

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

Tesi di Laurea Magistrale

Valutazione preliminare di pericolosità idrologica
lungo l'asse stradale SS131 in Sardegna



Relatori:

Prof. CLAPS Pierluigi

Ing. LIBERTINO Andrea

Candidato:

LEDDA Riccardo

Marzo 2018

*A mia sorella Martina,
a mia madre Patrizia,
a mio padre Salvatore,
...e ai miei sogni!*

Sommario

Abstract	9
Indice delle Tabelle, Grafici ed Immagini.....	11
Introduzione	23
Capitolo 1: Interazioni infrastruttura stradale e acqua piovana: approccio al problema e metodologie	25
1.1 L'interazione tra infrastruttura e acqua	25
1.2 Caratterizzazione del regime delle precipitazioni intense	25
1.2.1 Analisi statistica delle precipitazioni intense.....	28
1.2.2 Relazioni Intensità-Durata-Frequenza.....	34
1.3 Il Bacino Idrografico	38
1.3.1 Morfometria del bacino idrografico	39
1.3.2 Il tempo di corrivazione.....	42
1.3.3 I modelli afflussi – deflussi	43
1.4 Misure strutturali	47
1.4.1 Opere atte al mantenimento dell'equilibrio idrologico per l'attraversamento delle acque.....	47
1.4.2 Opere atte alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale	50
1.4.3 Predimensionamento delle opere e dei manufatti legati all'infrastruttura	51
Capitolo 2: Caratterizzazione del regime delle piogge brevi e intense in Sardegna	53
2.1.....	53
2.1.1 Analisi delle precipitazioni intense storiche (Annali Idrologici).....	53
2.1.2 Analisi delle altezze di pioggia sub-orarie da strumenti digitali	58
2.1.3 Armonizzazione del database dei massimi annui 1929-2009 per le durate sub-orarie.....	62
2.2 Analisi degli estremi pluviometrici di durata oraria.....	68
2.2.1 Costruzione delle CPP medie orarie.....	71
2.3 Stima e regionalizzazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica a 3 parametri per le durate orarie e sub-orarie.....	73
2.3.1 La selezione dei dati.....	74
2.3.2 Applicazione dell'approccio puntuale di stima dei tre parametri.....	77
2.3.3 Analisi dei risultati	84

2.3.4 Regionalizzazione dei parametri.....	87
Capitolo 3: Identificazione dei nodi idrografici e caratterizzazione dei bacini	91
3.1 Il territorio della Regione Sardegna e le infrastrutture SS131 e SS131DCN	92
3.2 Identificazione dei nodi idrografici	97
3.3 Costruzione bacini idrografici	99
3.4 Determinazione dei parametri geomorfologici dei bacini	102
3.5 Calcolo dei tempi di corrivazione dei bacini	106
3.6 Calcolo dei parametri delle CPP areali dei bacini	109
Capitolo 4: Valutazione della pericolosità idrologica	113
4.1 La selezione dei nodi e validazione dei risultati.....	113
4.2 Definizione delle sezioni di chiusura e calcolo idraulico delle portate	117
4.3 Costruzione delle CPP.....	121
4.4 Verifica delle intersezioni.....	122
4.5 Identificazione degli intervalli di attenzione per i bacini	126
Conclusioni.....	131
Appendice.....	133
Validazione dei massimi a 60 minuti estratti da serie ad alta risoluzione	133
Bibliografia.....	141
Allegati	143
Allegato 2.1: Anagrafica completa delle stazioni di rilevamento.....	145
Allegato 2.2: Grafici della disponibilità dei dati di massimi pluviometrici, dagli Annali Idrologici, per la durate pari a 5, 20, 30, 40, 45 e 50 minuti	149
Allegato 2.3: Grafici delle consistenze e delle frequenze per stazione e per anno per le durate pari a 5, 10, 20, 40 e 50 minuti.....	151
Allegato 2.4: Tabella riassuntiva dei dati di partenza in possesso per le intensità di pioggia ai 15, 30, 45 e 60 minuti, dal 1986 al 1996	155
Allegato 2.5: Consistenza dei Dati forniti per le intensità pluviometriche.....	157
Allegato 2.6: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 15 minuti [mm]	161
Allegato 2.7: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 30 minuti [mm]	163
Allegato 2.8: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 45 minuti [mm]	165

Allegato 2.9: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 60 minuti [mm]	167
Allegato 2.10: Disponibilità negli anni di studio, consistenza dei dati e frequenza delle serie storiche, per le durate a 30 e 45 minuti, con serie assemblate	169
Allegato 2.11: Valori medi campionari di massimi annui di altezza di precipitazione [mm], per le durate sub-orarie.....	171
Allegato 2.12: Valori medi campionari di massimi annui di intensità di precipitazione [mm/h], per le durate sub-orarie.....	177
Allegato 2.13: Rappresentazioni spaziali dei valori medi campionari degli estremi di altezza di precipitazione per le durate sub-orarie.	183
Allegato 2.14: Disponibilità dei rilevamenti negli anni di studio, consistenza dei dati e frequenza delle serie storiche, per le durate a 3, 6, 12 e 24 ore.	191
Allegato 2.15: Valori medi campionari dei massimi annui di altezza di precipitazione [mm], per le durate orarie.....	197
Allegato 2.16: Valori medi campionari di estremi di intensità di precipitazione [mm/h], per le durate orarie.....	199
Allegato 2.17: Rappresentazioni spaziali dei valori medi campionari degli estremi di altezza di precipitazione per le durate orarie	201
Allegato 2.18: Selezione, per stazione, dei valori medi campionari di estremo di precipitazione, espressi come altezze [mm] e come intensità [mm/h]	205
Allegato 2.19: Tabella dei risultati per stazione per i parametri a , n , i_0 , B e β , nonché del valore della funzione F_B	211
Allegato 3.1: Tabella del vettore delle intersezioni.....	213
Allegato 3.2: Tabella dei DTM e dei parametri geometrici, morfometrici ed altimetrici dei bacini....	217
Allegato 3.3: Tabella parametri geometrici, morfometrici e altimetrici dei bacini.	249
Allegato 3.4: Tabella dei tempi di corrivazione.	253
Allegato 4.1: Validazione dati aste principali per i nodi idrografici scelti.....	259
Allegato 4.2: Schede dei nodi idrologici e dei bacini idrografici selezionati.....	277
Allegato 4.3: Parametri di stazione della distribuzione GEV.....	297
Ringraziamenti	299

Abstract

Il seguente lavoro di tesi ha come obiettivo quello di proporre uno strumento operativo per la valutazione speditiva del rischio idrologico lungo un asse stradale. Nel dettaglio la metodologia proposta permette di analizzare simultaneamente tutti i nodi ottenuti dall'intersezione dell'asse stradale con il reticolo idrografico, assegnandoli un intervallo di attenzione relativamente alla pericolosità idrologica. Il metodo proposto è altamente automatizzabile nelle modalità che verranno descritte del presente lavoro. Le SS131 e SS131DCN in Sardegna sono utilizzate come caso studio per presentare la metodologia e individuarne potenzialità e criticità.

Indice delle Immagini, Grafici e Tabelle

Immagini

Immagine 1. 1: Immagine 1.5: Esempio dell'Indice di un Annale Idrologico.	27
Immagine 1. 2: Immagine 1.6: Estratto dalla tabella V di un Annale Idrologico.....	27
Immagine 1. 3: Frequenza di non supermanto rappresentato da una spezzata (Maione, et al., 1993).	33
Immagine 1. 4: Frequenza di non supermanto rappresentato da una serie di punti (Maione, et al., 1993). 33	
Immagine 1. 5: Schematizzazione di un Bacino Idrografico; con z_0 è indicata la sezione di chiusura.....	39
Immagine 1. 6: Esempio di codificazione di un bacino idrografico secondo lo schema ordinativo di Horton-Strahler. (Ferro, 2006)	40
Immagine 1. 7: Esempio di Curva Ipsografica.	41
Immagine 1. 8: Schema del comportamento in seguito ad una precipitazione.	43
Immagine 1. 9: Schema di idrogramma di piena; (Maione, 1995).....	45
Immagine 1. 10: Tipologie di Idrogramma di Piena in funzione della durata dell'evento pluviometrico (Maione, 1995).	45
Immagine 1. 11: Esempio di sezione stradale a mezza costa, con elementi annessi.	50
--	
Immagine 2. 1: Esempio della procedura di calcolo per le altezze di pioggia ai 30, 45 e 60 minuti.	61
Immagine 2. 2: Superficie generata dal plugin "Interpolazione", in scala cromatica di grigi, per la durata pari a 5 minuti.	66
Immagine 2. 3: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 15 minuti.	67
Immagine 2. 4: Rappresentazione spaziale dei massimi di altezza di precipitazione media, per la durata di 1 ora.....	72
Immagine 2. 5: Distribuzione Spaziale delle stazioni che possiedono serie storiche che rispettano i requisiti del modello.....	75
Immagine 2. 6: Distribuzione spaziale del parametro B, in funzione delle classi di suddivisione.....	85
Immagine 2. 7: Distribuzione spaziale del parametro i_0 , in funzione delle classi di suddivisione.....	86
Immagine 2. 8: Distribuzione spaziale del parametro β , in funzione delle classi di suddivisione.	87
Immagine 2. 9: Screenshot della schermata di comando per effettuare l'interpolazione.	88
Immagine 2. 10: Risultato della regionalizzazione del parametro i_0 , con il processo di Interpolazione con il metodo IDW.....	89
Immagine 2. 11: Rappresentazione spaziale delle Stazioni di misura, con il codice identificativo.	148
Immagine 2. 12: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 5 minuti.	183
Immagine 2. 13: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata	

