodo 2001-2012.

Per una verifica di congruenza dei dati del database utilizzato (per tutte le stazioni della rete di monitoraggio - automatiche e tradizionali/meccaniche) relativi agli anni compresi nel periodo 1916-2000, con quelli memorizzati nel database in uso al SIR, si è provveduto a inviare al CFR il database dei valori estremi di precipitazione. A seguito di tale verifica sono emerse delle singolarità: in particolare, l'intera serie di valori massimi giornalieri dell'anno 1938 è stata ricostruita per tutte le stazioni consultando e trascrivendo i dati ufficiali pubblicati nell'Annale Idrologico di tale anno, e alcuni valori registrati alla fine degli anni '90 (periodo in cui la raccolta dei dati pluviometrici è passata di competenza dal Ministero alla Regione Toscana) sono stati ritenuti non plausibili e quindi eliminati perché estratti da serie caratterizzate da un numero di dati mancanti eccessivo.

Il codice adottato per identificare la stazione di misura è quello utilizzato dal già Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, mentre il codice identificativo usato dal SIR è differente. È stata quindi fornita dal CFR una tabella di conversione dei nuovi codici SIR al vecchio codice SIMN, contenente anche alcune informazioni utili riguardo stazioni di misura come quota [m s.l.m.] e coordinate Nord UTM [m] e Est UTM [m].

Oltre alle stazioni del compartimento di Pisa, per il presente lavoro sono state aggiornate le serie storiche registrate da 24 delle 47 stazioni di misura relative alla zona del bacino del fiume Magra, in parte ricadente nella regione Toscana e in parte nella regione Liguria, le serie storiche di 3 stazioni presenti nel bacino idrografico del fiume Paglia e le serie storiche registrate da 15 stazioni di rilevamento, nel bacino del fiume Fiora, ricadenti in parte nella regione Toscana e nella maggior parte nella regione Lazio.

Validazione del dataset

Le serie storiche di pioggia massima annua disponibili sono state ottenute a seguito di una fase di selezione, elaborazione e validazione dei dati.

In prima analisi è stata verificata la corrispondenza dei dati provenienti da fonti diverse e, laddove si sono osservate notevoli differenze tra i valori, si è proceduto a un nuovo controllo di qualità dei dati secondo due metodologie:

- Controllo incrociato dei dati pubblicati sugli Annali Idrologici dall'ex Ufficio Idrografico per gli anni fino al 1996 con quelli pubblicati sul sito del SIR;
- Ricerca della presenza di errori mediante confronto con i dati di pioggia massima misurati, nello stesso giorno, in siti adiacenti.

Il controllo di qualità dei dati ha lo scopo di verificare la reale bontà del campione da utilizzare per l'analisi di frequenza regionale: se le misure di un sito sono significativamente discordanti dagli altri, tali stazioni sono esaminate in modo più approfondito per individuare eventuali errori presenti nella serie storica dovuti a problemi di registrazione, trasmissione o a un'erronea trascrizione del dato. L'analisi della discordanza ha portato all'esclusione di 4 valori di pioggia massima annua giornaliera, misurati in diversi anni e in diverse stazioni di misura, seppur validati e pubblicati sugli Annali Idrologici.

Per gli anni successivi al 1996 è stata condotta una prima verifica in sede di aggiornamento eliminando i record con valori palesemente errati. Sono stati eliminati i dati superiori a 1000 mm senza specifico controllo, assimilabili a erronee misurazioni o trascrizioni, completamente discordanti dalla media campionaria della serie storica; i dati compresi tra 300 mm e 1000 mm e inferiori ai 10 mm sono stati evidenziati come *outliers* confrontandoli con i dati di pioggia massima misurati nello stesso giorno nelle stazioni contigue. I casi conclamati di evidente discordanza sono stati eliminati dal database. Sono altresì stati eliminati gli anni con assenza totale di osservazioni o caratterizzati da una serie con numerosi valori mancanti. Infine, per i dati orari sono state considerate le misure delle stazioni che riportavano registrazioni nell'anno per entrambi i cinque intervalli di durata $d = 1, 3, 6, 12, 24$ ore, al fine di ottenere maggiore omogeneità nelle statistiche.

Si noti che un riesame completo dei dati ad oggi disponibili, sviluppato utilizzando la disponibilità delle serie temporali di piogge estreme ed effettuando un esame comparativo tra piogge massime giornaliere e piogge massime di 24 ore relative allo stesso anno, ha portato all'esclusione di alcuni dati.

La scelta di unire le serie storiche di misure delle stazioni tradizionali con quelle delle automatiche per gli anni di misura in comune, prediligendo il valore fornito dalla stazione automatica, è stata effettuata anche sulla base della

tabella di consistenza fornita dal CFR di tutte le stazioni pluviometriche della rete di monitoraggio, dove è indicato anno per anno (per il periodo 1997-2013) la presenza o meno del dato, la sua forma (validato/pre-validato) e la situazione aggiornata in merito all'elaborazione dei valori estremi.

Le stazioni automatiche con omonime tradizionali sono state eliminate dall'elenco finale delle stazioni, dove si è scelto di mantenere il codice, il nome, la quota e le coordinate delle stazioni tradizionali. I dati delle stazioni automatiche hanno sostituito per gli anni con doppia registrazione quelli delle tradizionali, dopo un controllo di omogeneità tra i valori misurati.

Le stazioni presenti nel database iniziale di precipitazioni massime giornaliere sono 962, di cui 266 automatiche e 696 tradizionali. Delle 266 automatiche 162 sono in sostituzione di quelle tradizionali per cui non sono presenti nelle statistiche di numerosità riportate in precedenza, mentre le restanti costituiscono nuove stazioni. Durante questa fase di unione delle serie storiche di misure di precipitazione registrate da stazioni tradizionali e automatiche, anche i dati di 5 stazioni tradizionali sono stati integrati nelle serie storiche delle rispettive 5 stazioni tradizionali collocate nella stessa posizione, pertanto non sono presenti nel conteggio del numero totale di stazioni riportato nelle tabelle di consistenza 5.1-5.2-5.3. In Tab. A.2 dell'Allegato A si riportano i codici e i nomi originali delle stazioni automatiche e il codice e il nome della stazione tradizionale associate (sono riportate tutte le 162 stazioni di misura di precipitazione giornaliera).

Le stazioni presenti nel database finale di dati di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore sono 663, di cui 280 automatiche e 383 tradizionali. Delle 383 tradizionali, 8 sono state eliminate per avere la stessa lunghezza delle serie storiche per tutte le durate, trattandosi anche di registrazioni di uno o due anni degli anni '30; delle 280 automatiche, 110 sostituiscono quelle tradizionali per cui sono considerate in continuità di serie storica, mentre le restanti costituiscono nuove stazioni. Queste 110 stazioni sono comprese nelle 162 stazioni riportate in Tab. A.2 ad esclusione della stazione Ponte di Pitigliano perché si continua a fare riferimento alla serie storica completa registrata dalla stazione tradizionale Pitigliano. Per le 51 stazioni di misura automatiche di dati estremi di durata 1-3-

6-12-24 ore differenti rispetto all'elenco delle stazioni di dati giornalieri, non sono state associate le stazioni tradizionali, di cui in realtà non si dispone delle registrazioni con tale aggregazione temporale, di conseguenza per queste stazioni, si è scelto di mantenere il codice, il nome, la quota e le coordinate delle stazioni automatiche. Nelle Tab. A.3, Tab. A.4, Tab. A.5 in Allegato si riportano, rispettivamente per le serie storiche di precipitazione giornaliera, di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore e di durata sub-oraria 15, 20, 30, 45 minuti, alcune statistiche delle stazioni utilizzate nell'analisi, con associato primo e ultimo anno di registrazione, numerosità della serie storica, media, coefficiente di variazione e valore massimo delle serie storiche al 2012. Si tenga presente che in Tab. A.5 il primo e ultimo anno di registrazione e la numerosità della serie storica sono grandezze ricavate considerando insieme le misure di altezze di pioggia di durata di 15, 20, 30, 45 minuti. Il dato di numerosità suddiviso nelle differenti durate è invece riportato nella tabella di consistenza 5.3.

Nelle analisi successive, per assicurare stime statistiche quanto più possibili robuste e affidabili, si è fatto riferimento a **351** stazioni di misura di pioggia giornaliera che riportano registrazioni di lunghezza **non inferiore a 30 anni**, per un totale di 19528 dati.

Le stazioni con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 30 anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore presenti nel territorio analizzato sono **152** per un totale di 8040 dati. Invece, sono solo 5 le stazioni con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 30 anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 15 e 20 minuti; sono **60**, per un totale di 2120 dati, le stazioni con più di 30 anni di misure di altezze di pioggia massima di durata 30 minuti presenti nel territorio analizzato; infine, non si dispone di stazioni con più di 10 anni di misure di altezze di pioggia massima di durata pari a 45 minuti. La consistenza dell'archivio è notevolmente inferiore a quella delle piogge giornaliere: le piccole dimensioni campionarie possono quindi rendere meno affidabili le stime dei parametri statistici necessarie per l'analisi al primo e secondo livello di regionalizzazione. Per questo motivo il fattore di crescita K_T è spesso assunto costante al variare della durata della precipitazione. Indicazioni riportate in altri rapporti regionali, inducono ad

adottare, in prima approssimazione, i medesimi parametri distributivi ottenuti ai primi due livelli di regionalizzazione per la durata giornaliera.

La maggiore numerosità campionaria delle serie storiche delle piogge massime giornaliere rispetto ai dati orari giustifica la scelta di considerare inizialmente solo le piogge giornaliere per l'individuazione delle zone omogenee e la stima delle curve di crescita regionali, e di procedere successivamente a una verifica della rappresentatività di tali curve dedotte su base giornaliera per le piogge di diversa durata d inferiore al giorno.

Nel caso in cui tale rappresentatività non sussista, occorre procedere a una stima diretta della curva di crescita per ciascun valore di durata d . Tale metodologia potrà essere eseguita perché l'ipotesi di assumere il fattore di crescita $K_{d,T}$ funzione della durata della precipitazione d risulta più aderente all'evidenza sperimentale rispetto alla scelta di un'unica curva di crescita valida per tutte le durate di pioggia d . Sarà quindi possibile rappresentare la distribuzione statistica dei valori massimi annuali delle precipitazioni di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore utilizzando come distribuzione probabilistica di base la legge TCEV, dove però le stime regionali dei parametri θ^* , Λ^* , Λ_1 e η sono legate al variare della durata d .

5.2. Distribuzione utilizzata

Negli studi precedenti sulla regionalizzazione delle precipitazioni estreme in Italia e in particolare della Regione Toscana sono state utilizzate soprattutto distribuzioni di tipo Gumbel e TCEV. Come dimostrato da Koutsoyannis (2004), il maggior limite delle distribuzioni a due parametri, come la Gumbel, è lo scarso adattamento ai dati che presentano frequenze molto rare, gli *outliers*. La loro presenza è tanto più probabile quanto maggiore è il numero di dati del campione. Infatti, ipotizzando di avere per ogni durata una serie storica suddivisa in n serie parziali si effettua:

il calcolo della varianza dei coefficienti di asimmetria degli infiniti campioni di dimensione n ;

il calcolo della varianza del coefficiente di asimmetria degli infiniti campioni di dimensione n che si possono estrarre dalla Gumbel costruita.

La varianza stimata col primo metodo di calcolo risulta generalmente maggiore di quella teorica calcolata dalla distribuzione di Gumbel. Questo fenomeno prende il nome di condizione di separazione ed evidenzia come la scelta della Gumbel mal si adatti a rappresentare le serie storiche considerate, una varianza troppo bassa è infatti indicativa del fatto che la distribuzione tende a trascurare i cosiddetti "outliers" o valori straordinari.

Per questo motivo, oltre che per un generalizzato consenso a livello nazionale all'uso della TCEV, questa è stata scelta come distribuzione delle precipitazioni estreme. Risulterebbe comunque possibile l'utilizzo anche di altri tipi di distribuzioni e in particolare una distribuzione di tipo GEV.

5.3. Suddivisione in regioni e subregioni e stima regionale dei parametri della distribuzione

Si presentano i risultati dell'analisi regionale delle piogge massime giornaliere annue in Toscana per i primi due livelli, avvenuta secondo la procedura gerarchica di regionalizzazione proposta da Fiorentino et al. (1987). La metodologia di stima dei parametri della TCEV adottata è quella proposta da Gabriele e Iritano (1994) che utilizza un procedimento di stima congiunto basato sulla massima verosimiglianza.

Come già affermato, al primo livello si individuano le regioni omogenee mediante l'analisi della distribuzione spaziale del coefficiente di asimmetria campionario G (e, analogamente, del coefficiente Lsk) e, al secondo livello, si ricercano una o più subregioni omogenee in termini di invarianza spaziale del coefficiente di variazione campionario Cv (Lcv). Si ricorda che l'omogeneità spaziale è intesa in senso statistico, si ammette quindi un errore, rispetto al valore medio del dato normalmente distribuito.

La procedura per la stima dei parametri dei primi due livelli di regionalizzazione si basa sui seguenti punti fondamentali:

- a) Ipotesi di primo tentativo che l'area di studio possa costituire, per i massimi annui di pioggia giornaliera, un'unica regione omogenea.
- b) Stima dei parametri Λ^* , θ^* e Λ_1 della TCEV.
- c) Verifica della bontà delle ipotesi di omogeneità.
- d) Qualora necessario modifica dell'ipotesi di partenza: suddivisione della regione per aumentare il grado di omogeneità. Nel caso in cui la regione sia da modificare sono ripetuti in ordine i punti b), c) ed eventualmente il punto d).

Sono state create utilizzando il metodo deterministico di interpolazione spaziale *Inverse Distance Weighted* (IDW), le mappe di distribuzione dei coefficienti di asimmetria G e variazione Cv e dei loro corrispondenti in termini di L-moments, Lsk e Lcv , per le 351 stazioni pluviometriche di precipitazione massima giornaliera aventi serie storiche con numerosità maggiore o uguale a 30 dati.

Sono state generate delle mappe di distribuzione spaziale dei G , Cv , Lsk , Lcv anche per differenti numerosità campionarie della serie. L'analisi è stata ripetuta per le stazioni con almeno 40 anni di misure: i risultati sono analoghi a quelli mostrati nelle figure successive per le stazioni con almeno 30 anni di dati.

Nell'applicare la tecnica dell'IDW è necessario indicare quali punti si desidera usare per interpolare la variabile di interesse; questo può essere fatto o specificando una distanza massima, espressa in metri, o il numero delle stazioni vicine. Si è osservato che impostando il numero delle stazioni vicine pari a 100 e utilizzando il valore standard, pari a 2, del parametro di potenza v , è possibile ottenere il risultato migliore minimizzando la radice dell'errore quadratico medio (*Root Mean Square Error* - RMSE).

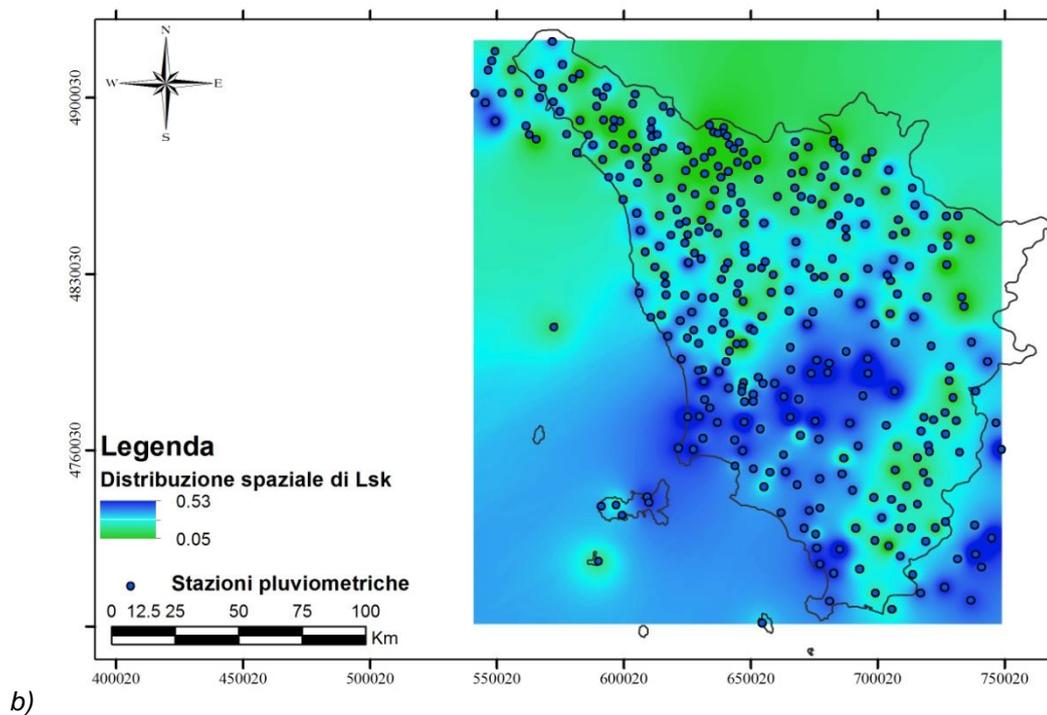
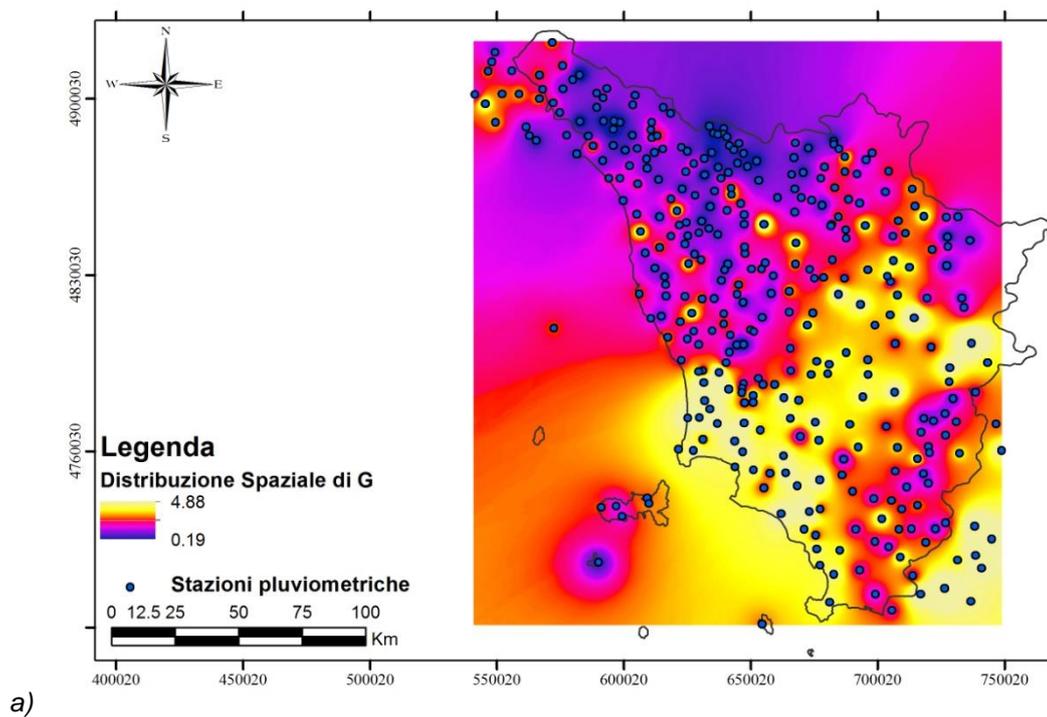


Figura 5.2: Distribuzione spaziale dei coefficienti di asimmetria G (a) e Lsk (b) osservati.

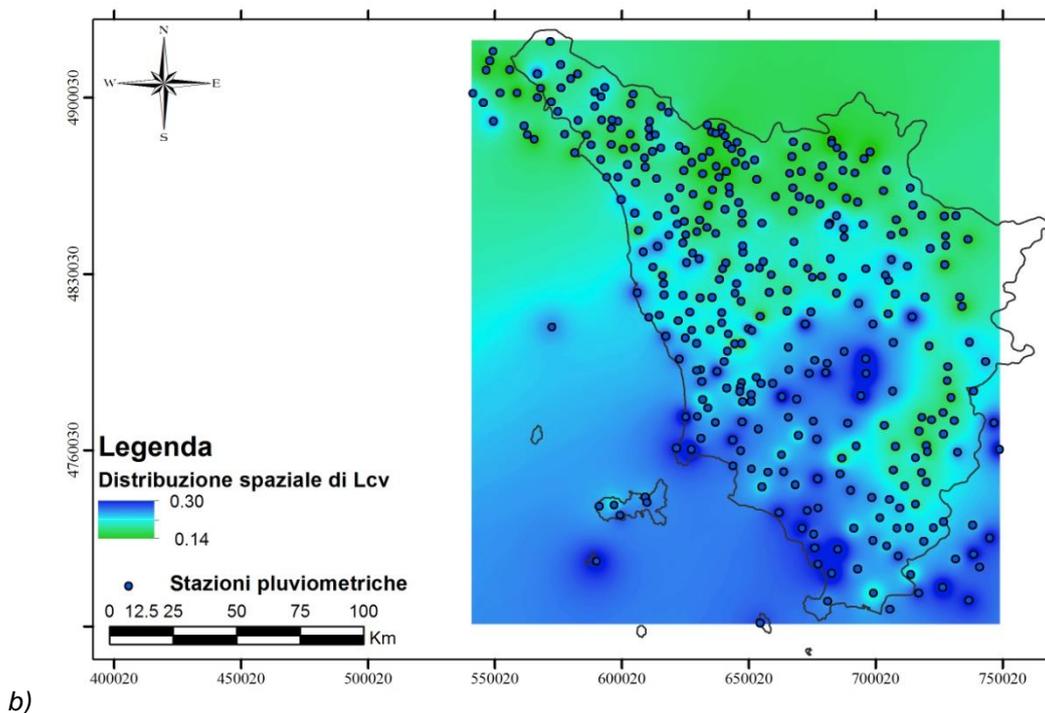
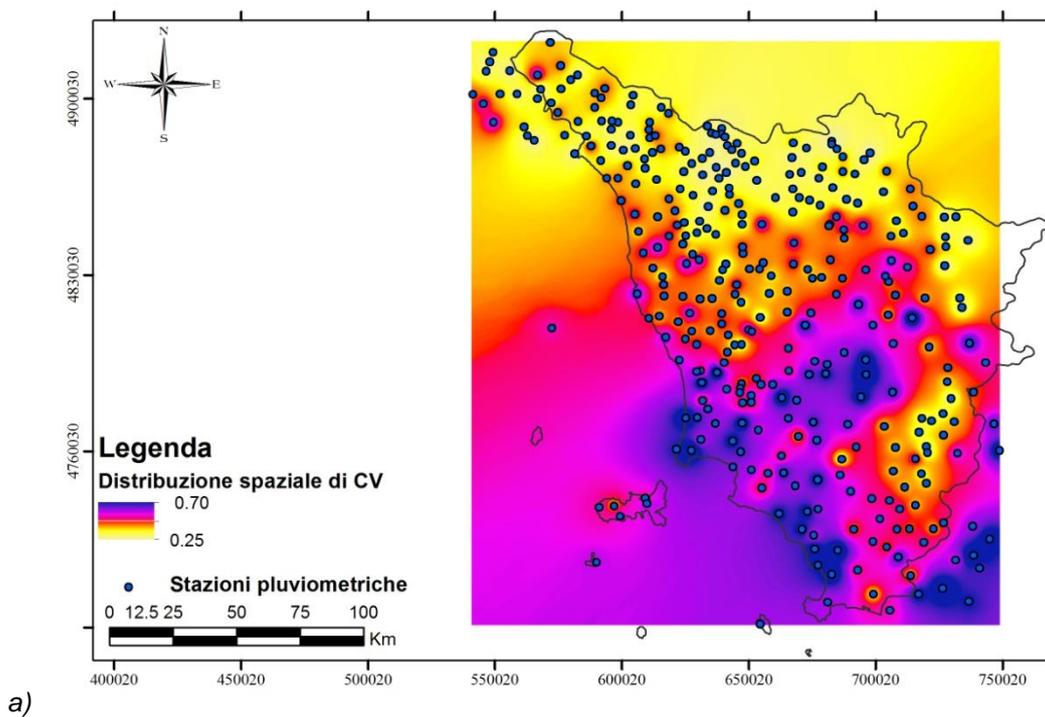


Figura 5.3: Distribuzione spaziale dei coefficienti di variazione Cv (a) e Lcv (b) osservati.

Le numerose ipotesi di suddivisione analizzate in fase di studio si sono basate sull'osservazione delle quattro mappe riportate nelle figure precedenti.

L'analisi della distribuzione spaziale dei coefficienti di asimmetria campionari G e Lsk , suggerisce di ipotizzare una suddivisione in più regioni dell'area esaminata, già per il primo livello della procedura di stima. Infatti, la loro variabilità spaziale risulta relativamente ridotta sul versante appenninico, mentre si osserva una più accentuata variabilità sul versante tirrenico.

L'analisi della Figura 5.3 mostra il diverso comportamento della distribuzione spaziale dei coefficienti di variazione campionari Cv e Lcv tra la fascia costiera e la parte interna montuosa; in particolare, la presenza del gruppo del monte Amiata nella Toscana meridionale influenza la distribuzione dei coefficienti statistici, portandoli ad avere valori più simili alla zona appenninica che non alla zona considerata generalmente come Sud in studi precedenti.

In base a queste osservazioni, è evidente l'esistenza di almeno tre fasce, dove si può ritenere l'asimmetria statisticamente costante, distinte da linee di suddivisione con andamento prevalente da Ovest a Est. Date le considerazioni precedenti, il territorio regionale sarà esaminato secondo le seguenti ipotesi, con numero di regioni via via crescenti:

Tabella 5.4: Ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio.

Suddivisione in regioni e subregioni omogenee	
IPOTESI 1	UNICA regione omogenea e subregione unica
IPOTESI 2	UNICA regione omogenea e 3 subregioni omogenee NORD-APPENNINICA, NORD-TIRRENICA, CENTRO-SUD
IPOTESI 3	3 regioni NORD-APPENNINICA, NORD-TIRRENICA, CENTRO-SUD coincidenti con le 3 subregioni
IPOTESI 4	4 regioni NORD-TIRRENICA, NORD-OVEST, APPENNINO-AMIATA, CENTRO-SUD coincidenti con le 4 subregioni

Per asserire la validità dell'ipotesi 1, i coefficienti G (Lsk) e Cv (Lcv) devono essere statisticamente costanti su tutto il territorio in studio. L'ipotesi 2 prevede di ritenere costante il coefficiente di asimmetria sull'intera area indagata, mentre quello di variazione risulta costante all'interno delle tre subregioni denominate Nord-Appenninica, Nord-Tirrenica e Centro-Sud. Le ipotesi 3 e 4 considerano statisticamente costanti i coefficienti G (Lsk) e Cv (Lcv) rispettivamente nelle 3 regioni Nord-Appenninica, Nord-Tirrenica, Centro-Sud assunte coincidenti con

le 3 subregioni indicate in precedenza, e nelle 4 regioni coincidenti con le 4 subregioni Nord-Tirrenica, Nord-Ovest, Appennino-Amiata e Centro-Sud.

L'ipotesi 1 di supporre che la Toscana possa costituire, per i massimi annui di pioggia giornaliera, un'unica regione omogenea è stata verificata già in fase di validazione del dataset. Applicando il test della discordanza D all'intera area di studio si evidenzia l'inconsistenza di detta ipotesi. Tuttavia, per completezza e per un esame comparativo tra le varie ipotesi di suddivisione, nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati dei test anche per questa ipotesi alternativa.

I confini tra le subregioni sono stati tracciati in base alla distribuzione spaziale dei coefficienti C_v e L_{cv} , che, di fatto, rappresentano la sintesi dei fattori geomorfoclimatici del territorio, adattandoli il più possibile agli spartiacque dei bacini idrografici.

L'ipotesi 3 di suddivisione del territorio in 3 regioni coincidenti con 3 subregioni, avendo esaminato anche possibili varianti dei confini di tali subregioni, ha portato a risultati soddisfacenti come capacità di superare alcuni test statistici ma non permette di rappresentare con buona approssimazione le curve di crescita sperimentali. Le ipotesi 1, 2, 3 di suddivisione proposte sono risultate insoddisfacenti ai fini di una regionalizzazione di tipo gerarchico come quella presentata.

Per tutte le ipotesi di suddivisione sono stati stimati i parametri della distribuzione TCEV. Il programma di stima per la determinazione dei parametri del 1° e del 2° livello di regionalizzazione utilizzato permette di valutare Λ^* , θ^* e Λ_1 secondo un procedimento congiunto, basato sulla massima verosimiglianza, (Gabriele e Iritano, 1994).

Tabella 5.5: Parametri del modello probabilistico TCEV per il 1° e il 2° livello di regionalizzazione.

Parametri della distribuzione TCEV per 1° e 2° livello				
Regione	Subregione	Λ^*	θ^*	Λ_1
Unica	Unica	0.197	2.766	32.240
Unica	Nord-Appenninica	0.244	2.543	46.019
	Nord-Tirrenica			36.537
	Centro-Sud			23.092
Nord-Appenninica Nord-Tirrenica Centro-Sud	Nord-Appenninica	0.201	1.823	34.446
	Nord-Tirrenica	0.507	2.358	35.107
	Centro-Sud	0.238	3.302	28.343
Nord-Tirrenica Nord-Ovest	Nord-Tirrenica	0.438	2.634	31.195
	Nord-Ovest	0.129	2.129	19.232
Appennino-Amiata Centro-Sud	Appennino-Amiata	0.127	2.456	33.292
	Centro-Sud	0.206	3.381	28.325

Come visto nel paragrafo 2.9, la legge di distribuzione di probabilità TCEV $F(x)$ può essere scritta in termini della variabile adimensionale $K_T=H_T/\mu$ che rappresenta il rapporto fra il massimo annuale con tempo di ritorno Tr della pioggia giornaliera H_T , e la pioggia indice μ . L'equazione (2.37) che esprime la relazione tra il fattore di crescita K_T e il corrispondente tempo di ritorno Tr rappresenta la **curva di crescita**, che ha caratteristiche regionali ed è unica nell'ambito della subregione omogenea, nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV Λ^* , θ^* , Λ_1 .

In alternativa alla rappresentazione grafica delle curve di crescita, il valore di K_T può essere ricavato direttamente in funzione di tempi di ritorno fissati.

La verifica della bontà delle ipotesi di omogeneità di suddivisione del territorio in esame si basa sul confronto tra la distribuzione di frequenza cumulata osservata (stimata dalle serie storiche disponibili) dei valori di G , Cv , Lsk , Lcv e la distribuzione di frequenza teorica ottenuta, con tecniche Monte Carlo, generando 10000 serie a partire dai parametri stimati sui dati osservati del modello probabilistico TCEV.

Tale confronto è stato effettuato:

- Graficamente.
- In termini di differenze tra i valori della media e della deviazione standard calcolati sulle serie osservate e teoriche.

- Mediante applicazione dell'insieme dei test descritti nel paragrafo 3.2: test della *t di Student* per la media, di *Wilcoxon* per la media, del χ^2 .

Ulteriori verifiche di ipotesi di suddivisione sono state attuate mediante:

- Applicazione dei test della discordanza *D* e di eterogeneità *H*;
- Analisi della rappresentazione grafica in carta probabilistica di Gumbel delle curve di crescita osservate e teoriche del modello TCEV.

Le serie teoriche di dati generate con il metodo Monte Carlo devono essere di dimensione comparabile al numero medio di misure delle stazioni analizzate. È possibile così costruire una serie di coefficienti di asimmetria e variazione e dei loro corrispondenti in termini di L-moments teorici, valutandoli per ognuna delle serie con le formule (2.43), (3.15), (3.16). Ad esempio, la verifica di omogeneità della regione unica è stata condotta nel seguente modo: per ognuna delle 351 stazioni pluviometriche caratterizzate da una dimensione campionaria $N \geq 30$, sono stati generati, mediante simulazione Monte Carlo, 10000 valori teorici di *G*, *Cv*, *Lsk*, *Lcv*, raggruppati in serie sintetiche, aventi la stessa numerosità campionaria .

Si verifica dunque che le serie dei coefficienti teorici *G*, *Cv*, *Lsk*, *Lcv* e le serie dei coefficienti campionari *G*, *Cv*, *Lsk*, *Lcv* provengano da popolazioni simili.

In Tab. 5.6 si riportano i valori della media e della deviazione standard calcolati sulle serie osservate e teoriche dei coefficienti statistici *G*, *Cv*, *Lsk*, *Lcv* per le diverse ipotesi di suddivisione dell'area di studio. Ovviamente, ipotizzando che le distribuzioni dei coefficienti, sia teorici sia campionari, siano entrambe normali, possiamo dire che tanto più questi valori sono simili tra loro tanto più simili sono le popolazioni di provenienza e tanto più vicina al vero risulta l'ipotesi fatta. Da qui in seguito non si riportano i risultati per l'ipotesi 2 di suddivisione per rendere le tabelle di più facile lettura, essendo noto anche che come delimitazione finale delle regioni omogenee si considera valida l'ipotesi 4.

Tabella 5.6: confronto tra i valori della media e della deviazione standard calcolati sulle serie osservate (obs) e teoriche (th) per i coefficienti di asimmetria G a), Lsk b), e i coefficienti di variazione Cv c), Lcv d).

a)

Statistica G				
Regione	$m(x)_{obs}$	$m(x)_{th}$	$\sigma(x)_{obs}$	$\sigma(x)_{th}$
Unica	1.63	2.36	0.82	0.76
Nord-Appenninica	1.22	1.39	0.59	0.58
Nord-Tirrenica	1.50	1.72	0.64	0.61
Centro-Sud	2.17	2.40	0.88	0.84
Nord-Tirrenica	1.54	1.92	0.70	0.69
Nord-Ovest	1.03	1.39	0.50	0.72
Appennino-Amiata	1.50	1.45	0.61	0.83
Centro-Sud	2.17	2.44	0.87	0.90

b)

Statistica Lsk				
Regione	$m(x)_{obs}$	$m(x)_{th}$	$\sigma(x)_{obs}$	$\sigma(x)_{th}$
Unica	0.26	0.27	0.09	0.03
Nord-Appenninica	0.20	0.20	0.07	0.05
Nord-Tirrenica	0.26	0.27	0.08	0.06
Centro-Sud	0.32	0.32	0.08	0.06
Nord-Tirrenica	0.27	0.29	0.08	0.05
Nord-Ovest	0.19	0.21	0.07	0.06
Appennino-Amiata	0.22	0.22	0.07	0.08
Centro-Sud	0.31	0.31	0.08	0.06

c)

Statistica Cv				
Regione	$m(x)_{obs}$	$m(x)_{th}$	$\sigma(x)_{obs}$	$\sigma(x)_{th}$
Unica	0.40	0.42	0.09	0.04
Nord-Appenninica	0.34	0.34	0.05	0.03
Nord-Tirrenica	0.39	0.39	0.06	0.05
Centro-Sud	0.48	0.49	0.09	0.07
Nord-Tirrenica	0.39	0.45	0.08	0.06
Nord-Ovest	0.33	0.39	0.04	0.06
Appennino-Amiata	0.36	0.36	0.05	0.07
Centro-Sud	0.48	0.48	0.09	0.08

d)

Statistica Lcv				
Regione	$m(x)_{obs}$	$m(x)_{th}$	$\sigma(x)_{obs}$	$\sigma(x)_{th}$
Unica	0.20	0.21	0.03	0.01
Nord-Appenninica	0.18	0.18	0.02	0.01
Nord-Tirrenica	0.20	0.20	0.03	0.02
Centro-Sud	0.23	0.23	0.03	0.02
Nord-Tirrenica	0.20	0.23	0.03	0.02
Nord-Ovest	0.18	0.21	0.02	0.02
Appennino-Amiata	0.19	0.19	0.02	0.02
Centro-Sud	0.23	0.22	0.03	0.02

Analizzando i risultati si osserva come, generalmente, la distribuzione teorica sia meno variabile del campione. Ciò è probabilmente dovuto alla maggior presenza di valori *outliers* nel campione. Si sottolinea come le statistiche di

media e deviazione standard per l'ipotesi 4 di suddivisione delle serie osservate e teoriche siano assolutamente comparabili.

Le successive Tabelle riportano i risultati dei test di adattamento eseguiti relativamente ai coefficienti G , Cv , Lsk , Lcv per l'ipotesi che il territorio analizzato si possa dividere in quattro regioni pluviometriche omogenee, Nord-Tirrenica, Nord-Ovest, Appennino-Amiata e Centro-Sud, ognuna contenente al suo interno, una subregione omogenea della medesima estensione e, a scopo comparativo, le risposte dei test riguardanti l'ipotesi che la Toscana possa essere considerata un'unica regione omogenea o costituita da 3 regioni omogenee. Nelle Tabelle dei risultati si riporta il livello di significatività del test e viene specificato con "Pos" se l'ipotesi fatta può essere accettata o con "Neg" il viceversa.

Tabella 5.7: risultati dei test sui coefficienti di asimmetria G a), Lsk b), e i coefficienti di variazione Cv c), Lcv d).

a)

Test statistici G						
Regione	χ^2		Wilcoxon		t-student	
	res.	p-value	res.	p-value	res.	p-value
Unica	Neg	<0.05	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Nord-Appenninica	Pos	0.26	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Nord-Tirrenica	Pos	0.36	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Centro-Sud	Pos	0.17	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Nord-Tirrenica	Neg	<0.05	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Nord-Ovest	Pos	0.60	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Appennino-Amiata	Pos	0.12	Pos	0.14	Pos	0.55
Centro-Sud	Pos	0.56	Neg	<0.05	Neg	<0.05

b)

Test statistici Lsk						
Regione	χ^2		Wilcoxon		t-student	
	res.	p-value	res.	p-value	res.	p-value
Unica	Pos	0.11	Neg	<0.05	Neg	<0.05
Nord-Appenninica	Pos	0.67	Pos	0.47	Pos	0.63
Nord-Tirrenica	Pos	0.6	Pos	0.71	Pos	0.81
Centro-Sud	Pos	0.64	Pos	0.78	Pos	0.96
Nord-Tirrenica	Pos	0.74	Pos	0.61	Pos	0.55
Nord-Ovest	Pos	0.79	Pos	0.77	Pos	0.72
Appennino-Amiata	Pos	0.41	Pos	0.95	Pos	0.88
Centro-Sud	Pos	0.62	Pos	0.86	Pos	0.77

c)

Test statistici Cv						
Regione	χ^2		Wilcoxon		t-student	
	res.	p-value	res.	p-value	res.	p-value
Unica	<i>Neg</i>	<0.05	<i>Neg</i>	<0.05	<i>Neg</i>	<0.05
Nord-Appenninica	<i>Pos</i>	0.08	<i>Pos</i>	0.05	<i>Pos</i>	0.24
Nord-Tirrenica	<i>Pos</i>	0.44	<i>Pos</i>	0.11	<i>Pos</i>	0.15
Centro-Sud	<i>Pos</i>	0.08	<i>Pos</i>	0.43	<i>Pos</i>	0.7
Nord-Tirrenica	<i>Pos</i>	0.15	<i>Pos</i>	0.31	<i>Pos</i>	0.54
Nord-Ovest	<i>Pos</i>	0.49	<i>Pos</i>	0.71	<i>Pos</i>	0.78
Appennino-Amiata	<i>Pos</i>	0.42	<i>Pos</i>	0.74	<i>Pos</i>	0.34
Centro-Sud	<i>Pos</i>	0.27	<i>Pos</i>	0.35	<i>Pos</i>	0.42

d)

Test statistici Lcv						
Regione	χ^2		Wilcoxon		t-student	
	res.	p-value	res.	p-value	res.	p-value
Unica	<i>Neg</i>	<0.05	<i>Neg</i>	<0.05	<i>Pos</i>	0.17
Nord-Appenninica	<i>Pos</i>	0.64	<i>Pos</i>	0.47	<i>Pos</i>	0.81
Nord-Tirrenica	<i>Pos</i>	0.6	<i>Pos</i>	0.58	<i>Pos</i>	0.43
Centro-Sud	<i>Pos</i>	0.2	<i>Pos</i>	0.87	<i>Pos</i>	0.7
Nord-Tirrenica	<i>Pos</i>	0.14	<i>Pos</i>	0.35	<i>Pos</i>	0.29
Nord-Ovest	<i>Pos</i>	0.13	<i>Pos</i>	0.42	<i>Pos</i>	0.31
Appennino-Amiata	<i>Pos</i>	0.31	<i>Pos</i>	0.43	<i>Pos</i>	0.36
Centro-Sud	<i>Pos</i>	0.62	<i>Pos</i>	0.81	<i>Pos</i>	0.74

Si osserva che quando si considera l'intero territorio come omogeneo, solo la distribuzione teorica Lsk supera il test χ^2 , ma con un basso livello di significatività. E' chiaramente evidenziata l'inconsistenza dell'ipotesi di omogeneità fin dal primo livello, che è confermata anche dal confronto tra le curve di crescita teoriche e sperimentali di ciascuna subregione nell'ipotesi 2, qui non mostrate.