di 10 minuti.....	184
Immagine 2. 14: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 20 minuti.....	185
Immagine 2. 15: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 30 minuti.....	186
Immagine 2. 16: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 40 minuti.....	187
Immagine 2. 17: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 45 minuti.....	188
Immagine 2. 18: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 50 minuti.....	189
Immagine 2. 19: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 3 ore.....	201
Immagine 2. 20: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 6 ore.....	202
Immagine 2. 21: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 12 ore.....	203
Immagine 2. 22: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 24 ore.....	204
--	
Immagine 3. 1: Quadro d'unione dei DTM del territorio regionale.....	92
Immagine 3. 2: DTM del territorio della regione ottenuto con il comando "Unione".....	93
Immagine 3. 3: Porzione della mappa raster Drainage direction.....	95
Immagine 3. 4: Porzione della mappa raster Stream Segments.....	95
Immagine 3. 5: Porzione della mappa raster Half-basins.....	95
Immagine 3. 6: Screenshot di un esempio di selezione di tre aree stradali su ponte della SS 131 nella provincia di Oristano con la relativa tabella attributi.....	97
Immagine 3. 7: Esempio dell'individuazione di due intersezioni sulla SS131 nella provincia di Sassari. 98	
Immagine 3. 8: Esempio della creazione del vettore delle intersezioni, con la definizione degli attributi. 98	
Immagine 3. 9: Nodi Idrologici individuati sulla SS 131 e SS 131 DCN.	99
Immagine 3. 10: Risultato dell'elaborazione dell'algoritmo per l'intersezione numero 28.	100
Immagine 3. 11: Bacini ottenuti con l'utilizzo dell'algoritmo nelle intersezioni 79 e 82.	101
Immagine 3. 12: Esempio, per il bacino 40, del risultato del comando Ritaglia.....	102
Immagine 3. 13: Schermata di restituzione del comando "r.univar".....	103
Immagine 3. 14: Esempio di restituzione del Plugin "r.stream.stats".....	104
Immagine 3. 15: File contenente le curve di livello estratte per il bacino considerato.....	104
Immagine 3. 16: File contenente le curve di livello e il raster dello Stream Segments per il bacino	

considerato.	104
Immagine 3. 17: Schermata di misura dell'asta fluviale fino allo spartiacque.....	105
Immagine 3. 18: Screenshot per la ricerca del dato S: la pendenza media del bacino.	106
Immagine 3. 20: Taglio sul Bacino 128 del raster contenente il valore di i_0	110
--	
Immagine 4. 1: Esempio di un profilo altimetrico prodotto per l'asse stradale in corrispondenza del nodo idrografico 4.	114
Immagine 4. 2: Profilo altimetrico della sezione di chiusura, relativa al nodo idrografico 128.....	118
Immagine 4. 3: Costruzione del profilo altimetrico (linea rossa) con rappresentazione dell'impegno della sovrastruttura (linee verdi) e del massimo livello idrico definito dal franco minimo (linea azzurra).	118
Immagine 4. 4: Sezione utile determinata dopo la definizione del franco minimo e dell'impegno della sovrastruttura.	119
Immagine 4. 5: Esempio di suddivisione in aree elementari della sezione ricavata.....	119
Immagine 4. 6: Sovrapposizione del rettangolo equivalente alla sezione ricavata, con indicazione della base e dell'altezza.....	120
Immagine 4. 7: Studio dell'area della sezione di chiusura utile attraverso il software QGis, relativo al nodo idrografico 128.	120
Immagine 4. 8: Schema delle schede riassuntive dei nodi idrografici.	126

Grafico 1. 1: Rappresentazione in carta LogLog della relazione altezza-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie, relativo alla stazione 7.	35
Grafico 1. 2: Rappresentazione della relazione intensità-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie, relativo alla stazione 7.	35
Grafico 1. 3: Rappresentazione in carta LogLog della relazione altezza-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie e sub-orarie, relativo alla stazione 82.	37
Grafico 1. 4: Rappresentazione della relazione intensità-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie e sub-orarie, relativo alla stazione 82.....	37
--	
Grafico 2. 1: Disponibilità dati di precipitazione estrema per una durata pari a 10 minuti.....	55
Grafico 2. 2: Disponibilità dati di precipitazione estrema per una durata pari a 15 minuti, dagli Annali Idrologici.	56
Grafico 2. 3: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 15 minuti.	57
Grafico 2. 4: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 15 minuti.....	57
Grafico 2. 5: Grafico riassuntivo del numero di stazioni per anno dei dati forniti.....	59
Grafico 2. 6: Grafico riassuntiva della quantità di stazioni, per anno, con presenza di misurazioni maggiore o uguale al 90%.	60
Grafico 2. 7: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 15, 30,45 e60 minuti.....	62
Grafico 2. 8: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 15, 30, 45 e 60 minuti.....	62
Grafico 2. 9: Disponibilità dati di precipitazione estrema con durata pari a 15 minuti, per la serie assemblata.....	63
Grafico 2. 10: Istogramma consistenze delle Stazioni per anni di dati, con durata pari a 15 minuti, per serie assemblata.	63
Grafico 2. 11: Istogramma frequenza delle Stazioni per serie storiche, con durata pari a 15 minuti, per serie assemblata.	63
Grafico 2. 12: Disponibilità dati di precipitazione estrema per la durata pari a 1 ora, per i dati CUBIST.	69
Grafico 2. 13: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 1 ora, per i dati CUBIST.	69
Grafico 2. 14: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 1 ora, per i dati CUBIST.	70

Grafico 2. 15: Esempio di CPP per le durate medie orarie per la stazione 19.....	73
Grafico 2. 16: CCP definita per la stazione con COD 50.....	78
Grafico 2. 17: Istogramma della distribuzione del parametro B, suddiviso per classi.	80
Grafico 2. 18: Esempio di curva a tre parametri, con i_0 e β fissati e con B variabile.	80
Grafico 2. 19: Istogramma della distribuzione del parametro i_0 , suddiviso per classi.	81
Grafico 2. 20: Esempio di curva parabolica a tre parametri, con B e β fissati e con i_0 variabile.	82
Grafico 2. 21: Istogramma della distribuzione del parametro β , suddiviso per classi.	83
Grafico 2. 22: Esempio di curva parabolica a tre parametri, con B e i_0 fissati e con β variabile.	83
Grafico 2. 23: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 5 minuti.	149
Grafico 2. 24: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 20 minuti.	149
Grafico 2. 25: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 30 minuti.	149
Grafico 2. 26: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 40 minuti.	150
Grafico 2. 27: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 45 minuti.	150
Grafico 2. 28: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 50 minuti.	150
Grafico 2. 29: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 5 minuti.	151
Grafico 2. 30: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 10 minuti.	151
Grafico 2. 31: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 20 minuti.	151
Grafico 2. 32: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 40 minuti.	152
Grafico 2. 33: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 50 minuti.	152
Grafico 2. 34: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 5 minuti.	152
Grafico 2. 35: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 10 minuti.	153
Grafico 2. 36: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 20 minuti.	153
Grafico 2. 37: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 40 minuti.	153
Grafico 2. 38: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 50 minuti.	154
Grafico 2. 39: Disponibilità dati di precipitazione massimi annui per una durata pari a 30 minuti, per la serie assemblata.	169
Grafico 2. 40: Disponibilità dati di precipitazione massimi annui per una durata pari a 45 minuti, per la	

serie assemblata.....	169
Grafico 2. 41: Istogramma consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata di 30 minuti, per la serie assemblata.....	169
Grafico 2. 42: Istogramma consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata di 45 minuti, per la serie assemblata.....	170
Grafico 2. 43: Istogramma frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata di 30 minuti, per la serie assemblata.....	170
Grafico 2. 44: Istogramma frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata di 45 minuti, per la serie assemblata.....	170
Grafico 2. 45: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 3 ore, dal dataset CUBIST.....	191
Grafico 2. 46: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 6 ore, dal dataset CUBIST.....	191
Grafico 2. 47: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 12 ore, dal dataset CUBIST.....	192
Grafico 2. 48: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 24 ore, dal dataset CUBIST.....	192
Grafico 2. 49: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 3 ore, dal dataset CUBIST.....	193
Grafico 2. 50: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 6 ore, dal dataset CUBIST.....	193
Grafico 2. 51: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 12 ore, dal dataset CUBIST.....	194
Grafico 2. 52: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 24 ore, dal dataset CUBIST.....	194
Grafico 2. 53: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 3 ore, dal dataset CUBIST.....	195
Grafico 2. 54: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 6 ore, dal dataset CUBIST.....	195
Grafico 2. 55: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 12 ore, dal dataset CUBIST.....	196
Grafico 2. 56: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 24 ore, dal dataset CUBIST.....	196
--	
Grafico 3. 1: Distribuzione per soglie temporali dei tempi di corrivazione calcolati con le diverse formulazioni.	107
Grafico 3. 2: Distribuzione dei tempi di corrivazione intorno alla media, per il Bacino 115.....	108

Grafico 3. 3: Curva a tre parametri costruita per il bacino 128.....	111
--	
Grafico 4. 1: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 4.....	117
Grafico 4. 2: Curva della intensità pluviometrica media per il bacino 137, secondo la curva a 3 parametri.	122
Grafico 4. 3: CPP media per il bacino 137.....	122
Grafico 4. 4: Grafico con la CPP media del bacino 137, e l'intervallo di altezza derivanti dal calcolo idraulico.....	124
Grafico 4. 5: Grafico con la costruzione dei K_T , per il bacino 137.	125
Grafico 4. 6: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 12.....	260
Grafico 4. 7: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 20.....	262
Grafico 4. 8: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 50.....	264
Grafico 4. 9: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 61.....	266
Grafico 4. 10: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 115.....	268
Grafico 4. 11: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 117.....	269
Grafico 4. 12: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 124.....	272
Grafico 4. 13: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 128.....	274
Grafico 4. 14: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 137.....	276

Tabella 2. 1: Consistenza delle misure di altezza pluviometrica sub oraria estratte dagli Annali Idrologici.	55
Tabella 2. 2: Tabella riassuntiva del numero di stazioni per anno dei dati forniti.....	58
Tabella 2. 3: Tabella riassuntiva della quantità di stazioni, per anno, con presenza di misurazioni maggiore o uguale al 90%.	59
Tabella 2. 4: Selezione della tabella dei valori medi campionari dei massimi di altezza pluviometrica alle durate sub-orarie.....	64
Tabella 2. 5: Selezione della tabella dei valori medi campionari dei massimi di intensità pluviometrica alle durate sub-orarie.....	64
Tabella 2. 6: Selezione della tabella dei valori medi campionari degli estremi di altezza pluviometrica alle durate orarie.....	71
Tabella 2. 7: Selezione della tabella dei valori medi campionari degli estremi di intensità pluviometrica alle durate orarie.....	71
Tabella 2. 8: Stralcio della tabella dei valori medi estremi di altezza pluviometrica per le stazioni selezionate per il modello.....	76
Tabella 2. 9: Stralcio della tabella dei valori medi estremi di Intensità pluviometrica per le stazioni selezionate per il modello.....	76
Tabella 2. 10: Valori estremi medi campionari di altezza di precipitazione, alle durate orarie, per la stazione con COD 50.....	77
Tabella 2. 11: Tabella della distribuzione dei risultati del parametro B, suddiviso per classi.....	79
Tabella 2. 12: Tabella della distribuzione dei risultati del parametro i_0 , suddiviso per classi.....	81
Tabella 2. 13: Tabella della distribuzione dei risultati del parametro β , suddiviso per classi.	82
Tabella 2. 14: Anagrafica completa delle stazioni di misura utilizzate nello studio per la regione Sardegna.	147
Tabella 2. 15: Disponibilità dei dati per le intensità pluviometriche ai 15 minuti, per gli anni dal 1986 al 1996.....	156
Tabella 2. 16: Tabelle delle consistenze costruite sugli anni di studio.....	160
Tabella 2. 17: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 15 minuti.	162
Tabella 2. 18: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 30 minuti.	164
Tabella 2. 19: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 45 minuti.	166
Tabella 2. 20: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 60 minuti.	168
Tabella 2. 21: Medie per Stazione dei massimi delle altezze pluviometriche per le durate sub-orarie....	176
Tabella 2. 22: Medie per Stazione degli estremi delle intensità pluviometriche per le durate sub-orarie.	182
Tabella 2. 23: Medie per Stazione dei massimi annui delle altezze pluviometriche per le durate orarie.	198
Tabella 2. 24: Medie per Stazione dei massimi annui delle intensità pluviometriche per le durate orarie.	

.....	200
Tabella 2. 25: Tabella dei valori medi campionari di altezza di precipitazione, associato al numero di anni su cui è costruito.....	207
Tabella 2. 26: Tabella dei valori medi campionari di intensità di precipitazione, associato al numero di anni su cui è costruito.....	210
Tabella 2. 27: Tabella dei coefficienti calcolati per la definizione della curva parabolica a tre parametri.	212
--	
Tabella 3. 1: Estrazione dei tratti stradali su ponte appartenenti alla SS 131 e alla SS 131 DCN.	96
Tabella 3. 2: Distribuzione per soglie temporali dei tempi di corrivazione dei bacini.....	107
Tabella 3. 3: Risultati dei tempi di corrivazione per il Bacino 115.....	108
Tabella 3. 4: Tabella riassuntiva dei coefficienti per la costruzione della curva parabolica a 3 parametri per il Bacino 128.	110
Tabella 3. 5: Dati dei nodi idrografici individuati sulla SS131 e SS131DCN.	216
Tabella 3. 6: DTM, e dati geometrici, morfometrici e altimetrici dei bacini che hanno come sezione di chiusura l'intersezione tra la SS131 e la SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna.	247
Tabella 3. 7: Dati geometrici, morfometrici e altimetrici dei bacini che hanno come sezione di chiusura l'intersezione tra la SS131 e la SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna.	252
Tabella 3. 8: Tempi di Corrivazione e t_c selezionati dei bacini che hanno come sezione di chiusura l'intersezione tra la SS131 e la SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna.	258
--	
Tabella 4. 1: Tabella riassuntiva dei nodi idrografici scelti, con alcune proprietà geomorfologiche dei bacini connessi.	114
Tabella 4. 2: Estrazione degli ultimi cinque tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 4.	115
Tabella 4. 3: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando " <i>r.stream.stats</i> ", per il nodo 4.....	116
Tabella 4. 4: Coordinate dei punti della spezzata del profilo altimetrico della sezione di chiusura relativa al nodo 128.	118
Tabella 4. 5: Tabella riassunti delle aree e dei valori di h_e e Be per la sezione di chiusura relativa al nodo idrografico 128.	119
Tabella 4. 6: Tabella riassuntiva delle caratteristiche geometriche delle sezioni di chiusura e delle portate calcolate.....	121
Tabella 4. 7: Tabella riassuntiva dei parametri medi pluviometrici del bacino 137.....	121
Tabella 4. 8: Sommario del calcolo dei coefficienti K_T per i diversi nodi idrologici.	125
Tabella 4. 9: Calcolo dei tempi di ritorno T associati ai $K_{T,min}$ e $K_{T,max}$	129
Tabella 4. 10: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo	

idrografico 12.	259
Tabella 4. 11: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 12.....	260
Tabella 4. 12: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 20.	261
Tabella 4. 13: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 12.....	261
Tabella 4. 14: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 50.	263
Tabella 4. 15: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 50.....	264
Tabella 4. 16: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 61.	265
Tabella 4. 17: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 61.....	266
Tabella 4. 18: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 115.	267
Tabella 4. 19: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 115.....	268
Tabella 4. 20: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 117.	269
Tabella 4. 21: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 117.....	269
Tabella 4. 22: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 124.	271
Tabella 4. 23: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 124.....	272
Tabella 4. 24: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 128.	273
Tabella 4. 25: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 128.....	274
Tabella 4. 26: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 137.	275
Tabella 4. 27: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “ <i>r.stream.stats</i> ”, per il nodo 137.....	276
Tabella 4. 28: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 4: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	278

Tabella 4. 29: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 12: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	280
Tabella 4. 30: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 20: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	282
Tabella 4. 31: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 50: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	284
Tabella 4. 32: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 61: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	286
Tabella 4. 33: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 115: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	288
Tabella 4. 34: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 117: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	290
Tabella 4. 35: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 124: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	292
Tabella 4. 36: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 128: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	294
Tabella 4. 37: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 128: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.	296
Tabella 4. 38: Tabella dei parametri di stazione per la stima della distribuzione GEV.	298

Introduzione

Nel primo capitolo saranno riportate tutte le nozioni di teoria necessarie per introdurre il problema: teorie, formule e modelli; questa scelta è stata portata avanti per alleggerire il testo nei capitoli successivi ed evitare continui richiami alla letteratura. Si analizzeranno tutti gli aspetti legati alla interazione tra infrastruttura e acqua: dalla raccolta dei dati pluviometrici e la loro analisi, alla definizione di bacino idrografico nonché i modelli usati nel settore idrologico; si riporterà infine una breve panoramica sulle tutte quelle opere che sono utilizzate nelle infrastrutture gestire l'interazione tra quest'ultima e l'acqua. Nel secondo capitolo si riporta l'analisi dei tutti i dati pluviometrici relativi agli estremi massimi annui corrispondenti alle durate orarie e sub-orarie; ci si focalizzerà in particolare sull'implemento di consistenza delle serie, ovvero su come è stato possibile irrobustire le serie storiche pubblicamente reperibili attraverso l'utilizzo di dati provenienti da sistemi digitali.