Come accennato precedentemente, l'ipotesi 3 di suddivisione del territorio in 3 regioni coincidenti con 3 subregioni, secondo i risultati prodotti dai diversi test, nel loro complesso, è un'ipotesi di suddivisione accettabile. Tuttavia, cercando conferme del buon accostamento tra l'andamento della curva probabilistica TCEV e la serie di dati utilizzata per la stima dei suoi parametri, per la regione Nord-Appenninica non si è riscontrato un buon adattamento tra le curve di crescita teoriche e osservate.

Quanto appena discusso ha condotto a considerare fin dal primo livello in territorio suddiviso in 4 regioni, dove nella regione Nord-Tirrenica sono state aggiunte 5 stazioni presenti nella regione Centro-Sud dell'ipotesi 3, mentre delle 129 stazioni che ricadono nella regione Nord-Appenninica 78 sono state

considerate nella regione omogenea denominata Nord-Ovest e le restanti 51 posizionate nella regione denominata Appennino-Amiata.

Di seguito si riportano i risultati grafici delle distribuzioni teoriche e campionarie dei coefficienti L_{sk} , L_{cv} per l'ipotesi finale di suddivisione (4 regioni coincidenti con le 4 subregioni Nord-Tirrenica, Nord-Ovest, Appennino-Amiata e Centro-Sud) che abbiamo osservato fornisce i migliori risultati nei test statistici. Le curve di frequenza riportate sono rappresentate mediante plotting position di Haazen, con $a=0.5$.

Infine, si riportano in Tab. 5.8 i risultati dell'applicazione dei test della discordanza D e di eterogeneità H , esaurientemente spiegati nel paragrafo 3.2. Si ricorda che un sito i -esimo è ritenuto discordante quando la misura di discordanza D_i è maggiore di 3: il fatto che possano esserci 1 o 2 stazioni con $D_i > 3$ in una regione considerata omogenea non è sufficiente a considerare l'intera regione non omogenea. Tale test aiuta a comprendere quali stazioni ipotizzate appartenenti a una regione possono essere incluse in un'altra regione geograficamente contigua. Nel caso in cui i valori di alcuni siti siano risultati più omogenei nella nuova regione, si è spostata la stazione o si è valutato se non utilizzare i dati registrati da tale stazione.

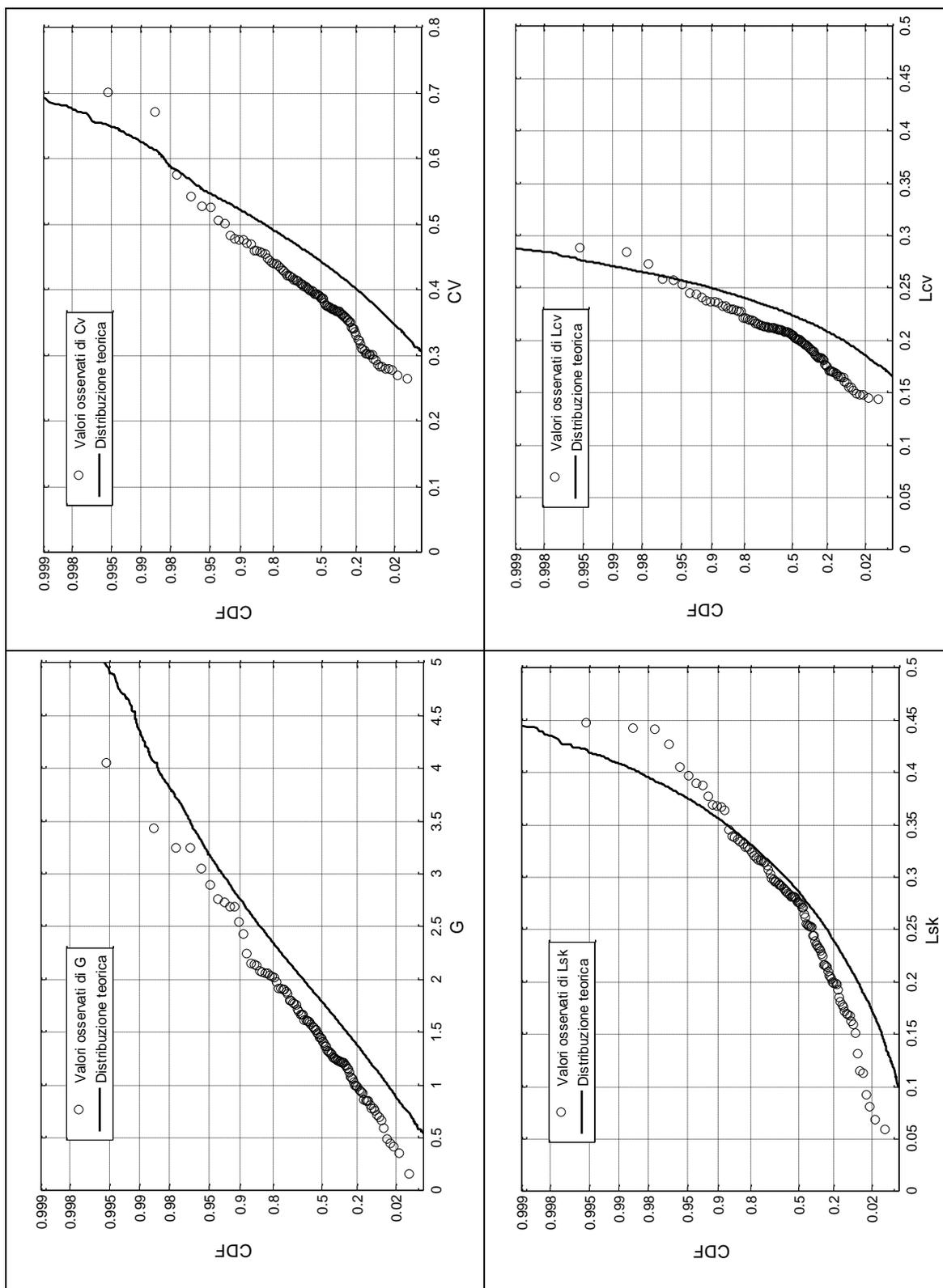


Figura 5.4: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (o) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Nord-Tirrenica.

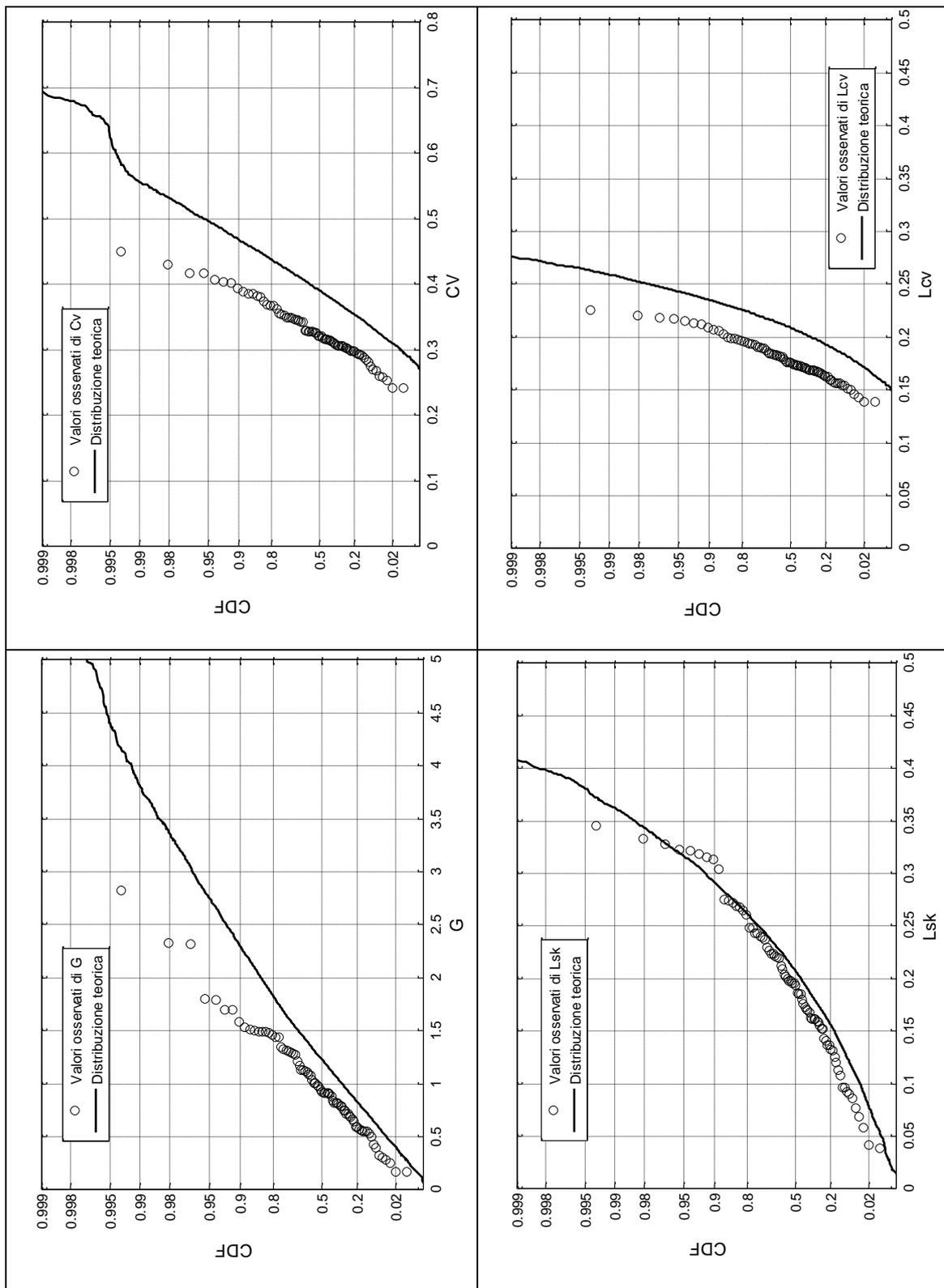


Figura 5.5: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (o) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Nord-Ovest.

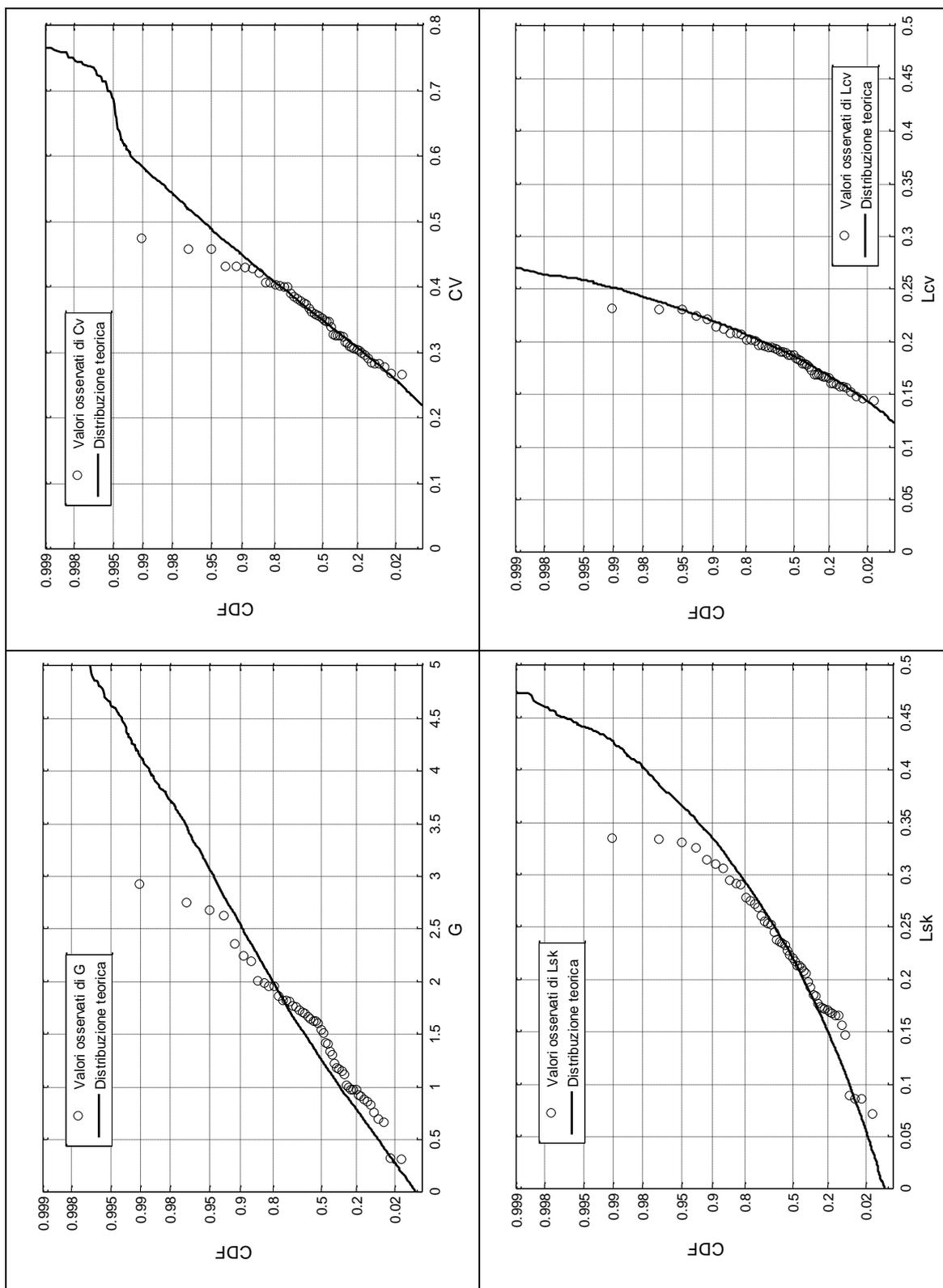


Figura 5.6: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (○) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Appennino-Amiata.

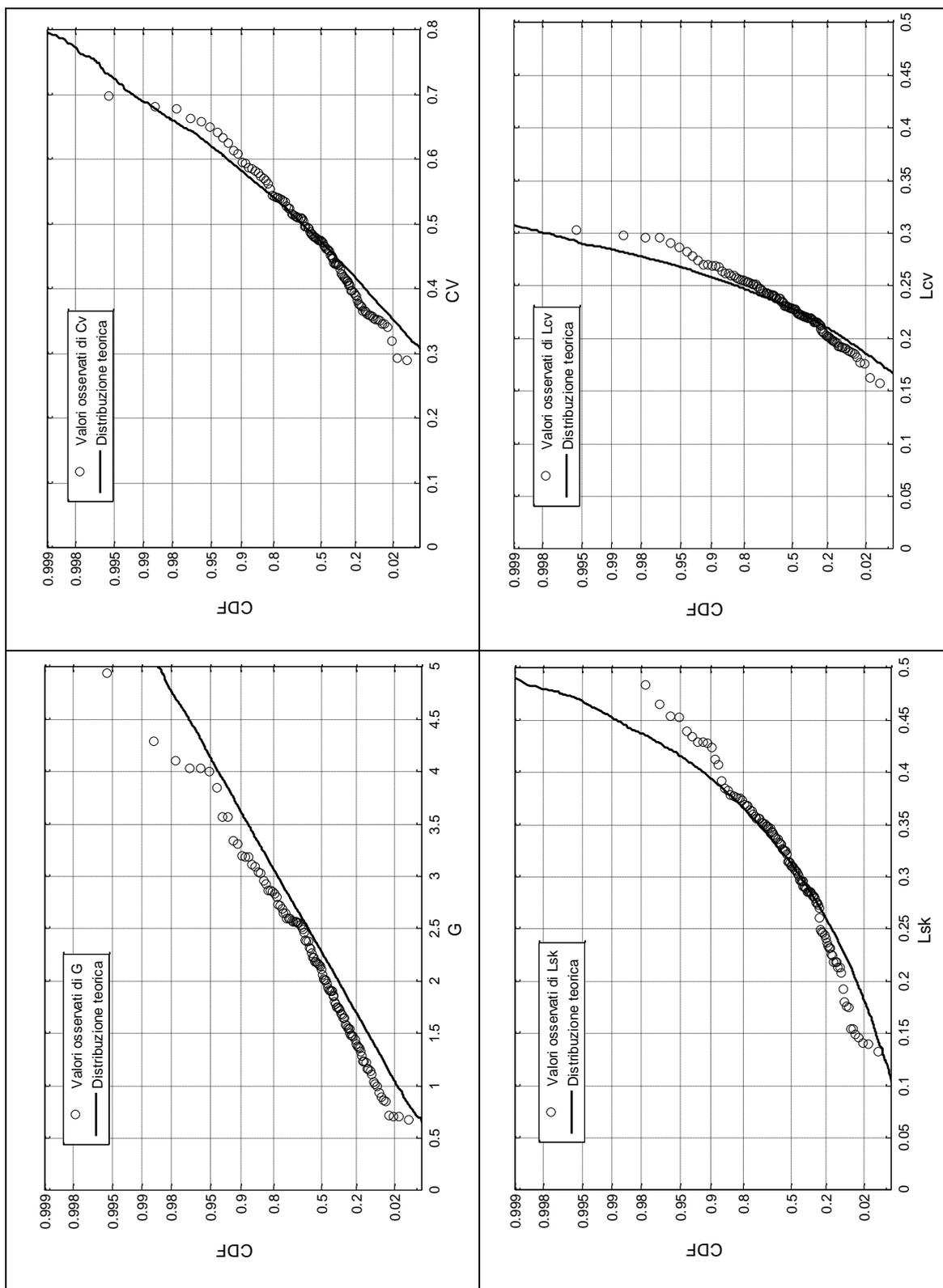


Figura 5. 7: Distribuzioni di frequenza teoriche (linea nera) e campionarie (o) dei coefficienti G, Cv, Lsk, Lcv Regione Centro-Sud.

Tabella 5.8: Valori delle statistiche di eterogeneità $H1$, $H2$ e $H3$ e numero di stazioni discordanti per le diverse ipotesi di suddivisione.

Parametri di omogeneità per i massimi annui giornalieri					
Regione	N. stazioni	$H1>2$	$H2>2$	$H3>2$	$D>3$
Unica	351	6.83	3.31	2.00	13
Nord-Appenninica	129	0.62	-0.32	0.05	3
Nord-Tirrenica	103	0.71	-0.72	-0.71	1
Centro-Sud	119	-2.49	-2.80	-2.77	4
Nord-Tirrenica	108	0.71	-0.53	-0.78	4
Nord-Ovest	78	1.41	1.28	0.94	2
Appennino-Amiata	51	0.14	-1.27	-1.39	0
Centro-Sud	114	-0.96	-2.12	-2.26	3

I test di eterogeneità $H1$, $H2$ e $H3$ confermano l'ipotesi che non è possibile considerare il territorio analizzato come unica regione omogenea perché si ha $H1=6.83$ che la indica come certamente eterogenea. Si ricorda che Hosking e Wallis (1997) suggeriscono che se $1 \leq H \leq 2$ la regione è classificabile come possibilmente eterogenea. E' il caso della regione Nord-Ovest: quest'area, dove si evidenzia la presenza di stazioni caratterizzati da coefficienti di variazione contenuti, in fase di verifica di rappresentatività delle curve di crescita a livello orario, sarà indagata più accuratamente per tentare di comprendere questa sua distinta disomogeneità. L'ipotesi di omogeneità risulta confermata per la regione Nord-Tirrenica e dai valori negativi dei test per le regioni Appennino-Amiata e Centro-Sud.

Il confronto tra le curve di crescita teoriche del modello TCEV e quelle osservate, riportato in carta probabilistica di Gumbel in Figura 5.8 e 5.9, risulta più che soddisfacente per le regioni Nord-Tirrenica e Centro-Sud, mentre per la regione Appennino-Amiata si evidenzia una leggera sottostima del fattore di crescita per tempi di ritorno tra 20 e 100 anni. Si conferma che è necessaria un'analisi più accurata per la regione Nord-Ovest, dove la distribuzione dei dati osservati non è ben rappresentata dalla distribuzione di probabilità TCEV.

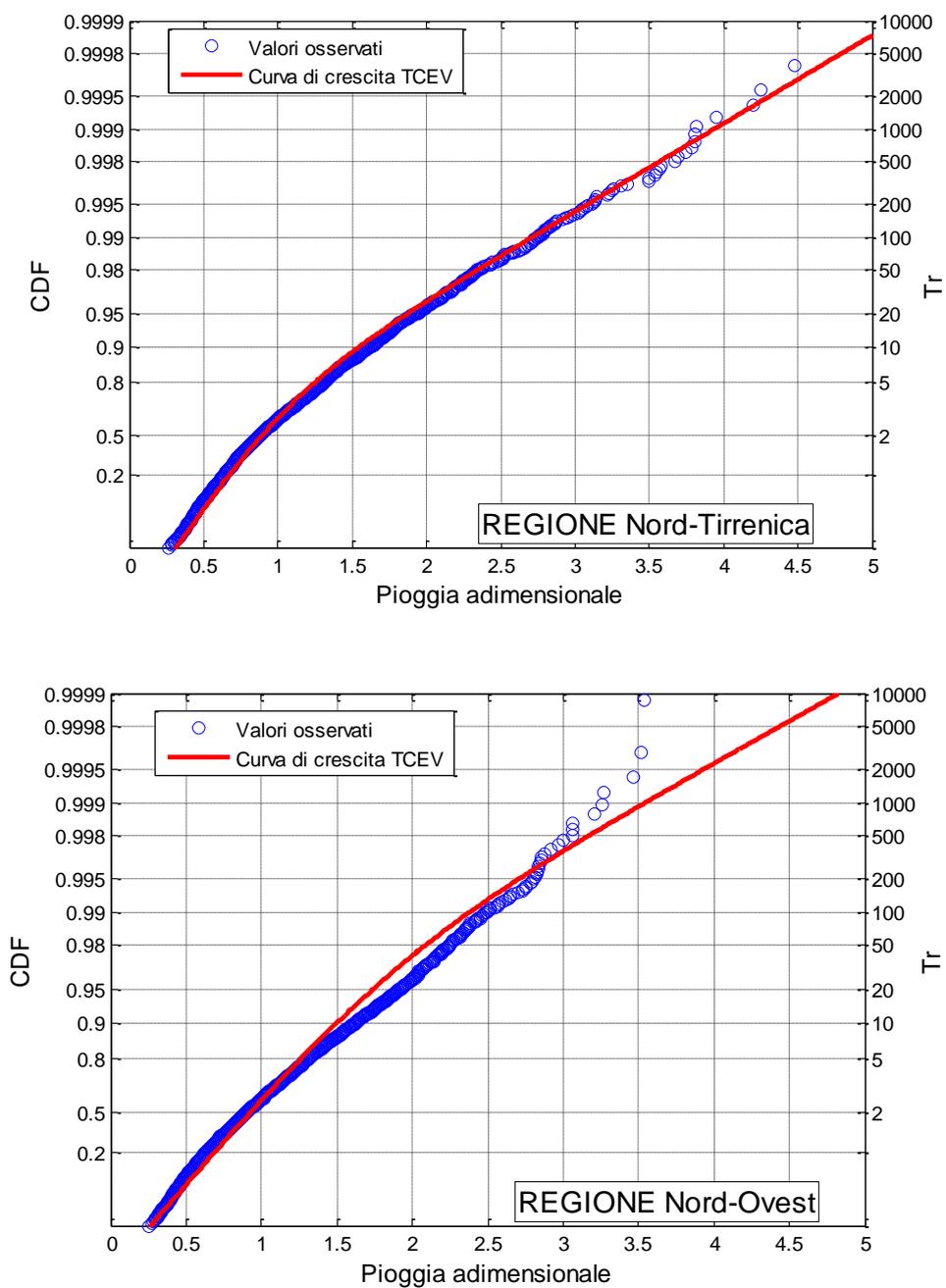


Figura 5.8: Legge di distribuzione TCEV. Curve di crescita teoriche (linea rossa) e osservate (o) per la regione Nord-Tirrenica (in alto) e Nord-Ovest (in basso).

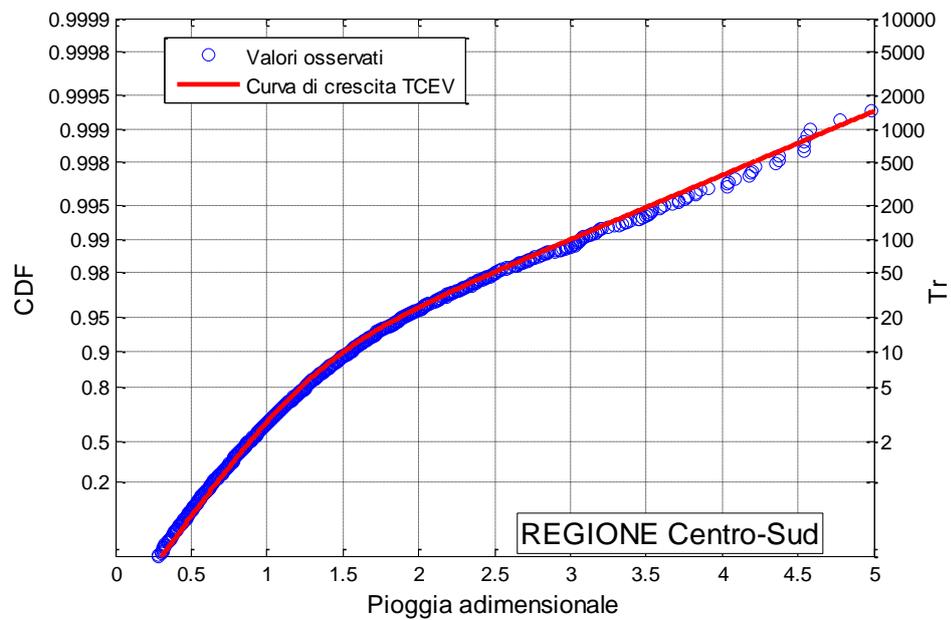
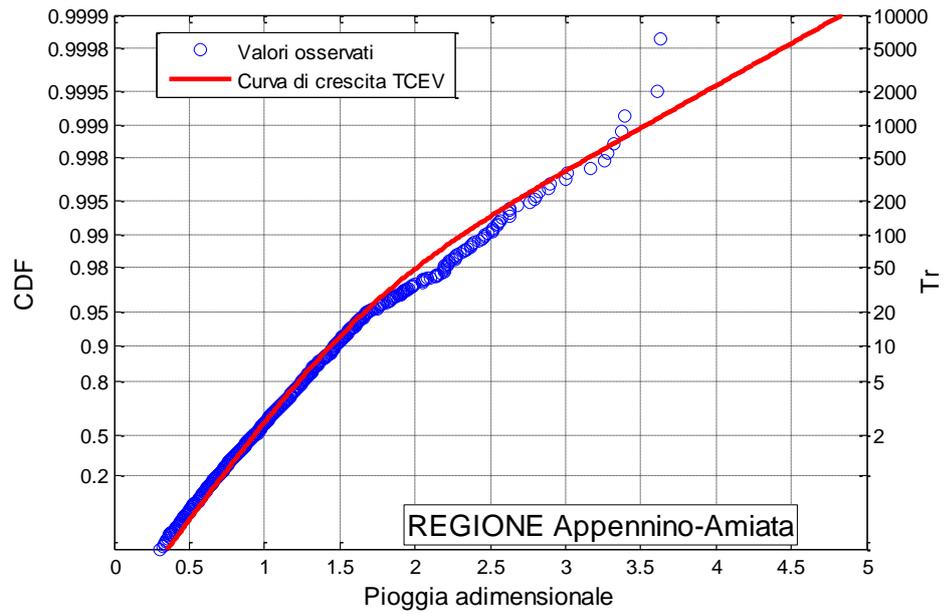


Figura 5.9: Legge di distribuzione TCEV. Curve di crescita teoriche (linea rossa) e osservate (o) per la regione Appennino-Amiata (in alto) e Centro-Sud (in basso).

In Tabella 5.9, di più immediata consultazione, si riporta per la suddivisione finale in 4 regioni i valori del fattore di crescita adimensionale K_T in funzione di prefissati Tempi di ritorno, validi per le altezze di precipitazione giornaliere.

Tabella 5.9: Fattore di crescita K_T per assegnato tempo di ritorno.

Tr	2	5	10	20	30	50	100	150	200	500
Nord-Tirrenica	0.89	1.25	1.54	1.88	2.08	2.35	2.71	2.93	3.08	3.57
Nord-Ovest	0.93	1.26	1.50	1.74	1.89	2.09	2.39	2.57	2.71	3.18
Appennino-Amiata	0.93	1.23	1.44	1.67	1.81	2.02	2.32	2.52	2.67	3.16
Centro-Sud	0.89	1.22	1.51	1.88	2.14	2.50	3.01	3.31	3.53	4.21

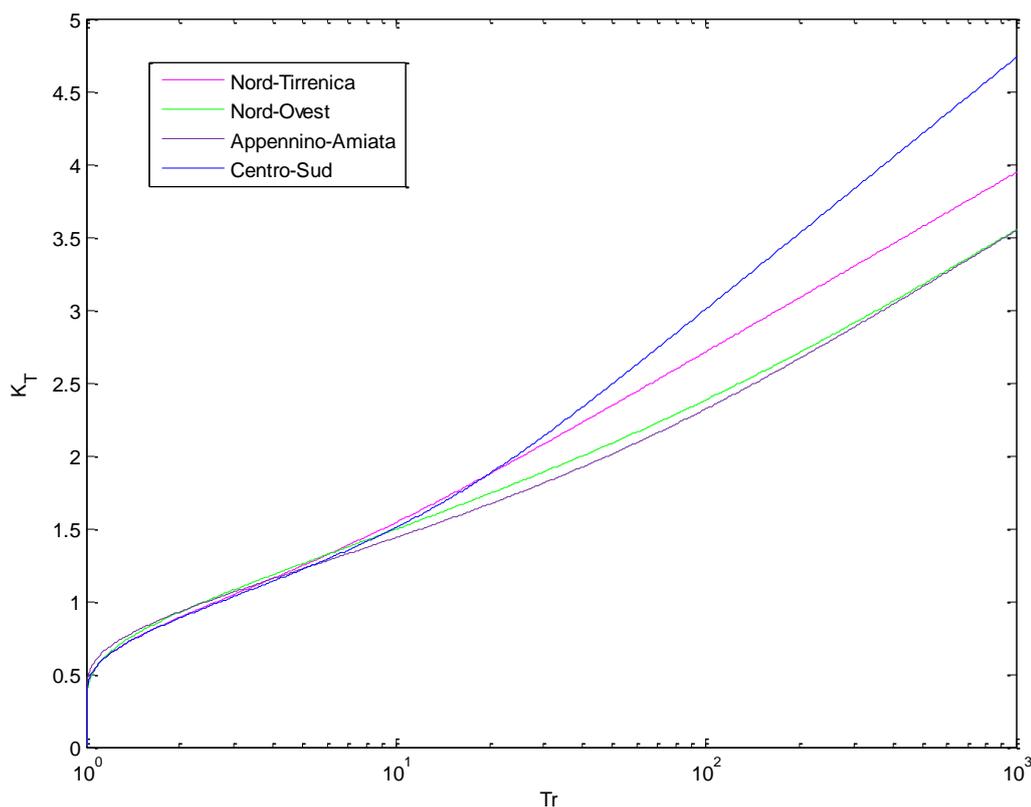


Figura 5.10 Variazione del fattore di crescita K_T in funzione del tempo di ritorno per le diverse regioni omogenee.

La Figura 5.11 rappresenta la suddivisione definitiva dell'area d'indagine in regioni omogenee, ovvero l'ipotesi 4 di suddivisione in regioni omogenee che ha fornito i risultati migliori e che sarà utilizzata nelle successive fasi di lavoro.

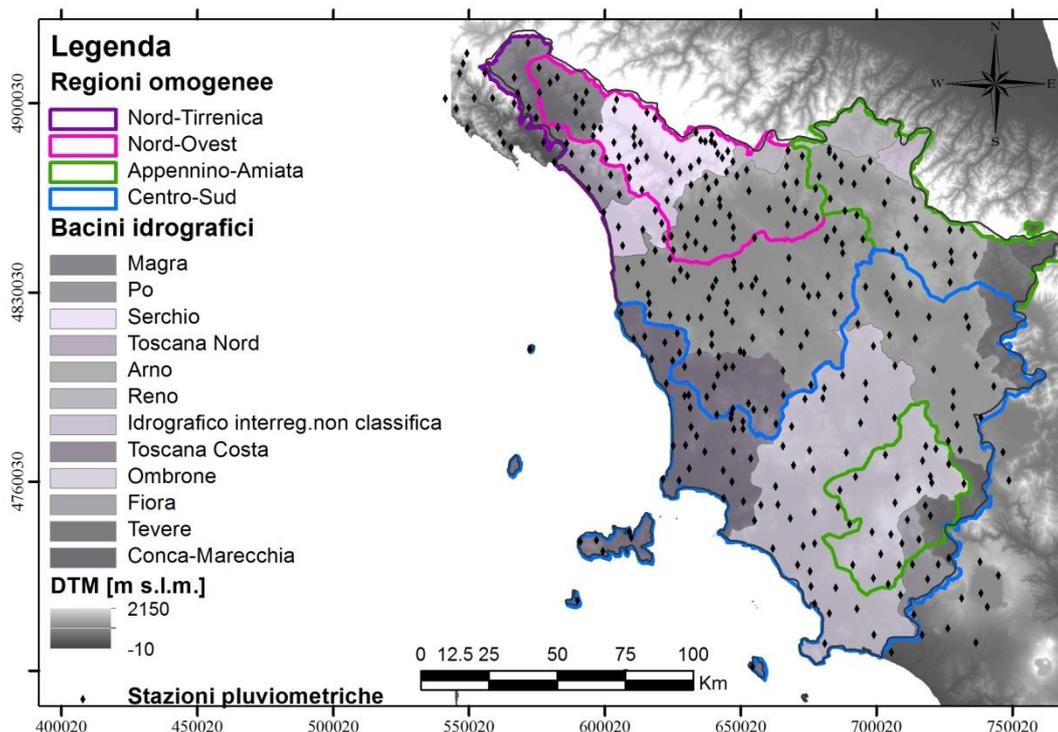


Figura 5.11 Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee. In figura sono rappresentate le regioni statisticamente omogenee e le 351 stazioni pluviometriche con più di 30 anni di dati, utilizzate nel presente studio. In secondo piano è presente la divisione in bacini idrografici e il modello digitale del terreno (DTM).

5.4. Determinazione della curva di crescita per le piogge sub-giornaliere di massima intensità (1h, 3h, 6h, 12h e 24h)

Si procede quindi ad una verifica della rappresentatività delle curve di crescita dedotte su base giornaliera, per le quattro regioni individuate, per le piogge sub-giornaliere.

Si ricorda che, nel caso in cui tali curve di crescita non siano indicative dell'andamento della distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle piogge a livello orario, occorre procedere a una stima diretta della curva di crescita per ciascun valore di durata $d= 1, 3, 6, 12, 24$ ore.

La verifica di rappresentatività, per ciascuna durata, è stata eseguita sulla base dei seguenti test e confronti:

- confronto qualitativo tra la curva di frequenza adimensionalizzata sperimentale delle piogge di diversa durata e quella teorica dedotta dai dati giornalieri. La comparazione è presentata su carta

probabilistica di Gumbel, con rappresentazione dei dati sperimentali mediante plotting position di Hazen, con $a=0.5$.

- verifica che la distribuzione di frequenza cumulata sperimentale sia contenuta in un'opportuna "fascia di variabilità"; per il tracciamento di questa fascia, una volta fissati i parametri θ^* , Λ^* e Λ_1 , validi per la curva di crescita giornaliera, sono state generate 5000 regioni sintetiche, ognuna composta da un numero di stazioni pari a quello delle stazioni orarie e con la stessa numerosità campionaria. Successivamente, per ciascuna regione, si è costruita la curva di frequenza adimensionalizzata e stimato il fattore di crescita per alcuni valori di Tr . Infine, per questi valori di Tr , si è valutato l'intervallo di variabilità del corrispondente quantile adimensionale, assumendolo pari al valore medio dei 5000 fattori di crescita generati, più o meno la loro deviazione standard;
- confronto tra il valore medio campionario della generica statistica G , C_v , L_{sk} , L_{cv} ed il corrispondente valore medio teorico, mediante valutazione di una fascia di confidenza definita dal valore medio teorico della statistica considerata più o meno due volte la deviazione standard teorica.

Regione Nord-Tirrenica

Per la regione Nord Tirrenica, per le durate di 3, 6, 12 ore, la curva di crescita giornaliera rappresenta una buona stima del fattore di crescita, come evidenziato in **Figura 5.12** dove sono rappresentate le distribuzioni di frequenza cumulate delle piogge adimensionali di durata $d=3, 6, 12, 24$ ore e la curva di crescita teorica.

Con riferimento alle fasce di variabilità, per le distribuzioni sperimentali relative a 1 ora e 24 ore, è stato osservato che le differenze tra la curva di crescita teorica e le distribuzioni di frequenza sperimentali sono sempre maggiori del 10% nel campo dei tempi di ritorno di interesse tecnico.

In conclusione, attribuendo maggior peso alla più elevata numerosità campionaria dei valori giornalieri, strettamente correlati alle piogge di 24 ore, si è deciso di mantenere valida anche per la durata di 24 ore la curva di crescita

dedotta dai dati giornalieri, seppur cautelativa, mentre si procede ad una nuova stima della curva di crescita delle piogge estreme di durata 1 ora.

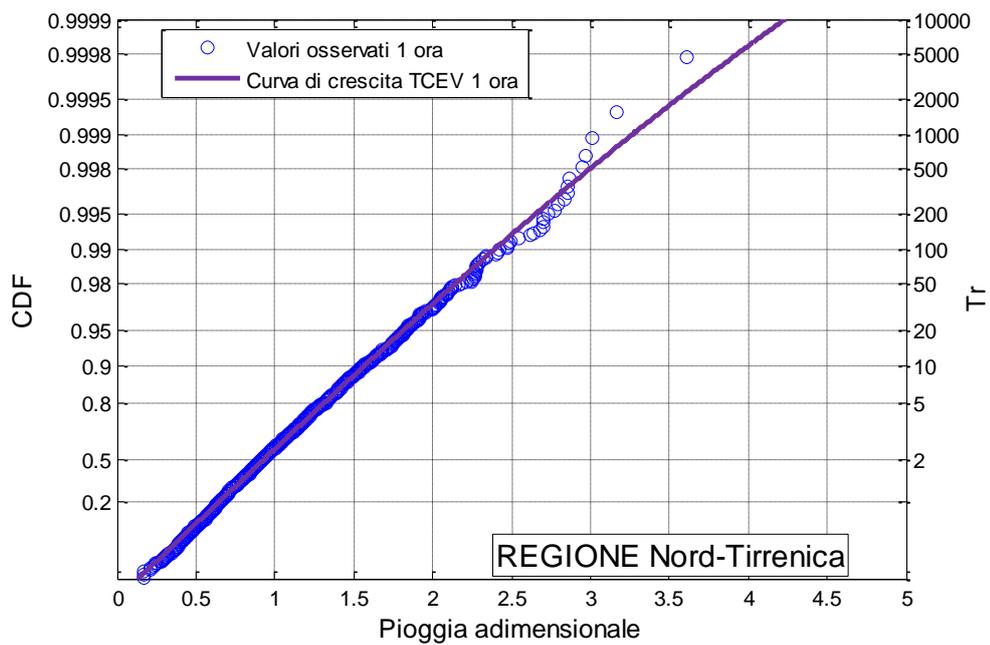
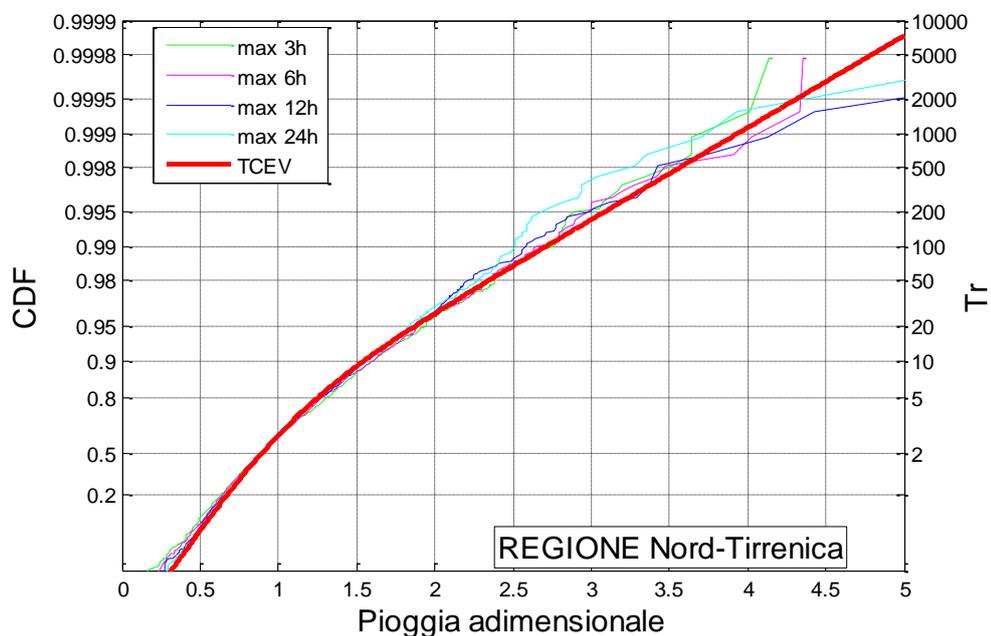


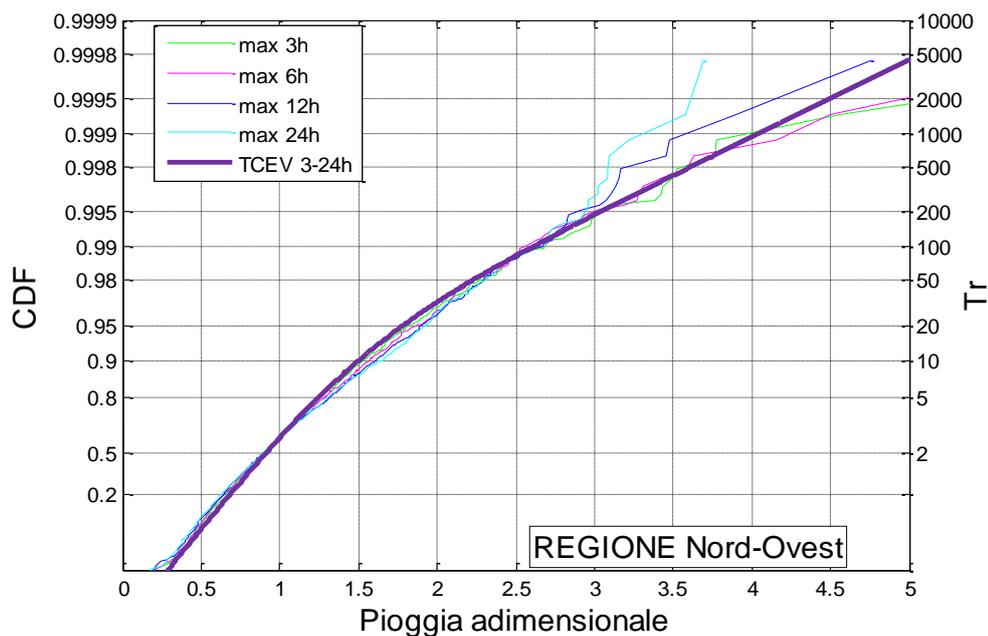
Figura 5.12: Legge di distribuzione TCEV per la regione Nord-Tirrenica. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche valide per $d \geq 3$ ore ed 1 g (linea rossa grafico a)) e $d=1$ ora (linea viola grafico b)).

Regione Nord-Ovest

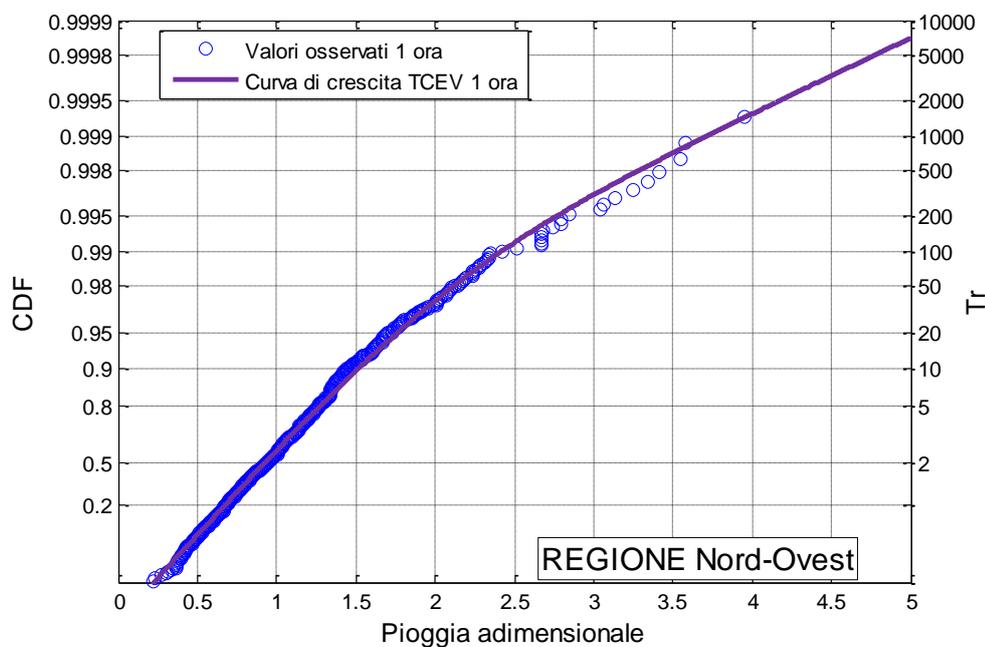
Per la regione Nord Ovest si riscontra che le piogge di durata 1 ora fino a $Tr < 100$ anni potrebbero esser ben modellate dalla curva teorica dedotta sui dati

giornalieri, ma per Tr maggiori la curva TCEV non è sufficientemente cautelativa. Per le durate 3 ore $\leq d \leq 12$ ore si registra una sottostima consistente del fattore di crescita e la curva di crescita non è in grado di rappresentare in modo soddisfacente neppure i valori sperimentali di durata pari a 24 ore. La distribuzione TCEV appare mediamente conservativa solo per i tempi di ritorno di scarso interesse applicativo ($Tr < 5$ anni), quindi si ritiene necessario procedere ad una nuova stima di K_T per le piogge orarie. La curva di crescita dedotta dai dati sperimentali di pioggia di durata maggiore di 1 ora rappresenta una buona approssimazione dell'andamento delle frequenze campionarie dei valori estremi per le durate 3 ore $\leq d \leq 24$ ore. Per i Tempi di Ritorno tra i 5-50 anni la curva non risulta cautelativa, invece per Tr maggiori, in particolare per le durate di 12 e 24 ore, non si riscontra tale tendenza; le distribuzioni di frequenza cumulata sperimentali risultano comunque bene all'interno della fascia di variabilità. La curva TCEV così stimata non è una buona approssimazione della distribuzione di frequenza della pioggia adimensionale di 1 ora, pertanto, è stata stimata un'ulteriore curva teorica TCEV valida per tale durata.

In **Figura 5.13** si riportano le distribuzioni di frequenza cumulate dei massimi annuali di pioggia di durata $d=3, 6, 12, 24$ ore in termini adimensionali (cioè riferiti al valore medio) e la curva di crescita teorica dedotta dai dati di pioggia estreme di tali durate, mentre in basso si riporta il confronto tra i valori campionari di durata 1 ora e la curva di crescita TCEV dedotta su base oraria.



a)



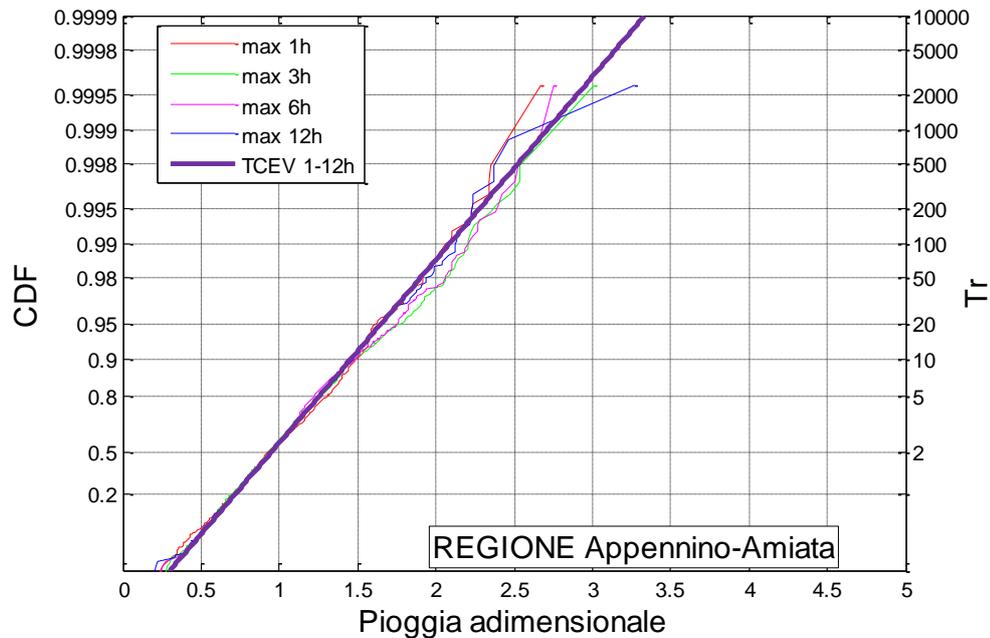
b)

Figura 5.13: Legge di distribuzione TCEV per la regione Nord-Ovest. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche valide per $3 \text{ ore} \leq d \leq 24 \text{ ore}$ (linea viola grafico a)) e $d=1 \text{ ora}$ (linea viola grafico b)).

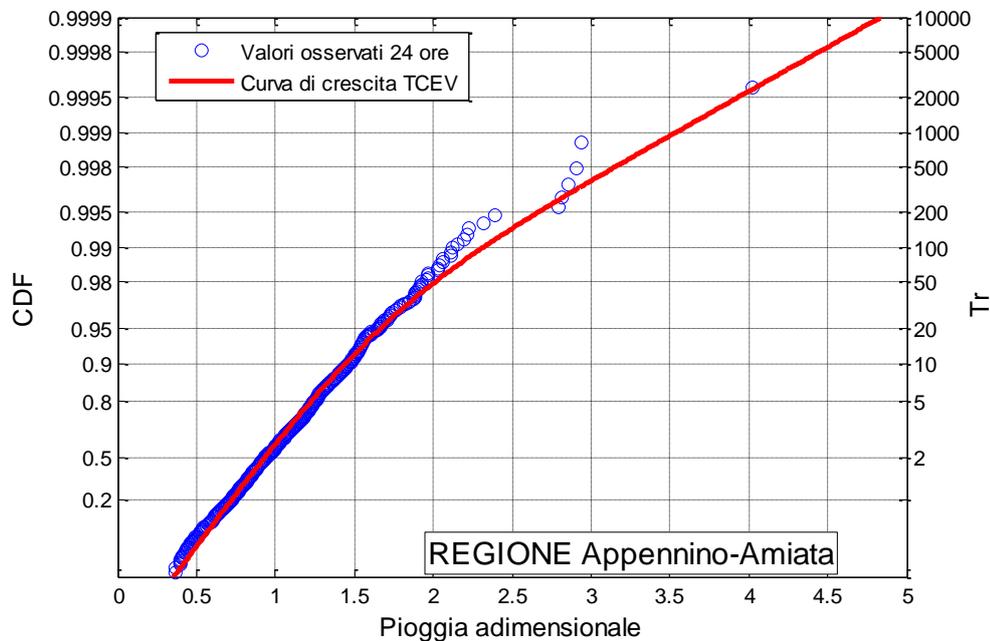
Regione Appennino-Amiata

Per la regione Appennino Amiata la curva di crescita teorica, dedotta dai dati giornalieri, si può considerare rappresentativa per la sola durata di 24 ore. Per $Tr > 100$ anni, la curva di crescita teorica appare sovrastimante, con riferimento alle fasce di variabilità, solo la distribuzione di frequenza cumulata sperimentale

relativa a 24 ore risulta compresa entro i limiti. Si è pertanto deciso di procedere ad una nuova stima delle curve di crescita per 1 ore $\leq d \leq 12$ ore. La curva di crescita dedotta dai dati sperimentali di pioggia di durata 1, 3, 6 e 12 ore, rappresenta una buona approssimazione dell'andamento delle frequenze campionarie dei valori estremi per tali durate.



a)



b)

Figura 5.14: Legge di distribuzione TCEV per la regione Appennino-Amiata. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche valide per 1 ora $\leq d \leq 12$ ore (linea viola grafico a)) e $d=24$ ore ed 1 giorno (linea rossa grafico b)).

L'esame della **Figura 5.14** mostra che tale curva non è cautelativa per le durate di 3 e 6 ore, ma è stata scelta come rappresentativa delle durate 1 ora $\leq d \leq 12$ ore al fine di evitare la definizione di un numero eccessivo di curve di crescita valide, ciascuna, per prefissata durata e zona. Inoltre, la stima di una curva di crescita valida per ogni durata, avrebbe determinato curve sovrapposte e tra di loro intersecanti. Inoltre dette curve sono non realistiche, prive di significato statistico e risultato del solo effetto di variabilità campionaria.

Anche se a rigore occorrerebbe procedere ad una nuova stima della curva di crescita anche per la durata di 24 ore, in considerazione delle limitate differenze tra curva di crescita teorica e distribuzione di frequenza cumulata relativa a tale durata, si è ritenuta valida la curva di crescita dedotta dalle piogge giornaliere.

Regione Centro-Sud

Per la regione Centro Sud la curva di crescita teorica dedotta su base giornaliera si può considerare rappresentativa per le durate di 6, 12 ore, invece, per le piogge di 1 e 3 ore si osserva una sovrastima consistente ($>10\%$) già per $T_r > 100$ anni e le curve di frequenza sperimentali relative a tali durate non risultano comprese nelle fasce di variabilità. Per le piogge di durata 24 ore la curva di crescita giornaliera evidenzia una tendenza a sottostimare il fattore di crescita ma la distribuzione di frequenza cumulata risulta comunque compresa nella fascia di variabilità; cioè è confermato anche dall'analisi dei valori di C_v e $L-C_v$ che presentano un valor medio sostanzialmente coerente a quello atteso.

Alla luce di queste osservazioni si è deciso di ritenere valida la curva di crescita dedotta dai dati giornalieri anche per le piogge di durata 24 ore (sottostima $<10\%$) e di stimare direttamente sui dati sperimentali quelle relative alle piogge di 1 e 3 ore. In **Figura 5.15** sono rappresentate le distribuzioni di frequenza cumulate delle piogge adimensionali di durata $d=6, 12, 24$ ore e la curva di crescita teorica dedotta dai dati giornalieri e le frequenze campionarie di durata 1 ora e 3 ore con le curve di crescita rispettivamente valide per tali durate.

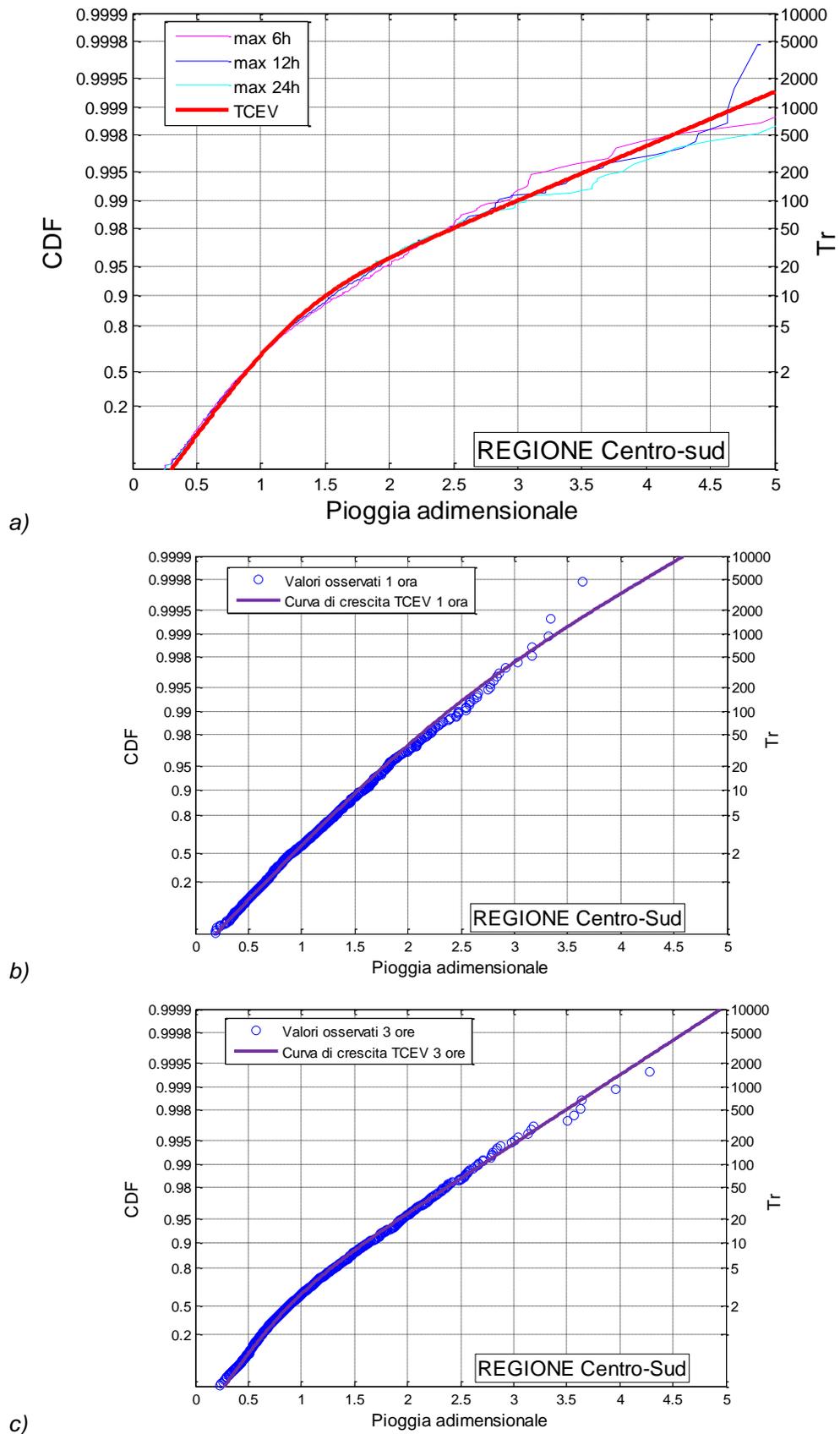


Figura 5.15: Legge di distribuzione TCEV per la regione Centro-Sud. Confronto tra distribuzioni di frequenza cumulata e Curve di crescita teoriche valide per $6 \text{ ore} \leq d \leq 24 \text{ ore}$ (linea rossa grafico a)) e $d=1 \text{ ora}$ e $d=3 \text{ ore}$ (linee viola grafici b), c)).

Come sottolineato nei paragrafi precedenti, è utile rappresentare la legge $F(X)$ di distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale della grandezza considerata X come prodotto tra il suo valor indice $\mu(X)$ e il fattore di crescita K_T così come poter rappresentare la relazione tra K_T e il corrispondente tempo di ritorno Tr mediante la **curva di crescita** espressa dall'equazione:

$$Tr = \frac{1}{1 - F_K(K)} = \frac{1}{1 - \exp[-\Lambda_1 e^{(-\eta K)} - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\theta^*} e^{(-\eta K/\theta^*)}]} \quad 5.1$$

In alternativa alla rappresentazione grafica delle curve di crescita, il valore di K_T può essere ricavato direttamente in funzione di tempi di ritorno fissati o attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita.

La relazione utilizzata è:

$$K_T = a + b \ln Tr \quad 5.2$$

in cui: $a = \frac{\theta \ln \Lambda^* + \ln \Lambda_1}{\eta}$ $b = \frac{\theta^*}{\eta}$

con: $\eta = \ln \Lambda_1 + \gamma_e - T_0$ $T_0 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i \Lambda^{*i}}{i!} \Gamma\left(\frac{i}{\theta^*}\right)$

dove γ_e è la costante di Eulero pari a circa 0.57722.

Per un agevole utilizzo delle curve di crescita, in **Tabella 5.10** si riportano, con riferimento alle varie regioni e alle varie durate, le espressioni approssimate esplicite, valide per $Tr \leq 5$ anni, con cui ricavare direttamente il fattore di crescita K_T al variare del tempo di ritorno.

Tabella 5.10: Parametri della distribuzione TCEV ed espressione semplificata del fattore di crescita K_T per le varie durate.

Regioni	θ^*	Λ^*	Λ_1	η	K_T	Note
Nord-Tirrenica	1.533	0.075	10.840	3.061	$-0.5217+0.501 \cdot \ln T$	Valida per $d=1$ ora
	2.634	0.438	31.195	4.937	$0.2558+0.533 \cdot \ln T$	Valida per $d \geq 3$ ore ed 1 g
Nord-Ovest	2.347	0.077	15.956	3.503	$-0.9315+0.670 \cdot \ln T$	Valida per $d=1$ ora
	2.600	0.176	22.755	4.091	$-0.3397+0.636 \cdot \ln T$	Valida per $3 \text{ ore} \leq d \leq 24 \text{ ore}$
	2.129	0.129	19.232	3.769	$-0.3705+0.565 \cdot \ln T$	Valida per 1 giorno
Appennino-Amiata	1.010	0.027	22.078	3.698	$-0.1529+0.273 \cdot \ln T$	Valida per $1 \text{ ora} \leq d \leq 12 \text{ ore}$
	2.456	0.127	33.292	4.350	$-0.3605+0.565 \cdot \ln T$	Valida per $d=24$ ore ed 1 g
Centro-Sud	1.844	0.100	13.686	3.342	$-0.4901+0.552 \cdot \ln T$	Valida per $d=1$ ora
	2.481	0.718	24.020	5.086	$0.4634+0.488 \cdot \ln T$	Valida per $d=3$ ore
	3.381	0.206	28.325	4.516	$-0.4421+0.749 \cdot \ln T$	Valida per $d \geq 6$ ore ed 1 g

5.5. Determinazione della curva di crescita per le piogge di massima intensità di durata 30 minuti

Durante la fase di validazione del dataset, è stato osservato che le serie storiche di valori di altezza di pioggia massima annua di durata 15 e 20 minuti con più di 30 anni di dati sono state registrate solo per 5 stazioni, mentre non si dispone di misure di altezza di pioggia di durata 45' di lunghezza della serie storica con 10 o più anni. I valori massimi annui di altezze di pioggia di durata 30' con 30 o più anni di dati sono state rilevate in **60** stazioni, per un totale di 2120 dati, come visualizzabile nella Tabella 5.3 di consistenza delle serie temporali riportata nel paragrafo 5.1.

Data la scarsa consistenza dell'archivio delle serie temporali di valori annui di pioggia massima di durata 15, 20, 30, 45 minuti, si è ritenuto che l'analisi di frequenza regionale per le durate sub-orarie non fosse da ritenere percorribile come metodologia statistica, dato che le piccole dimensioni campionarie possono rendere non affidabili le stime dei parametri statistici.

Pertanto, si è proceduto con una verifica della rappresentatività delle curve di crescita teoriche del modello TCEV dedotte su base oraria, per le quattro regioni individuate, solo per le altezze di pioggia di durata 30' con più di 30 anni di dati.

La verifica di rappresentatività è stata eseguita mediante confronto qualitativo tra la curva di frequenza adimensionalizzata sperimentale delle piogge di durata 30' e quella teorica dedotta dalle misure di altezza di pioggia massima annua di

durata 1 ora. La comparazione è presentata su carta probabilistica di Gumbel, con rappresentazione dei dati sperimentali mediante plotting position di Hazen, con $a=0.5$.

Per tutte le regioni, la curva di crescita teorica, dedotta dai dati orari, si può considerare rappresentativa per la durata di 30 minuti, come evidenziato nelle successive figure dove sono rappresentate le distribuzioni di frequenza cumulate delle piogge adimensionali di durata 30' e la curva di crescita teorica TCEV valida per la durata di 1h.

Dall'esame delle figure, è possibile osservare che i dati sperimentali sono ben modellabili dalle curve teoriche e in tutte le regioni, la curva di crescita oraria è sufficientemente cautelativa per tempi di ritorno $T_r > 50$ anni.

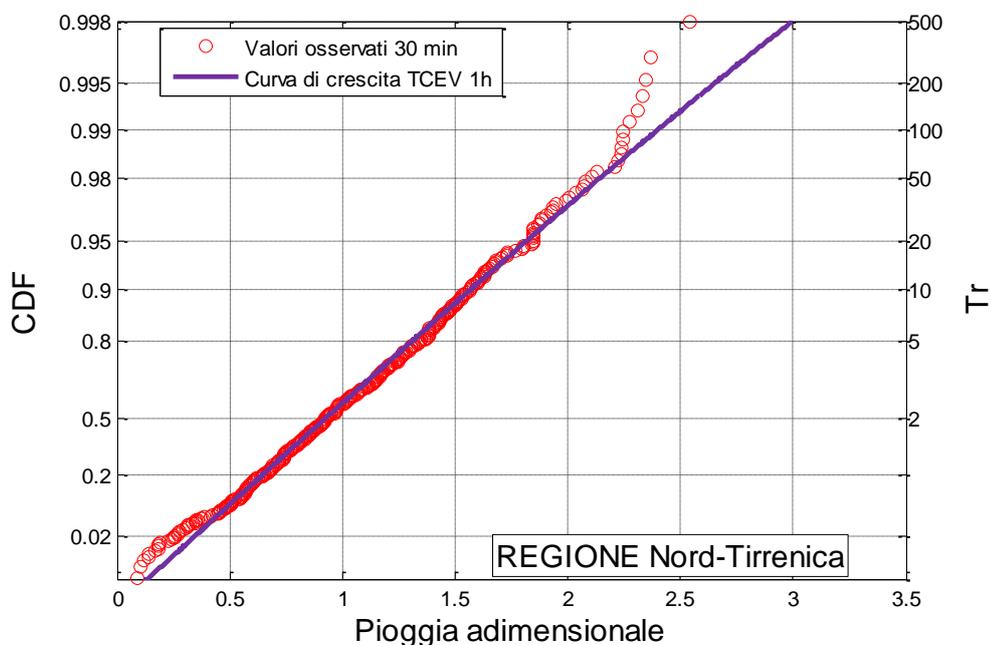


Figura 5.16.a: Legge di distribuzione TCEV. Confronto tra distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle altezze di pioggia massime annue di durata 30' adimensionali (\circ) e Curva di crescita teorica valida per $d=1$ ora (linea viola) per la regione Nord-Tirrenica.

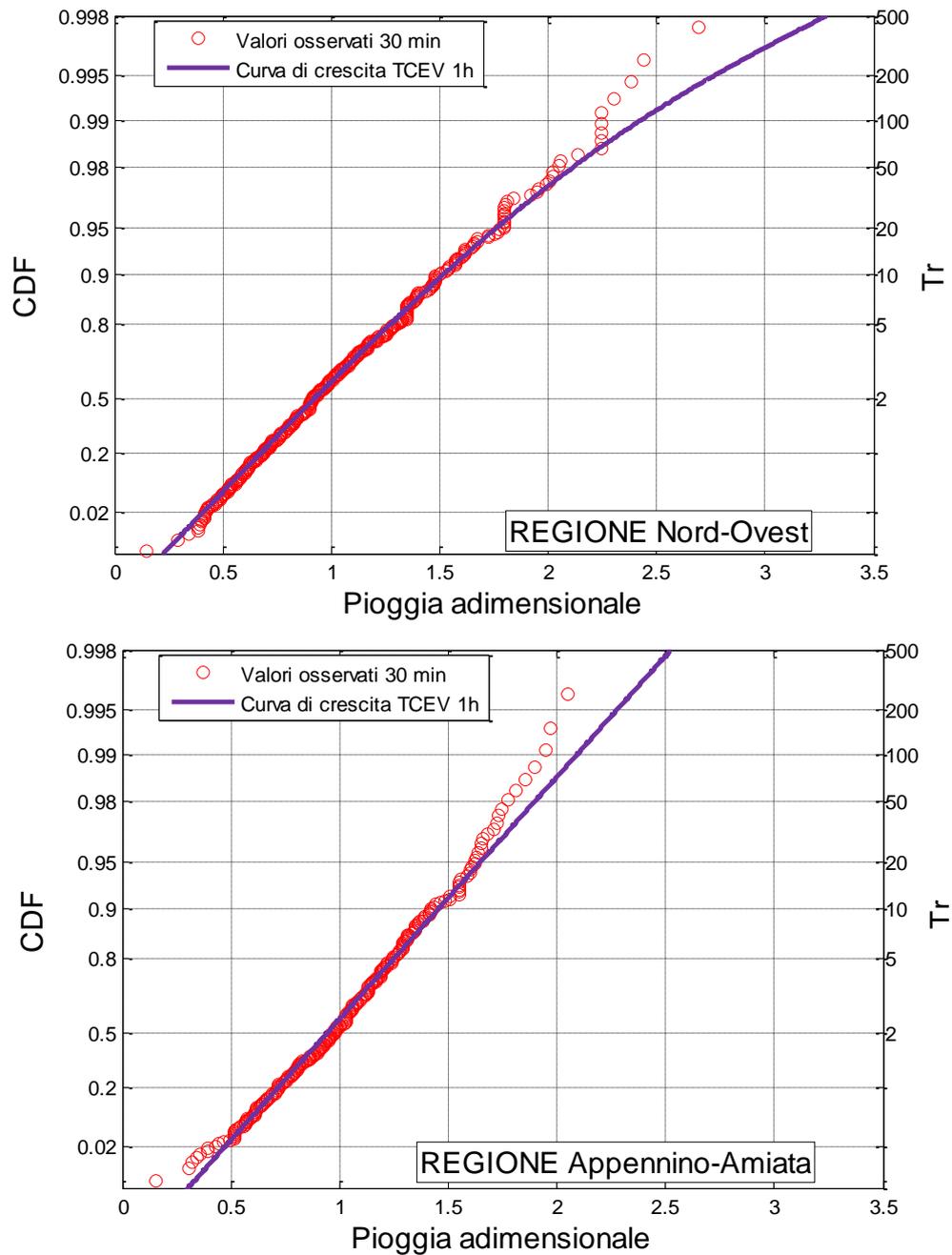


Figura 5.16.b/c: Legge di distribuzione TCEV. Confronto tra distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle altezze di pioggia massime annue di durata 30' adimensionali (\circ) e Curva di crescita teorica valida per $d=1$ ora (linea viola) per la regione Nord-Ovest (in alto) e Appennino-Amiata (in basso).

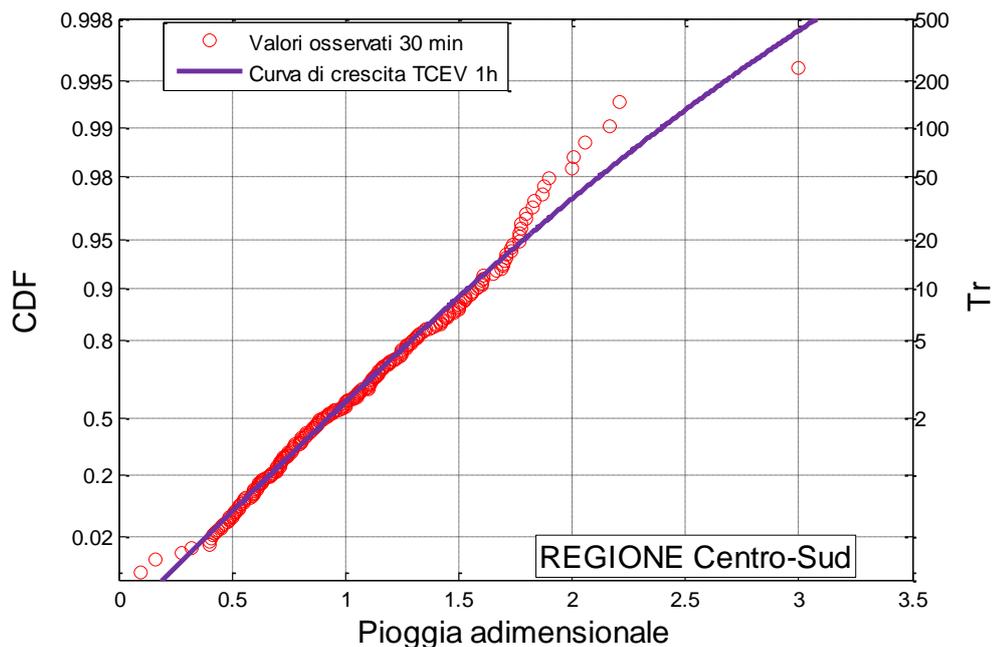


Figura 5.16.d: Legge di distribuzione TCEV. Confronto tra distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle altezze di pioggia massime annue di durata 30' adimensionali (o) e Curva di crescita teorica valida per $d=1$ ora (linea viola) per la regione Centro-Sud.

Tale confronto evidenzia la possibilità di rappresentare i dati sperimentali delle altezze di pioggia di durata 30' con una distribuzione TCEV dedotta su base oraria.

Conclusioni generali

Come risulta evidente dalle considerazioni precedenti, i risultati dei test descritti nel paragrafo 5.4 non sono stati utilizzati in modo rigido e sistematico, rigettando l'uso della curva di crescita dedotta dai dati giornalieri solo in ragione del non superamento di qualche test statistico. Nell'ottica di evitare la definizione di un numero eccessivo di curve di crescita valide, ciascuna, per prefissata durata e zona, nei casi in cui è apparso necessario procedere con una nuova stima della curva di crescita per le piogge subgiornaliere, si è mantenuta la stessa suddivisione in regioni trovata per le piogge giornaliere, che è risultata peraltro soddisfacente anche per le piogge di breve durata.

5.6. Pioggia Indice

In questo paragrafo sono descritte le procedure e le elaborazioni effettuate allo scopo di trovare il valore indice che, moltiplicato per il fattore di crescita, fornisce il valore dell'estremo idrologico per assegnati durata e tempo di ritorno.

L'ipotesi su cui si basano le successive elaborazioni è che nei punti di misura la grandezza indice possa essere espressa dal rapporto tra le stime valide a livello locale e il relativo fattore di crescita (Cavigli et al., 2006).

$$\mu(X_{Tr}) = \frac{X_{Tr}}{K_{Tr}} \frac{\text{stima locale}}{\text{fattore di crescita regionale}} \quad 5.3$$

Per tutte le stazioni con almeno 20 anni di dati di precipitazione massima annua di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore sono state effettuate le stime puntuali delle altezze di pioggia per le varie durate e diversi tempi di ritorno utilizzando la distribuzione GEV - *General Extreme Value*. La pioggia indice per ogni durata è il risultato dalla media dei valori ricavati dai rapporti delle stime locali per i vari tempi di ritorno analizzati e i relativi fattori di crescita.

Nel bacino del fiume Magra, data la presenza di un'unica stazione con più di 20 anni di dati (Pontremoli) e di 4 stazioni con 19 anni di dati, per avere un stima più affidabile della pioggia indice è stato scelto di abbassare localmente la soglia per la selezione delle stazioni a 19 anni di dati. Al fine di non compromettere la robustezza dell'analisi, è stato verificato che non ci siano serie storiche di misure con un coefficiente di variazione troppo elevato, verifica che ha portato a non escludere nessuna stazione dal dataset. Le stazioni appartenenti ai bacini del fiume Fiora e del fiume Tevere e ricadenti nel territorio della regione Umbria e della regione Lazio, non sono state considerate in questa fase del lavoro, data la difficoltà ad ottenere dati geo-climatici della stessa qualità delle stazioni localizzate in Toscana.

Sono state utilizzate quindi 219 stazioni con un numero medio di 43 anni di dati di precipitazioni estreme orarie.

È stata scelta la distribuzione GEV perché ritenuta più adatta ad un'analisi di tipo locale in quanto affidabile per serie campionarie con numerosità superiore

alla decina di dati e, attraverso il fattore di forma, capace di descrivere l'andamento delle grandezze idrologiche estreme al variare della durata; inoltre è la distribuzione più diffusa in letteratura per l'analisi locale delle piogge estreme (Brath e Franchini, 1999; Gellens, 2002; Katz et al., 2002; Coles et al., 2003; Jaiswal et al., 2003; Villarini et al., 2011; Yoon et al., 2012).

È stato quindi possibile calcolare la pioggia indice campionaria attraverso l'equazione (5.3). Il valore indice al sito di misura è risultato dalla media dei valori ricavati dai rapporti delle stime locali per i vari tempi di ritorno e i relativi fattori di crescita. Per la definizione della pioggia indice in ogni sito, e indirettamente delle altezze di pioggia con assegnata durata e tempo di ritorno, sono state individuate le relazioni che la possono legare a variabili dipendenti dalle condizioni locali.

Mediante un'analisi multiregressiva, metodologia comunemente usata per questo tipo d'indagine è possibile considerare diversi aspetti morfo-climatici che possano influenzare le piogge estreme (Berliner, 2000; Castrignanò et al., 2005).

L'indagine viene condotta coinvolgendo alcune grandezze legate al territorio, tra le quali la media delle serie storiche a valori estremi di pioggia delle stazioni per la durata corrispondente, la quota e l'esposizione del versante su cui si trova la stazione, le coordinate geografiche della stazione, la cumulata Media Annuale di Precipitazione (*MAP*– *Mean Annual Precipitation*).