Viene illustrato poi lo sviluppo per la costruzione della curva di possibilità pluviometrica a tre parametri, iniziando da un livello di stazione, per poi passare ad un livello regionale, e ad una successiva estrazione per i bacini di interesse, ottenendo quindi dei valori areali.

Lo studio di tesi è svolto sul territorio della regione Sardegna, ricercando i nodi idrografici, ovvero le intersezioni formate tra la rete idrologica regionale e l'infrastruttura stradale più importante per la regione, ovvero la SS131 e la SS131 Diramazione Centrale Nuorese o SS131DCN. Nel terzo capitolo si riporta il processo completo per l'individuazione dei nodi, la costruzione dei bacini idrografici connessi, il calcolo dei parametri geomorfologici e il calcolo e l'analisi effettuata sui tempi di corrivazione t_c .

Nell'ultimo capitolo viene presentato il processo attraverso il quale a partire dalle analisi precedentemente svolte e la geometria della sezione di chiusura, è possibile definire se un particolare nodo possa essere soggetto ad una criticità in caso di un particolare evento pluviometrico. Si illustreranno i processi di determinazione delle portate attraverso un metodo puramente idraulico, il calcolo delle corrispondenti altezze pluviometriche ed infine la determinazione del coefficiente K_T con la valutazione del periodo di ritorno corrispondente. Questo ultimo processo è stato portato avanti per 10 nodi idrografici selezionati tra i 184 individuati e studiati nel terzo capitolo. Nelle considerazioni finali, oltre all'analisi dei risultati, si riportano alcuni possibili soluzioni per l'automatizzazione del processo, attraverso il software QGis, per poter rendere l'esecuzione del lavoro più rapida e facilmente utilizzabile.

Capitolo 1: Interazioni infrastruttura stradale e acqua piovana: approccio al problema e metodologie

1.1 L'interazione tra infrastruttura e acqua

In fase di progettazione di una infrastruttura è necessario porre particolare attenzione affinché la stessa non alteri le condizioni idrologiche preesistenti in maniera non conforme alle condizioni di sicurezza previste dalla legge sia in fase di realizzazione che di esercizio. L'infrastruttura è di per se un'opera lineare che si sviluppa in lunghezza, dove la probabilità di intersezione con la rete idrologica naturale è elevata. Il problema dell'interazione fra infrastruttura e acqua può dividersi principalmente in due sottocategorie: la prima riguarda la trasformazione di afflussi in deflussi, con il conseguente smaltimento dell'acqua e dell'eventuale materiale trasportato dal corso d'acqua intersecato, ovvero il calcolo del colmo di piena; la seconda ha come oggetto la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche che ricadono sull'infrastruttura stessa, ovvero sulla piattaforma stradale.

Un insufficiente approfondimento del problema può avere conseguenze disastrose, sia in termini di perdita di vite umane, che di risorse. Sono numerosi i casi riportati dove, un non corretto studio dei fenomeni pluviometrici, ha portato all'inadeguatezza dell'opera ingegneristica del caso, come ad esempio pontate di piena che spazzano letteralmente via ponti e tratti stradali. Molto frequenti sono i disagi e i danni riportati dai veicoli e dai loro conducenti a causa dell'errato progetto dello smaltimento delle acque meteoriche presenti sulla superficie stradale in caso di pioggia, che portano, in certe condizioni, all'instabilità del veicolo. In seguito si descriveranno brevemente le opere ingegneristiche di interesse. Tali opere richiedono un esaustivo studio idrologico, utilizzato poi per il dimensionamento dell'opera stessa, ovvero quelle progettate per affrontare le due sottocategorie di problemi precedentemente elencati: le opere atte al mantenimento in sicurezza dell'equilibrio idrologico del sito e quelle di presidio idraulico atte al raccoglimento e all'allontanamento delle acque meteoriche dall'infrastruttura.

1.2 Caratterizzazione del regime delle precipitazioni intense

A monte del progetto, dell'elemento dell'infrastruttura che deve interagire con la rete idrica locale o con l'acqua meteorica, o della struttura che deve essere inserita in un contesto idrologico, deve esserci un adeguato e correttamente approfondito studio del sistema con cui si va ad interferire. Con il termine adeguato si vuole spiegare che tale studio deve svolto con i mezzi idonei alla tipologia del problema e dell'infrastruttura, mentre con correttamente approfondito dobbiamo metterci nella situazione di fare ciò che è indispensabile per la messa in sicurezza delle persone e dell'opera. La principale attività, nella fase di progetto, è la raccolta dei dati storici pluviometrici o idrometrici riferiti al sito in cui dobbiamo svolgere l'indagine. Le serie storiche sono ottenute mediante una sequenza specifica d'attività di acquisizione, validazione, eventuale elaborazione, archiviazione e diffusione. A livello nazionale gli enti

proposti a tali scopi sono multipli, inoltre esistono ulteriori appositi organi, a livello regionale, che svolgono tali funzioni e lavorano esclusivamente sul territorio di competenza. Fino al decentramento amministrativo, che ha fornito alle singole Regioni autonomia rispetto a diversi ambiti, il compiti precedentemente citati erano svolti dal Servizio Idrografico e Mareografo Nazionale, alle dirette dipendenze del Consiglio dei Ministri, nonché dagli uffici idrografici delle regioni autonome. Tale ente svolgeva il compito attraverso una serie di uffici compartimentali dislocati sul territorio nazionale, che facevano capo alla sede centrale di Roma. Successivamente sono venuti a crearsi diversi altri Enti, anche in seguito all'evoluzione tecnologica e quindi al cambiamento stesso del tipo di servizio offerto; un classico esempio è il monitoraggio in continuo, oramai strettamente collegato alle strutture di protezione civile, le quali possono svolgere un'attività permanente di controllo per possibili allertamenti e misure di protezione. Gli uffici hanno il compito principale di pubblicare annualmente gli Annali Idrologici, che contengono le misure e gli studi idrologici del territorio di competenza. Negli annali è presente un elenco delle stazioni pluviometriche, raggruppate per bacini idrografici, specificando la tipologia di apparecchio, l'altezza sul livello del mare, l'altezza dello strumento e l'anno di inizio delle osservazioni; successivamente seguono le tabelle riguardanti la pluviometria. L'Annale Idrologico è un doppio volume annuale e regionale che raccoglie i dati delle strumentazioni pluviometriche, termopluviometriche e idrometriche del territorio di competenza. Presero questo nome nel 1927, sostituendo i Bollettini Idrografici. I due volumi prendono il nome di PARTE I e PARTE II; la prima contiene le osservazioni pluviometriche e termometriche, mentre nella PARTE II sono contenute quelle idrometriche, gli afflussi meteorici, le portate e i bilanci idrologici e infine la freaticimetria.

Nella Tabella I (Osservazioni pluviometriche giornaliere) sono riportate, per ogni stazione, le altezze di pioggia giornaliera per ogni giorno dell'anno, le altezze di pioggia mensili e quella annuale, il numero dei giorni piovosi, in scala mensile ed annuale. Nella Tabella II (Totali annui e riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazione) si riportano il massimo e il minimo dei totali mensili. All'interno della Tabella III (Precipitazione di massima intensità registrate dai pluviografi) si riportano, per le stazioni munite di registratore, i massimi annuali delle precipitazioni relative a periodi e durata, si 1, 3, 6, 12 e 24 ore, con inizio in un istante qualsiasi. La Tabella IV (Massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi) riporta, per stazioni opportunamente scelte i massimi valori delle precipitazioni di 1, 2, 3, 4 e 5 giorni consecutivi. La tabella V (Precipitazioni di notevole intensità e breve durata registrate ai pluviografi) riporta il valore, la durata e la data delle precipitazioni di maggiore intensità e breve durata che sono registrate dai pluviografi. Infine la Tabella VI (Manto nevoso), riporta, per alcune stazioni, per i mesi da ottobre a maggio l'altezza dello strato di neve presente sul suolo a fine mese, la quantità di neve caduta nel mese, il numero di giorni nevosi e il numero di gironi di permanenza della neve sul suolo. I dati contenuti in questi annali rappresentano il punto di inizio di una qualsiasi analisi idrologica, risparmiando al progettista il tempo e le difficoltà che verrebbero spese nell'elaborare personalmente i dati contenuti nello strumento.

In Immagine 1.1 è riportato un esempio dell'indice di un Annale Idrologico, mentre in Immagine 1.2 è riportato un estratto della tabella V.