Per ogni zona omogenea e per ogni durata di pioggia è stato utilizzato un modello multivariato secondo l'espressione introdotta da Caporali et al. (2008):

$$\mu = a_0 + a_1 \cdot \ln(MAP) + a_2 \cdot z + a_3 \cdot \left[\sin\left(\frac{Asp}{2} - \frac{\pi}{2}\right) + \pi \right] \cdot |Asp| + a_4 \cdot hm \quad 5.4$$

dove: μ è la pioggia indice,
 a_i sono i parametri del modello,
MAP è il valore della Media Annuale di Precipitazione cumulata,
 z è la quota sul livello del mare,
Asp è l'esposizione,

hm è la media campionaria delle serie temporali di altezze di pioggia massime annue di assegnata durata nel punto di misura.

La formula precedente è stata determinata attraverso un'analisi di sensitività delle variabili del modello e confrontata con altre possibili espressioni di altre variabili: l'equazione (5.4) è risultata quella che per il 95% dei casi aveva il minor scarto quadratico medio. Il termine che tiene in conto dell'esposizione del versante è stato determinato così da poter considerare le zone "piatte", senza esposizione (indicate dal valore -1 nella Grid elaborata a partire dal DTM), e da individuare le varie esposizioni in maniera univoca.

Per la cumulata Media Annuale di Precipitazione (MAP) è stato utilizzato il valore distribuito sull'intera regione con una discretizzazione a celle di 1 km per 1km calcolato utilizzando le serie storiche di precipitazione giornaliera misurate in 785 stazioni di misura nel periodo 1916-2003. Sono stati calcolati i valori puntuali di media cumulata annua delle piogge anno per anno e con il metodo dell'interpolazione pesata inversa (IDW) con esponente di potenza pari a 2 la precipitazione è stata spazializzata sull'intera area di studio. La MAP varia da un valore minimo di circa 600 mm nelle zona sud della regione ad un massimo di oltre 2600 mm nella zona appenninica nord (fig. 5.17).

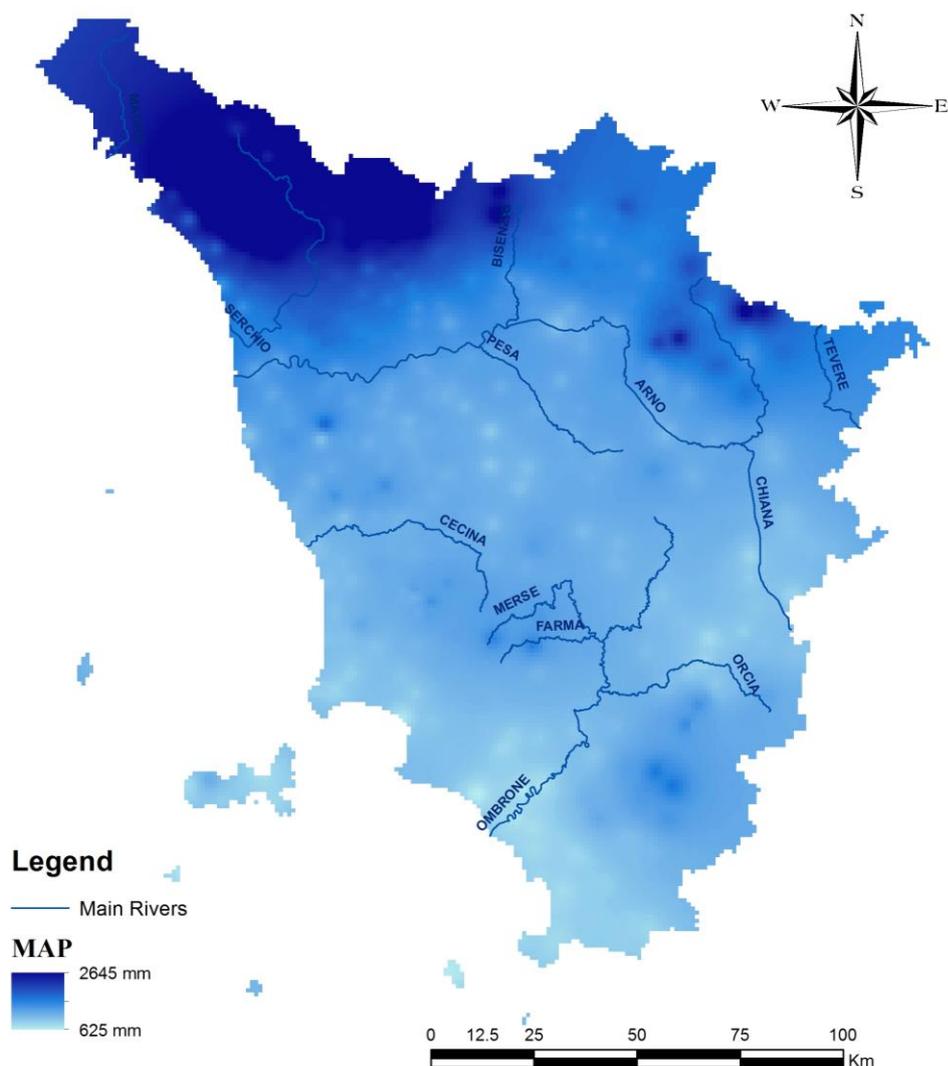


Figura 5.17: Cumulata Media Annuale di Precipitazione (MAP) per la regione Toscana da dati 1916-2003.

Per le stazioni di interesse, attraverso un software GIS sono state determinate le quote dal DTM – Digital Terrain Model fornito dalla regione Toscana e confrontate con quelle presenti sui database. In caso di discordanza è stato stimata la corretta posizione della stazione e il valore dell'altezza desunto dal Modello Digitale del Terreno. Il DTM in questione è stato costruito a partire dalle carte CTR 1:10.000 della Regione Toscana ed ha celle di 10 m x 10 m con una precisione nella determinazione delle quote inferiore al decimetro. Anche i valori di esposizione sono stati determinati tramite il software GIS a partire dal DTM a 10 m.

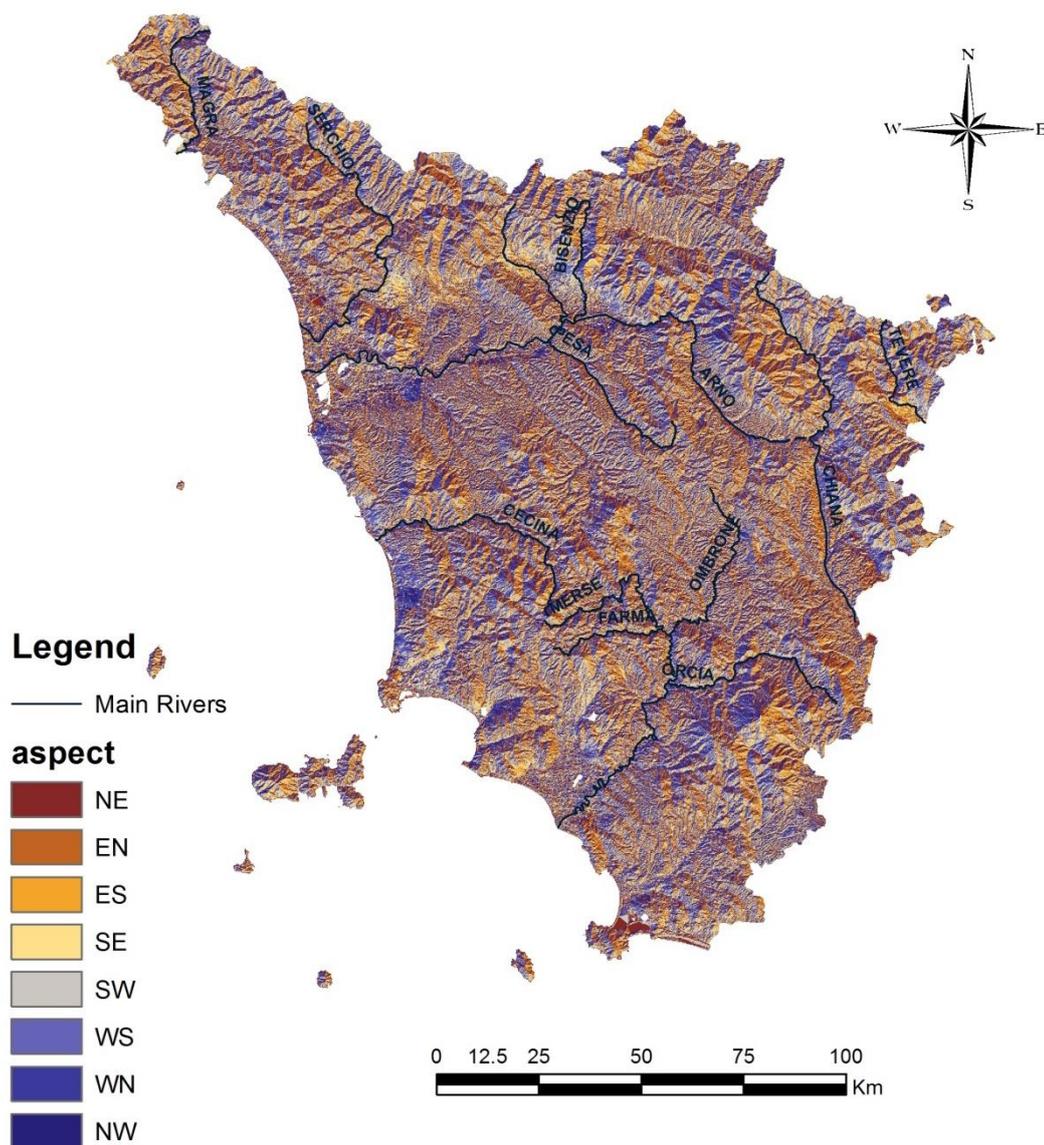


Figura 5.18: Esposizione calcolata a partire da DTM 10 x 10 m.

I valori medi delle serie temporali delle altezze di pioggia hm sono stati determinati, per le cinque durate di pioggia analizzate (1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h) a partire dai dati registrati nelle singole stazioni con una media campionaria.

Le grandezze per l'analisi multivariata sono state inizialmente valutate sui punti di misura. Attraverso un'analisi multivariata sono stati valutati i valori dei coefficienti a_0, \dots, a_4 per le 4 regioni omogenee, così come riportato in tabella 5.11.

Tabella 5.11: Coefficienti del modello multiregressivo per la pioggia indice e valori dell'errore quadratico medio per ogni regione omogenea.

Regione Nord Tirrenica						Regione Nord Ovest					
[h]	1	3	6	12	24	[h]	1	3	6	12	24
a0	29.1948	-13.9841	83.3744	40.9979	60.5284	a0	33.7362	61.4606	-7.7597	-23.5903	-16.4811
a1	-4.3895	2.1981	-13.3274	-6.8219	-9.4772	a1	-7.7847	-10.2913	1.4559	3.8459	3.4070
a2	0.0015	0.0030	0.0032	0.0010	-0.0049	a2	0.0007	-0.0022	-0.0065	-0.0077	-0.0046
a3	-0.00004	-0.0013	-0.0024	-0.0042	-0.0024	a3	0.0022	-0.0010	0.0010	0.0000	-0.0018
a4	0.9886	0.9511	1.1336	1.0698	1.0013	a4	1.6892	1.2717	0.9025	0.8602	0.7955
MSE	10.04	17.86	22.74	37.43	46.05	MSE	16.12	18.95	31.31	35.78	32.32
Regione Appennino-Amiata						Regione Centro Sud					
[h]	1	3	6	12	24	[h]	1	3	6	12	24
a0	27.5667	59.5485	99.2391	63.0163	77.3202	a0	-13.3922	-18.8263	25.3114	113.9998	230.7471
a1	-4.7330	-9.6819	-17.3464	-9.2259	-11.5641	a1	1.3502	1.5975	-5.5518	-19.3821	-38.3304
a2	-0.0007	-0.0005	-0.0010	0.0042	0.0090	a2	0.0000	-0.0017	-0.0019	-0.0033	-0.0022
a3	-0.0017	0.0004	0.0009	0.0012	-0.0002	a3	0.0003	0.0009	-0.0002	-0.0008	-0.0008
a4	1.2921	1.2665	1.4825	0.9285	0.8765	a4	1.1552	1.2112	1.2322	1.2459	1.3446
MSE	6.65	16.85	27.38	34.05	44.21	MSE	11.24	32.25	34.88	38.71	58.04

Una volta noti i coefficienti della relazione, per ogni regione omogenea, è possibile determinare, per ogni punto della Regione Toscana, la pioggia indice per le 5 durate in esame. I valori di MAP, quota e esposizione sono determinabili in ogni punto tramite gli strati informativi descritti in precedenza. Per estendere a tutta la regione i valori di *hm* è stata utilizzata un'interpolazione tramite Ordinary kriging. Il kriging è una tecnica geostatistica che consente di interpolare il valore di una grandezza considerando i valori che la stessa assume nei punti vicini. Tale metodo è stato sviluppato dall'ingegnere minerario Sud Africano D.G.Krige (1951). È un metodo largamente usato in geologia, idrologia, monitoraggio ambientale e altri campi per l'interpolazione di dati nello spazio. Queste tecniche prendono in considerazione la struttura spaziale e la distribuzione delle variabili attraverso strumenti come i variogrammi, i covariogrammi e i correlogrammi, che esprimono la covarianza tra i punti in cui si hanno i valori e le distanze tra di essi. L'Ordinary Kriging, la tecnica geostatistica più utilizzata, è stata applicata in questo studio usando un variogramma esponenziale. I valori della media campionaria delle serie temporali di altezze di pioggia di assegnata durata, interpolati su tutta la Regione, sono riportati nelle seguenti Fig. 5.19 (durata 1 h), Fig. 5.20 (durata 3 h), Fig. 5.21 (durata 6 h), Fig. 5.22 (durata 12 h), Fig. 5.23 (durata 24 h).

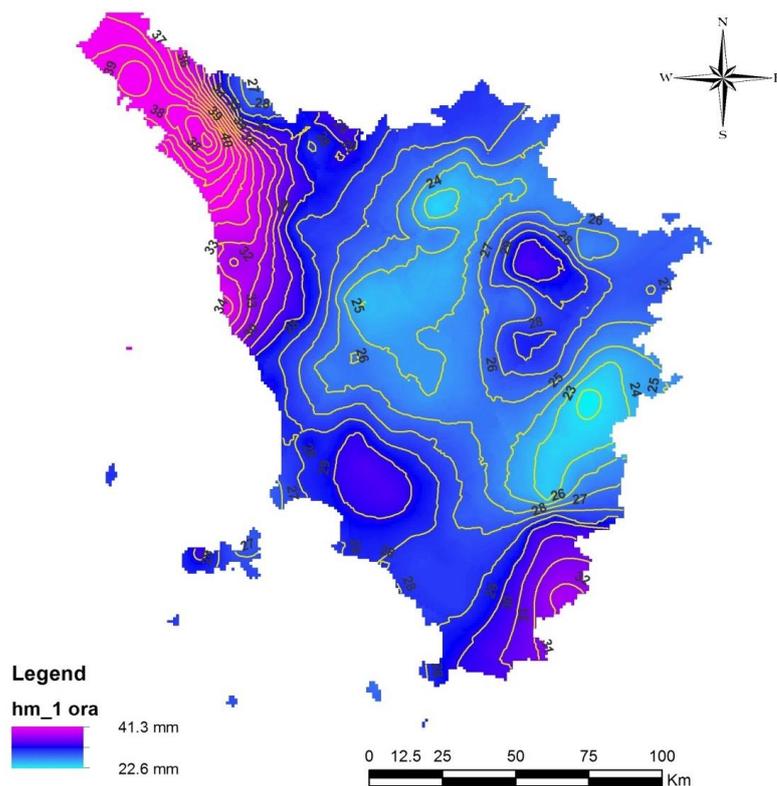


Figura 5.19. Valore medio delle serie temporali delle altezze di precipitazione massime annue (hm) di durata 1 ora interpolati su tutta la Regione.

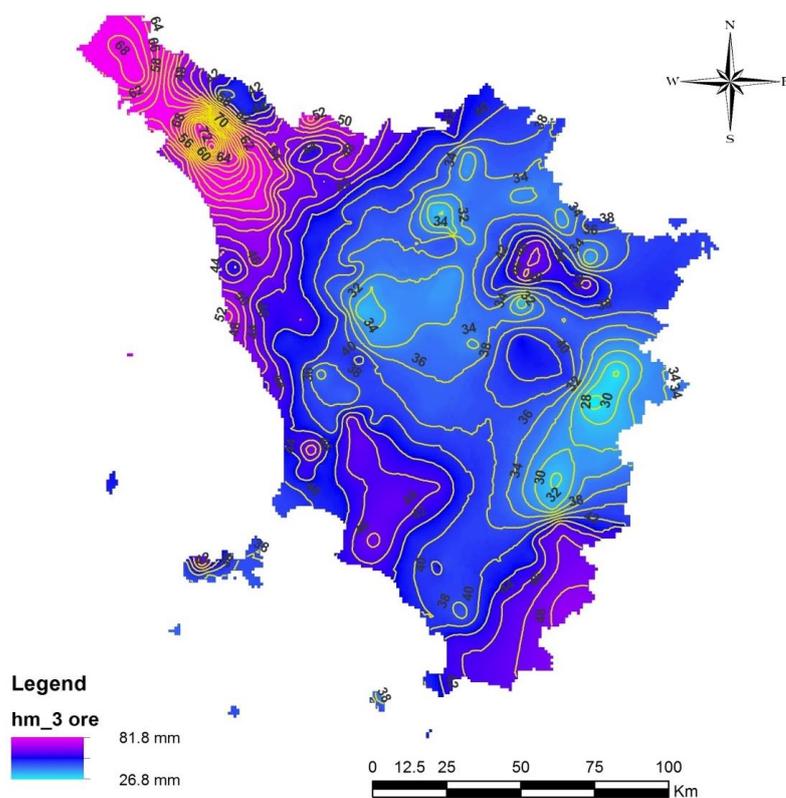


Figura 5.20: Valore medio delle serie temporali delle altezze di precipitazione massime annue (hm) di durata 3 ore interpolati su tutta la Regione.

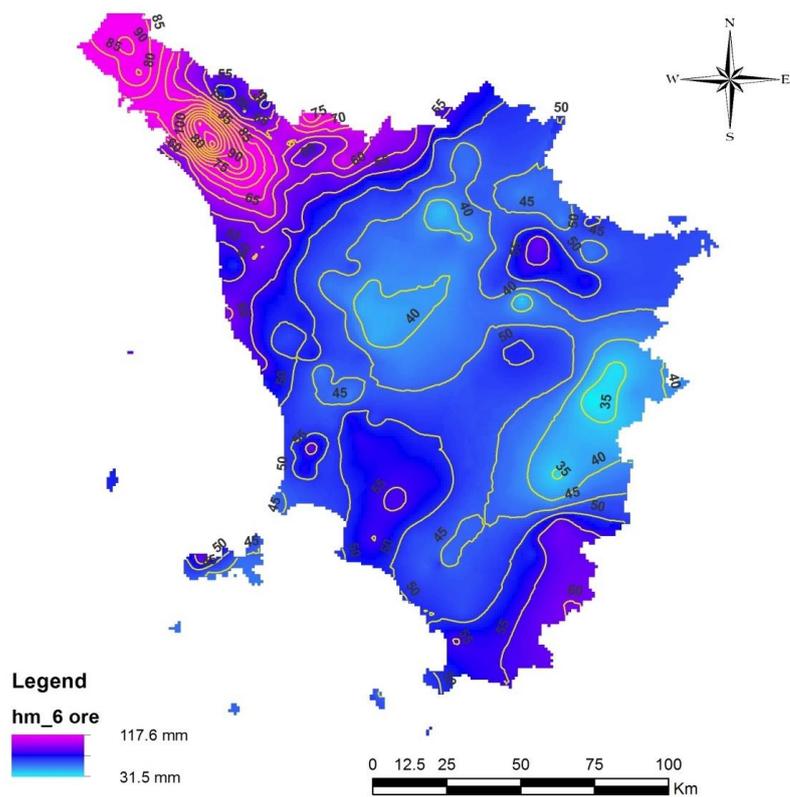


Figura 5.21: Valore medio delle serie temporali delle altezze di precipitazione massime annue (hm) di durata 6 ore interpolati su tutta la Regione.

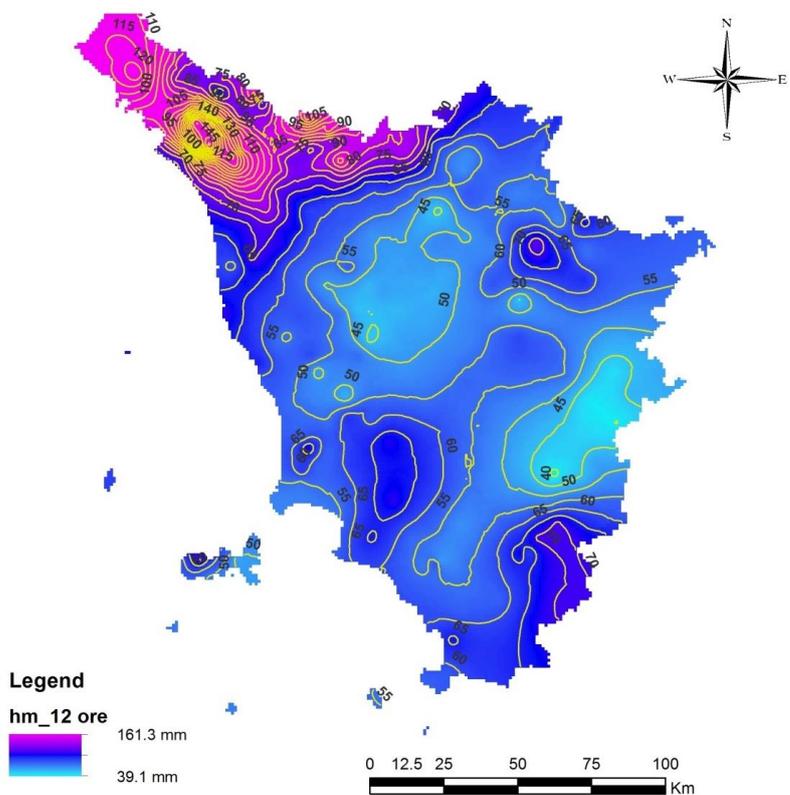


Figura 5.22: Valore medio delle serie temporali delle altezze di precipitazione massime annue (hm) di durata 12 ore interpolati su tutta la Regione.

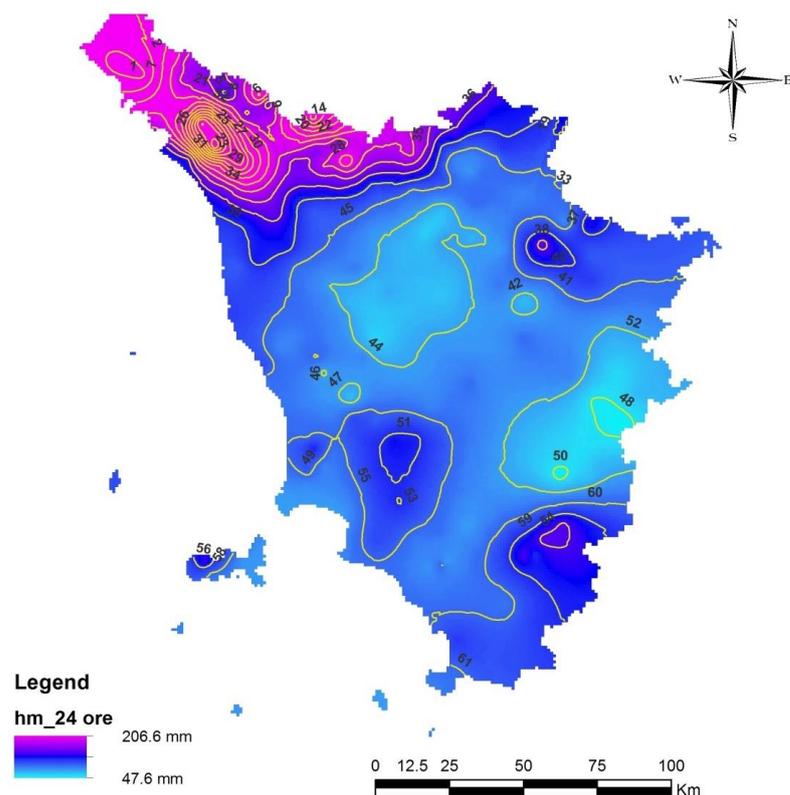


Figura 5.23: Valore medio delle serie temporali delle altezze di precipitazione massime annue (hm) di durata 24 ore interpolati su tutta la Regione.

Applicando la formula 5.4 è quindi possibile determinare la pioggia indice per tutta la regione, attraverso gli strati informativi precedentemente descritti, per i tempi di ritorno prefissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni) e per le durate analizzate.

Nelle figure seguenti sono riportate le piogge indice per tutta la Regione per le durate analizzate: Fig. 5.24 (durata 1 h), Fig. 5.25 (durata 3 h), Fig. 5.26 (durata 6 h), Fig. 5.27 (durata 12 h), Fig. 5.28 (durata 24 h).

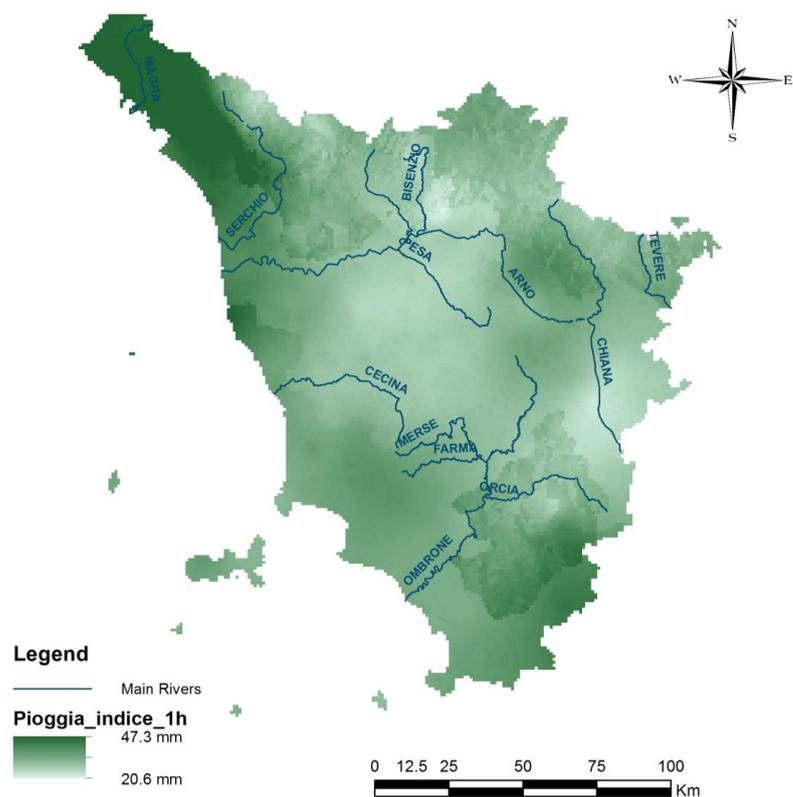


Figura 5.24: Pioggia indice per la durata 1 ora stimata per l'area di studio.

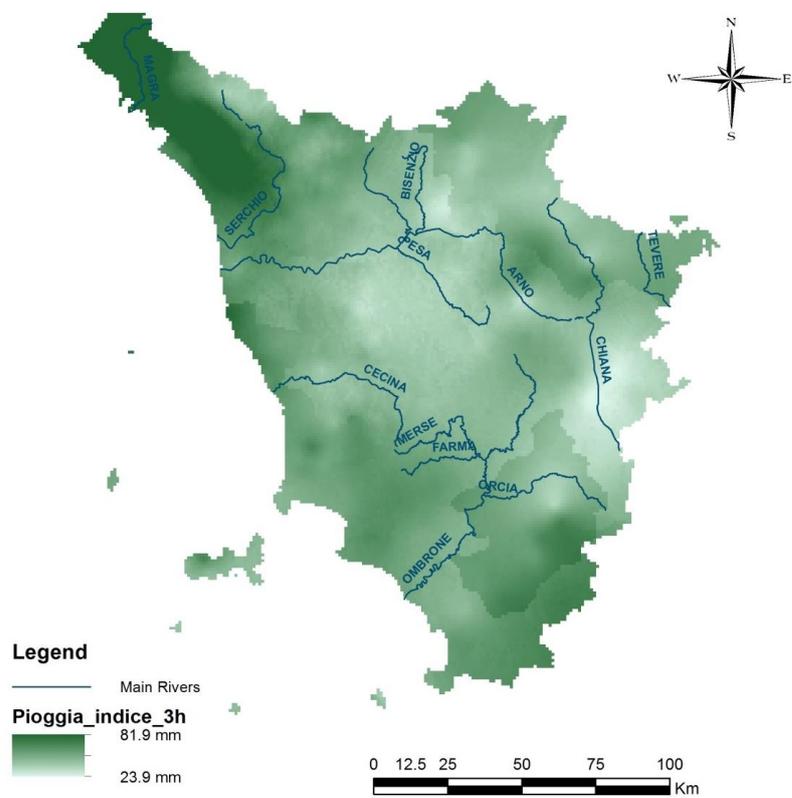


Figura 5.25: Pioggia indice per la durata 3 ore stimata per l'area di studio.

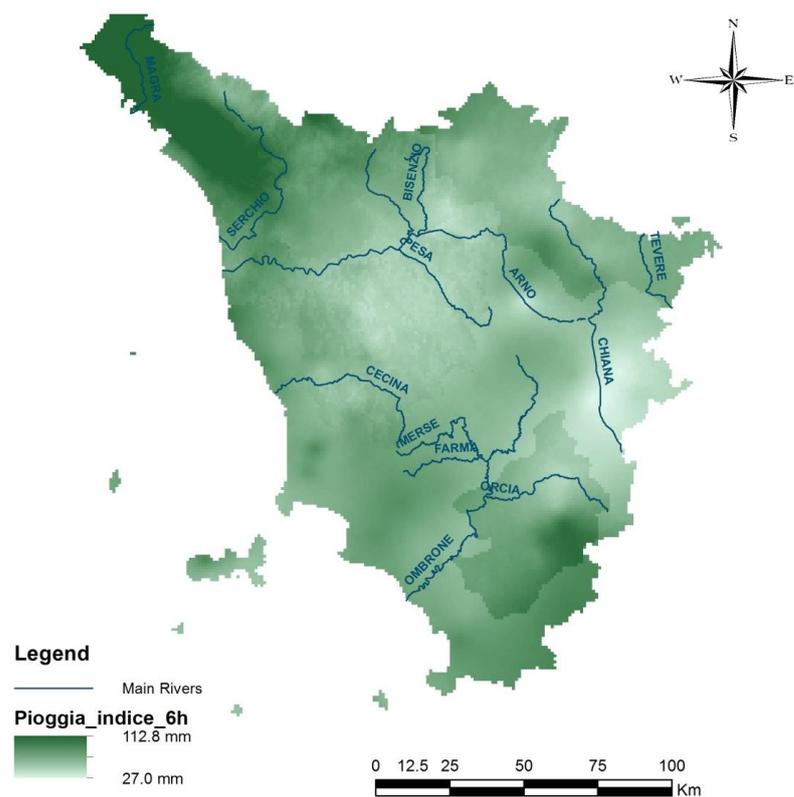


Figura 5.26: Piooggia indice per la durata 6 ore stimata per l'area di studio.

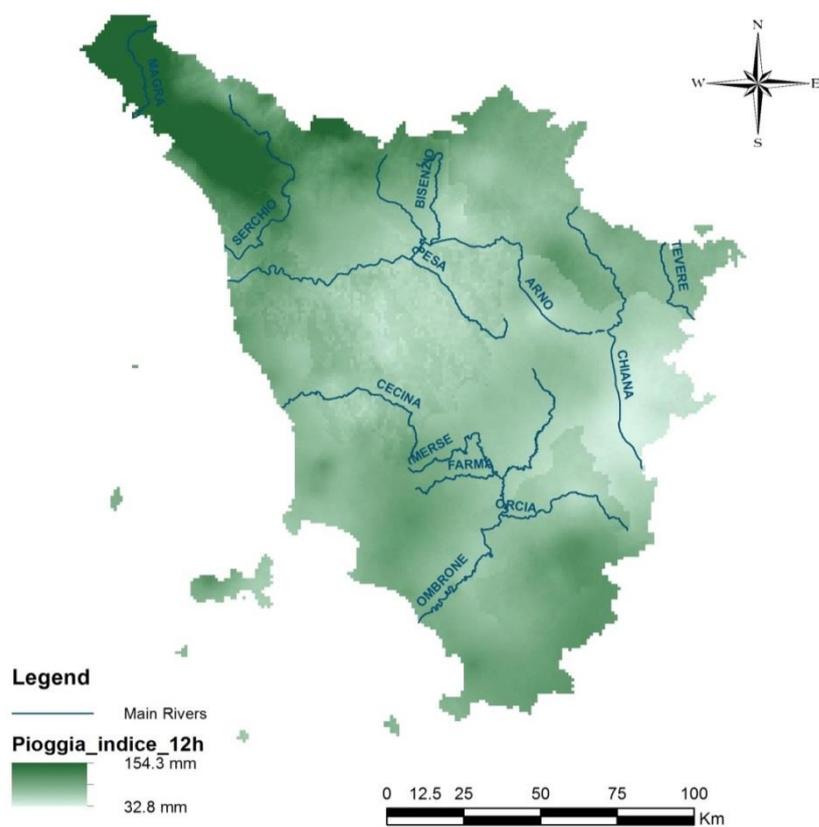


Figura 5.27: Piooggia indice per la durata 12 ore stimata per l'area di studio.

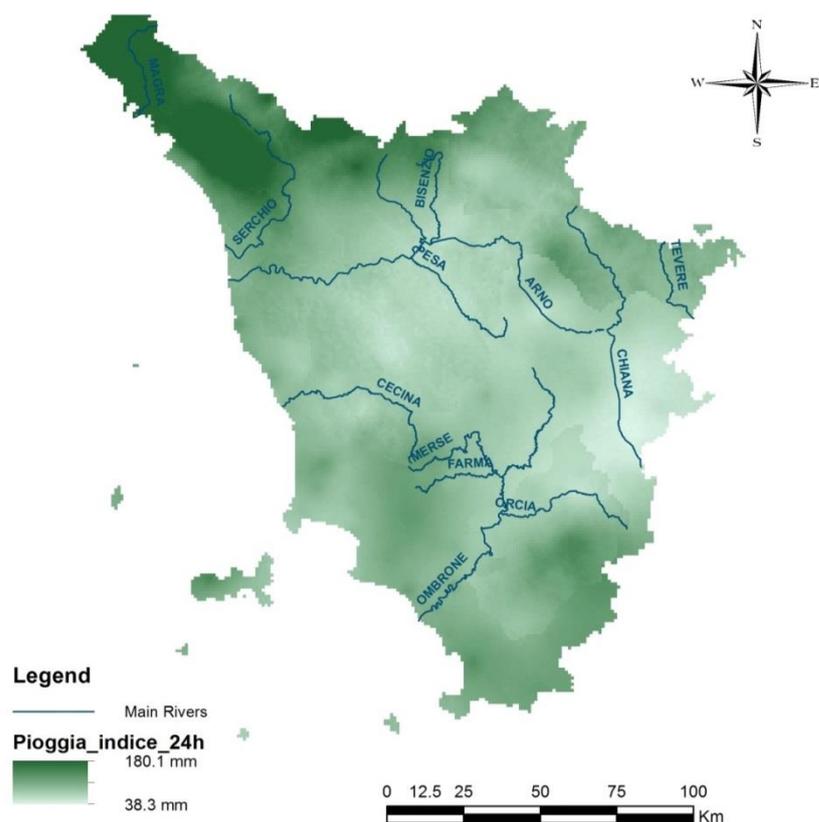


Figura 5.28: Pioggia indice per la durata 24 ore stimata per l'area di studio.

5.7. LSPP

La previsione quantitativa delle piogge estreme in un determinato punto è stata effettuata attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n \quad 5.5$$

con: h = altezza di pioggia [mm]; t = durata [ore], a e n parametri caratteristici. È in questa forma che la legge è espressa sia nei maggiori studi a livello italiano (e.g. AdBPo, 2001) che internazionale. Dato che la formulazione dipendente anche dal tempo di ritorno è caratteristica solo di alcuni studi precedenti a livello toscano e dato che richiede l'introduzione di un terzo parametro, ovvero di una regressione multipla fonte di maggiore approssimazione, è stato scelto di utilizzare l'espressione standard della LSPP con i parametri a e n espressi per i tempi di ritorno caratteristici (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni). Per determinare i parametri a ed n , noti i valori della pioggia indice per i diversi tempi di ritorno su tutta la Regione e del fattore di crescita adimensionale K_T per ognuna delle 4 regioni, sono state trovate le altezze di pioggia corrispondenti (ovvero 50 ASCII Grid: date le 5 durate e i 10 tempi di ritorno considerati). Sono quindi disponibili, per ogni tempo di ritorno, i parametri a e n con una griglia 1km x 1 km su tutta la regione.

Si riportano, a titolo di esempio, le distribuzioni dei parametri a e n per i tempi di ritorno di 50 (Fig. 5.29 e 5.30), e 200 anni (Fig. 5.31 e 5.32)

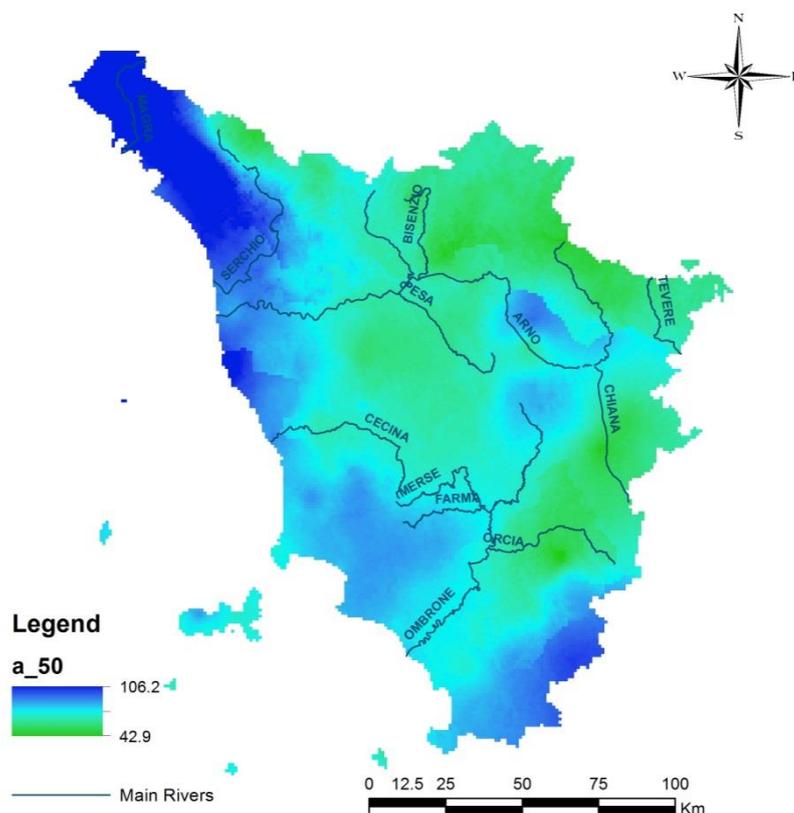


Figura 5.29: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "a" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 50 anni.