INDICE

SEZIONE A — TERMOMETRIA

Abbreviazioni e segni convenzionali — Contenuto delle tabelle — Consistenza della rete termometrica	Pag. 5
Elenco e caratteristiche delle stazioni termometriche	» 6
Tabella I — Osservazioni termometriche giornaliere	» 10
Tabella II — Valori medi ed estremi della temperatura	» 71

SEZIONE B — PLUVIOMETRIA

Abbreviazioni e segni convenzionali — Terminologia	» 85
Contenuto delle tabelle — Consistenza della rete pluviometrica	» 86
Elenco e caratteristiche delle stazioni pluviometriche	» 87
Tabella I — Osservazioni pluviometriche giornaliere	» 93
Tabella II — Totali annui e riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazioni	» 152
Tabella III — Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi	» 164
Tabella IV — Massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi	» 169
Tabella V — Precipitazioni di notevole intensità e breve durata registrate ai pluviografi	» 180
Tabella VI — Manto nevoso	» 184
Elenco alfabetico delle stazioni	» 193

Immagine 1. 1: Immagine 1.5: Esempio dell'Indice di un Annale Idrologico.

BACINO E STAZIONE	Giorno e mese	Durata ore e minuti	Quantità di precipitazione mm
CODULA DE LUNA			
GENNA SILANA	20 Set.	0.15	14,0
	20 Set.	0.30	22,0
	20 Set.	0.45	25,0
PRAMAERA			
TALANA	30 Set.	0.15	17,2
	30 Set.	0.30	22,2
	30 Set.	0.45	33,0
BAUNEI	9 Nov.	0.15	24,0
	9 Nov.	0.30	36,0
	9 Nov.	0.45	52,0

Immagine 1. 2: Immagine 1.6: Estratto dalla tabella V di un Annale Idrologico.

Le stazioni che fanno parte della rete di monitoraggio sono dotate di strumenti, quali:

- **Pluviografi:** sono strumenti costituiti da un imbuto che fa defluire l'acqua meteorica su due vaschette basculanti, in modo che ogni 0.2 mm di precipitazione si compia un basculamento attorno al proprio asse, trasmettendo ad un pennino che riporta meccanicamente, su un dispositivo cartaceo tale avvenimento. La striscia di carta è disposta su un tamburo che ruota a velocità costante, permettendo che si abbia traccia nel tempo in degli avvenuti basculamenti. Esso richiede una lettura giornaliera da parte dell'operatore, nonché la periodica sostituzione del sistema cartaceo.

- Pluviometri con registratori su memoria solida: evoluzione del precedente, poiché registrano l'istante di ogni basculamento, sempre ai 0.2 mm, su una memoria solida. Tali memorie vengono poi decodificate ottenendo poi i dati in formato digitale.

Possiamo ora specificare il significato di dato estremo: il valore massimo di una variabile x in un campione di dimensione N . È quindi possibile dire che i valori di precipitazione, riferiti ad una qualsiasi scala temporale, se sono definiti massimi, sono eventi pluviometrici estremi; ad ogni valore di altezza pluviometrica h [mm] è associata la durata a cui si presenta tale grandezza, le variabili sono quindi trattate separatamente per durata corrispondente, generando la popolazione di dimensione N , corrispondenti ad esempio alla durata pari a 10 minuti, oppure ad un ora.

In questo lavoro si farà riferimento alla banca dati CUBIST, strumento che raccoglie in formato digitale dati idrologici relativi al territorio italiano provenienti da diverse fonti, tra cui gli Annali, generato nell'ambito di un progetto PRIN (Claps, et al., 2008). Il CUBIST è stato interrogato sui massimi annui corrispondenti alle durate orarie di 1, 3, 6, 12 e 24 ore per la Regione Sardegna; i risultati ottenuti saranno esposti successivamente.

1.2.1 Analisi statistica delle precipitazioni intense

I dati pluviometrici devono essere trattati attraverso elaborazioni statistiche. Tale processo è necessario poiché il progetto richiede di stabilire un valore per il dimensionamento. Scegliendo anche, in funzione dello studio, il valore massimo si sta misurando, non si hanno certezze che esso non venga superato in futuro. Si andrà quindi a cercare un dato a cui verrà assegnato un grado di rarità. Può definirsi l'evento pluviometrico come rappresentato da una variabile casuale, all'interno di una popolazione, ovvero l'insieme dei valori, non necessariamente diversi tra loro, che la variabile può assumere. Il problema dell'idrologia è la definizione, con la maggiore attendibilità possibile, delle principali caratteristiche della popolazione di una grandezza, partendo dalla conoscenza di una serie di osservazioni sperimentali più o meno lunghe (Maione, et al., 1993).

Schematizzando la grandezza come una variabile casuale, è di notevole interesse conoscere la sua distribuzione di probabilità. Le serie che di solito si hanno in possesso rappresentano solo un numero finito di elementi estratti a caso dall'insieme di tutti i valori possibili che la variabile può assumere, ovvero si è in possesso di un campione, e su questo si tratta il cosiddetto problema di inferenza, ovvero risalire alla funzione di probabilità che definisce la distribuzione della variabile. Per poter seguire questo studio, si ha bisogno di una serie di elementi e conoscenze che ora si andranno a definire. Partendo dalla definizione di probabilità di un evento A , ovvero, il rapporto, espresso con la lettera p , tra i casi favorevoli di A , indicata con f , e il numero di casi possibili, indicato con c , come dalla seguente relazione:

$$p = \frac{f}{c} \quad (1.1)$$

Fondamentale è la definizione di eventi indipendenti; presi due eventi A_1 e A_2 , essi sono detti mutuamente indipendenti se la probabilità che uno dei due eventi accada, non dipende dalla probabilità di accadimento

dell'altro evento. In tal caso si parla di probabilità incondizionata. È ora necessario, prima di introdurre tutte le successive nozioni, definire la funzione di probabilità; è la funzione $p(x)$ che associa ad ogni valore della variabile casuale x la probabilità corrispondente. Il concetto risulta differente se si analizzano variabili discrete o continue; per la prima tipologia di variabili a ciascun valore è assegnata una probabilità, ma quando si analizzano le variabili continue non è più possibile assegnare valori finiti, e non si può più parlare di probabilità che si assuma un certo valore, ma solo di probabilità che la variabile ricada in un certo intervallo; definiamo quindi $P(x)$, ovvero la probabilità che la variabile assuma un valore non superiore a x , ovvero abbiamo definito la probabilità di non superamento, ovvero la funzione di probabilità di una variabile casuale, concetto che verrà definito in maniera più specifica di seguito.

La probabilità di superamento è un concetto chiave per poter poi definire il tempo di ritorno; la probabilità di superamento, scelta una variabile causale x e un valore assegnato x_a , è definita come il completamento a 1 della probabilità di non superamento; se si definisce come evento A_1 la probabilità che $x \leq x_a$ e come evento A_2 la probabilità che $x > x_a$, la probabilità totale è legata alla probabilità di accadimento di entrambi gli eventi. Richiamando gli assiomi della probabilità, sapendo che la probabilità di un evento certo è 1, e che uno dei due eventi deve accadere sicuramente, ma sono tra loro incompatibili, ovvero la probabilità composta è nulla, $p(A_2)$ è la probabilità di superamento cercata e può essere scritta con la seguente relazione:

$$p(A_2) = 1 - P(x_a) \quad (1.2)$$

Si è in grado ora di definire il tempo di ritorno, poiché in qualunque analisi statistica è fondamentale definire il grado di rarità di un evento; definendo sempre con x una variabile casuale e con $P(x)$ la corrispondente funzione di probabilità di non superamento, considerando una serie infinita di osservazioni della variabile, indipendenti l'una dalle altre, e fissando il valore di soglia x_a , è possibile definire il tempo di ritorno con la seguente formula:

$$T(x_a) = \frac{1}{1 - P(x_a)} \quad (1.3)$$

Con tale equazione il tempo di ritorno risulta misurato in numero di osservazioni. È uso comune, nelle applicazioni ingegneristiche, esprimere tale rarità di un evento in numero di anni, o comunque in scala temporale; per poter far ciò occorre dividere il valore $T(x_a)$ per il numero di osservazioni eseguite nell'unità di tempo adottata.

Quando si studiano gli eventi estremi è importante conoscere la legge di probabilità secondo la quale sono distribuiti i valori massimi di una qualsiasi variabile x , in un campione di dimensione N . Si introdurranno ora le distribuzioni e le relative leggi, generalmente usate nell'ambito di eventi estremi, ma prima di ciò è necessario definire le grandezze caratteristiche delle distribuzioni di probabilità, sia esplicitate genericamente con il termine momento di ordine n -esimo, sia con il nome comune utilizzato in letteratura, cercando di dare un significato preciso ad ognuno.