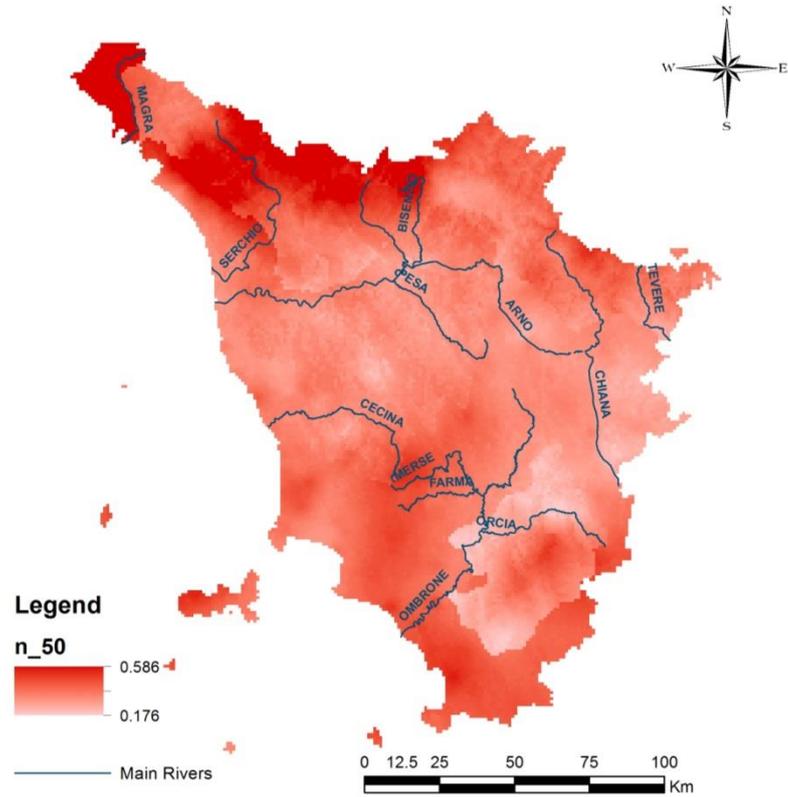


Figura 5.30: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "n" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 50 anni.

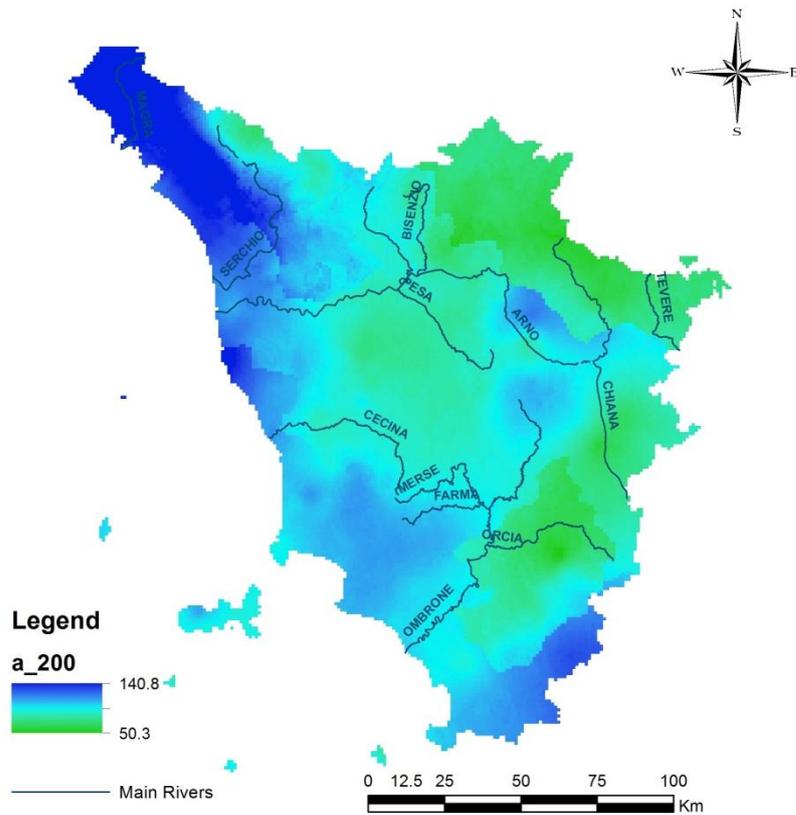


Figura 5.31: Spazializzazione sull'intera regione del parametro "a" della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 200 anni.

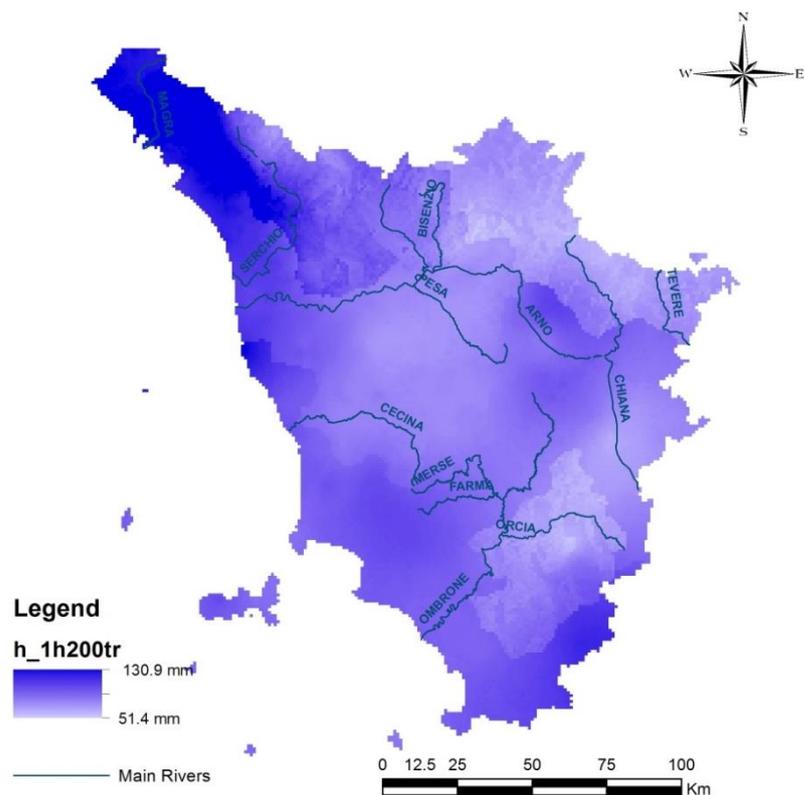


Figura 5.33: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 1 ora e tempo di ritorno 200 anni.

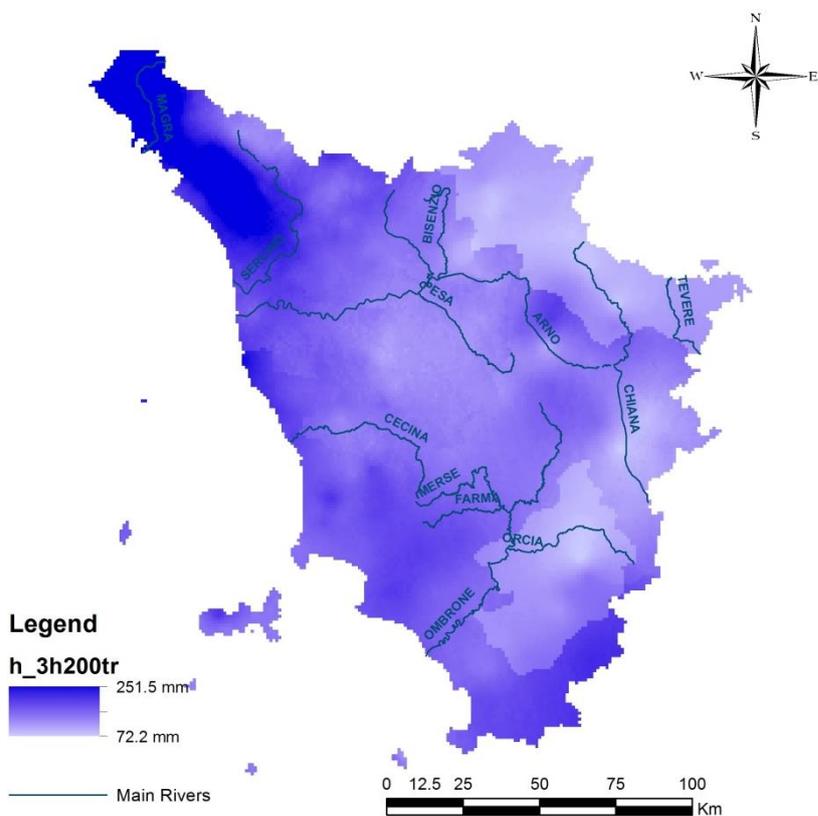


Figura 5.34: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 3 ore e tempo di ritorno 200 anni.

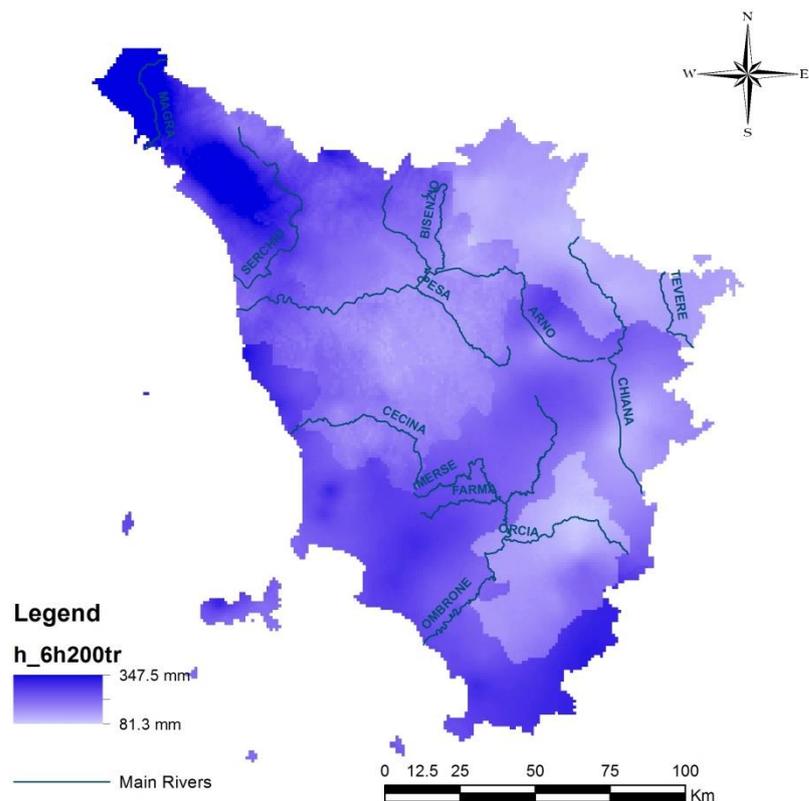


Figura 5.35: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 6 ore e tempo di ritorno 200 anni.

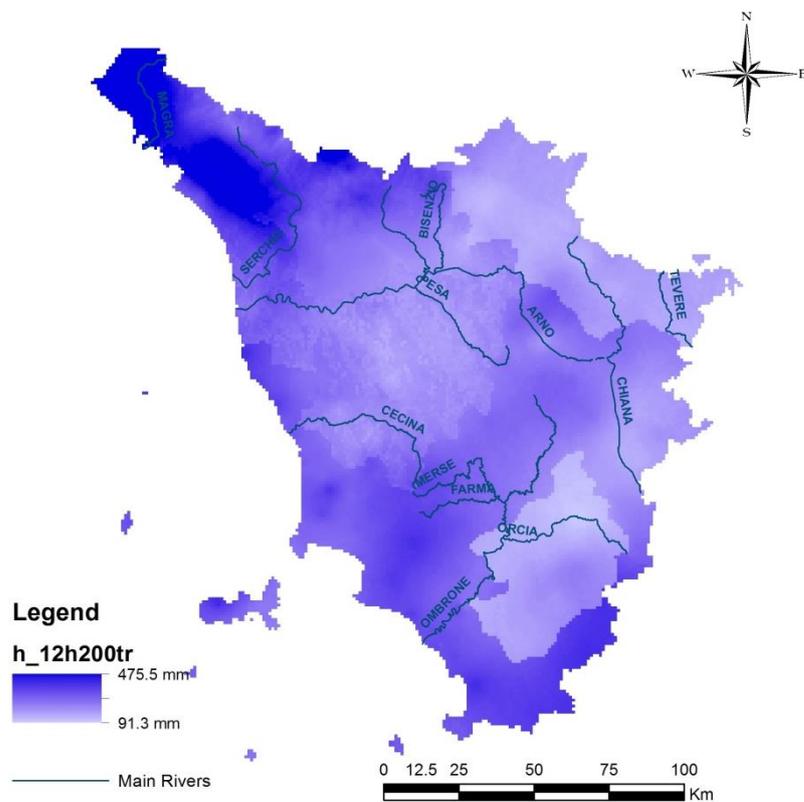


Figura 5.36: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 12 ore e tempo di ritorno 200 anni.

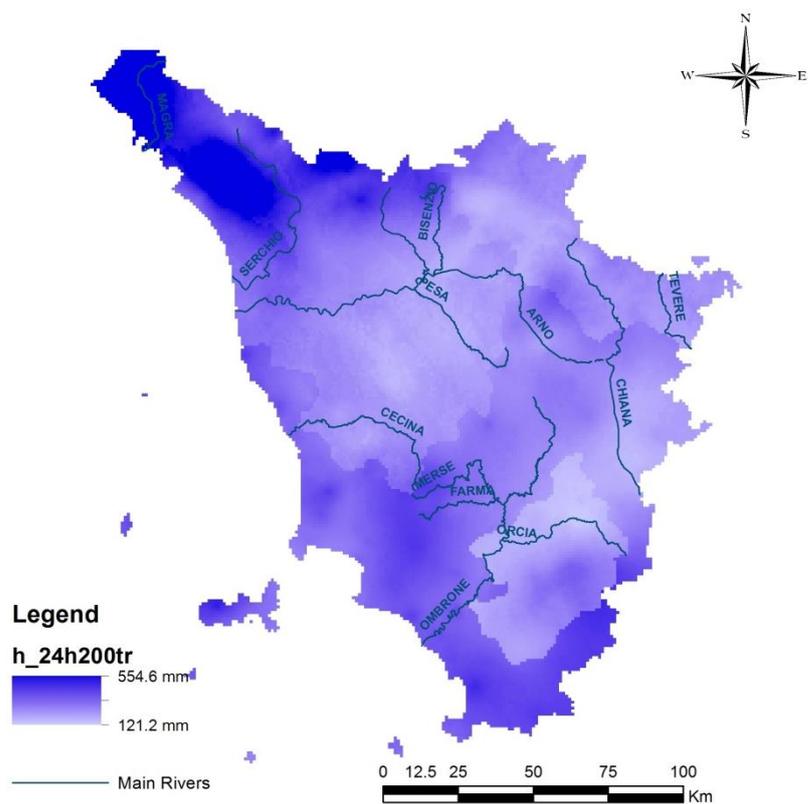


Figura 5.37: Spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 24 ore e tempo di ritorno 200 anni.

6. SOMMARIO DELLE ATTIVITÀ

Fase 1 e 2a: Progettazione attività e costruzione database degli estremi di precipitazione. La scelta delle metodologie da utilizzare è condizionata dalla quantità e qualità dell'informazione idrologica e territoriale disponibile. Una prima fase dello studio è stata pertanto dedicata alla raccolta, archiviazione e analisi dei dati disponibili riguardanti le precipitazioni estreme. Sono stati elaborati e validati, fino a tutto l'anno 2000 i valori di pioggia massima giornaliera, i valori estremi di precipitazione per le durate orarie: 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h e per le durate sub-orarie: 15', 20', 30' e 45'. I valori di precipitazione massima delle stazioni della rete di monitoraggio di tipo automatico e tradizionale per gli anni 2000-2010 sono stati acquisiti in data 31/05/2013, privi dei valori massimi delle stazioni automatiche dell'anno 2000 e delle stazioni tradizionali dell'anno 2010. Durante la fase di integrazione di tali dati con il database DICEA è stato riscontrata un'imprecisione nei valori forniti di precipitazione massima annua giornaliera, che sono stati oggetto di un nuovo invio lo scorso 01/08/2013. Nel mese di ottobre sono stati forniti anche i dati di precipitazioni estreme per gli anni 2011 e 2012 e quelli mancanti del 2000 e del 2010.

I valori dell'anno 2002 sono stati oggetto di una meticolosa verifica che ha portato all'esclusione di circa il 25% delle stazioni in funzione in tale anno.

Fase 2b: Acquisizione dati "cartografici". Per la corretta caratterizzazione delle caratteristiche geo-territoriali di ogni stazione di misura sono stati acquisiti i seguenti dati cartografici per l'intera Regione Toscana:

- DTM (Digital Terrain Model – Modello Digitale del Terreno) con la miglior risoluzione spaziale disponibile (risoluzione 10m);
- Idrografia o reticolo idrografico;
- Geologia – continuum geologico regionale con dettaglio cartografico di 1:10.000;
- Uso del suolo secondo l'ultima versione disponibile, ovvero secondo l'aggiornamento con dati da ortofoto del 2007 e dettaglio cartografico di 1:10.000;

Fase 3a: Analisi di frequenza regionale – Stato dell'Arte. Come riportato nei paragrafi precedenti, è stata fatta una revisione delle varie procedure di regionalizzazione delle precipitazioni estreme presenti in letteratura, con particolare attenzione a quelle utilizzate nel territorio italiano e agli studi esistenti sul territorio regionale.

Fase 3b: Analisi di frequenza regionale – Strumenti. Dopo lo studio dello stato dell'arte sono stati scelti gli strumenti per ipotizzare la divisione in sottoregioni e i test per la verifica delle regioni stesse. È stato scelto di utilizzare la procedura TCEV con il metodo della massima verosimiglianza e stima congiunta dei parametri per la regionalizzazione al primo e al secondo livello, descritti nel cap. 3. Gli strumenti, basati su metodologie consolidate in ambito nazionale e internazionale, sono stati verificati sul database delle piogge giornaliere e nel cap. 5 è possibile trovare le considerazioni sugli strumenti utilizzati e i risultati preliminari.

Fase 4 - Analisi di Frequenza Regionale: il territorio regionale è stato suddiviso in regioni statisticamente e idrologicamente omogenee. Sono state esaminate diverse suddivisioni, basate sia sugli studi precedenti, che soprattutto sui valori dei test statistici applicati. La suddivisione scelta è una suddivisione in quattro regioni, differente da tutte quelle utilizzate in precedenza nell'area di studio. Questa suddivisione, oltre a seguire criteri oggettivi di ottimizzazione dei test statistici, dovrebbe essere in grado di valutare correttamente gli eventi estremi degli anni 2000, non considerati negli studi precedenti.

Sono stati definiti i parametri del modello probabilistico e i fattori di crescita validi all'interno delle diverse regioni omogenee e nel cap. 5 è possibile trovare sia in forma grafica che tabellare i risultati ottenuti. È stata definita la variabile indice (terzo livello di regionalizzazione) spazializzata su tutta la regione mediante un'analisi multivariata funzione di diverse variabili geo-morfoclimatiche.

Noti il fattore di crescita e la variabile indice è stato possibile determinare, per tutto il territorio regionale, l'altezza di pioggia per le durate e i tempi di ritorno analizzati.

I parametri a e n delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica sul territorio regionale sono stati quindi determinati con una regressione lineare con espressione logaritmica. I parametri sono espressi per tutto il territorio regionale attraverso una griglia di 1 km per 1 km, georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga e restituita in formato ASCII.

5 - Condivisione dei risultati: I risultati dell'Analisi di Frequenza Regionale sviluppata, sono stati archiviati nello spazio NetStorage della Regione Toscana e nel CD allegato alla relazione. I risultati sono stati condivisi come ASCII grid di 1 km per 1 km, descritti nel seguito e georeferenziati nel sistema di riferimento Gauss Boaga.

Nella cartella a_n _LSP, oltre ad un documento leggimi.txt per definire i contenuti a partire dal nome, si trovano le cartelle delle coppie di ASCII Grid di a e di n delle LSP suddivise per i tempi di ritorno fissati. Le ASCII Grid presenti sono descritte in Tab. 6.1.

Tabella 6.1: Files consegnati e disponibili nella cartella a_n _LSP all'interno dello spazio NetStorage della Regione Toscana.

File	ASCII GRID del:
a_2	parametro a per il tempo di ritorno 2 anni
a_5	parametro a per il tempo di ritorno 5 anni
a_10	parametro a per il tempo di ritorno 10 anni
a_20	parametro a per il tempo di ritorno 20 anni
a_30	parametro a per il tempo di ritorno 30 anni
a_50	parametro a per il tempo di ritorno 50 anni
a_100	parametro a per il tempo di ritorno 100 anni
a_150	parametro a per il tempo di ritorno 150 anni
a_200	parametro a per il tempo di ritorno 200 anni
a_500	parametro a per il tempo di ritorno 500 anni
n_2	parametro n per il tempo di ritorno 2 anni
n_5	parametro n per il tempo di ritorno 5 anni
n_10	parametro n per il tempo di ritorno 10 anni
n_20	parametro n per il tempo di ritorno 20 anni
n_30	parametro n per il tempo di ritorno 30 anni
n_50	parametro n per il tempo di ritorno 50 anni
n_100	parametro n per il tempo di ritorno 100 anni
n_150	parametro n per il tempo di ritorno 150 anni
n_200	parametro n per il tempo di ritorno 200 anni
n_500	parametro n per il tempo di ritorno 500 anni

Tabella 6.2: Files consegnati e disponibili nella cartella *hd_Tr* all'interno dello spazio NetStorage della Regione Toscana.

File	ASCII GRID della:
h_1d2Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 2 anni
h_3d2Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 2 anni
h_6d2Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 2 anni
h_12d2Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 2 anni
h_24d2Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 2 anni
h_1d5Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 5 anni
h_3d5Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 5 anni
h_6d5Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 5 anni
h_12d5Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 5 anni
h_24d5Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 5 anni
h_1d10Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 10 anni
h_3d10Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 10 anni
h_6d10Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 10 anni
h_12d10Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 10 anni
h_24d10Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 10 anni
h_1d20Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 20 anni
h_3d20Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 20 anni
h_6d20Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 20 anni
h_12d20Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 20 anni
h_24d20Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 20 anni
h_1d30Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 30 anni
h_3d30Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 30 anni
h_6d30Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 30 anni
h_12d30Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 30 anni
h_24d30Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 30 anni
h_1d50Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 50 anni
h_3d50Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 50 anni
h_6d50Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 50 anni
h_12d50Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 50 anni
h_24d50Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 50 anni
h_1d100Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 100 anni
h_3d100Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 100 anni
h_6d100Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 100 anni
h_12d100Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 100 anni
h_24d100Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 100 anni
h_1d150Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 150 anni
h_3d150Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 150 anni
h_6d150Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 150 anni
h_12d150Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 150 anni
h_24d150Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 150 anni
h_3d200Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 200 anni
h_6d200Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 200 anni
h_12d200Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 200 anni
h_24d200Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 200 anni
h_1d500Tr	pioggia con durata 1 ora e tempo di ritorno 500 anni
h_3d500Tr	pioggia con durata 3 ore e tempo di ritorno 500 anni
h_6d500Tr	pioggia con durata 6 ore e tempo di ritorno 500 anni
h_12d500Tr	pioggia con durata 12 ore e tempo di ritorno 500 anni
h_24d500Tr	pioggia con durata 24 ore e tempo di ritorno 500 anni

Nella cartella hd_Tr, oltre ad un documento leggimi.txt per definire i contenuti, si trovano le cartelle dei 5 ASCII Grid delle altezze di pioggia per le 5 durate considerate (1h, 3h, 6h, 12h, 24h) suddivise per i tempi di ritorno fissati. Le ASCII Grid presenti sono descritte in Tab. 6.2.

BIBLIOGRAFIA

- Autorità di Bacino del Fiume Po (2001) Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, 22 pp.
- Benson M.A. (1962) Evaluation of methods for evaluating the occurrence of floods. *U.S. Geological Survey Water-Supply Paper*, 1550-A, Reston, VA.
- Beran M., Hosking J. R. M., Arnell N. (1986) Comment on «Two Component Extreme Value Distribution for flood frequency analysis» by Fabio Rossi, Mauro Fiorentino and Pasquale Versace. *Water Resources Research*, 22(2), pp. 263-266.
- Berliner M. (2000) Hierarchical Bayesian modeling in the environmental sciences. *Allgemeines Statistisches Archives*. 84 (2), 141-154.
- Brath A., Franchini M. (1999) La valutazione delle piogge intense su base regionale. In: Maione U., Brath A. (Eds) *L'ingegneria naturalistica nella sistemazione dei corsi d'acqua*, Atti del corso di aggiornamento Milano ottobre 1998 Cosenza, 65-91.
- Brath A., Franchini M., Galeati G. (1998) Valutazione delle piogge intense nell'Italia centrosettentrionale. *L'Acqua*, 4 (15-27).
- Calenda G., Cosentino C. (1996) Analisi regionale delle piogge brevi dell'Italia Centrale con una relazione intensità-durata-frequenza a tre parametri. *L'Acqua*, 1 (20-31).
- Caporali E., Cavigli E., Petrucci A. (2008) The index rainfall in the regional frequency analysis of extreme events in Tuscany (Italy). *Environmetrics*. 19: 714–727.
- Castrignanò A., Lopez N., Caradonna M.S. (2005) L'impiego di parametri topografici per migliorare la precisione della stima della precipitazione. *Atti del convegno: AIAM-Agrometeorologia, risorse naturali e sistemi di gestione del territorio*: 77-78.

- Cavigli E., Caporali E., Moro A. (2006) Analisi regionale delle piogge di breve durata e massima intensità in Toscana. *XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - IDRA2006*, Roma.
- Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. (1993) Valutazione delle piene in Sicilia. *CNR-GNDCI*, Palermo.
- Cao C., Piga E., Salis M., Sechi G.M. (1991) Valutazione delle piene in Sardegna. *CNR-GNDCI*, Istituto di Idraulica, Università di Cagliari.
- Coles S., Pericchi L.R., Sisson S. (2003) A fully probabilistic approach to extreme rainfall modeling. *Journal of Hydrology*, 273:35-50.
- Copertino V., Fiorentino M. (1992) Valutazione delle piene in Puglia. *CNR-GNDCI*, Potenza.
- Cunnane C. (1988) Methods and merits of regional flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 100 (1-4), 269-290.
- De Luca D. L., Biondi D., Versace P. (2010) Definizione di procedure standardizzate per l'identificazione dei valori pluviometrici di ingresso. In: Studio e sperimentazione di metodologie e tecniche per la mitigazione del rischio idrogeologico. Lotto Progettuale n 7 - Stima delle massime portate al colmo di piena POR Calabria 2000-2006 Misura 1.4 – Sistemi insediativi Azione 1.4.c.
- Dell'Aera M. (1991) Analisi regionale delle precipitazioni giornaliere massime annuali della Basilicata, rapporto interno n.335, CNR-IRPI, Rende (CS).
- Fiorentino M., Gabriele S. (1985) Distribuzione TCEV: metodi di stima dei parametri e proprietà statistiche degli stimatori, *CNR-IRPI, Geodata n. 25*, Cosenza.
- Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F., Versace P. (1987) Hierarchical approach for regional flood frequency analysis. *Regional Flood Frequency Analysis*, 35-49, Singh, V. P. (Ed.), Reidel Publishing Company.
- Franchini M., Galeati G. (1994) La regionalizzazione delle piogge intense mediante il modello TCEV. Un'applicazione alla regione Romagna Marche. *Idrotecnica*, 5: 237-253.

- Gabriele S., Iritano G. (1994) Analisi regionale delle piogge in Basilicata. *Rapporto interno n. 414, CNR-IRPI, Rende (Cs)*.
- Gellens D. (2002) Combining regional approach and data extension procedure for assessing GEV distribution of extreme precipitation in Belgium. *Journal of Hydrology*, 268: 113-126.
- Greenwood J. A., Landwehr J. M., Matalas N. C., Wallis J. R. M. (1979) Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research*. 15: 1049–1054.
- Gonzalez J., Valdes J. B. (2008) A regional monthly precipitation simulation model based on an L-moment smoothed statistical regionalisation approach. *Journal of Hydrology*. 348: 27– 39.
- Haan C. T. (1977) *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State University Press.
- Hosking J. R. M. (1990) L-Moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 52 (1), 105-124.
- Hosking J. R. M., Wallis J. R. (1993) Some statistical useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*. 29: 271–281.
- Hosking J. R. M., Wallis J. R. (1997) *Regional frequency analysis, an approach based on L-moments*. Cambridge University press, Cambridge, UK. 224 pp.
- Jaiswal R.K., Goel N.K., PSingh P., Thomas T. (2003) L-Moment based flood frequency modelling. *Journal of the Institution of Engineers*. India. Civil Engineering Division, 84: 6-10.
- Katz R.W., Parlange M.B., Naveau P. (2002) Statistics of extremes in hydrology. *Advances in Water Resources*, 25 (8-12): 1287-1304.
- Kottegoda N. T., Rosso R. (1997) *Statistics, Probability, and Reliability for Civil and Environmental Engineers*. McGraw-Hill, New York, USA.
- Kottegoda N. T., Rosso R. (2008) *Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers*. Blackwell Publishing McGraw-Hill Companies.

- Koutsoyiannis D. (2004) Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 49(4): 575-590.
- PIN - Centro studi di Ingegneria (1997) Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana - Relazione conclusiva di sintesi della Convenzione Regione Toscana PIN-Centro Studi Ingegneria “Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana e attività formativa sull'analisi dei fenomeni alluvionali”.
- PIN (2003a) Relazione generale conclusiva della Convenzione Regione Toscana - PIN “Aggiornamento e sviluppo del sistema di regionalizzazione delle portate di piena nei bacini della Toscana”.
- PIN (2003b) Relazione sull'aggiornamento fino al 2002 delle curve di possibilità pluviometrica nell'ambito della Convenzione Regione Toscana - PIN “Aggiornamento e sviluppo del sistema di regionalizzazione delle portate di piena nei bacini della Toscana”.
- Regione Calabria (2001) Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della Regione Calabria. Giunta Regionale, Delibera n. 900 del 31 ottobre 2001.
- Rossi F., Fiorentino M., Versace P. (1984) Two-Component Extreme Value Distribution for Flood Frequency Analysis. *Water Resources Research*, 20 (7), 847-856.
- Rossi F., Villani P. (1995) Valutazione delle piene in Campania. *CNR-GNDCI* e Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno, Salerno.
- Thiessen A.H. (1911) Precipitation averages for large areas. *Monthly Weather Review*, 39: 1083-1089.
- Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa (2006) Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica – analisi delle precipitazioni intense delle stazioni del compartimento di Pisa, pp. 230.
- Versace P. (1994) Descrizione della procedura VAPI - Progetto VAPI, Rapporto Nazionale. *CNR-GNDCI, U.O. 1.15* Università della Calabria, Dipartimento di Difesa del Suolo, Cosenza.

Versace P., Ferrari E., Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F. (1989) La valutazione delle piene in Calabria. *CNR-GNDCI, CNR-IRPI, Geodata.*, Cosenza.

Villarini G., Smith J. A., Baeck M. L., Vitolo R., Stephenson D. B., Krajewski W. F. (2011) On the frequency of heavy rainfall for the Midwest of the United States, *Journal of Hydrology*, 400 (1-2): 103-120.

Villi V., Bacchi B. (2001) Valutazione delle piene nel Triveneto. CNR-GNDCI, Padova-Brescia.

Yoon P., Kim T. W., Yoo C. (2012) Rainfall frequency analysis using a mixed GEV distribution: a case study for annual maximum rainfalls in South Korea. *Journal of Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27 (5): 1436-3240.

ALLEGATI

Tabella A.1. Elenco per codice delle stazioni di misura dei dati giornalieri con almeno 10 anni di osservazioni valide.

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
10	Marinella	Litorale	2	581420	4878115
20	Rifugio_Belvedere	Litorale	1261	589830	4886215
30	Castelpoggio	Litorale	540	585960	4885200
35	Fossacava	Litorale	670	593140	4882500
40	Carrara	Carrione	112	587840	4881200
45	Fondone	Litorale	580	595230	4884000
47	Vergheto_auto	Frigido	856	594341	4882372
50	Casania	Frigido	343	595880	4881330
55	Pian della Fioba	Frigido	822	596821	4878935
57	Canevara_auto	Frigido	150	593970	4878757
60	Massa	Frigido	65	591800	4875450
64	Terrinca_auto	Versilia	825	602342	4876024
75	Pomeziana_auto	Versilia	597	605872	4871050
77	Cardoso_auto	Versilia	391	605845	4874000
78	Gallena_auto	Versilia	350	600520	4871923
80	Retignano	Versilia	440	602180	4873470
81	Cervaiole_auto	Versilia	1170	600054	4877101
82	La_Polla	Versilia	600	598980	4877360
83	Azzano_auto	Versilia	416	598592	4875073
85	Cerreta_S-Nicola_auto	Versilia	140	597561	4871407
87	Ponte_Tavole_auto	Versilia	3	595200	4869407
90	Pietrasanta	Versilia	22	598495	4868415
100	Forte_dei_Marmi	Litorale	3	594140	4868335
106	Pedona_auto	Versilia	360	604203	4863576
108	Vallelunga_auto	Versilia	672	607300	4869558
110	Camaiore	Litorale	47	605495	4866150
115	Camaiore_I_Frati	Litorale	31	603859	4865834
118	Massarosa	Lago_Massaciuc.	15	607960	4858800
119	Massaciuccoli_(Lago)	Lago_Massaciuc.	3	605420	4853150
120	Massaciuccoli_(Paese)	Lago_Massaciuc.	8	609015	4855350
122	Casa_Rossa	Lago_Massaciuc.	1	610120	4853140
123	Vecchiano_auto	Serchio	5	611668	4848339
130	Torre_del_Lago	Lago_Massaciuc.	1	605120	4854180
140	Viareggio	Burlamacca	3	599770	4859630
150	Migliarino_Pisano	Litorale	3	606580	4847190
155	Passo_Pradaarena_auto	Serchio	1579	603762	4904440
160	Capanne_di_Sillano	Serchio	1040	604499	4901366
170	Sillano	Serchio	642	603627	4897588
171	Monte_Castellino	Serchio	1810	610305	4901646
175	Nipoiana	Serchio	680	601920	4886280
178	Orto_di_Donna	Serchio	1100	595760	4887780
180	Gramolazzo	Serchio	614	598430	4890775
184	Casciana_Garfagnana	Serchio	640	604500	4891550
188	Vagli_di_Sopra	Serchio	670	601440	4885830
190	Vagli_di_Sotto_(Diga)	Serchio	562	603440	4885460
191	Vagli_di_Sotto_auto	Serchio	600	603223	4885112
200	Villacollemandina	Serchio	500	610960	4890750
210	Pontecosi	Serchio	334	610740	4887690
220	Casone_di_Profecchia	Serchio	1314	615600	4896590
230	S-Pellegrino_in_Alpe	Serchio	1525	618405	4894245
237	Monte_Macina_auto	Serchio	1400	599612	4881292
240	Campagrana	Serchio	850	600540	4879540

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
250	Isola_Santa	Serchio	585	605340	4880165
260	Torrite	Serchio	302	610940	4884410
269	Ponte_di_Campia_auto	Serchio	200	616336	4882954
270	Castelnuovo_Garfagnana	Serchio	276	613275	4885305
272	Bargecchia	Serchio	475	615400	4886720
275	Monte_Romecchio_auto	Serchio	1702	622096	4890281
280	Fornovolasco	Serchio	470	608910	4876100
288	Vergemoli	Serchio	620	611230	4878700
290	Polla_dei_Gangheri	Serchio	300	611965	4878700
300	Gallicano	Serchio	186	615380	4880055
309	Piazzana	Serchio	870	625000	4825500
310	Colmoscato	Serchio	884	624560	4885210
320	Coreglia	Serchio	620	622600	4880700
330	Palagnana	Serchio	710	609095	4872500
332	Fabbriche_Vallico_auto	Serchio	350	614449	4872490
334	Vallico_di_Sopra	Serchio	654	616020	4875150
340	Tereglio	Serchio	578	625120	4879280
342	Calavorno_auto	Serchio	118	622706	4875385
350	Boscolungo	Serchio	1340	633615	4889150
360	Melo	Serchio	1007	639500	4888155
364	Pianosinatico	Serchio	948	638300	4886960
370	Porrino	Serchio	640	639275	4885950
372	Croce_Arcana_auto	Serchio	1670	642256	4888062
380	Pian_di_Novello	Serchio	1309	635430	4886380
390	Frassa	Serchio	870	637115	4885860
392	Cutigliano	Serchio	685	640580	4884740
400	Selva_dei_Porci	Serchio	750	645265	4882230
408	Tistino_(Diga)	Serchio	550	641600	4882368
410	Sperando	Serchio	470	641545	4881480
420	Monte_Oppio	Serchio	821	647205	4878410
430	S-Marcello_Pistoiese	Serchio	625	643335	4879765
440	Prunetta	Serchio	958	644745	4874430
450	Casabasciana	Serchio	215	631680	4876265
455	Ponte_di_Lucchio_auto	Serchio	340	637634	4878364
460	Limano	Serchio	540	634740	4878700
464	Palleggio	Serchio	241	632430	4877600
468	Chifenti_auto	Serchio	116	625276	4873735
470	Bagni_di_Lucca	Serchio	146	627525	4874335
480	Borgo_a_Mozzano	Serchio	100	624410	4871115
484	Convalle	Serchio	350	613750	4867800
486	Piaggione_auto	Serchio	56	621602	4865179
490	Vinchiana	Serchio	46	623040	4864145
495	Gombitelli	Serchio	490	610360	4864130
496	Valpromaro	Serchio	131	611010	4861920
498	Fiano_auto	Serchio	375	614425	4866162
500	Mutigliano	Serchio	62	618620	4860255
510	Lucca	Serchio	20	620990	4855580
511	Lucca_(Orto_Botanico)	Serchio	20	621660	4855630
515	Chiatri_auto	Serchio	275	610868	4858788
516	Ponte_Guido_auto	Serchio	22	615262	4857721
517	Pontetetto_auto	Serchio	14	620146	4853178
518	Vorno	Serchio	87	621910	4849750

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
520	Ripafratta	Serchio	18	614025	4853160
525	Bocca_di_Serchio_auto	Serchio	1	602504	4848130
528	Agnano	F._Morto	40	619540	4843590
529	Asciano_(Acquedotto)	F._Morto	137	619170	4845510
530	Asciano_Pisano	F._Morto	50	618640	4845430
531	Asciano_(Il_Prato)	F._Morto	77	618860	4845270
535	Pontasserchio	F._Morto	6	612890	4848490
540	Pisa_(Facolta'_Agraria)	Pisano	6	614060	4841070
542	Pisa_(Seminario)	Pisano	5	613310	4842100
550	S-Rossore	Pisano	4	608450	4838730
570	Vallucciole	Casentino	780	714720	4857420
572	Gualdo	Casentino	900	710060	4853120
580	Stia	Casentino	479	718165	4853380
590	Montemignaio	Casentino	730	710960	4846530
594	Certomondo	Casentino	351	722490	4846280
596	Ponte_a_Poppi	Casentino	347	723000	4845730
600	Ortignano	Casentino	488	721485	4840180
610	Camaldoli	Casentino	1111	727025	4853030
620	Badia_Prataglia	Casentino	843	731475	4853240
623	Partina	Casentino	430	727180	4848020
625	Pollino	Casentino	320	727705	4841290
630	Bibbiena_(Pod_Tripoli)	Casentino	425	727420	4844975
632	Bibbiena_(Sc_Elementare)	Casentino	425	727130	4842020
635	Biforco	Casentino	664	736340	4847470
640	La_Verna	Casentino	1120	736295	4843695
646	Talla	Casentino	394	725100	4831650
648	Nassa	Casentino	433	727080	4832205
650	Salutio	Casentino	333	727150	4833660
652	Subbiano	Casentino	226	731920	4828790
660	Citta'_della_Pieve	Valdichiana.	500	748750	4760430
670	Villastrada_umbra	Valdichiana.	400	746600	4770775
672	Dolciano	Valdichiana.	288	738960	4769450
680	Chianciano	Valdichiana.	455	730805	4771650
681	Chianciano_S-Elena	Valdichiana.	512	729807	4770966
690	Montepulciano	Valdichiana.	607	726520	4774950
700	Capezzine	Valdichiana.	327	738460	4783570
710	Abbadia_di_Montepulciano	Valdichiana.	280	729710	4780935
716	Burcinella	Valdichiana.	248	737650	4798650
719	Sinalunga	Valdichiana.	410	721920	4788690
720	Bettolle	Valdichiana.	308	728135	4787570
730	Foiano_della_Chiana	Valdichiana.	315	728375	4793180
740	Monte_S-Savino	Valdichiana.	330	721130	4801390
745	Montanare	Valdichiana.	311	748500	4794260
750	Cortona	Valdichiana.	651	743290	4795170
760	Castiglion_Fiorentino	Valdichiana.	330	737025	4803015
762	Fontarronco	Valdichiana.	245	728250	4804990
764	Pieve_al_Toppo	Valdichiana.	249	726720	4810460
770	Arezzo	Valdichiana.	296	733980	4817170
790	Puglia	Valdarno_Sup	302	733015	4820950
798	Castiglion_Fibocchi	Valdarno_Sup	300	723430	4823310
800	Laterina	Valdarno_Sup	191	719350	4820860
802	Pietraviva	Valdarno_Sup	278	709440	4807831