Data una variabile casuale discreta, che può assumere valori all'interno di una determinata popolazione N , si definisce il momento di n -esimo ordine rispetto al valore x_0 la grandezza:

$$\mu_r(x) = \sum_{j=1}^N (x_j - x_0)^r p(x_j) \quad (1.4)$$

Il momento di primo ordine rispetto all'origine, o nel linguaggio comune la media aritmetica è definito come:

$$\mu(x) = \sum_{j=1}^N x_j p(x_j) \quad (1.5)$$

Quando definiamo un momento di ordine superiore al primo, il termine x_0 , della formula (1.4) si assume pari alla media, avendo quindi:

$$\mu_r(x) = \sum_{j=1}^N (x_j - \mu(x))^r p(x_j) \quad (1.6)$$

Il momento di secondo ordine rispetto alla media o varianza è espresso dalla seguente relazione:

$$\sigma^2(x) = \sum_{j=1}^N (x_j - \mu(x))^2 p(x_j) \quad (1.7)$$

Definiamo lo scarto quadratico medio della variabile casuale x , il valore $\sigma(x)$, ovvero la radice quadrata della varianza. Tale grandezza risulta molto importante poiché quantifica la dispersione dei valori attorno alla media.

Introduciamo ora il coefficiente di variazione CV , come grandezza derivata:

$$CV(x) = \frac{\sigma(x)}{\mu(x)} \quad (1.8)$$

L'utilità del CV deriva dal fatto di essere un coefficiente che misura la dispersione intorno alla media, ma di tipo adimensionale, quindi utili per poter fare confronti tra variabili casuali diverse.

Il coefficiente di asimmetria, o *skewness*, fornisce il grado di asimmetria del grafico che rappresenta la funzione di densità di probabilità di una distribuzione. In letteratura, una formula molto usata per il calcolo di tale coefficiente è la seguente, ovvero il rapporto tra il momento di terzo ordine, rispetto alla media, e il cubo dello scarto quadratico medio della distribuzione:

$$\gamma(x) = \frac{\mu_3(x)}{\sigma^3(x)} \quad (1.9)$$

Infine si introduce il *kurtosi*, o l'indice di curtosi, ovvero il rapporto tra il momento di ordine quarto, rispetto alla media e l'elevazione alla quarta potenza dello scarto quadratico medio, che rappresenta un allontanamento dalla normalità della distribuzione, ovvero un maggiore appiattimento o un maggiore allungamento.

$$k(x) = \frac{\mu_4(x)}{\sigma^4(x)} \quad (1.10)$$

Indicando con $P(x)$ la distribuzione originaria della variabile e con $P_N(x)$ la distribuzione del massimo in un campione di dimensione N , indipendenti l'uno dall'altro ed estratti dalla medesima popolazione di x , dall'assioma della probabilità composta è possibile scrivere (Maione, et al., 1993):

$$P_N(x) = P(x)^N \quad (1.11)$$

È lecito dire che la densità di probabilità degli eventi estremi risulta legata a quella della serie originale, ovvero che la distribuzione del massimo di un campione di dimensione N si ricava dalla distribuzione della variabile originaria, quando è nota tale dimensione del campione; il concetto appena espresso viene scritto mediante la seguente relazione:

$$p_N(x) = NP(x)^{N-1}p(x) \quad (1.12)$$

Bisogna però aggiungere un considerazione riguardo l'introduzione della precedente ipotesi di indipendenza del campione; tale concetto non è sempre verificato a priori, e in alcuni casi può proprio non sussistere, si veda il caso di deflussi annui in un bacino idrografico (Maione, et al., 1993); è dimostrato che però tale dipendenza risulta trascurabile per gli effetti limitati che si hanno sulla distribuzione dei massimi di N anni.

Molto diffuse nell'uso comune degli studi idrologici, per l'analisi dei valori estremi, sono le leggi asintotiche del massimo valore. Tali leggi derivano dal considerare possibile l'esistenza di una legge asintotica alla quale tende la funzione $P_N(x)$, quando tende all'infinito il numero N di dimensione del campione. La tipologia della forma asintotica dipende dalla distribuzione originale del campione; la letteratura (Maione, et al., 1993) fornisce che tali forme vengono racchiuse in tre grandi famiglie, ovvero del I, del II e del III tipo.

Nelle distribuzioni asintotiche del I tipo, la funzione di probabilità, illimitata superiormente, tende ad 1 nel modo della distribuzione esponenziale. In tale famiglia la funzione di probabilità $P(x)$ si può approssimare ad una curva esponenziale che tende ad 1 al tendere all'infinito del valore di x , e la funzione di probabilità del massimo valore tende, avendo un campione di N elementi con N che tende all'infinito, ad una semplice forma asintotica. È possibile scrivere che:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P_N(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (1.13)$$

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (1.14)$$

La (1.13) indica la funzione di probabilità del massimo in un campione dove N tende all'infinito, quindi la distribuzione di del massimo valore di una grandezza in un campione di N elementi si può rappresentare indipendentemente dalla funzione di probabilità $P(x)$, purché questa sia di tipo esponenziale; si aggiunge che l'approssimazione risulta tanto migliore quanto più N è grande, ed inoltre i parametri α ed u sono funzione sia della distribuzione originaria che dalla dimensione N del campione. Il parametro α controlla la forma del grafico che rappresenta la funzione di densità di probabilità, più è grande tale valore, tanto più è addensata la distribuzione; il parametro u controlla invece la posizione del grafico. Infine la (1.14) rappresenta la distribuzione asintotica del massimo valore del I tipo o distribuzione di Gumbel. Le distribuzioni appartenenti al II tipo corrispondono a quelle, la cui distribuzione di probabilità, anch'essa illimitata superiormente, tende ad uno nel modo della distribuzione di Pareto¹, e in tal modo, molto più lentamente della precedente famiglia. Tale distribuzione asintotica è limitata inferiormente ed è rappresentata dalla funzione di probabilità:

$$P(x) = e^{-\left(\frac{x-x_0}{u-x_0}\right)^{-k}} \quad (1.15)$$

Tale distribuzione prende anche il nome di distribuzione di Fréchet; essa è caratterizzata da tre parametri, ovvero x_0 , che rappresenta il valore per cui è limitata inferiormente, u e k ; aumentando il valore di u il grafico tende a spostarsi verso destra, ovvero modificando la media, e contemporaneamente diventando più largo e schiacciato; modificando invece k , incrementandolo, il grafico diventa più stretto e appuntito, senza che la moda abbia variazioni apprezzabili. Il parametro k , inoltre, che ha sempre valore positivo, ci informa sull'esistenza dei momenti di ordine superiore, poiché in questa distribuzione non esistono momenti di ordine uguale o superiore a k . Infine, le distribuzioni appartenenti alla famiglia del III tipo, hanno funzione di probabilità limitata superiormente, e per tale ragione, generalmente non impiegate nelle analisi idrologiche.

Al fine di poter poi definire l'appartenenza alla distribuzione esponenziale degli eventi che verranno analizzati nei capitoli successivi, si ritiene opportuno introdurre una breve spiegazione su tale argomento; questa distribuzione risulta limitata superiormente ed inferiormente, ed è funzione di due parametri, ovvero k e x_0 , dove quest'ultimo rappresenta il appunto il limite inferiore. Di seguito si illustrano la funzione di densità di probabilità, formula (1.18) e la funzione di probabilità, formula (1.19); si sottolinea che entrambe sono nulle per $x < x_0$, mentre per $x \geq x_0$ si ha:

$$p(x) = \frac{1}{k} e^{-\left(\frac{x-x_0}{k}\right)} \quad (1.16)$$

¹ La distribuzione di Pareto è un tipo di distribuzione limitata inferiormente e generalmente non utilizzata in applicazioni idrologiche; la sua funzione di densità di probabilità è la seguente: $p(x) = \alpha \frac{H^\alpha}{x^{\alpha+1}}$; tale distribuzione presenta un diffuso uso in economia, soprattutto per la modellizzare la distribuzione del reddito.

$$P(x) = 1 - e^{\left(\frac{x-x_0}{k}\right)} \quad (1.17)$$

I due parametri sono legati alla media $\mu(x)$ e allo scarto quadratico medio $\sigma(x)$, nel seguente modo: x_0 è pari alla differenza tra la media e lo scarto quadratico medio, mentre k è proprio il valore della media e determina la forma del grafico, al crescere del valore del parametro la moda diminuisce e il grafico tende ad appiattirsi. Tutte le distribuzioni che sono state viste in precedenza presentano dei parametri propri che devono essere stimati affinché la distribuzione scelta possa essere correttamente e totalmente identificata; se si ipotizzi di avere un campione, costituito da un numero finito N , tale che sia x_1, x_2, \dots, x_N ; di tale campione è possibile calcolare la frequenza $f(x_i)$, ovvero la probabilità, nell'ipotesi di estrarre il valore anziché dalla popolazione, dal campione stesso. La frequenza approssima la probabilità tanto meglio quanto più il campione è numeroso. Se la variabile è discreta, i valori più probabili tendono a ripetersi, e il diagramma della frequenza può rappresentare una buona approssimazione della distribuzione di probabilità che rappresenta e caratterizza la popolazione. Quando invece la variabile è continua la probabilità che un dato valore si ripeta è molto bassa, si potrebbe aggiungere anche rara, come ad esempio una altezza di pioggia, utilizzando quindi maggiormente il concetto di frequenza di non superamento. Essa è definita come il rapporto tra il numero delle osservazioni con valore non maggiore di quello assegnato e il numero totale delle osservazioni del campione. È possibile riportare graficamente tale frequenza, ottenendo una spezzata a gradini, o un grafico a punti, come quelli di esempio in figura (Immagine 1.3 e 1.4).