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
810	Badia_Agnano	Valdarno_sup	230	714365	4812880
820	Fattoria_Migliarina	Valdarno_Sup	256	712780	4818825
830	Nusenna_in_Chianti	Valdarno_Sup	567	704885	4814160
842	Montevarchi_Circonvallaz	Valdarno_Sup	160	707521	4822594
844	Montevarchi_Citta'	Valdarno_Sup	163	707650	4822073
850	S-Giovanni_Valdarno	Valdarno_Sup	132	704950	4827320
860	Villa_dell'Olio	Valdarno_Sup	628	712480	4833115
870	Renacci_(Fattoria)	Valdarno_Sup	220	703885	4829580
880	Pian_di_Sco'	Valdarno_Sup	350	706120	4835710
882	S-Romolo	Valdarno_Sup	395	704620	4840030
890	Il_Palagio	Valdarno_Sup	322	696070	4831975
892	Reggello	Valdarno_Sup	235	699000	4832000
893	Incisa_(valle)_auto	Valdarno_Sup	105	697963	4840370
894	Serraglio	Valdarno_Sup	118	698820	4841580
900	Vallombrosa	Valdarno_Sup	955	706000	4845450
904	Tosi	Valdarno_Sup	498	703780	4847580
905	Rignano	Valdarno_Sup	177	697410	4844390
908	Volognano	Valdarno_Sup	295	697170	4848170
910	Cavallina	Sieve	270	679010	4872890
915	Monte_di_Fo'	Sieve	764	682700	4883150
918	S-Lucia_Ostale	Sieve	702	682680	4881840
921	Mangona_auto	Sieve	525	676070	4879930
925	Marcoiano_auto	Sieve	535	684620	4880500
926	Le_Croci_(Barber)_auto	Sieve	406	682121	4875458
930	Ponte_a_Olmo	Sieve	444	684710	4880025
938	Bivigliano	Sieve	573	686470	4862800
940	Vaglia	Sieve	315	683070	4864725
950	S-Piero_a_Sieve	Sieve	211	687175	4871165
960	S-Agata_di_Mugello	Sieve	341	687165	4876935
970	Vetta_alle_Croci	Sieve	514	688380	4860080
973	Montesenario	Sieve	815	687480	4863060
980	Razuolo	Sieve	637	697810	4878545
990	Ronta	Sieve	364	695350	4875830
1000	Borgo_S-Lorenzo	Sieve	193	691880	4870070
1004	Fomello	Sieve	537	699620	4875700
1006	Vicchio	Sieve	203	698060	4867540
1010	Villore	Sieve	418	704260	4871330
1020	Castagno	Sieve	725	713695	4864130
1030	Dicomano	Sieve	180	703040	4863050
1040	Consuma	Sieve	950	708125	4851395
1042	Borselli	Sieve	730	704450	4852500
1045	Rufina	Sieve	115	700000	4855700
1050	Nave_di_Rosano	Valdarno_Medio	80	694960	4849630
1060	S-Brigida_all'Opaco	Valdarno_Medio	400	692760	4858495
1062	Torre_a_Decima	Valdarno_Medio	200	693500	4854620
1070	Fiesole	Valdarno_Medio	295	684500	4853215
1080	Firenze_Idrografico	Valdarno_Medio	51	681800	4850085
1081	Firenze_(Museo)	Valdarno_Medio	50	680700	4848120
1090	Firenze_Ximeniano	Valdarno_Medio	51	681580	4849500
1096	Firenze_Universita_auto	Valdarno_Medio	96	681402	4852003
1100	Bagno_a_Ripoli	Valdarno_Medio	62	687380	4848000
1102	Cercina_auto	Valdarno_Medio	420	681789	4857061

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
1103	Caldine_auto	Valdarno_Medio	441	688139	4857399
1115	Lamole_auto	Greve	583	690393	4824434
1120	Greve_in_Chianti	Greve	240	686960	4828625
1130	Ferrone	Greve	149	682240	4836080
1133	Strada_in_Chianti_auto	Greve	141	686706	4837372
1134	S-Bartolomeo_a_Quarate	Greve	229	688110	4840450
1136	Ugolino_auto	Greve	208	685153	4841000
1138	Grassina	Greve	89	684690	4844150
1140	Antella	Greve	170	687650	4844535
1144	Scandicci	Greve	107	676800	4846630
1147	S-Colombano_auto	Greve	34	671556	4849643
1150	Cantagallo	Bisenzio	582	666955	4876645
1160	Gavigno	Bisenzio	854	667460	4882455
1170	S-Quirico_di_Vernio	Bisenzio	434	672665	4880340
1172	Montecuccoli	Bisenzio	660	674660	4875300
1180	Vaiano	Bisenzio	150	670770	4870800
1190	Le_Croci_di_Calenzano	Bisenzio	440	677700	4868315
1200	Calenzano	Bisenzio	67	673970	4859720
1210	Prato_Galceti	Bisenzio	90	667277	4864075
1212	Capalle_auto	Bisenzio	48	671997	4855088
1215	S-Giusto_auto	Greve	40	676647	4847460
1220	Sesto_Fiorentino	Bisenzio	151	678090	4857740
1222	Settimello	Bisenzio	55	675370	4857800
1225	Case_Passerini_auto	Bisenzio	36	675121	4853564
1230	Prato_in_Toscana	Bisenzio	70	669927	4860839
1240	Piteccio	Ombrone_Pt	235	652200	4875300
1250	Cireglio	Ombrone_Pt	630	648715	4873045
1252	Montagnana	Ombrone_Pt	350	646500	4868690
1257	Pistoia_(Frutticoltura)	Ombrone_Pt	65	653937	4866685
1259	Pistoia_Ospedale	Ombrone_Pt	65	653279	4866237
1260	Pistoia	Ombrone_Pt	88	653080	4867535
1262	Villa_di_Baggio	Ombrone_Pt	407	657020	4872790
1263	Baggio_auto	Ombrone_Pt	498	657498	4872696
1270	La_Ferruccia	Ombrone_Pt	45	660540	4860720
1274	Fattoria_lavello	Ombrone_Pt	551	666180	4869850
1276	Olmi	Ombrone_Pt	110	667330	4864245
1280	La_Rugea	Ombrone_Pt	36	667390	4855065
1284	Radda_in_Chianti_auto	Pesa	530	690738	4817059
1285	Castellina_in_Chianti	Pesa	590	684420	4816940
1290	Piazza_in_Chianti	Pesa	360	684640	4822425
1291	S-Donato_in_Poggio_auto	Pesa	408	681000	4823000
1300	S-Andrea_in_Fabbrica	Pesa	292	678625	4828945
1310	Tenuta_del_Corno	Pesa	324	673245	4832230
1312	Ponte_Rotto	Pesa	200	674540	4834890
1320	S-Martino_a_Carcheri	Pesa	157	667815	4842730
1322	Turbone_auto	Pesa	35	666218	4841635
1330	Bonazza	Pesa	337	675130	4828675
1340	Montespertoli	Pesa	257	667600	4834475
1341	Montespertoli_auto	Pesa	209	672142	4831766
1360	Martignana	Valdarno_Inf	82	658600	4839480
1362	Empoli	Valdarno_Inf	27	655140	4850200
1370	Vinci	Valdarno_Inf	67	655140	4850200

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
1380	Simignano	Elsa	391	675940	4795720
1390	Casole_d'Elsa	Elsa	418	665675	4800970
1400	Colle_Val_d'Elsa	Elsa	235	672191	4809988
1402	Strove	Elsa	272	676091	4805396
1406	Lilliano	Elsa	290	682470	4811980
1410	Poggibonsi	Elsa	115	674350	4814900
1420	S-Gimignano	Elsa	374	665190	4815290
1422	Vico_d'Elsa	Elsa	198	670400	4819950
1424	Barberino_val_d'Elsa	Elsa	373	675550	4823320
1430	Certaldo	Elsa	70	665165	4823660
1440	Gambassi	Elsa	332	658015	4822750
1445	Poggio_Aglione_auto	Elsa	461	655316	4821679
1450	Castelfiorentino	Elsa	50	658870	4829665
1458	Prunetta_Bussagna	Elsa	70	654490	4833480
1460	Rio_Broccolino	Elsa	50	655980	4834035
1470	S-Chiara	Elsa	160	654315	4832290
1474	Fontaccia	Elsa	48	654320	4834980
1480	Meleto	Elsa	35	655675	4834920
1490	S-Miniato_(Cimitero)	Valdarno_Inf	124	647740	4838630
1500	Fattoria_Scaletta	Valdarno_Inf	20	647595	4841200
1510	S-Giovanni_Corazzano	Valdarno_Inf	150	650305	4832375
1515	Fornacino_auto	Valdarno_Inf	60	650800	4836000
1520	Marti	Valdarno_Inf	165	640925	4834425
1530	S-Gervasio	Valdarno_Inf	158	639770	4832070
1540	Boveglio	Valdinievole	635	631740	4869730
1545	Villabasilica	Valdinievole	330	632200	4865030
1550	Stiappa	Valdinievole	627	637210	4872730
1560	Serra_Pistoiese	Valdinievole	810	641145	4870670
1570	Vellano	Valdinievole	420	638190	4868360
1580	Pescia	Valdinievole	100	635645	4863315
1590	Ponte_Buggianese	Valdinievole	18	640570	4855620
1592	Borgo_a_Buggiano	Valdinievole	41	638720	4860250
1594	Massa_di_Cozzile	Valdinievole	223	640240	4863400
1600	Montecatini_Terne	Valdinievole	60	642475	4861940
1610	Marliana	Valdinievole	380	642360	4864570
1620	Monsummano	Valdinievole	27	645950	4858415
1622	Cecina_Larciano	Valdinievole	75	650600	4856550
1630	Castelmartini	Valdinievole	23	647370	4854010
1634	S-Baronto_auto	Valdinievole	100	655894	4855390
1640	Spicchio	Valdinievole	137	653350	4854100
1650	Stabbia	Valdinievole	38	647330	4850150
1652	Poggio_Pacini	Valdinievole	72	647400	4846400
1654	Le_Vedute	Valdinievole	92	641500	4846700
1660	Volterra	Era	476	649965	4808235
1661	Volterra_(Osservatorio)	Era	536	650667	4807621
1662	Volterra_(Ospedale)	Era	500	651270	4807500
1663	Volterra_(Ist-Mag)	Era	536	650882	4808089
1680	La_Madonnina	Era	607	654523	4813172
1681	Molino_d-Era_auto	Era	208	647972	4813225
1690	Villamagna	Era	230	648780	4816715
1700	Fattoria_Spedaletto	Era	147	644200	4812890
1710	Orciatice	Era	318	639475	4810630

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
1720	Laiatico	Era	205	639480	4814640
1722	Osteria_della_Sterza	Era	74	639840	4818000
1730	Terricciola	Era	210	635535	4820630
1735	Capannoli_auto	Era	33	635989	4827926
1740	Castelfalfi	Era	272	650325	4823580
1742	Cedri	Era	186	647000	4819120
1750	Ghizzano_di_Pecciol	Era	185	644720	4822320
1760	Legoli	Era	230	645180	4826160
1762	Montefoscoli	Era	182	641950	4826750
1764	Pecciol	Era	90	639000	4823400
1770	Villa_Saletta_(Fogliano)	Era	40	638460	4827810
1772	Alica	Era	72	639150	4828880
1780	Casciana_Terne	Era	114	630785	4820565
1785	Pontedera_auto	Era	14	631590	4836048
1790	S-Giovanni_alla_Vena	Valdamo_Inf	16	627880	4838295
1792	S. Giovanni alla Vena valle	Valdamo_Inf	7	627769	4838042
1800	Monte_Serra	Valdamo_Inf	918	625190	4845480
1810	Montemagno	Valdamo_Inf	190	624030	4842320
1815	Bocca_d-Amo_auto	Tombolo	1	603119	4837246
1820	S-Piero_a_Grado	Tombolo	3	608600	4837000
1830	Coltano	Tombolo	1	612220	4832785
1835	Gello_auto	Tombolo	5	623425	4832951
1840	Pizzorne	Bientina	875	629135	4865940
1850	Segromigno_Monte	Bientina	119	628060	4861540
1852	Porcari	Bientina	31	630250	4855660
1860	Montecarlo	Bientina	160	633940	4857235
1870	Chiesina_di_Padule	Bientina	13	630700	4851300
1880	Massa_Macinaia	Bientina	35	624580	4850830
1890	Orentano	Bientina	27	633430	4848365
1892	Castelvechio	Bientina	191	629650	4846780
1900	Staffoli	Bientina	25	637120	4846115
1902	Bientina	Bientina	11	630670	4841280
1910	Pontedera	Calambrone	14	630390	4836045
1912	Latignano	Calambrone	8	625500	4834500
1913	Ponsacco	Calambrone	24	631800	4831000
1915	Cenaia	Calambrone	24	624060	4829510
1920	Lorenzana	Calambrone	126	624050	4821600
1930	Parrana_S-Martino	Calambrone	131	616570	4821660
1940	Nugola	Calambrone	69	616370	4826115
1950	Mortaiolo	Calambrone	8	616030	4829265
1952	Stagno_auto	Litorale	10	608613	4828231
1959	Livorno_Scuola	Litorale	3	606943	4822185
1960	Livorno	Litorale	3	606140	4822595
1961	Valle_Bendetta_auto	Litorale	73	613677	4819232
1962	Montaccio	Litorale	253	609900	4815500
1970	Quercianella	Litorale	20	610710	4812820
1980	Nibbiaia	Chioma	280	614740	4813570
1990	Casacce	Fine	50	622100	4811390
2000	S-Luce	Fine	200	626780	4814720
2010	Castelnuovo_Misericordia	Era	375	634840	4807820
2014	Rosignano_Marittimo	Fine	147	619500	4807200
2015	Castellina_Marittima	Fine	339	627550	4807760

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
2020	Marmolaio	Fine	161	626090	4809020
2030	Quercioletta	Fine	17	617270	4805320
2040	Terriccio	Litorale	153	624975	4804663
2042	Polveroni_di_Vada	Litorale	13	618100	4803200
2044	Vada_(Osservatorio)	Litorale	5	618680	4800940
2050	Vada_(Bonifica)	Litorale	1	618325	4798385
2060	Cecina_(Terriccio_Basso)	Litorale	6	621525	4797500
2070	Gerfalco	Cecina	732	660930	4779220
2072	Travale	Cecina	397	663160	4781350
2080	Anqua	Cecina	495	659380	4786580
2090	Radicondoli	Cecina	510	665825	4792000
2092	Monteguidi	Cecina	421	662800	4796000
2100	Castelnuovo_V-Cecina	Cecina	535	654810	4786510
2105	Puretta_auto	Cecina	368	656543	4796457
2110	Larderello	Cecina	400	652940	4788960
2113	Berignone	Cecina	245	655600	4797100
2114	Ponzano	Cecina	351	661250	4803400
2120	Saline_di_Volterra	Cecina	72	647150	4802520
2130	Montecatini_V-Cecina	Cecina	415	641980	4806135
2140	Cacciatina	Cecina	65	644410	4802335
2142	Buriano	Cecina	225	642000	4803000
2150	Ponteginori	Cecina	66	641580	4799364
2160	Libbiano	Cecina	476	646690	4793890
2162	Micciano	Cecina	468	644050	4784450
2170	Canneto	Cecina	293	641270	4784650
2180	Sassa	Cecina	366	637500	4791240
2190	Querceto	Cecina	80	640250	4795140
2200	Mociao	Cecina	197	636920	4802980
2210	Miemo	Cecina	379	634820	4807800
2220	Montescudaio	F.so_Sorbizzi	242	631045	4791930
2230	Riparbella	Cecina	216	629520	4802525
2240	Cecina	Litorale	15	622730	4796240
2241	Pineta_Marina_Cecina_(i)	Litorale	4	622470	4793620
2244	Cecina_(Ghinchia)	Litorale	15	624300	4793700
2251	Bibbona	F.so_Sorbizzi	65	629490	4791620
2258	Bolgheri_(Stazione)	F.so_Sorbizzi	9	626090	4789360
2260	Castelluccio	F.sa_Camilla	108	631430	4787190
2265	Renaione	F.sa_Camilla	3	625215	4786360
2270	Castagneto_Carducci	F.so_Bolgheri	194	631870	4780165
2278	Donoratico	F.so_Carestia	14	627280	4780600
2280	Porcareccia	F.so_Carestia	14	627460	4778580
2282	S-Vincenzo	Litorale	2	625300	4773200
2290	S-Carlo_Solvay	Val_di_Gori	350	629700	4773350
2300	Populonia	Litorale	170	621505	4760800
2310	Sasso_Pisano	Cornia	440	650910	4782130
2320	Gorgo_Leccia	Cornia	640	651700	4785970
2330	Serrazzano_Paese	Cornia	528	647205	4786855
2340	Serrazzano_Centrale	Cornia	300	646670	4785090
2350	Lago	Cornia	204	647565	4779350
2360	Lustignano	Cornia	221	646590	4783290
2370	Monterotondo	Cornia	515	650870	4779410
2375	Monteverdi	Cornia	204	647565	4779350

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
2376	Monteverdi_auto	Cornia	364	639382	4781824
2380	Sassetta	Cornia	350	633890	4776690
2390	Molino_del_Balzone	Cornia	80	640295	4775000
2400	S-Costanza	Cornia	470	656560	4774465
2410	Suvereto	Cornia	112	636965	4770945
2420	Campiglia_Marittima	Cornia	190	631660	4768510
2430	Venturina	Cornia	7	631200	4764710
2432	Casello_di_Cornia	Cornia	5	627380	4760370
2434	Casalappi	Cornia	25	636500	4765100
2440	Vignarca	Litorale	2	630720	4758535
2460	Follonica	Litorale	5	643775	4753770
2471	Massa_Marittima	Pecora	370	653850	4768500
2476	S-Ferdinando_auto	Pecora	268	646571	4769568
2480	Montebamboli	Pecora	160	647445	4771210
2490	Montioni	Pecora	167	643565	4764000
2500	Tesorino	Pecora	38	646820	4759860
2510	Scarlino	Litorale	229	651150	4752540
2515	Casteani_auto	Bruna	59	663078	4760682
2520	Castel_di_Pietra	Bruna	56	662950	4758170
2522	Ribolla	Bruna	50	666000	4759000
2524	Roccatederighi	Bruna	537	669450	4765940
2530	Roccastrada	Bruna	470	676800	4764375
2531	Roccastrada_auto	Bruna	371	676429	4770274
2534	Montepescali	Bruna	122	670488	4750000
2540	Lupo	Bruna	14	663810	4751345
2550	Caldana	Bruna	179	657475	4751230
2560	Tirri	Bruna	400	655060	4745530
2570	Batignano	Bon.Gross.A	163	677040	4748740
2580	Acquisti	Bon.Gross.A	11	668365	4746240
2582	Fornace_della_Bruna	Bon.Gross.A	5	666700	4744400
2590	Grosseto	Bon.Gross.B	8	672990	4736055
2610	S-Leopoldo	Bon.Gross.B	4	661965	4735130
2612	Monistero_d'Ombrone	Ombrone	291	706850	4802800
2616	Rapolano	Ombrone	334	711200	4796200
2618	Asciano	Ombrone	204	707880	4790420
2620	Monte_Oliveto	Ombrone	401	706775	4783585
2622	Percenna	Ombrone	208	702770	4779480
2630	Radda_in_Chianti	Ombrone	475	693210	4818300
2631	S-Maria_di_Radda	Ombrone	481	692480	4817500
2640	Vagliagli	Ombrone	511	689954	4812132
2642	Madonna_a_Brolio	Ombrone	445	698880	4810000
2658	Corsignano	Ombrone	410	690100	4807340
2660	Siena_Poggio_al_Vento	Ombrone	348	687630	4799185
2670	Siena_Universita'	Ombrone	380	688975	4799420
2678	Ponte_a_Tressa	Ombrone	172	694350	4791960
2680	Taverne_d'Arbia	Ombrone	230	696015	4796425
2690	Monteroni_d'Arbia	Ombrone	160	696145	4790380
2692	Montauto_d'Arbia	Ombrone	267	702310	4786760
2700	Montalcino	Ombrone	564	703315	4769865
2701	Montalcino_auto	Ombrone	605	702941	4769466
2704	Murlo	Ombrone	314	694240	4781670
2710	Boccheggiano	Ombrone	664	665700	4773020

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
2720	Chiusdino	Ombrone	564	668760	4780355
2722	S-Galgano	Ombrone	339	675340	4780210
2730	Travale_II	Ombrone	397	666790	4784880
2732	Montalcinello	Ombrone	377	669101	4785029
2740	Cotorniano_(Fattoria)	Ombrone	530	673760	4790520
2742	Monticiano	Ombrone	360	677483	4778821
2750	Rosia	Ombrone	205	680400	4790830
2758	S-Colomba	Ombrone	358	680732	4799437
2760	Sovicille	Ombrone	260	680890	4794500
2761	Sovicille_auto	Ombrone	226	681233	4793358
2762	Bagnaia	Ombrone	246	688340	4787740
2765	S-Lorenzo_a_Merse	Ombrone	221	684893	4779883
2770	Tocchi	Ombrone	380	684125	4778325
2772	Ornate	Ombrone	160	686900	4777130
2780	Torniella	Ombrone	442	675405	4771445
2790	Pari	Ombrone	363	689030	4770680
2800	Monte_Antico	Ombrone	76	692410	4761625
2820	Spineta	Ombrone	609	732160	4759110
2822	Pietre_Bianche	Ombrone	640	728380	4753920
2825	Campo_alle_Capanne	Ombrone	784	716325	4758725
2828	Castiglioncello_Trinoro	Ombrone	776	729460	4763890
2830	Campiglia_d'Orcia	Ombrone	737	717445	4758730
2840	S-Isabella	Ombrone	310	719820	4761850
2845	Gallina_auto	Ombrone	406	719528	4760715
2850	Podere_Pianotta	Ombrone	449	720340	4759530
2860	La_Foce	Ombrone	555	726585	4766515
2868	Monticchiello	Ombrone	463	721920	4772070
2870	Spedaletto	Ombrone	265	717085	4767600
2880	Pienza_(Madonnina)	Ombrone	499	718125	4773085
2881	Pienza_(Osservatorio)	Ombrone	499	718104	4772929
2882	Castiglion_d'Orcia	Ombrone	540	713320	4764850
2883	S-Quirico_d'Orcia	Ombrone	424	712180	4770800
2885	Montisi	Ombrone	413	715650	4781850
2886	Lucignano_d'Asso	Ombrone	380	710920	4778040
2887	Cosona	Ombrone	381	711840	4776720
2890	Monte_Amiata_Scalo	Ombrone	196	707660	4761490
2900	Castel_del_Piano	Ombrone	639	706920	4752060
2910	Vivo_d'Orcia	Ombrone	800	715630	4757000
2913	Monte_Amiata	Ombrone	1730	714300	4751900
2914	Casello_del_Guardiano	Ombrone	1380	712750	4752150
2916	S-Angelo_in_Colle	Ombrone	443	700660	4763240
2918	Cinigiano	Ombrone	324	695540	4751720
2919	Paganico_Pian_Colombaio	Ombrone	75	689550	4757695
2920	Paganico	Ombrone	71	686520	4756870
2930	Campagnatico	Ombrone	160	685900	4750520
2940	Granaione	Ombrone	84	690075	4744125
2941	Granaione_auto	Ombrone	104	688072	4741873
2950	Cana	Ombrone	502	698385	4741205
2952	Montorgiali	Ombrone	345	688250	4734320
2954	Istia	Ombrone	40	679360	4739200
2958	Poggio_Cavallo	Ombrone	39	678240	4737560
2960	Ponte_Tura	Ombrone	15	677355	4737095

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
2970	Alberese_Podere_129	Alberese	20	675610	4726770
2980	Alberese_Idraulico	Alberese	17	671080	4729020
2990	Collecchio	Uccellina	11	675870	4721070
3000	Talamone	Uccellina	1	677240	4714695
3004	Montiano	Osa	261	682330	4724160
3010	Poggio_Perotto	Osa	82	685065	4720545
3020	Roccalbegna	Albegna	525	705425	4740395
3022	Triana	Albegna	767	708480	4740580
3030	Petricci	Albegna	750	709480	4736985
3040	Capanne	Albegna	438	708405	4729045
3052	Usi	Albegna	371	701690	4733110
3054	Montemerano	Albegna	304	704370	4721980
3060	Pomonte	Albegna	193	698875	4724230
3070	Scansano	Albegna	500	691400	4729080
3080	Manciano	Albegna	443	708940	4717840
3090	Marsiliana	Albegna	120	692910	4712905
3092	Magliano_in_Toscana	Albegna	130	688120	4719060
3100	S-Donato	Albegna	19	682670	4711235
3102	Torre_Saline_d'Albegna	Albegna	1	680210	4707530
3109	Orbetello(*)	Argentario	1	681640	4700870
3110	Orbetello	Argentario	1	681025	4699970
3112	Porto_Ercole	Argentario	10	682000	4695750
3115	Monte_Argentario_(Semaf)	Argentario	97	671960	4699690
3122	Monte_Alzato	Argentario	47	691540	4704300
3124	Burano	Argentario	6	695150	4697940
3130	Capalbio	Argentario	209	699095	4703200
3140	Pescia_Fiorentina	Argentario	71	703850	4701890
3142	Pescia_Romana	Argentario	21	705440	4696720
3144	Gorgona	Gorgona	257	572460	4808920
3146	Capraia	Capraia	91	568920	4766750
3149	Montegrosso	Elba	348	614450	4745560
3150	Portoferraio_Citta'	Elba	25	609100	4741410
3160	Portoferraio_Orti	Elba	25	607060	4739810
3170	Portoferraio_Schiopparel	Elba	32	609865	4739240
3178	S-Martino	Elba	66	604820	4737970
3190	Poggio	Elba	240	596960	4738265
3200	Patresi_Mortigliano	Elba	120	591000	4737750
3202	Campo_alle_Serre	Elba	601	591500	4736500
3210	Monte_Capanne	Elba	960	595710	4736505
3220	Pino	Elba	65	593320	4734250
3230	S-Piero_in_Campo	Elba	226	599320	4734080
3250	Capoliveri	Elba	167	613100	4733510
3252	Porto_Azzurro	Elba	10	614230	4736140
3260	Rio_Elba	Elba	150	614695	4741425
3265	Pianosa	Pianosa	15	589970	4715830
3268	Giglio_(Semaforo)	Giglio	400	656620	4692380
3270	Giglio_(Castello)	Giglio	407	656610	4692450
3280	Poggio_Pagana_(Giglio)	Giglio	420	656325	4690850
3290	Giglio_(Franco)	Giglio	160	654475	4691350
3300	Campese_(Giglio)	Giglio	5	654825	4692190
21430	Castiglione_Chiaiese	Magra	300	541417	4901713
21450	Piazza	Magra	184	545433	4898037

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	Bacino	Quota [m s.l.m.]	E UTM [m]	N UTM [m]
21470	Levanto	Magra	2	549482	4890660
21520	La_Spezia	Magra	5	565546	4883395
21550	Montelungo_Superiore	Magra	817	571789	4922342
21590	Pontremoli	Magra	215	570563	4913071
21620	Rocca_Sigillina	Magra	480	575875	4913130
21630	Rocchetta_Nervina	Magra	225	566670	4909506
21640	Parana	Magra	695	568003	4903786
21660	Villafranca_Lunigiana	Magra	133	575983	4903874
21670	Iera	Magra	494	582562	4909508
21680	Bagnone	Magra	250	579927	4907624
21710	Bola_Di_Tresana	Magra	400	572054	4898275
21730	Matucaso	Magra	581	593272	4904097
21740	Turano	Magra	836	591994	4900376
21750	Arlia	Magra	385	589307	4902190
21770	Mazzola	Magra	380	589383	4896637
21780	Minucciano	Magra	792	596122	4891177
21790	Equi	Magra	300	592124	4891120
21820	Tendola	Magra	361	582796	4890996
21830	Novegino	Magra	55	574758	4894602
21840	Passo_Cento_Croci	Magra	1055	549273	4918430
21860	Varese_Ligure	Magra	347	547973	4914717
21890	Tavarone	Magra	603	544040	4907284
21900	Cembrano	Magra	439	546672	4911005
21910	Chiusola	Magra	630	555971	4911078
21920	S.Margherita	Magra	200	552059	4901789
21940	Baracca_Bracco	Magra	590	546751	4899897
21950	Sero'_Di_Zignago	Magra	630	558710	4901845
21970	Padivarna	Magra	80	561440	4894464
21990	Ricco'_Del_Golfo	Magra	143	561492	4888910
22000	Calice_AI_Cornoviglio	Magra	402	566711	4900070
22020	La_Foce	Magra	241	562861	4885220
22030	Sarzana	Magra	26	577531	4885377
30600	Santa_Fiora	Fiora	687	711356	4745814
30610	Selvena	Fiora	640	715674	4738537
30620	Sorano	Fiora	374	722809	4729321
30630	Pitigliano	Fiora	313	718869	4723816
30640	Ponte_S_Pietro	Fiora	180	713800	4710689
30650	Valentano	Fiora	541	731413	4716811
30660	Lago_Netti	Fiora	80	716788	4703192
30670	Canino	Fiora	229	726302	4705526
30680	Casa_Cant._Sampierotto	Fiora	130	723701	4701558
30690	Montalto_di_Castro	Fiora	46	713232	4729198
30700	S. Lorenzo Nuovo	Fiora	503	738123	4730283
30710	Bolsena	Fiora	348	744881	4725238
30720	Isola Bisentina	Fiora	328	738556	4718587
30730	Marta	Fiora	315	740911	4713523
30740	Tuscania	Fiora	166	736656	4700295
31800	Abbadia S.S.	Paglia	846	718105	4751089
31810	Piancastagnaio	Paglia	772	719847	4747372
31850	Pratolungo	Paglia	374	726578	4731635

Tabella A.2. Codici e nomi originali delle stazioni automatiche le cui serie storiche di misure sono unite con le stazioni tradizionali, di cui si riporta il codice e il nome di riferimento.

Codice stazione automatica	Stazione automatica	Codice di riferimento	Stazione di riferimento tradizionale
56	Pian della Fioba	55	Pian della Fioba
79	Retignano_auto	80	Retignano
114	Camaioere_auto	115	Camaioere_I_Frati
129	Torre_del_Lago_auto	130	Torre_del_Lago
139	Viareggio_auto	140	Viareggio
161	Capanne_di_Sillano_auto	160	Capanne_di_Sillano
177	Orto_di_Donna_auto	178	Orto_di_Donna
203	Villacollemandina_auto	200	Villacollemandina
221	Casone_Profecchia_auto	220	Casone_di_Profecchia
228	Alpe_S-Pellegrino_auto	230	S-Pellegrino_in_Alpe
241	Campagrina_auto	240	Campagrina
281	Fornovolasco_auto	280	Fornovolasco
299	Gallicano_auto	300	Gallicano
329	Palagnana_auto	330	Palagnana
339	Tereglio_auto	340	Tereglio
351	Boscolungo_auto	350	Boscolungo
359	Melo_auto	360	Melo
381	Pian_di_Novello_auto	380	Pian_di_Novello
393	Cutigliano_auto	392	Cutigliano
401	Selva_dei_Porci_auto	400	Selva_dei_Porci
421	Monte_Oppio_auto	420	Monte_Oppio
431	S-Marcello_Pist_auto	430	S-Marcello_Pistoiese
441	Prunetta_auto	440	Prunetta
481	Borgo_a_Mozzano_auto	480	Borgo_a_Mozzano
483	Convalle_auto	484	Convalle
494	Gombitelli_auto	495	Gombitelli
501	Mutigliano_auto	500	Mutigliano
512	Lucca_auto	510	Lucca
519	Vorno_auto	518	Vorno
521	Ripafratte_auto	520	Ripafratte
544	Pisa_(Fac_Agraria)_auto	540	Pisa_(Facolta'_Agraria)
571	Vallucciole_auto	570	Vallucciole
581	Stia_automatica	580	Stia
591	Montemignaio_auto	590	Montemignaio
601	Ortignano_auto	600	Ortignano
611	Camaldoli_auto	610	Camaldoli
621	Badia_Prataglia_auto	620	Badia_Prataglia
626	Bibbiena_auto	630	Bibbiena_(Pod_Tripoli)
639	La_Verna_auto	640	La_Verna
651	Salutio_auto	650	Salutio
701	Capezzine_auto	700	Capezzine
721	Bettolle_auto	720	Bettolle
741	Monte_S-Savino_auto	740	Monte_S-Savino
751	Cortona_auto	750	Cortona
761	Castiglion_Fiorentino_au	760	Castiglion_Fiorentino
771	Arezzo_auto	770	Arezzo
799	Laterina_auto	800	Laterina
811	Badia_Agnano_auto	810	Badia_Agnano
831	Nusenna_in_Chianti_auto	830	Nusenna_in_Chianti
845	Montevarchi_auto	844	Montevarchi_Citta'
861	Villa_dell'Olio_auto	860	Villa_dell'Olio
869	Renacci_(Fattoria)_auto	870	Renacci_(Fattoria)
881	Pian_di_Sco'_auto	880	Pian_di_Sco'
891	Il_Palagio_auto	890	Il_Palagio

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice stazione automatica	Stazione automatica	Codice di riferimento	Stazione di riferimento tradizionale
901	Vallombrosa_auto	900	Vallombrosa
911	Cavallina_auto	910	Cavallina
916	Monte_di_Fo'_auto	915	Monte_di_Fo'
931	Ponte_a_Olmo_auto	930	Ponte_a_Olmo
941	Vaglia_auto	940	Vaglia
951	S-Piero_a_Sieve_auto	950	S-Piero_a_Sieve
961	S-Agata_di_Mugello_auto	960	S-Agata_di_Mugello
979	Razuolo_auto	980	Razuolo
991	Ronta_auto	990	Ronta
999	Borgo_S-Lorenzo_auto	1000	Borgo_S-Lorenzo
1011	Villore_auto	1010	Villore
1029	Dicomano_auto	1030	Dicomano
1041	Consuma_auto	1040	Consuma
1052	Nave_di_Rosano_auto	1050	Nave_di_Rosano
1059	S-Brigida_all'Opaco_auto	1060	S-Brigida_all'Opaco
1095	Firenze_Genio_Civ_auto	1090	Firenze_Ximeniano
1129	Ferrone_auto	1130	Ferrone
1141	Antella_auto	1140	Antella
1151	Cantagallo_auto	1150	Cantagallo
1161	Gavigno_auto	1160	Gavigno
1171	Vernio_auto	1170	S-Quirico_di_Vernio
1181	Vaiano_auto	1180	Vaiano
1189	Le Croci Calenzano	1190	Le_Croci_di_Calenzano
1201	Calenzano_auto	1200	Calenzano
1205	Prato_Universita_auto	1210	Prato_Galceti
1249	Cireglio_auto	1250	Cireglio
1253	Montagnana_auto	1252	Montagnana
1261	Pontelungo_(PT)_auto	1260	Pistoia
1269	La_Ferruccia_auto	1270	La_Ferruccia
1273	Fattoria_lavello_auto	1274	Fattoria_lavello
1281	TOS10001281 - La Rugea II	1280	La_Rugea
1311	Tenuta_del_Corno_auto	1310	Tenuta_del_Corno
1352	Empoli_auto	1362	Empoli
1371	Vinci_auto	1370	Vinci
1379	Simignano_auto	1380	Simignano
1391	Casole_d'Elsa_auto	1390	Casole_d'Elsa
1411	Poggibonsi_auto	1410	Poggibonsi
1419	S-Gimignano_auto	1420	S-Gimignano
1431	Certaldo_auto	1430	Certaldo
1451	Castelfiorentino_auto	1450	Castelfiorentino
1491	S-Miniato_(Cim)_auto	1490	S-Miniato_(Cimitero)
1521	Marti_auto	1520	Marti
1561	Serra_Pistoiese_auto	1560	Serra_Pistoiese
1601	Montecatini_Terne_auto	1600	Montecatini_Terne
1629	Castelmartini_auto	1630	Castelmartini
1664	Volterra_auto	1660	Volterra
1679	La_Madonnina_auto	1680	La_Madonnina
1711	Orciatice_auto	1710	Orciatice
1751	Ghizzano_Pecciolli_auto	1750	Ghizzano_di_Pecciolli
1781	Casciana_Terne_auto	1780	Casciana_Terne
1791	S-Giovanni_Vena_auto	1790	S-Giovanni_alla_Vena
1801	Monte_Serra_auto	1800	Monte_Serra
1831	Coltano_auto	1830	Coltano
1849	Segromigno_Monte_auto	1850	Segromigno_Monte

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice stazione automatica	Stazione automatica	Codice di riferimento	Stazione di riferimento tradizionale
1861	Montecarlo_auto	1860	Montecarlo
1889	Orentano_auto	1890	Orentano
1916	Cenaia_auto	1915	Cenaia
1921	Lorenzana_auto	1920	Lorenzana
2011	Miemo	2210	Miemo
2071	TOS01002071 - Gerfalco	2070	Gerfalco
2115	TOS01002115 - Ponzano	2114	Ponzano
2131	TOS01002131 - Montecatini_VC	2130	Montecatini_V-Cecina
2161	Libbiano_auto	2160	Libbiano
2171	TOS01002171 - Canneto	2170	Canneto
2231	TOS01002231 - Riparbella	2230	Riparbella
2309	TOS01002309 - Sasso Pisano	2310	Sasso Pisano
2331	TOS01002331 - Serrazzano	2330	Serrazzano_Paese
2351	TOS01002351 - Lago	2350	Lago
2361	TOS01002361 - Lustignano	2360	Lustignano
2371	Monterotondo_auto	2370	Monterotondo
2381	TOS01002381 - Sassetta	2380	Sassetta
2469	Massa_Marittima_auto	2471	Massa_Marittima
2551	Caldana_auto	2550	Caldana
2613	Monistero_d'Ombrone_auto	2612	Monistero_d'Ombrone
2643	Madonna_a_Brolio_auto	2642	Madonna_a_Brolio
2689	Monteroni_d'Arbia auto	2690	Monteroni_d'Arbia
2733	Montacinello_auto	2732	Montalcinello
2766	S-Lorenzo_a_Merse_auto	2765	S-Lorenzo_a_Merse
2781	Torniella_auto	2780	Torniella
2789	Pari_auto	2790	Pari
2801	Monte_Antico_auto	2800	Monte_Antico
2819	Spineta_auto	2820	Spineta
2869	Monticchiello_auto	2868	Monticchiello
2888	Montisi_auto	2885	Montisi
2901	TOS03002901 - Castel del Piano	2900	Castel_del_Piano
2921	Paganico_auto	2920	Paganico
2949	Cana_auto	2950	Cana
2961	Ponte_Tura_auto	2960	Ponte_Tura
3011	Poggio_Perotto_auto	3010	Poggio_Perotto
3019	Roccalbegna_auto	3020	Roccalbegna
3041	Capanne_auto	3040	Capanne
3053	Usi_auto	3052	Usi
3071	Scansano_auto	3070	Scansano
3079	Manciano_auto	3080	Manciano
3089	Marsiliana_auto	3090	Marsiliana
3099	S-Donato_auto	3100	S-Donato
TOS09001080	Pontremoli depuratore	21590	Pontremoli
TOS09001088	Rocca Sigillina	21620	Rocca_Sigillina
TOS09001110	Parana	21640	Parana
TOS09001120	Villafranca	21660	Villafranca_Lunigiana
TOS09001130	Iera	21670	Iera
TOS09000015	Bagnone	21680	Bagnone
TOS09001180	Turano - Pieve S. Paolo	21740	Turano
TOS09001200	Mazzola	21770	Mazzola
TOS09001210	Minucciano	21780	Minucciano
TOS09001220	Equi Terme	21790	Equi
TOS09001230	Tendola	21820	Tendola
30631	Ponte Pitigliano	30630	Pitigliano

Tabella A.3. Statistiche delle stazioni utilizzate nell'analisi con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 30 anni.