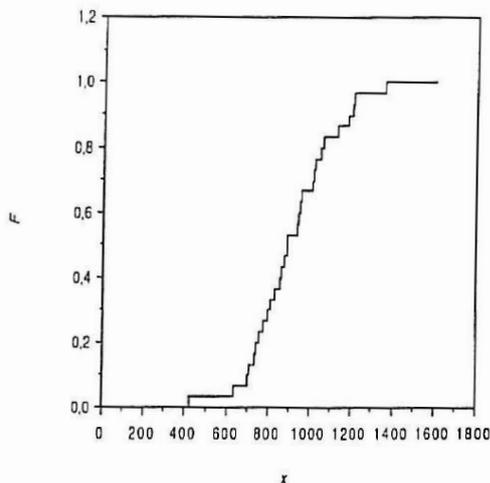


Immagine 1. 3: Frequenza di non superamento rappresentato da una spezzata (Maione, et al., 1993).

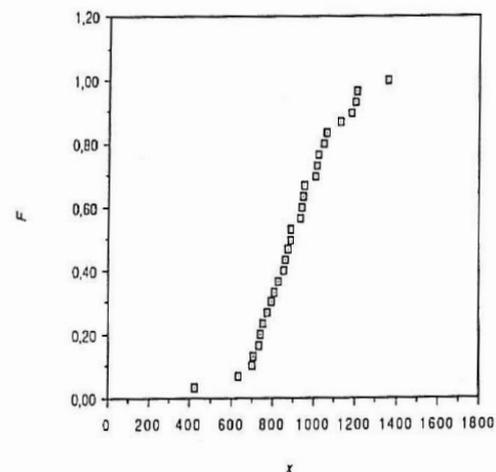


Immagine 1. 4: Frequenza di non superamento rappresentato da una serie di punti (Maione, et al., 1993).

Il passo successivo è quello di determinare la distribuzione, ovvero individuare una curva che interpoli i punti del grafico che rappresenti la frequenza cumulata, ricordando che essa è una buona rappresentazione della popolazione, essendo un campione estratto. La pura e semplice interpolazione grafica risulta svantaggiosa, preferendo adottare le distribuzioni di tipo noto, ovvero, ad esempio, una di quelle descritte in precedenza; tale operazione deve essere svolta in maniera ragionevole, quindi non ipotizzando

casualmente una distribuzione ma scegliendole con criterio, in funzione soprattutto del campione in possesso.

Una volta che si è stabilita e scelta la distribuzione, nella fase successiva occorre stimare il valore dei parametri.

1.2.2 Relazioni Intensità-Durata-Frequenza

In questo studio verranno trattati sia eventi pluviometrici orari, quindi corrispondenti alla durata pari o superiore all'ora, che sub-orari, quindi corrispondenti ad una durata inferiore all'ora. Con eventi estremi sub-orari si indicano gli eventi pluviometrici che sono definiti in una scala temporale inferiore all'ora, ovvero la precipitazione massima annuale in una data durata, per esempio, pari a cinque, dieci, quindici o trenta minuti. Solo in tempi recenti, in Italia, l'attenzione si è focalizzata su una sistematizzazione delle acquisizioni di questa tipologia di eventi, specialmente con l'ingresso e l'utilizzo di strumentazioni che operano in continuo. Ne consegue che la dimensione dei campioni e la disponibilità di tali dati sia molto ridotta rispetto agli eventi legati alle durate superiori all'ora. Inoltre, mentre ad esempio per i massimi annuali su durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, le misurazioni e il formato dei dati sono convenzionalmente condivise, sulle durate sub-orarie tale accordo non esiste.

Come già precedentemente detto, nell'analisi statistica degli eventi estremi, uno dei passi fondamentali è la determinazione della relazione che sussiste tra le intensità, le durate e le frequenze di non superamento, legate al tempo di ritorno. Comunemente la relazione tra la media dei massimi annui di precipitazione con la durata viene descritta come:

$$\mu_d = a * d^n \quad (1.18)$$

Dove μ_d rappresenta la media degli estremi, mentre a [mm/h] ed n sono due coefficienti che vengono stimati tramite il modello di regressione dei dati disponibili. Nel Grafico 1.1 possiamo vedere una rappresentazione di tale legge, in carta bi-logaritmica, con i dati corrispondenti alle durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore, in una delle stazioni in possesso.

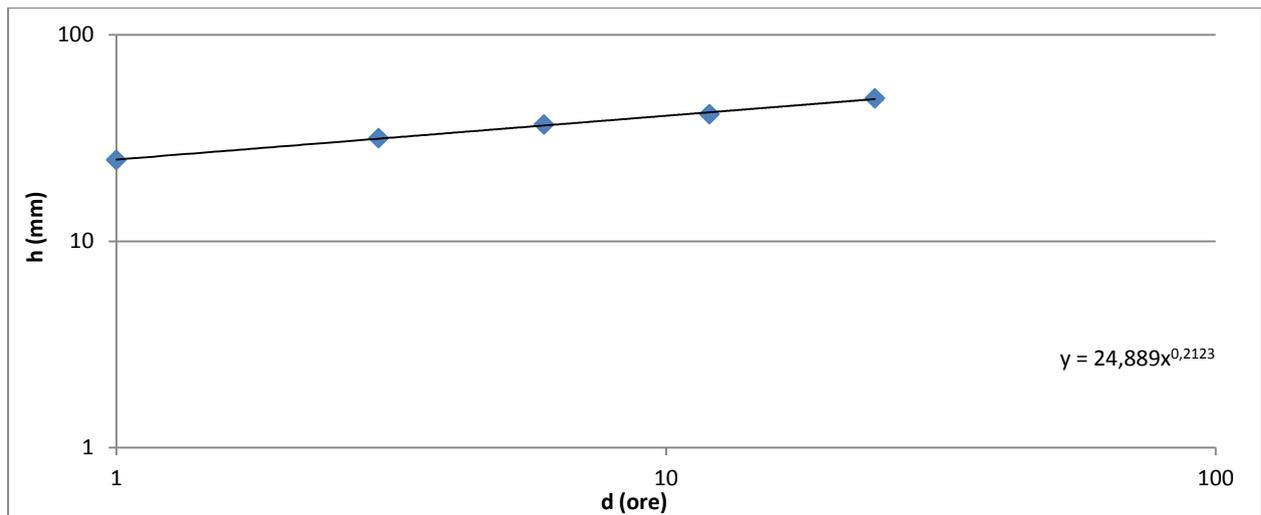


Grafico 1. 1: Rappresentazione in carta LogLog della relazione altezza-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie, relativo alla stazione 7.

Nella parte in basso a destra del grafico vediamo il risultato ottenuto tramite la regressione lineare ed il valore di a ed n per la serie di estremi medi orari. Ragionando in termini di intensità pluviometrica, ovvero dividendo ciascun valore delle altezze per la durata corrispondente a cui sono misurate, possiamo definire la seguente legge:

$$i_d = a * d^{n-1} \quad (1.19)$$

La rappresentazione grafica degli stessi dati precedenti segue nel Grafico 1.2, espressi come intensità pluviometriche; la regressione fornisce gli stessi risultati.

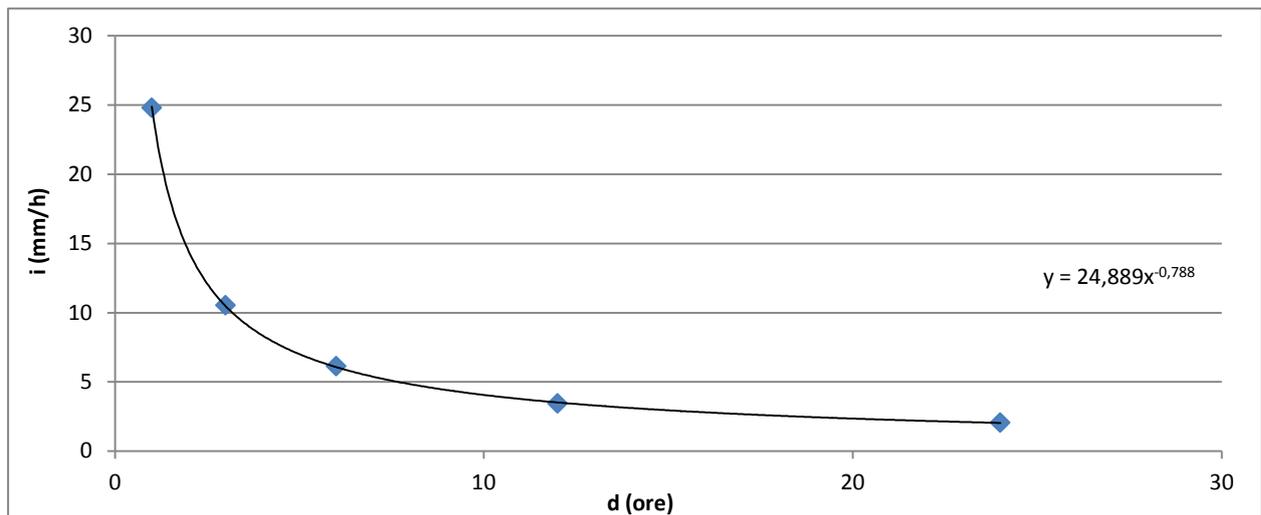


Grafico 1. 2: Rappresentazione della relazione intensità-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie, relativo alla stazione 7.