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
10	Marinella	1938	2000	50	71.6	0.28	127.0
30	Castelpoggio	1939	1985	37	97.9	0.27	170.0
40	Carrara	1922	2010	68	94.7	0.46	303.8
50	Casania	1927	1999	60	120.8	0.30	220.0
60	Massa	1924	2009	78	80.4	0.36	178.4
80	Retignano	1931	2012	62	117.8	0.39	300.4
90	Pietrasanta	1925	2010	65	80.7	0.40	204.2
100	Forte_dei_Marmi	1957	2001	44	84.1	0.39	204.8
110	Camaione	1951	1986	36	88.3	0.37	210.5
130	Torre_del_Lago	1954	2012	50	71.4	0.45	167.2
140	Viareggio	1921	2012	80	74.0	0.42	193.0
150	Migliarino_Pisano	1953	1986	33	60.4	0.35	152.6
160	Capanne_di_Sillano	1924	2012	65	86.8	0.33	180.0
170	Sillano	1924	1980	50	73.7	0.31	146.6
178	Orto_di_Donna	1924	2012	42	197.7	0.29	300.0
180	Gramolazzo	1954	2000	45	120.0	0.35	215.0
190	Vagli_di_Sotto_(Diga)	1955	1999	43	125.1	0.27	227.0
200	Villacollemandina	1925	2012	80	88.0	0.37	200.4
210	Pontecosi	1923	2009	76	102.9	0.39	244.4
220	Casone_di_Profecchia	1958	2012	39	128.0	0.30	220.0
230	S-Pellegrino_in_Alpe	1921	2012	41	86.5	0.37	162.0
240	Campagrina	1935	2012	67	189.8	0.27	345.4
250	Isola_Santa	1954	2010	56	150.7	0.30	340.0
260	Torrite	1958	1992	35	115.8	0.37	242.2
270	Castelnuovo_Garfagnana	1919	2002	79	106.7	0.45	346.6
280	Fornolasco	1935	2012	60	148.1	0.35	314.8
290	Polla_dei_Gangheri	1967	2001	34	122.3	0.33	221.8
300	Galliciano	1930	2012	70	118.8	0.42	320.6
320	Coreglia	1937	1983	35	90.5	0.43	189.0
330	Palagnana	1921	2012	78	151.0	0.32	300.0
340	Tereglio	1926	2012	58	91.3	0.29	159.0
350	Boscolungo	1921	2012	78	154.7	0.33	294.1
360	Melo	1929	2012	71	132.6	0.30	265.0
370	Porrino	1930	2001	58	124.6	0.32	260.0
380	Pian_di_Novello	1966	2012	42	142.0	0.29	270.0
390	Frassa	1930	2000	62	147.0	0.24	230.0
392	Cutigiano	1921	2012	39	121.9	0.30	225.0
400	Selva_dei_Porci	1951	2012	59	99.6	0.35	208.0
410	Sperando	1930	1993	54	94.0	0.30	176.0
420	Monte_Oppio	1966	2012	33	123.1	0.32	215.2
430	S-Marcello_Pistoiese	1921	2012	89	96.9	0.31	192.2
440	Prunetta	1925	2012	67	113.4	0.30	207.0
450	Casabasciana	1958	1990	33	89.5	0.34	184.0
460	Limano	1940	1984	37	86.9	0.27	138.2
470	Bagni_di_Lucca	1955	2010	51	89.6	0.32	216.0
480	Borgo_a_Mozzano	1921	2012	83	92.4	0.33	219.0
484	Convalle	1925	2012	32	124.9	0.35	229.8
490	Vinchiana	1930	1999	51	92.2	0.36	157.5
500	Mutigliano	1934	2012	70	85.9	0.41	222.6
510	Lucca	1916	2010	70	80.6	0.41	273.2

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
518	Vorno	1919	2012	37	83.2	0.48	202.8
520	Ripafra	1971	2012	39	76.1	0.37	138.8
530	Asciano_Pisano	1922	2010	57	76.1	0.44	202.2
540	Pisa_(Facolta'_Agraria)	1922	2012	90	71.7	0.53	255.6
550	S-Rossore	1933	2010	62	66.4	0.43	148.0
570	Vallucchiole	1921	2012	71	69.9	0.39	176.0
580	Stia	1921	2012	75	55.1	0.40	167.0
590	Montemignaio	1921	2012	76	88.2	0.34	232.0
600	Orignano	1938	2012	61	75.7	0.43	190.9
610	Camaldoli	1916	2012	85	79.1	0.31	183.2
620	Badia_Prataglia	1921	2012	75	79.4	0.35	168.2
625	Pollino	1937	1979	32	60.8	0.36	127.0
630	Bibbiena_(Pod_Tripoli)	1924	2012	34	63.9	0.31	100.0
640	La_Verna	1924	2012	75	66.4	0.30	135.6
650	Salutio	1966	2012	45	72.6	0.28	140.2
660	Citta'_della_Pieve	1921	2000	70	68.0	0.59	270.1
670	Villastrada_umbra	1921	1999	68	54.8	0.51	174.3
680	Chianciano	1934	2001	54	49.0	0.37	123.6
690	Montepulciano	1926	2008	76	47.2	0.32	88.0
700	Capezzine	1921	2012	81	46.2	0.41	123.3
710	Abbadia_di_Montepulciano	1961	2000	39	44.6	0.29	81.0
720	Bettolle	1933	2012	71	45.5	0.35	129.8
730	Foiano_della_Chiana	1916	2000	70	43.9	0.41	150.0
740	Monte_S-Savino	1916	2012	79	50.8	0.36	123.2
750	Cortona	1925	2012	86	50.4	0.45	155.0
760	Castiglion_Fiorentino	1916	2012	82	45.5	0.54	226.4
770	Arezzo	1916	2012	84	53.9	0.29	118.0
790	Puglia	1953	2000	45	54.7	0.34	117.7
800	Laterina	1935	2012	65	56.6	0.37	124.8
810	Badia_Agnano	1925	2012	80	62.9	0.64	338.7
830	Nusenna_in_Chianti	1935	2012	58	70.3	0.36	194.0
844	Montevarchi_Citta'	1916	2012	86	56.7	0.39	179.4
850	S-Giovanni_Valdarno	1971	2002	30	52.6	0.36	107.4
860	Villa_dell'Olio	1936	2012	62	61.4	0.45	195.6
870	Renacci_(Fattoria)	1937	2012	61	54.6	0.51	192.6
880	Pian_di_Sco'	1925	2012	74	63.9	0.51	210.4
890	Il_Palagio	1953	2012	60	56.8	0.42	152.6
900	Vallombrosa	1916	2012	89	72.6	0.37	158.4
910	Cavallina	1934	2012	63	74.1	0.38	175.3
915	Monte_di_Fo'	1980	2012	30	71.3	0.27	109.4
918	S-Lucia_Ostale	1927	1971	30	71.4	0.28	140.0
930	Ponte_a_Olmo	1957	2012	56	66.0	0.27	110.0
940	Vaglia	1951	2012	55	69.1	0.31	172.0
950	S-Piero_a_Sieve	1934	2012	69	63.2	0.40	163.0
960	S-Agata_di_Mugello	1921	2012	78	64.8	0.40	205.3
970	Vetta_alle_Croci	1935	2001	34	61.6	0.29	127.0
980	Razuolo	1959	2012	53	69.2	0.28	151.8
990	Ronta	1921	2012	73	61.8	0.29	128.6
1000	Borgo_S-Lorenzo	1916	2012	72	61.2	0.33	135.8
1010	Villore	1934	2012	66	67.3	0.39	159.3

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
1020	Castagno	1935	2000	55	70.6	0.40	193.0
1030	Dicomano	1935	2012	60	60.8	0.31	131.6
1040	Consuma	1926	2012	70	68.7	0.33	168.0
1050	Nave_di_Rosano	1933	2008	59	58.1	0.47	196.1
1060	S-Brigida_all'Opaco	1929	2012	67	62.7	0.31	115.2
1070	Fiesole	1922	1998	64	56.8	0.48	174.2
1080	Firenze_Idrografico	1923	1983	54	52.9	0.42	128.2
1090	Firenze_Ximeniano	1951	2012	60	56.5	0.39	131.6
1100	Bagno_a_Ripoli	1935	1994	42	55.1	0.46	139.8
1120	Greve_in_Chianti	1916	2006	65	62.7	0.40	173.2
1130	Ferrone	1951	2012	56	53.3	0.42	139.4
1140	Antella	1936	2009	61	56.1	0.36	124.8
1150	Cantagallo	1921	2012	81	100.9	0.28	199.8
1160	Gavigno	1922	2012	66	109.6	0.38	274.0
1170	S-Quirico_di_Vernio	1934	2012	61	87.9	0.31	144.2
1180	Vaiano	1925	2012	67	68.8	0.31	135.2
1190	Le_Croci_di_Calenzano	1936	2012	58	70.1	0.29	136.0
1200	Calenzano	1953	2012	49	55.8	0.35	118.8
1210	Prato_Galceti	1979	2012	34	60.4	0.31	110.0
1220	Sesto_Fiorentino	1930	2008	35	50.4	0.31	86.3
1230	Prato_in_Toscana	1917	1998	69	60.1	0.35	129.6
1240	Piteccio	1916	2007	71	87.5	0.38	196.6
1250	Cireglio	1935	2012	65	116.4	0.32	211.0
1260	Pistoia	1922	2012	65	76.5	0.29	131.6
1270	La_Ferruccia	1925	2012	58	66.5	0.31	130.0
1274	Fattoria_lavello	1935	2012	41	79.9	0.33	155.7
1280	La_Rugea	1951	2008	50	66.2	0.33	136.0
1290	Piazza_in_Chianti	1921	1992	54	57.6	0.41	188.5
1300	S-Andrea_in_Fabbrica	1957	2005	44	50.9	0.36	131.0
1310	Tenuta_del_Corno	1937	2012	55	61.3	0.34	126.6
1320	S-Martino_a_Carcheri	1923	1990	53	57.5	0.46	180.0
1330	Bonazza	1951	1982	31	56.2	0.38	120.0
1340	Montespertoli	1923	1986	49	54.0	0.44	145.8
1362	Empoli	1921	2010	75	55.5	0.36	114.4
1370	Vinci	1916	2012	69	59.1	0.37	143.0
1380	Simignano	1928	2012	70	67.9	0.44	195.0
1390	Casole_d'Elsa	1921	2012	72	56.6	0.41	142.1
1400	Colle_Val_d'Elsa	1923	1998	71	58.4	0.58	225.0
1410	Poggibonsi	1918	2012	75	53.6	0.42	149.2
1420	S-Gimignano	1921	2012	75	52.1	0.36	116.4
1430	Certaldo	1916	2012	85	51.7	0.37	122.8
1440	Gambassi	1928	1999	58	59.3	0.34	117.7
1450	Castelfiorentino	1921	2012	71	54.5	0.34	117.0
1470	S-Chiara	1941	2000	45	51.4	0.39	130.0
1480	Meleto	1935	2000	43	60.9	0.39	131.4
1490	S-Miniato_(Cimitero)	1916	2012	81	62.4	0.40	156.0
1500	Fattoria_Scaletta	1962	2010	48	62.9	0.43	160.0
1510	S-Giovanni_Corazzano	1916	2010	82	61.7	0.37	153.0
1520	Marti	1921	2012	74	59.7	0.30	98.0
1530	S-Gervasio	1936	1984	40	53.2	0.32	94.6

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
1540	Boveglio	1926	1989	51	101.2	0.26	160.0
1550	Stiappa	1926	2010	73	100.5	0.26	165.2
1560	Serra_Pistoiese	1957	2012	56	91.1	0.25	160.4
1570	Vellano	1916	2010	77	84.8	0.32	218.0
1580	Pescia	1916	2005	84	71.0	0.31	143.6
1590	Ponte_Buggianese	1919	1998	66	69.0	0.40	162.2
1600	Montecatini_Terne	1935	2012	65	74.2	0.39	238.6
1610	Marliana	1921	2003	70	82.4	0.32	221.8
1620	Monsummano	1916	1987	61	68.1	0.39	166.4
1630	Castelmartini	1926	2012	76	62.1	0.36	129.6
1650	Stabbia	1926	2000	62	61.5	0.32	114.0
1660	Volterra	1923	2012	42	62.9	0.51	159.5
1662	Volterra_(Ospedale)	1922	1979	32	58.7	0.44	140.6
1680	La_Madonnina	1973	2012	36	45.0	0.27	79.4
1710	Orciatice	1921	2012	74	66.8	0.43	190.7
1720	Laiatico	1954	2010	48	57.9	0.41	133.4
1730	Terricciola	1916	1995	57	52.0	0.37	104.0
1742	Cedri	1921	1972	38	57.6	0.31	107.5
1750	Ghizzano_di_Peccoli	1974	2012	39	57.3	0.40	129.8
1760	Legoli	1951	2010	51	53.0	0.46	167.2
1770	Villa_Saletta_(Fogliano)	1954	2001	42	55.0	0.35	108.6
1780	Casciana_Terne	1936	2012	61	64.0	0.38	157.0
1790	S-Giovanni_alla_Vena	1937	2008	62	63.0	0.30	112.0
1800	Monte_Serra	1956	2012	36	76.6	0.32	150.0
1810	Montemagno	1922	1990	56	69.4	0.40	150.6
1830	Coltano	1923	2012	73	70.7	0.38	145.2
1850	Segromigno_Monte	1916	2012	72	76.4	0.34	177.3
1860	Montecarlo	1926	2012	42	64.3	0.24	100.2
1870	Chiesina_di_Padule	1970	2001	31	72.5	0.30	118.0
1880	Massa_Macinaia	1970	2002	33	73.1	0.31	142.0
1890	Orentano	1916	2012	73	66.3	0.33	121.6
1892	Castelvecchio	1916	1955	30	72.5	0.31	139.0
1900	Staffoli	1951	1996	45	67.2	0.35	130.8
1910	Pontedera	1916	1985	55	68.6	0.53	217.5
1912	Latignano	1916	1965	36	66.0	0.54	230.2
1920	Lorenzana	1921	2012	77	61.1	0.39	150.0
1930	Parrana_S-Martino	1951	1999	48	75.5	0.39	165.9
1940	Nugola	1934	2010	66	69.2	0.43	177.8
1950	Mortaiolo	1951	1999	46	67.9	0.30	117.2
1960	Livorno	1916	1997	70	66.3	0.52	195.8
1970	Quercianella	1916	2003	73	69.3	0.42	162.3
1980	Nibbiaia	1951	1999	49	71.6	0.35	130.0
1990	Casacce	1951	2010	54	59.5	0.37	148.8
2000	S-Luce	1922	2003	55	61.4	0.50	224.5
2010	Castelnuovo_Misericordia	1956	2010	45	71.5	0.29	139.6
2015	Castellina_Marittima	1921	1998	40	76.0	0.37	153.3
2030	Quercioletta	1974	2010	36	65.2	0.51	194.0
2040	Terriccio	1935	1997	51	72.5	0.41	159.0
2072	Travale	1921	1965	33	77.4	0.67	320.0
2080	Anqua	1935	2010	59	74.1	0.48	187.9

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
2090	Radicondoli	1923	1983	48	60.2	0.41	126.8
2100	Castelnuovo_V-Cecina	1921	2010	71	67.9	0.41	165.0
2110	Larderello	1916	1999	62	67.1	0.38	157.0
2120	Saline_di_Volterra	1935	2000	57	61.9	0.29	97.3
2130	Montecatini_V-Cecina	1935	2012	56	68.3	0.39	182.0
2140	Cacciatina	1940	1999	47	59.5	0.29	98.5
2150	Ponteginori	1939	2010	44	54.5	0.38	109.2
2170	Canneto	1935	2012	53	70.8	0.47	254.0
2180	Sassa	1922	1990	59	78.6	0.70	410.0
2190	Querceto	1939	1984	35	62.2	0.39	138.0
2210	Miemo	1929	2012	62	71.6	0.45	181.0
2220	Montescudaio	1935	2000	59	65.8	0.35	135.0
2230	Riparbella	1921	2012	79	62.5	0.42	160.0
2240	Cecina	1921	1999	46	64.7	0.48	156.2
2251	Bibbona	1930	1991	52	65.0	0.51	204.0
2260	Castelluccio	1956	2003	41	58.7	0.63	258.8
2270	Castagneto_Carducci	1922	2010	66	65.8	0.38	196.0
2282	S-Vincenzo	1935	2008	31	67.7	0.66	258.0
2290	S-Carlo_Solvay	1940	2010	58	67.9	0.53	280.0
2300	Populonia	1951	2010	55	60.4	0.53	176.0
2310	Sasso_Pisano	1916	2012	71	77.5	0.51	290.0
2330	Serrazzano_Paese	1941	2012	40	67.9	0.35	145.4
2340	Serrazzano_Centrale	1916	1995	58	72.5	0.39	172.5
2350	Lago	1921	2012	61	63.7	0.38	155.0
2360	Lustignano	1921	2012	58	62.5	0.46	174.2
2370	Monterotondo	1917	2012	80	63.7	0.39	152.6
2380	Sassetta	1936	2012	54	73.5	0.50	290.0
2410	Suvereto	1921	2003	65	60.8	0.47	202.6
2430	Venturina	1924	2010	50	58.4	0.44	150.8
2432	Casello_di_Cornia	1916	1967	38	62.9	0.66	237.2
2460	Follonica	1916	2009	81	52.9	0.49	181.0
2471	Massa_Marittima	1922	2012	75	68.1	0.45	215.4
2480	Montebamboli	1935	1999	42	71.8	0.63	293.0
2490	Montioni	1924	1986	48	62.8	0.59	245.0
2500	Tesorino	1957	1999	39	66.0	0.52	223.3
2510	Scarlino	1916	2010	74	63.2	0.47	204.0
2520	Castel_di_Pietra	1935	2010	64	72.8	0.42	237.2
2524	Roccatederighi	1921	1962	30	71.2	0.35	132.0
2530	Roccastrada	1916	2010	79	65.7	0.51	214.0
2540	Lupo	1916	2003	73	70.5	0.54	290.0
2550	Caldana	1935	2012	65	69.5	0.41	170.2
2560	Tirli	1935	1997	51	64.1	0.40	153.0
2570	Batignano	1928	2007	67	63.0	0.57	268.4
2580	Acquisti	1936	2010	61	58.9	0.47	182.6
2590	Grosseto	1916	2010	91	57.5	0.58	291.8
2610	S-Leopoldo	1916	1999	66	54.2	0.56	225.3
2612	Monistero_d'Ombrone	1925	2012	35	66.2	0.44	159.2
2620	Monte_Oliveto	1935	2003	57	52.0	0.52	195.0
2630	Radda_in_Chianti	1953	2001	40	58.7	0.54	204.3
2642	Madonna_a_Brolio	1917	2012	39	62.4	0.48	180.0

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
2660	Siena_Poggio_al_Vento	1916	2001	59	62.1	0.48	200.9
2680	Taverne_d'Arbia	1935	1998	52	69.8	0.60	241.0
2690	Monteroni_d'Arbia	1936	2012	50	61.9	0.70	215.2
2700	Montalcino	1921	2008	75	53.1	0.36	131.8
2704	Murlo	1921	1968	34	69.4	0.59	250.0
2710	Boccheggiano	1922	1992	55	75.1	0.49	235.0
2720	Chiusdino	1935	1990	54	79.6	0.49	240.0
2740	Cotorniano_(Fattoria)	1936	1987	41	66.1	0.54	187.0
2750	Rosia	1927	1999	52	77.7	0.57	241.2
2760	Sovicille	1935	1986	42	69.5	0.49	220.2
2780	Torniella	1925	2012	74	83.2	0.53	280.0
2790	Pari	1925	2012	72	69.9	0.50	230.0
2800	Monte_Antico	1921	2012	74	65.1	0.41	191.8
2820	Spineta	1921	2012	72	69.3	0.48	224.0
2840	S-Isabella	1954	1987	34	48.4	0.31	99.5
2850	Podere_Pianotta	1932	1996	46	58.6	0.30	102.6
2860	La_Foce	1937	2010	62	51.0	0.38	120.0
2868	Monticchiello	1937	2012	31	50.4	0.33	88.1
2870	Spedaletto	1937	1998	41	44.5	0.32	89.6
2880	Pienza_(Madonnina)	1922	2010	54	45.1	0.32	82.0
2890	Monte_Amiata_Scalo	1927	1999	45	51.4	0.35	134.0
2900	Castel_del_Piano	1921	2012	91	63.6	0.35	171.8
2910	Vivo_d'Orcia	1921	2010	83	68.2	0.46	248.4
2920	Paganico	1935	2012	43	57.2	0.30	101.7
2930	Campagnatico	1921	1991	55	55.0	0.46	142.1
2940	Granaione	1939	1991	32	54.6	0.47	134.4
2950	Cana	1921	2012	55	71.7	0.43	174.4
2960	Ponte_Tura	1964	2012	48	58.9	0.46	144.8
2970	Alberese_Podere_129	1924	2010	63	60.0	0.44	166.4
2980	Alberese_Idraulico	1917	2001	62	61.2	0.57	217.0
2990	Collecchio	1932	1989	45	66.0	0.58	222.2
3000	Talamone	1951	1999	49	70.5	0.54	226.0
3010	Poggio_Perotto	1940	2012	50	64.7	0.65	246.4
3020	Roccalbegna	1920	2012	88	80.0	0.42	216.6
3030	Petricci	1921	1997	65	84.2	0.43	227.1
3040	Capanne	1921	2012	89	77.9	0.41	230.8
3052	Usi	1922	2012	54	76.3	0.46	247.2
3054	Montemerano	1920	1955	31	69.8	0.38	155.2
3060	Pomonte	1963	2003	40	57.8	0.43	151.8
3070	Scansano	1930	2012	59	74.7	0.37	175.0
3080	Manciano	1920	2012	81	75.3	0.54	261.5
3090	Marsiliana	1921	2012	71	69.5	0.41	180.8
3100	S-Donato	1951	2012	59	66.5	0.61	267.6
3110	Orbetello	1924	2002	64	62.0	0.47	205.2
3130	Capalbio	1921	1997	57	62.5	0.35	138.2
3142	Pescia_Romana	1921	1971	38	68.6	0.44	176.5
3144	Gorgona	1921	1968	33	61.4	0.44	165.0
3150	Portoferraio_Citta'	1930	1993	47	53.8	0.43	129.0
3170	Portoferraio_Schiopparel	1917	1982	39	59.3	0.48	168.2
3190	Poggio	1924	1992	54	81.5	0.38	188.4

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]	CV [-]	Max [mm]
3200	Patresi_Mortigliano	1956	2010	48	61.4	0.44	162.4
3230	S.Piero_in_Campo	1938	2003	50	58.8	0.46	141.4
3265	Pianosa	1929	1978	37	53.3	0.47	111.2
3290	Giglio_(Franco)	1955	1998	32	48.2	0.48	135.0
21430	Castiglione_Chivavese	1939	1975	34	94.9	0.40	197.6
21450	Piazza	1933	1975	35	90.5	0.46	272.6
21470	Levanto	1932	1975	42	85.6	0.48	231.0
21520	La_Spezia	1932	1974	41	89.2	0.28	156.0
21550	Montelungo_Superiore	1932	1975	43	107.3	0.37	253.0
21620	Rocca_Sigillina	1941	2012	37	110.2	0.41	278.4
21630	Rocchetta_Nervina	1934	1975	36	90.7	0.50	263.0
21640	Parana	1935	2012	45	146.0	0.28	282.4
21660	Villafranca_Lunigiana	1933	2012	41	120.4	0.36	256.0
21670	Iera	1932	2012	42	107.7	0.29	175.2
21680	Bagnone	1932	2012	46	108.0	0.35	225.0
21710	Bola_Di_Tresana	1935	1974	39	113.8	0.33	250.0
21730	Matucaso	1935	1975	41	88.8	0.42	190.8
21740	Turano	1934	2012	46	86.6	0.40	183.9
21750	Arlia	1934	1975	42	87.9	0.37	186.8
21770	Mazzola	1932	2012	33	83.9	0.39	165.0
21780	Minucciano	1942	2012	32	139.8	0.34	274.6
21790	Equi	1941	2012	30	110.8	0.33	191.0
21820	Tendola	1933	2012	33	88.8	0.37	162.0
21830	Novogino	1942	1975	30	98.5	0.42	198.0
21840	Passo_Cento_Croci	1933	1975	35	88.9	0.36	180.2
21860	Varese_Ligure	1934	1975	33	103.2	0.28	193.6
21900	Cembrano	1933	1975	40	115.0	0.32	264.1
21910	Chiusola	1935	1975	36	114.6	0.28	232.2
21920	S.Margherita	1932	1975	44	109.2	0.36	271.0
21950	Sero'_Di_Zignago	1934	1975	35	93.4	0.30	212.4
21990	Ricco'_Del_Golfo	1932	1975	43	123.0	0.37	249.9
22000	Calice_Al_Cornoviglio	1933	1975	43	110.3	0.34	268.0
22020	La_Foce	1932	1975	38	112.4	0.31	224.6
22030	Sarzana	1932	1975	44	86.0	0.37	185.0
30600	Santa_Fiora	1922	2001	67	86.3	0.36	180.0
30610	Selvina	1923	1985	44	91.0	0.36	222.5
30620	Sorano	1921	2010	35	84.5	0.36	168.8
30630	Pitigliano	1922	2010	64	70.3	0.42	197.4
30640	Ponte_S_Pietro	1963	1998	34	77.3	0.36	171.4
30650	Valentano	1921	2009	75	79.9	0.45	231.2
30660	Lago_Netti	1928	2010	44	82.7	0.56	319.0
30670	Canino	1921	2009	59	76.9	0.68	395.2
30690	Montalto_di_Castro	1921	2010	62	63.4	0.40	145.4
30700	S. Lorenzo Nuovo	1921	2009	81	78.9	0.48	325.0
30710	Bolsena	1921	2010	71	70.1	0.61	305.4
30720	Isola Bisentina	1921	1965	37	79.8	0.68	344.8
30730	Marta	1921	1998	39	76.1	0.51	245.0
30740	Tuscania	1921	2010	84	70.3	0.54	267.0
31800	Abbadia S.S.	1924	2010	51	84.9	0.33	162.8
31810	Piancastagnaio	1921	2010	59	75.3	0.35	157.0
31850	Pratolungo	1955	2002	31	87.1	0.42	198.2

RELAZIONE TECNICA FINALE

Tabella A.4. Statistiche delle stazioni con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 20 anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
10	Marinella	1938	1991	46	32.4	48.1	58.5	69.8	81.1	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	65.0	126.4	139.4	159.2	171.8
60	Massa	1928	2004	70	35.8	53.2	63.9	75.6	89.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	84.4	114.2	116.8	135.2	186.2
80	Retignano	1976	2012	36	38.8	64.6	82.6	109.8	132.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	78.4	170.2	214.6	387.4	400.6
115	Camaiore_I_Frati	1989	2012	24	36.7	60.2	70.3	82.6	99.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	67.2	132.0	153.0	167.0	186.6
122	Casa_Rossa	1948	1970	22	34.9	51.1	59.2	68.7	80.7	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	49.0	92.0	95.0	110.8	125.0
130	Torre_del_Lago	1954	2012	51	33.0	50.3	59.5	68.6	79.8	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	86.2	125.5	130.2	163.0	168.0
140	Viareggio	1945	2012	67	36.9	53.7	61.7	71.6	82.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	71.0	137.4	138.4	183.0	211.0
160	Capanne_di_Sillano	1981	2012	22	28.7	43.0	58.1	80.3	98.9	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	47.4	85.2	114.0	156.4	193.8
170	Sillano	1937	1981	40	25.3	37.6	48.5	63.8	84.8	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	48.0	78.2	102.4	141.0	157.0
178	Orto_di_Donna	1935	2012	42	46.6	76.5	111.5	157.2	206.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	118.2	169.6	232.0	294.6	332.6
200	Villacollemandina	1940	2012	66	26.4	40.6	54.6	74.9	96.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	50.0	95.0	168.0	196.2	207.6
210	Pontecosi	1955	2009	52	27.7	47.4	64.2	86.1	111.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	80.0	168.0	212.0	241.4	248.4
220	Casone_di_Profecchia	1959	2012	40	26.1	43.0	64.4	97.7	135.6	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	42.8	76.0	104.6	174.2	222.8
230	S-Pellegrino_in_Alpe	1955	2012	22	24.6	39.6	51.3	69.1	91.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	51.0	75.3	93.5	125.0	153.2
240	Campagrina	1959	2012	54	46.9	82.9	119.2	163.6	211.8	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	102.0	219.4	290.6	333.2	338.8
250	Isola_Santa	1952	2010	57	38.8	68.5	97.3	131.9	170.9	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	107.0	181.6	234.6	270.0	340.0
260	Torrite	1959	1994	35	30.2	53.3	72.2	99.5	126.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	60.0	135.0	140.8	199.6	263.0
280	Fornolasco	1936	2012	66	38.2	67.3	92.9	130.8	171.1	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	150.5	322.1	387.5	406.1	406.1
290	Polla_dei_Gangheri	1967	2002	34	33.4	55.1	76.6	101.4	131.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	58.4	92.0	127.0	157.4	241.0
300	Gallicano	1930	2012	77	32.1	55.0	75.4	99.3	128.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	60.0	145.0	190.0	268.0	354.0
330	Palagnana	1967	2012	46	36.9	63.9	93.1	126.7	159.9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	66.8	143.0	221.2	296.4	298.6
350	Boscolungo	1952	2012	60	30.3	57.2	85.9	130.3	177.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	57.4	105.8	142.4	216.7	339.1
370	Porrino	1931	2002	58	28.9	49.5	70.3	98.5	133.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	61.0	104.8	140.2	177.2	230.0
392	Cutigliano	1965	2012	20	28.9	49.2	71.6	104.3	136.9	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	53.4	70.0	111.6	165.4	212.6
400	Selva_dei_Porci	1948	2012	65	31.0	49.4	65.9	85.7	109.8	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	61.0	116.0	142.8	194.4	226.2
410	Sperando	1930	1993	60	29.1	46.2	61.2	79.7	102.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	48.2	87.0	129.0	162.4	205.6
430	S-Marcello_Pistoiese	1955	2012	57	26.5	44.3	60.9	81.6	105.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	50.0	105.6	170.2	176.8	195.0
440	Prunetta	1957	2012	55	30.6	50.4	70.8	98.6	132.1	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	83.7	147.5	187.9	224.7	236.1

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
460	Limano	1940	1986	43	26.4	41.7	54.7	73.2	98.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	62.0	129.0	158.6	161.0	192.8
470	Bagni_di_Lucca	1955	2010	50	27.5	44.2	58.9	75.9	95.0	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	80.0	125.2	130.2	146.4	153.4
480	Borgo_a_Mozzano	1939	2012	74	34.9	53.0	69.1	86.1	102.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	80.0	164.4	268.8	269.6	285.2
490	Vinchiana	1965	2000	33	30.2	47.1	60.2	74.0	90.8	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	70.2	97.8	124.0	149.0	153.2
495	Gombitelli	1968	2012	27	37.9	54.2	65.6	77.5	91.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	78.2	107.6	111.8	128.8	134.4
500	Mutigliano	1988	2012	24	31.3	55.0	69.8	84.6	98.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	53.3	122.5	125.0	180.0	211.8
510	Lucca	1933	2012	80	35.4	52.0	65.6	78.8	92.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	90.8	150.0	193.6	260.0	273.2
520	Ripafratta	1971	2012	38	35.2	50.2	59.5	70.2	84.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	103.4	131.6	138.0	138.8	142.6
530	Asciano_Pisano	1932	2010	73	33.7	48.7	60.0	70.2	79.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	82.2	117.4	149.0	198.0	204.6
540	Pisa_(Facolta'_Agraria)	1928	2012	79	34.9	48.8	60.2	70.7	82.0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	67.0	149.8	215.6	242.4	257.8
550	S-Rossore	1933	2010	60	27.9	41.5	50.0	58.1	69.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	53.2	102.0	143.0	158.6	158.6
580	Stia	1938	2012	65	23.6	32.6	41.3	51.3	61.8	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	49.0	71.0	94.0	126.6	207.0
591	Montemignaio_auto	1991	2012	22	30.8	46.0	59.2	74.2	95.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	59.6	93.4	107.2	120.4	155.4
601	Ortignano_auto	1991	2012	21	30.8	41.1	51.2	64.5	81.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	47.6	73.4	99.0	103.0	138.2
610	Camaldoli	1928	2012	77	26.0	39.2	51.0	66.9	87.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	50.0	81.0	103.0	139.4	209.0
621	Badia_Prataglia_auto	1992	2012	21	28.2	38.8	50.0	63.1	81.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	45.2	63.6	76.0	116.2	157.2
625	Pollino	1936	1979	40	21.4	31.6	42.7	55.6	68.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	47.4	76.6	88.2	95.2	109.4
630	Bibbiena_(Pod_Tripoli)	1928	2012	38	24.9	34.1	42.6	55.1	71.6	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	41.8	73.0	87.6	94.6	113.4
640	La_Verna	1937	2012	71	25.1	37.0	45.6	57.8	71.8	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	45.0	82.0	83.2	112.4	151.0
651	Salutio_auto	1992	2012	20	31.1	45.4	54.2	63.7	77.8	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	76.2	111.4	111.4	111.4	120.0
670	Villastrada_umbra	1930	1998	58	24.5	34.5	41.0	48.9	57.1	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	91.6	91.6	126.5	164.7	174.3
680	Chianciano	1934	2002	51	24.5	32.4	38.8	48.6	56.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	52.4	78.0	95.4	119.6	138.4
690	Montepulciano	1928	2008	53	23.3	32.7	38.2	44.0	51.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	53.8	81.5	82.0	110.2	124.5
700	Capezzine	1948	2012	62	23.8	31.0	35.4	39.8	47.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	53.4	77.0	84.8	84.8	97.8
720	Bettolle	1933	2012	71	22.2	29.7	34.8	41.5	50.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	46.0	58.4	73.0	101.0	130.8
730	Foiano_della_Chiana	1952	2002	47	20.1	26.7	31.4	40.6	49.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	39.6	52.0	77.0	130.0	153.0
741	Monte_S-Savino_auto	1992	2012	21	28.5	39.7	46.3	54.9	65.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	43.6	80.4	112.4	123.0	125.0
750	Cortona	1928	2012	82	25.3	33.2	39.2	46.7	56.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	51.0	68.0	91.6	129.6	163.3

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
761	Castiglion_Fiorentino_au	1992	2012	21	22.3	27.5	32.7	41.6	51.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	37.0	38.0	50.6	66.6	98.5
770	Arezzo	1928	2012	78	25.5	35.3	42.4	50.0	58.8	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	67.4	77.4	106.8	117.2	118.0
799	Laterina_auto	1992	2012	21	27.8	35.8	43.8	52.7	63.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	48.4	71.6	83.8	95.4	122.1
811	Badia_Agnano_auto	1992	2012	21	29.4	39.8	48.7	57.1	65.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	52.2	72.6	97.6	118.4	118.8
820	Fattoria_Migliarina	1975	1998	23	26.3	37.7	44.3	52.8	62.0	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	48.0	76.2	89.2	92.0	93.8
831	Nusenna_in_Chianti_auto	1992	2012	21	30.3	41.9	49.9	60.2	69.1	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	90.0	93.8	94.0	100.3	129.5
844	Montevarchi_Citta'	1928	2012	76	25.0	35.3	41.8	51.1	60.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	63.2	87.4	95.8	103.4	129.8
850	S-Giovanni_Valdarno	1971	2003	27	22.9	29.7	34.7	44.3	54.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	40.6	54.0	56.8	77.8	119.2
861	Villa_dell'Olio_auto	1992	2012	21	30.0	41.1	49.3	59.6	67.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	49.7	62.6	95.8	102.6	126.0
870	Renacci_(Fattoria)	1948	2012	59	25.1	35.8	43.2	52.9	60.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	80.0	143.0	145.2	155.0	227.0
881	Pian_di_Sco'_auto	1992	2012	21	33.0	46.4	53.9	61.7	71.0	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	59.8	80.6	90.8	99.6	131.0
891	Il_Palagio_auto	1992	2012	21	29.2	40.7	48.6	58.5	66.7	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	65.6	130.0	145.2	151.2	152.6
900	Vallombrosa	1930	2012	79	29.9	44.7	53.9	65.8	80.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	60.2	110.6	125.2	125.2	203.0
905	Rignano	1987	2010	22	24.9	37.3	45.2	52.0	60.8	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	38.8	73.8	88.4	92.4	94.0
911	Cavallina_auto	1992	2012	21	25.4	36.9	45.9	56.7	68.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	46.2	63.6	76.4	81.4	103.8
915	Monte_di_Fo'	1980	2012	31	28.1	42.2	52.2	66.7	87.8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	51.6	77.0	95.8	126.4	140.2
921	Mangona_auto	1992	2012	21	28.3	39.9	47.8	62.9	80.9	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	56.6	77.6	77.8	100.6	126.2
925	Marcoiano_auto	1992	2012	20	28.8	39.0	45.4	56.1	70.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	47.4	71.8	71.8	76.8	99.4
926	Le_Croci_(Barber)_auto	1992	2012	21	26.3	36.3	44.8	53.8	64.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	48.8	59.2	66.0	69.4	95.6
930	Ponte_a_Olmo	1957	2012	55	26.4	36.3	43.7	57.8	75.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	49.2	68.4	68.4	93.8	144.0
951	S-Piero_a_Sieve_auto	1992	2012	21	22.4	32.6	42.8	50.4	61.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	43.4	83.9	121.3	121.5	121.5
961	S-Agata_di_Mugello_auto	1992	2012	21	23.3	32.8	43.5	51.3	65.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	45.4	63.6	85.4	86.6	96.8
970	Vetta_alle_Croci	1968	2001	28	24.8	35.8	45.2	57.0	69.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	50.0	66.2	80.0	126.4	132.2
973	Montesenario	1936	1962	24	23.7	34.7	45.6	57.8	69.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	40.0	80.4	105.6	114.8	156.9
980	Razuolo	1959	2012	51	26.9	37.6	47.8	60.0	78.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	50.1	70.1	80.8	112.6	170.0
991	Ronta_auto	1992	2012	21	29.5	37.4	47.0	56.8	68.9	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	52.4	63.0	81.1	82.0	88.2
1000	Borgo_S-Lorenzo	1928	2012	76	25.6	35.8	45.3	56.3	67.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	57.0	79.0	109.2	134.4	150.4
1010	Villore	1971	2012	40	25.7	36.5	46.1	56.8	70.6	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	41.4	61.0	72.8	98.4	108.6

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
1050	Nave_di_Rosano	1937	2008	67	25.6	37.4	45.6	54.3	62.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	56.0	101.6	108.2	126.0	133.6
1060	S-Brigida_all'Opaco	1985	2012	20	24.1	34.7	45.3	54.9	65.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	46.4	61.0	71.0	78.4	110.8
1070	Fiesole	1941	1998	57	24.8	34.2	40.8	50.3	60.7	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	47.2	78.2	83.0	100.0	182.0
1080	Firenze_Idrografico	1928	1983	50	22.7	30.7	37.6	48.5	59.0	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	38.2	63.0	73.2	101.2	167.6
1090	Firenze_Ximeniano	1932	2012	69	28.7	37.8	43.8	52.4	60.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	65.9	93.0	105.8	106.0	173.4
1100	Bagno_a_Ripoli	1938	1983	44	24.8	32.7	39.0	48.7	56.1	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	60.0	113.6	116.2	121.6	180.0
1130	Ferrone	1951	2012	58	22.7	32.2	40.0	48.1	56.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	65.0	110.0	110.0	110.0	175.2
1140	Antella	1936	2010	63	23.9	35.6	42.7	51.6	61.1	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	82.0	92.0	107.0	117.8	164.8
1147	S-Colombano_auto	1992	2012	21	25.0	35.4	41.5	48.3	52.9	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	47.4	72.6	76.6	76.6	91.0
1150	Cantagallo	1940	2012	68	26.2	41.7	59.2	83.1	112.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	48.0	87.0	149.6	159.4	199.8
1170	S-Quirico_di_Vernio	1952	2012	53	27.2	40.9	58.1	78.3	100.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	65.4	113.5	135.0	135.2	152.4
1190	Le_Croci_di_Calenzano	1959	2012	52	25.9	37.7	47.6	58.2	73.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	53.4	93.2	101.4	101.4	151.0
1200	Calenzano	1965	2012	44	22.5	31.5	39.4	47.6	58.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	38.2	60.2	98.8	100.6	151.6
1210	Prato_Galceti	1979	2012	33	28.7	39.5	50.0	57.8	68.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	48.0	82.4	100.4	110.6	141.0
1215	S-Giusto_auto	1992	2012	21	28.2	37.1	42.7	51.8	60.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	44.4	65.4	71.2	77.6	108.6
1220	Sesto_Fiorentino	1976	2008	30	21.0	29.8	35.9	43.9	55.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	47.8	50.2	65.6	77.8	102.6
1225	Case_Passerini_auto	1992	2012	21	22.6	31.4	37.8	46.4	53.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	42.4	50.2	60.8	79.0	87.8
1230	Prato_in_Toscana	1928	2000	67	25.7	36.7	45.5	54.4	65.9	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	50.7	98.0	98.4	99.6	145.0
1240	Piteccio	1950	2007	53	29.2	47.0	64.1	83.8	105.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	69.8	121.0	160.6	185.0	200.6
1260	Pistoia	1929	2012	41	26.2	40.9	51.6	65.3	80.8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	47.8	74.4	100.4	114.6	184.0
1276	Olmi	1981	2010	26	25.6	37.7	47.1	55.8	66.9	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	42.4	74.4	85.6	100.6	131.0
1300	S-Andrea_in_Fabbrica	1975	2005	25	23.8	32.4	39.7	47.2	53.8	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	50.6	64.4	70.0	76.6	83.0
1362	Empoli	1928	2011	71	27.6	36.6	43.5	50.8	59.9	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	76.8	77.2	89.4	94.8	132.4
1390	Casole_d'Elsa	1980	2012	21	24.4	36.9	42.3	50.9	60.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	76.0	94.8	105.4	113.6	113.6
1410	Poggibonsi	1928	2012	75	26.0	35.0	41.2	48.8	58.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	77.4	96.2	100.6	110.4	162.0
1420	S-Gimignano	1933	2012	67	24.9	33.4	39.6	48.4	57.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	50.0	68.6	95.6	105.8	152.0
1430	Certaldo	1953	2012	56	23.8	33.5	38.7	46.3	55.0	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	53.4	108.8	117.8	119.2	139.0
1450	Castelfiorentino	1928	2012	73	24.7	33.5	40.8	48.9	57.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	65.0	83.4	111.4	119.2	140.0

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
1470	S-Chiara	1955	2000	39	23.7	31.9	38.7	46.0	54.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	57.2	82.8	124.0	129.2	140.4
1490	S-Miniato_(Cimitero)	1970	2012	38	28.7	39.6	48.4	58.0	67.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	52.0	103.6	118.9	124.8	137.2
1500	Fattoria_Scaletta	1974	2010	33	24.7	35.0	43.7	52.3	61.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	44.8	71.8	80.2	98.6	117.8
1530	S-Gervasio	1947	1984	36	27.4	37.2	42.2	49.3	59.1	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	46.0	68.6	77.2	79.2	97.0
1550	Stiappa	1940	2010	69	28.4	47.5	65.3	84.7	112.0	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	56.0	111.6	145.8	187.2	200.0
1560	Serra_Pistoiese	1956	2012	56	29.3	46.7	60.3	78.9	100.7	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	80.2	110.6	127.8	153.2	172.2
1570	Vellano	1957	2009	47	27.2	43.9	56.2	72.0	92.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	48.0	84.8	94.4	108.0	140.0
1580	Pescia	1928	2005	76	30.0	46.3	56.3	67.6	82.8	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	91.0	162.4	162.4	163.8	204.0
1600	Montecatini_Terne	1940	2012	70	28.6	43.3	52.6	63.4	76.8	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	63.0	140.0	195.4	203.6	242.8
1610	Marliana	1928	2003	57	28.7	44.4	56.6	70.7	89.1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	67.0	83.2	97.4	117.2	155.0
1620	Monsummano	1940	1987	47	27.1	38.9	48.5	58.1	71.9	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	82.0	129.0	158.4	163.2	166.8
1630	Castelmartini	1935	2012	73	28.6	40.2	49.2	58.5	69.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	69.2	83.0	91.0	125.6	160.0
1640	Spicchio	1934	1977	26	26.1	36.8	45.4	55.3	65.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	52.6	65.4	68.8	102.6	111.2
1660	Volterra	1928	2012	78	27.9	40.6	48.0	55.0	63.9	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	58.8	119.0	145.0	150.5	159.5
1680	La_Madonnina	1973	2012	32	23.3	33.0	37.8	43.9	51.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	55.4	71.0	74.4	75.6	114.4
1720	Laiatico	1954	2010	46	26.4	40.1	47.7	55.1	64.7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	55.0	98.5	120.2	146.8	189.4
1740	Castelfalfi	1965	2005	23	22.2	30.2	37.8	45.1	55.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	41.4	55.8	63.8	88.8	142.0
1750	Ghizzano_di_Pecciolli	1974	2012	36	27.3	39.6	46.3	54.4	61.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	54.4	86.6	114.6	128.2	158.2
1760	Legoli	1966	2010	41	23.1	35.3	41.9	48.6	56.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	70.8	144.6	162.4	166.6	167.2
1770	Villa_Saletta_(Fogliano)	1959	2002	39	29.1	39.6	45.2	53.6	63.0	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	77.4	87.0	100.5	108.4	112.6
1780	Casciana_Terne	1935	2012	63	31.0	44.2	52.0	59.1	67.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	68.8	114.8	140.8	152.4	157.0
1790	S-Giovanni_alla_Vena	1938	2008	64	30.0	43.2	50.8	58.7	68.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	67.2	96.8	105.6	137.6	140.6
1800	Monte_Serra	1955	2012	36	29.1	45.5	56.7	68.0	82.8	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	59.0	110.2	117.4	123.0	127.6
1830	Coltano	1929	2012	72	33.5	47.7	57.8	66.8	75.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	65.4	98.2	123.8	129.2	154.6
1850	Segromigno_Monte	1970	2012	28	28.9	46.6	57.9	68.4	79.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	48.2	97.0	119.4	130.0	140.2
1860	Montecarlo	1970	2012	26	28.6	42.0	52.5	61.5	71.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	72.2	80.4	94.8	95.2	103.6
1870	Chiesina_di_Padule	1970	2002	29	25.8	43.1	55.9	66.7	76.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	57.2	99.6	133.6	174.0	175.0
1880	Massa_Macinaia	1970	2003	31	27.2	43.8	54.2	67.6	83.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	53.4	87.6	125.4	143.4	157.2

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
1890	Orentano	1957	2012	39	27.4	40.3	49.9	60.3	72.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	55.6	88.8	98.0	103.4	120.2
1900	Staffoli	1969	1996	28	28.0	41.0	48.6	59.0	71.0	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	65.4	102.2	108.4	140.8	147.8
1940	Nugola	1936	2009	62	29.8	43.1	52.9	62.1	73.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	53.4	90.1	136.9	163.0	177.8
1960	Livorno	1933	1997	58	38.7	53.0	60.9	68.7	76.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	91.2	138.4	151.8	157.6	195.8
1990	Casacce	1959	2010	49	29.0	41.1	48.5	56.3	63.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	59.9	112.3	139.4	146.1	148.8
2000	S-Luce	1958	2003	42	28.0	40.6	47.5	54.0	64.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	75.6	83.0	104.8	111.8	116.8
2030	Quercioletta	1976	2010	28	26.6	47.5	56.9	65.0	73.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	61.6	149.0	177.8	191.2	194.4
2050	Vada_(Bonifica)	1942	2010	57	27.9	42.8	50.5	56.9	65.8	0.4	0.6	0.7	0.6	0.5	70.0	168.8	230.8	239.4	239.4
2060	Cecina_(Terriccio_Basso)	1979	2003	22	31.2	45.7	53.4	58.4	66.9	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	71.4	106.8	129.0	137.2	148.8
2070	Gerfalco	1975	2012	22	26.0	42.2	52.9	68.2	82.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	41.0	76.4	101.2	137.0	165.6
2080	Anqua	1976	2010	34	25.6	40.9	50.1	60.8	72.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	75.0	115.8	155.2	175.6	179.6
2100	Castelnuovo_V-Cecina	1979	2010	26	26.9	38.9	47.5	57.3	70.0	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	60.8	107.2	118.2	128.2	128.2
2110	Larderello	1931	2001	67	28.1	41.3	50.4	60.2	71.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	60.0	97.0	99.4	126.4	175.0
2150	Ponteginori	1940	2010	59	25.3	37.5	45.6	52.2	62.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	50.0	115.0	172.4	193.4	203.2
2160	Libbiano	1976	2012	23	24.7	36.2	41.1	46.7	54.8	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	55.0	91.0	91.0	91.0	91.0
2170	Canneto	1975	2012	34	26.2	38.2	46.4	55.4	66.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	52.0	72.4	97.4	106.0	121.4
2200	Mocaio	1956	1984	26	24.3	34.9	41.8	48.1	58.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	42.0	76.6	79.4	81.6	109.0
2210	Miemo	1967	2012	39	26.9	40.7	52.2	60.2	71.2	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4	44.2	98.8	149.0	154.8	155.6
2260	Castelluccio	1956	2003	36	27.0	40.8	47.2	55.6	67.0	0.6	1.0	0.9	0.7	0.6	100.0	258.8	258.8	258.8	258.8
2270	Castagneto_Carducci	1974	2010	35	27.2	43.3	49.7	57.0	69.8	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	48.5	110.0	122.0	124.4	202.8
2290	S-Carlo_Solvay	1949	2010	52	27.3	41.4	50.2	60.7	71.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	73.0	85.2	120.0	262.0	280.0
2300	Popolonia	1973	2010	32	25.6	38.2	43.9	52.8	60.0	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	62.8	97.8	97.8	105.6	139.0
2330	Serrazzano_Paese	1975	2012	30	28.4	45.7	53.6	63.3	74.7	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	77.0	143.6	145.4	145.4	145.4
2370	Monterotondo	1960	2012	48	31.5	45.8	54.0	63.1	75.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	70.0	100.0	187.0	189.4	204.0
2380	Sassetta	1975	2012	22	32.4	48.4	58.9	69.5	82.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	77.4	105.0	107.8	131.4	142.2
2390	Molino_del_Balzone	1975	2005	29	26.7	41.0	48.3	56.3	65.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	54.6	69.6	80.4	89.8	119.2
2410	Suvereto	1948	2005	56	27.9	40.7	48.3	56.4	64.1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	64.0	107.0	130.6	191.0	202.6
2420	Campiglia_Marittima	1978	2009	24	27.2	43.9	54.1	62.4	70.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	40.6	80.4	93.2	109.5	137.0

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
2430	Venturina	1928	2010	35	29.2	40.5	48.0	54.0	63.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	51.2	91.4	95.4	99.8	109.4
2460	Follonica	1965	2009	41	28.7	40.9	48.4	53.8	60.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	63.4	93.7	137.0	138.8	157.8
2471	Massa_Marittima	1950	2012	50	30.4	44.2	52.7	63.8	77.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	83.2	156.0	241.4	272.2	273.2
2480	Montebamboli	1971	1996	25	30.1	44.8	52.2	61.7	72.1	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	77.2	141.6	147.6	147.8	156.8
2520	Castel_di_Pietra	1956	2010	50	30.9	45.8	56.3	68.6	80.6	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	52.6	93.6	125.6	188.6	237.2
2530	Roccastrada	1928	2010	69	28.7	44.3	52.9	61.6	70.1	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	61.0	124.6	200.8	206.0	252.4
2560	Tirli	1970	1998	28	28.5	46.9	55.4	66.0	75.0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	76.0	126.0	145.0	160.8	178.2
2570	Batignano	1939	2007	58	28.7	40.4	47.3	55.9	67.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	71.8	109.6	110.4	183.0	335.0
2580	Acquisti	1936	2010	60	27.6	40.5	47.3	56.0	66.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	76.2	95.6	105.8	156.0	237.8
2590	Grosseto	1929	2010	75	26.7	38.7	45.0	53.1	61.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	60.0	101.2	163.0	218.0	322.6
2620	Monte_Oliveto	1935	2003	60	26.1	36.4	42.8	48.5	57.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	50.0	92.0	135.2	180.0	197.2
2640	Vagliagli	1977	2005	22	24.2	33.7	43.4	53.0	61.5	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	83.6	83.6	90.8	100.4	108.0
2642	Madonna_a_Brolio	1948	2012	22	27.6	39.5	50.1	57.1	62.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	47.4	84.0	104.0	115.0	121.4
2660	Siena_Poggio_al_Vento	1962	2002	40	24.0	37.1	46.3	56.5	68.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	65.6	120.0	138.4	153.3	239.4
2670	Siena_Universita'	1931	1981	49	26.5	37.8	47.9	56.0	64.8	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	58.0	89.0	100.2	141.4	237.0
2700	Montalcino	1928	2008	66	25.3	36.1	42.5	48.6	58.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	57.0	84.2	108.2	115.6	139.6
2720	Chiusdino	1937	1990	47	27.8	39.7	50.4	64.4	80.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	57.8	94.6	106.0	134.0	167.2
2740	Cotorniano_(Fattoria)	1960	1986	21	24.2	36.2	47.6	56.0	64.5	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	56.2	116.2	192.0	206.2	208.8
2850	Podere_Pianotta	1942	1994	31	22.8	32.6	40.7	53.5	65.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	40.6	76.8	88.2	111.6	146.6
2860	La_Foce	1942	2010	55	26.0	34.3	39.8	45.2	54.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	49.0	70.4	103.2	120.8	136.8
2870	Spedaletto	1942	1996	40	23.8	29.4	34.0	38.7	46.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	63.0	68.4	68.4	71.8	109.8
2880	Pienza_(Madonnina)	1929	2010	57	22.6	31.3	36.6	43.1	52.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	41.3	67.2	74.8	109.6	124.0
2900	Castel_del_Piano	1928	2012	74	25.2	36.9	45.8	58.2	72.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	48.0	81.0	101.8	134.0	199.8
2910	Vivo_d'Orcia	1975	2010	30	19.2	30.7	41.4	54.5	70.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	34.4	75.0	81.0	90.0	150.0
2930	Campagnatico	1971	1991	20	25.4	38.7	44.2	50.6	60.0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	54.7	110.2	123.1	124.6	124.6
2958	Poggio_Cavallo	1936	1960	23	29.4	37.9	43.7	49.7	59.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	55.0	80.0	102.2	102.6	103.0
2960	Ponte_Tura	1963	2012	40	27.0	42.0	49.4	58.8	71.9	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	50.2	105.0	120.6	181.2	255.6
2970	Alberese_Podere_129	1937	2010	63	27.5	39.0	48.3	57.0	66.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	68.0	97.8	119.2	159.8	178.0

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]					CV [-]					Massimo [mm]				
					1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h	1h	3h	6h	12h	24h
3010	Poggio_Perotto	1940	2012	46	26.5	37.1	46.8	56.9	70.1	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	57.0	118.8	139.6	227.6	352.6
3020	Roccalbegna	1971	2012	38	27.2	41.1	51.4	67.8	86.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	57.4	77.8	103.8	185.2	285.6
3022	Triana	1935	1967	23	29.3	40.3	49.8	61.4	76.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	67.0	117.0	119.4	121.6	123.8
3060	Pomonte	1952	2003	45	28.6	44.2	51.2	57.1	66.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	60.0	99.0	121.0	121.0	164.8
3080	Manciano	1955	2012	36	30.3	46.6	57.4	67.0	77.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	62.0	88.6	145.8	204.8	296.8
3100	S-Donato	1946	2012	49	29.1	43.8	55.6	66.3	78.0	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	67.4	110.4	156.8	246.2	373.0
3110	Orbetello	1932	2003	61	29.4	43.3	50.9	57.9	67.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	76.0	100.2	140.2	194.2	323.2
3150	Portoferraio_Citta'	1949	1992	37	26.2	39.4	49.5	55.5	67.8	0.5	0.5	0.8	0.7	1.0	70.0	104.0	245.0	245.0	427.0
3170	Portoferraio_Schiopparel	1953	1982	22	26.2	37.7	43.6	48.6	61.8	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	43.2	87.6	91.8	91.8	170.0
3190	Poggio	1949	1993	34	33.3	48.2	58.6	71.2	87.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	61.0	105.2	118.0	145.6	189.8
3200	Patresi_Mortigliano	1955	2010	47	26.4	37.9	47.8	58.2	72.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	58.4	87.6	145.0	159.0	167.6
3210	Monte_Capanne	1970	1996	24	27.7	40.4	50.8	61.6	73.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	50.6	88.6	138.0	156.6	157.2
3230	S-Piero_in_Campo	1955	2003	43	27.5	37.7	44.4	56.4	67.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	72.6	101.6	120.4	138.0	141.4
3270	Giglio_(Castello)	1958	1985	26	24.1	33.9	44.4	54.1	59.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	55.0	62.8	75.8	105.0	113.8
3290	Giglio_(Franco)	1954	1996	25	27.6	40.5	48.6	56.2	61.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	43.8	92.8	112.6	134.8	135.4
21590	Pontremoli	1957	2012	20	38.3	70.0	92.3	118.4	146.7	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	61.0	124.0	207.2	276.4	313.2
21630	Rocchetta_Nervina	1957	1975	19	37.2	66.9	83.5	114.7	150.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	63.4	115.2	148.0	186.6	281.4
21660	Villafraanca_Lunigiana	1957	2012	19	43.5	70.2	90.9	125.0	152.9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	71.0	110.6	161.6	199.0	222.0
21750	Arlia	1957	1975	19	34.9	50.5	66.5	78.6	107.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4	97.0	99.4	120.6	156.0	183.2
21790	Equi	1957	2012	19	41.0	60.1	81.1	107.1	131.9	0.7	0.4	0.4	0.3	0.3	133.0	117.0	159.0	178.0	218.8
30600	Santa_Fiora	1929	1993	38	32.0	44.5	56.0	71.0	92.0	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	68.4	93.4	110.4	118.0	157.6
30630	Pitigliano	1928	2010	36	34.1	48.9	60.0	70.7	80.9	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	61.2	107.0	174.6	197.4	197.6
30710	Bolsena	1939	1998	28	30.2	43.9	54.4	66.2	80.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	70.0	156.8	241.8	290.0	305.4
30740	Tuscania	1939	2010	40	32.7	46.2	57.8	71.3	81.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.5	57.0	103.0	176.0	259.0	267.0
31080	SANSEPOLCRO	1930	2002	28	28.0	40.0	46.9	54.6	68.8	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	49.6	74.4	93.6	94.4	115.0
31110	TOPPOLE	1957	1997	24	32.5	45.7	55.2	71.1	89.6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	68.4	93.4	93.8	99.4	157.6
31150	CITTA DI CASTELLO	1929	2010	26	23.2	32.2	40.3	51.7	61.0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	45.2	66.6	70.0	108.2	111.2
31800	Abbadia S.S.	1929	2010	24	32.6	45.4	58.8	71.0	92.1	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	74.6	79.8	115.4	126.4	180.8
31890	ACQUAPENDENTE	1966	1996	23	32.6	48.7	58.9	68.4	79.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	61.8	112.0	132.6	138.5	147.8
31900	ORVIETO	1929	2008	46	29.6	40.5	48.8	60.6	72.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	71.0	123.6	124.0	158.0	197.6

RELAZIONE TECNICA FINALE

Tabella A.5. Statistiche delle stazioni con lunghezza della serie storica maggiore o uguale a 30 anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 15, 20, 30, 45 minuti.

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]				CV [-]				Massimo [mm]			
					15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'
10	Marinella	1938	1991	32	14.4	19.6	22.8	-	0.1	0.2	0.3	-	17.2	28.6	38.0	-
60	Massa	1926	2004	51	15.8	20.7	25.7	25.4	0.2	0.3	0.3	0.3	21.8	37.0	47.8	33.8
80	Retignano	1936	2012	31	20.7	19.0	28.1	36.0	0.3	0.5	0.4	0.3	33.0	41.4	54.4	49.6
130	Torre_del_Lago	1954	2012	46	18.3	20.6	25.5	30.0	0.4	0.3	0.4	0.4	37.6	33.8	48.6	65.0
140	Viareggio	1951	2012	47	20.3	22.4	28.3	36.8	0.3	0.3	0.4	0.3	32.2	34.2	48.4	57.2
178	Orto_di_Donna	1934	2012	33	20.9	25.1	33.9	46.7	0.3	0.3	0.4	0.5	32.0	34.2	62.0	90.8
200	Villacollemandina	1937	2012	48	14.3	14.0	20.4	24.6	0.4	0.2	0.4	0.4	24.8	22.0	36.0	41.4
210	Pontecosì	1955	2009	42	11.4	13.7	18.9	17.4	0.3	0.4	0.5	0.3	17.2	28.0	50.0	23.0
220	Casone_di_Profecchia	1959	2012	35	14.4	15.5	20.1	25.8	0.3	0.4	0.3	0.3	25.4	26.0	38.2	38.8
240	Campagrina	1959	2012	46	21.7	23.3	32.4	39.0	0.3	0.3	0.4	0.3	35.0	41.6	60.0	56.0
250	Isola_Santa	1952	2010	46	17.9	23.1	28.5	31.8	0.3	0.4	0.4	0.2	35.0	48.8	61.0	41.6
280	Fornovolasco	1935	2012	50	16.2	21.3	26.9	32.2	0.3	0.3	0.4	0.3	28.6	40.0	51.0	49.6
300	Galliciano	1930	2012	63	16.0	19.4	23.6	27.0	0.4	0.4	0.3	0.3	32.2	37.2	40.0	40.6
330	Palagnana	1936	2012	43	15.9	17.6	25.2	34.6	0.4	0.3	0.4	0.4	33.4	26.0	45.6	57.4
350	Boscolungo	1952	2012	43	14.9	16.5	20.9	27.1	0.5	0.3	0.3	0.3	26.2	28.2	36.8	42.8
370	Porrino	1930	2002	50	14.2	15.0	21.2	14.3	0.4	0.4	0.4	0.2	27.0	25.0	40.0	16.8
400	Selva_dei_Porci	1951	2012	52	16.8	19.1	23.1	28.1	0.3	0.3	0.3	0.3	32.0	30.0	39.5	44.4
410	Sperando	1931	1993	43	14.2	16.4	21.8	-	0.3	0.4	0.4	-	22.0	30.0	40.0	-
430	S-Marcello_Pistoiese	1955	2012	45	13.0	16.2	19.4	24.8	0.3	0.3	0.3	0.3	22.6	31.0	31.4	39.0
440	Prunetta	1957	2012	47	16.0	18.2	21.3	29.4	0.3	0.3	0.3	0.4	27.0	27.3	47.6	65.2
470	Bagni_di_Lucca	1955	2010	43	13.3	17.0	19.0	20.1	0.4	0.4	0.4	0.4	24.0	40.0	38.0	36.8
480	Borgo_a_Mozzano	1925	2012	57	17.0	20.5	26.5	28.0	0.4	0.3	0.3	0.4	34.2	40.0	50.0	51.4
490	Vinchiana	1932	2000	30	14.1	16.3	21.6	-	0.3	0.4	0.4	-	20.2	30.0	40.0	31.0
510	Lucca	1932	2012	61	16.9	19.3	25.5	31.0	0.4	0.3	0.4	0.5	34.0	31.6	50.8	70.0
520	Ripafratta	1971	2012	33	18.2	21.1	28.0	35.1	0.4	0.3	0.4	0.5	37.8	32.0	63.8	81.2
529	Asciano_(Acquedotto)	1932	1987	35	19.2	22.5	30.0	-	0.5	0.5	0.5	-	41.2	54.0	61.2	-
540	Pisa_(Facolta'_Agraria)	1926	2012	52	15.3	20.8	24.2	25.9	0.3	0.3	0.4	0.3	26.8	33.0	50.4	40.4
550	S-Rossore	1932	2010	51	13.5	17.2	21.1	17.2	0.5	0.4	0.4	0.4	33.2	32.0	37.4	25.8

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]				CV [-]				Massimo [mm]			
					15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'
580	Stia	1937	2012	48	13.1	17.2	18.3	19.3	0.3	0.4	0.4	0.3	21.6	29.0	39.8	31.0
610	Camaldoli	1928	2012	59	15.6	17.9	20.3	23.5	0.3	0.4	0.3	0.3	25.0	33.0	32.2	35.6
630	Bibbiena_(Pod_Tripoli)	1927	2012	34	13.7	14.0	21.2	25.5	0.4	0.5	0.3	0.2	24.2	27.8	36.8	35.4
640	La_Verna	1923	2012	56	14.3	15.4	19.8	24.1	0.2	0.2	0.2	0.3	21.6	20.0	30.0	35.0
670	Villastrada_umbra	1930	1998	47	14.9	15.1	19.0	-	0.3	0.4	0.6	-	24.0	30.0	61.0	-
680	Chianciano	1934	2003	41	12.3	14.4	16.1	15.7	0.3	0.4	0.4	0.1	20.0	23.2	28.0	17.6
690	Montepulciano	1927	2008	40	13.8	16.1	19.1	18.6	0.3	0.4	0.4	0.2	22.0	26.2	33.0	23.2
700	Capezzine	1928	2012	54	13.4	17.5	18.2	19.7	0.4	0.3	0.3	0.3	30.0	30.8	33.4	34.2
720	Bettolle	1932	2012	62	13.3	15.7	18.3	21.6	0.3	0.3	0.3	0.4	22.0	26.2	33.8	37.6
730	Foiano_della_Chiana	1940	2002	35	13.2	14.1	14.2	-	0.4	0.4	0.3	-	27.4	26.0	20.0	-
750	Cortona	1927	2012	59	15.9	17.1	20.4	26.0	0.4	0.4	0.4	0.4	31.0	34.0	40.2	48.8
770	Arezzo	1929	2012	66	14.4	17.9	20.5	22.0	0.4	0.4	0.4	0.4	31.6	32.4	43.4	38.6
844	Montevarchi_Citta'	1927	2012	63	14.8	16.2	20.2	25.5	0.3	0.5	0.4	0.2	26.0	36.6	44.2	35.6
870	Renacci_(Fattoria)	1951	2012	44	15.0	17.8	21.2	26.5	0.4	0.4	0.5	0.4	32.8	30.2	60.0	41.2
900	Vallombrosa	1926	2012	65	15.6	19.3	23.8	25.2	0.3	0.3	0.3	0.2	31.0	43.0	40.8	34.6
930	Ponte_a_Olmo	1957	2012	46	14.2	16.5	19.8	23.6	0.3	0.3	0.2	0.2	23.4	26.8	32.0	34.0
980	Razuolo	1959	2012	44	14.5	16.4	20.3	23.7	0.3	0.4	0.3	0.2	27.6	27.4	31.6	31.0
1000	Borgo_S_Lorenzo	1927	2012	59	15.3	15.8	20.5	25.7	0.3	0.4	0.3	0.2	34.0	30.0	33.2	38.6
1010	Villore	1972	2012	34	13.9	17.3	20.8	25.7	0.3	0.3	0.3	0.3	21.8	25.4	36.4	40.6
1030	Dicomano	1935	2012	48	13.7	12.4	17.6	21.3	0.3	0.3	0.3	0.2	24.8	20.2	36.0	32.2
1050	Nave_di_Rosano	1932	2008	41	15.5	16.9	21.1	27.7	0.3	0.4	0.3	0.3	24.8	32.0	36.0	37.0
1070	Fiesole	1951	1998	37	14.7	15.6	17.9	-	0.3	0.4	0.4	-	21.4	31.0	30.9	-
1090	Firenze_Ximeniano	1931	2012	60	17.0	18.2	22.9	28.9	0.4	0.3	0.4	0.4	29.4	34.7	48.5	50.4
1130	Ferrone	1951	2012	47	12.0	14.9	17.1	28.6	0.6	0.3	0.6	0.4	26.8	21.8	51.2	57.4
1140	Antella	1936	2010	54	10.6	14.9	17.4	23.7	0.5	0.4	0.6	0.3	22.0	32.0	68.0	35.4
1150	Cantagallo	1940	2012	48	13.7	15.3	19.4	23.9	0.2	0.4	0.3	0.3	20.0	29.0	32.0	40.2
1170	S-Quirico_di_Vernio	1952	2012	43	14.1	16.8	18.9	22.0	0.4	0.5	0.3	0.4	30.4	32.6	36.9	40.4
1190	Le_Croci_di_Calenzano	1959	2012	43	14.7	15.9	18.8	23.1	0.4	0.3	0.3	0.4	28.0	31.0	34.2	39.6

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]				CV [-]				Massimo [mm]			
					15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'
1200	Calenzano	1966	2012	36	13.1	11.6	16.6	22.1	0.3	0.4	0.4	0.3	23.2	18.8	30.4	33.0
1230	Prato_in_Toscana	1926	2001	51	13.2	14.3	18.0	15.3	0.4	0.4	0.3	0.6	20.0	27.4	29.0	21.8
1240	Piteccio	1951	2007	42	15.6	18.5	21.4	28.3	0.2	0.4	0.4	0.3	24.8	30.2	35.2	44.4
1260	Pistoia	1927	2012	31	13.3	12.3	18.8	25.8	0.3	0.4	0.4	0.3	20.0	21.6	33.2	41.2
1362	Empoli	1926	2011	60	15.2	18.9	22.0	23.6	0.3	0.5	0.3	0.4	21.4	47.3	40.0	35.2
1410	Poggibonsi	1926	2012	64	16.5	15.8	21.9	32.8	0.3	0.4	0.4	0.5	30.2	30.0	49.2	66.8
1420	S-Gimignano	1932	2012	58	13.8	16.0	17.8	23.2	0.2	0.4	0.3	0.3	21.4	30.0	34.8	40.6
1430	Certaldo	1953	2012	47	13.6	14.0	15.5	23.3	0.3	0.5	0.4	0.4	21.0	30.0	27.2	45.0
1450	Castelfiorentino	1926	2012	61	14.5	14.9	19.7	24.1	0.3	0.5	0.5	0.4	24.6	27.0	46.0	47.4
1490	S-Miniato_(Cimitero)	1940	2012	35	14.5	17.7	21.5	25.9	0.2	0.3	0.3	0.3	21.4	23.6	31.2	39.6
1550	Stiappa	1940	2010	52	13.7	16.9	20.6	24.8	0.3	0.3	0.3	0.3	28.2	24.6	35.0	34.1
1560	Serra_Pistoiese	1957	2012	49	15.0	17.9	20.1	25.1	0.3	0.3	0.4	0.4	23.2	31.0	40.2	43.6
1570	Vellano	1957	2009	41	14.5	15.2	18.4	18.6	0.4	0.3	0.4	0.5	32.0	25.0	31.6	28.0
1580	Pescia	1924	2005	56	13.0	15.4	21.4	26.7	0.2	0.3	0.4	0.3	15.5	26.8	45.0	37.2
1600	Montecatini_Terre	1940	2012	42	16.9	16.8	23.0	29.3	0.4	0.2	0.4	0.4	34.6	22.2	51.2	57.2
1610	Marliana	1927	2003	51	13.9	17.4	21.1	24.0	0.2	0.3	0.3	0.3	18.0	27.0	40.0	35.2
1630	Castelmartini	1936	2012	51	16.5	15.8	21.8	30.0	0.3	0.3	0.4	0.3	27.2	25.0	40.0	44.2
1660	Volterra	1924	2012	60	15.2	14.9	22.4	25.4	0.3	0.5	0.6	0.3	26.5	36.0	90.5	40.0
1720	Laiatico	1954	2010	38	11.2	16.9	19.0	17.8	0.2	0.4	0.4	0.3	16.5	30.0	40.0	26.8
1750	Ghizzano_di_Peccoli	1974	2012	33	14.1	15.1	21.9	28.9	0.2	0.3	0.3	0.3	19.4	21.8	37.0	47.0
1760	Legoli	1966	2010	35	11.8	14.5	16.5	15.7	0.3	0.5	0.6	0.3	20.4	31.2	47.2	25.2
1780	Casciana_Terre	1934	2012	52	16.1	18.7	23.9	32.9	0.3	0.2	0.3	0.4	27.8	26.0	40.0	58.6
1790	S-Giovanni_alla_Vena	1937	2008	48	13.6	17.4	23.0	26.2	0.3	0.3	0.3	0.5	24.0	30.0	36.2	45.4
1830	Coltano	1930	2012	57	17.4	20.2	26.0	36.6	0.4	0.4	0.3	0.3	32.8	34.0	43.4	57.4
1940	Nugola	1936	2009	48	12.1	18.5	19.6	18.9	0.4	0.3	0.4	0.5	23.0	30.0	32.0	36.5
1960	Livorno	1932	1997	41	16.9	21.5	25.7	-	0.2	0.4	0.5	-	22.0	40.4	53.8	-
1990	Casacce	1959	2010	41	13.9	18.0	20.0	21.6	0.3	0.2	0.3	0.3	24.0	25.6	33.1	41.3
2050	Vada_(Bonifica)	1951	2010	45	12.2	18.4	17.7	22.0	0.2	0.4	0.3	0.3	16.2	30.2	31.2	31.9

RELAZIONE TECNICA FINALE

Codice	Nome	I anno	Ultimo anno	N° anni	Media [mm]				CV [-]				Massimo [mm]			
					15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'	15'	20'	30'	45'
2080	Anqua	1976	2010	32	13.0	13.8	16.7	19.2	0.3	0.4	0.4	0.3	25.0	30.6	41.2	27.6
2110	Larderello	1929	2001	58	12.0	16.1	19.3	16.7	0.3	0.4	0.4	0.2	20.2	30.0	41.8	18.6
2150	Ponteginori	1940	2010	48	11.3	15.3	17.1	15.5	0.3	0.4	0.5	0.2	18.4	28.2	35.0	22.2
2170	Canneto	1974	2012	33	15.3	13.2	19.6	26.1	0.4	0.3	0.4	0.4	36.2	20.4	38.8	46.0
2210	Miemo	1970	2012	36	13.2	14.2	18.9	24.7	0.3	0.3	0.3	0.4	25.2	25.2	35.8	39.6
2290	S-Carlo_Solvay	1938	2010	43	12.1	19.1	19.9	13.4	0.5	0.4	0.7	0.6	23.6	35.0	50.0	23.7
2300	Populonia	1973	2010	30	11.5	15.2	15.8	16.1	0.4	0.4	0.4	0.6	18.6	33.6	32.8	32.4
2370	Monterotondo	1960	2012	43	15.6	18.5	22.0	30.8	0.3	0.4	0.4	0.4	26.0	30.0	41.8	49.4
2410	Suvereto	1925	2005	42	16.8	18.4	20.4	23.2	0.5	0.5	0.6	0.7	37.6	40.0	50.0	43.4
2460	Follonica	1933	2009	37	13.7	16.1	18.2	17.3	0.3	0.5	0.5	0.5	22.4	34.8	46.0	34.2
2471	Massa_Marittima	1951	2012	38	17.7	17.0	26.4	34.1	0.8	0.4	0.5	0.7	71.2	30.2	78.0	81.8
2520	Castel_di_Pietra	1956	2010	42	14.2	17.5	20.5	25.5	0.3	0.3	0.3	0.3	30.0	30.0	36.0	38.7
2530	Roccastrada	1928	2010	54	13.5	19.3	21.6	27.3	0.2	0.4	0.3	0.4	20.0	36.0	37.4	52.2
2570	Batignano	1939	2007	43	14.9	18.7	21.2	21.6	0.3	0.4	0.4	0.3	25.0	32.8	46.4	31.5
2580	Acquisti	1936	2010	47	13.7	15.3	19.3	20.6	0.3	0.4	0.3	0.3	24.0	27.4	35.0	33.0
2590	Grosseto	1928	2010	52	13.1	17.6	19.2	16.7	0.6	0.4	0.5	0.5	36.4	34.0	36.6	37.4
2620	Monte_Oliveto	1935	2003	38	15.2	17.9	20.3	27.0	0.3	0.3	0.3	0.1	24.4	30.0	30.8	28.8
2660	Siena_Poggio_al_Vento	1962	2002	38	14.9	12.9	17.7	39.5	0.4	0.5	0.6	0.3	27.2	26.7	48.0	54.2
2700	Montalcino	1926	2008	51	12.9	17.8	18.5	23.5	0.2	0.4	0.3	0.2	21.8	32.0	27.4	29.2
2860	La_Foce	1941	2010	44	11.7	17.1	16.6	19.6	0.2	0.3	0.3	0.3	14.2	29.0	28.6	30.4
2880	Pienza_(Madonnina)	1928	2010	46	13.0	14.2	15.1	16.5	0.4	0.3	0.3	0.3	24.0	26.0	27.0	23.4
2900	Castel_del_Piano	1926	2012	56	13.9	16.9	17.0	20.9	0.3	0.4	0.4	0.5	23.0	30.0	31.6	40.2
2960	Ponte_Tura	1965	2012	30	14.4	15.1	18.7	26.1	0.3	0.4	0.4	0.4	23.2	27.0	35.0	42.6
2970	Alberese_Podere_129	1937	2010	48	13.9	19.5	19.3	19.5	0.3	0.4	0.4	0.4	24.0	32.0	36.7	34.9
3020	Roccalbegna	1972	2012	34	14.3	15.2	20.9	23.5	0.4	0.4	0.3	0.3	31.2	24.8	36.6	34.0
3060	Pomonte	1952	2003	37	14.3	18.9	19.9	29.0	0.3	0.4	0.4	0.2	28.4	40.0	33.2	35.6
3100	S-Donato	1951	2012	39	16.9	18.0	22.4	47.5	0.3	0.4	0.5	0.2	26.6	37.0	45.2	56.6
3110	Orbetello	1931	2003	46	13.6	16.0	20.9	18.3	0.2	0.5	0.5	0.4	20.0	30.0	60.0	26.0
3200	Patresi_Mortigliano	1955	2010	38	12.1	16.8	17.3	17.3	0.4	0.3	0.4	0.3	24.4	28.0	31.0	26.8