Le costruzioni delle relazioni Intensità-Durata-Frequenza o (IDF) richiedono una buona consistenza di dati. Una serie storica breve può non essere rappresentativa di un reale regime di una pioggia intensa. La media è uno strumento statistico molto sensibile a outliers. Più anni si hanno per l'analisi delle serie, maggiore affidabilità presenta il risultato fornito. Non esiste una legge che ci dice quanto deve essere la

lunghezza minima di una serie di dati, è compito del progettista adeguare questa scelta al proprio database e alle proprie conoscenze. Solitamente la ricerca degli estremi alla scala oraria non fornisce difficoltà, essendo oramai consolidato il processo di acquisizione.

Quando parliamo di dati estremi pluviometrici alla scala sub-oraria, il ragionamento varia. La formula (1.19), che ben si adatta a descrivere i fenomeni di durata da 1 a 24 ore, ha il difetto di portare ad un valore infinito l'intensità, per corrispondenti valori della durata tendenti a zero (è molto chiaro il ragionamento analizzando il Grafico 1.2). Risulta quindi inadeguata per l'analisi degli eventi pluviometrici alle brevi durate sub-orarie di interesse: si cerca una legge dove il valore di intensità si assesti ad una quantità finita, ovvero:

$$i_0 = i(d = 0) \quad (1.20)$$

È uso comune utilizzare formule empiriche per il calcolo dei quantili di interesse; per ovviare alla precedente carenza, la letteratura fornisce una legge alternativa, tra le possibili esistenti, che ha la peculiarità di considerare l'intensità al tempo zero, un parametro stesso dell'equazione, è la formula a tre parametri:

$$i(d) = i_0(1 + B * d)^\beta \quad (1.21)$$

I parametri risultano quindi tre, ovvero i_0 , B e β ; il parametro i_0 ha le dimensioni di un'intensità, B dell'inverso del tempo e β risulta adimensionale, con $(-1 < \beta < 0)$. È doveroso fare la seguente osservazione: la scelta della migliore forma delle legge che studia il legame Intensità-Durata-Frequenza deve adattarsi a interpretare le caratteristiche climatiche locali del sito studiato; tale assunzione implica che una determinata legge empirica non debba per forza applicarsi ad uno studio fatto in un dato luogo, poiché è possibile che l'evoluzione del fenomeno pluviometrico presenti peculiarità e/o differenze di comportamento. La legge (1.21) presenta tre parametri per poter presentare l'eventuale discrepanza di comportamento alla scala sub-oraria; si riconosce l'analogia tra i parametri i_0 e β e i parametri a ed n della (1.19). Il parametro B definisce il range di durate in cui si ha una sensibile variazione di pendenza della retta, non apprezzabile sul piano non logaritmico; al crescere di B la variazione di pendenza è in corrispondenza delle brevi durate, mostrando un andamento che tende al rettilineo. Vediamo ora due grafici che mostrano le relazioni IDF per eventi massimi medi corrispondenti sia alle durate orarie, che a quelle sub-orarie, Grafici 1.3 e 1.4.

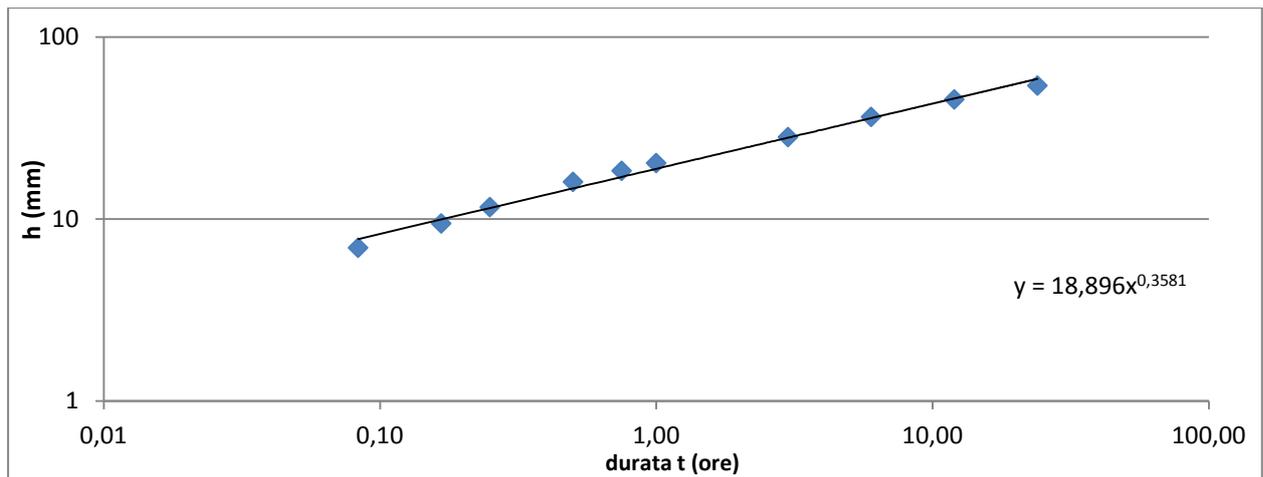


Grafico 1. 3: Rappresentazione in carta LogLog della relazione altezza-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie e sub-orarie, relativo alla stazione 82.

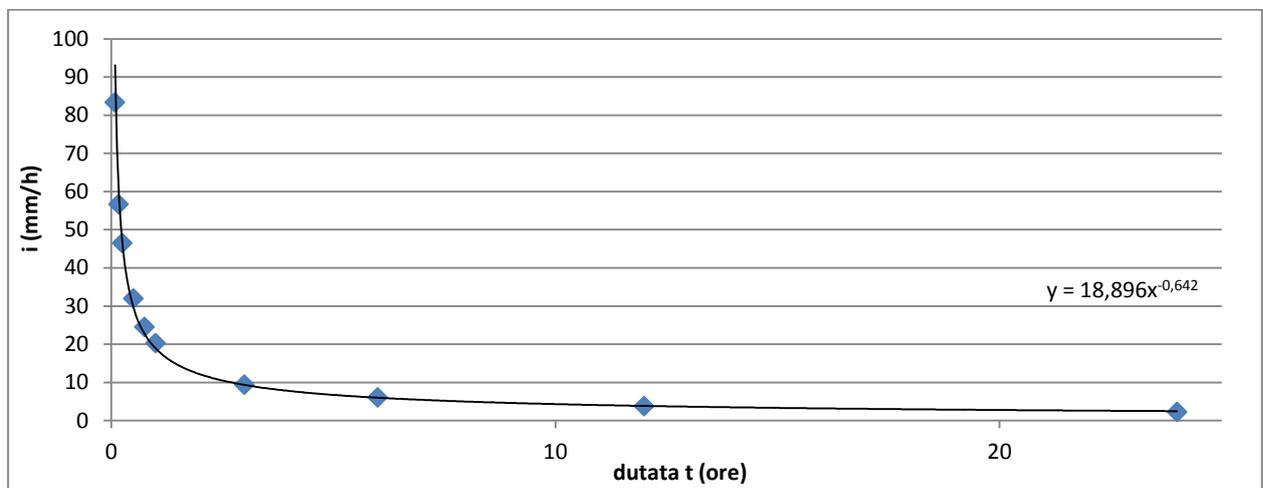


Grafico 1. 4: Rappresentazione della relazione intensità-durata, con legge di potenza costruita alle medie degli estremi delle piogge orarie e sub-orarie, relativo alla stazione 82.

Anche lo studio delle piogge sub-orarie è legato alla disponibilità e alla consistenza stessa dei dati. Sono stati elaborati alcuni strumenti per sopperire alla mancanza dei dati sub-orari, avendo a disposizione una buona serie storica di dati pluviometrici alla scala oraria.

Una delle tecniche si basa sull'assunzione dell'invarianza di scala di alcune proprietà del fenomeno della precipitazione (Rodriguez-Iturbe, et al., 1984). Generalmente si giunge all'elaborazione di modelli di disaggregazione a cascata², abbinando dei modelli per la generazione di dati a scala oraria, e costruendo le IDF; è fondamentale l'assunzione che la distribuzione di probabilità dei valori estremi sia indipendente dal valore della durata. È importante precisare che tale invarianza di scala spesso viene meno analizzando le caratteristiche statistiche proprie delle piogge estreme di durata sub-oraria. Si riporta infine, a titolo illustrativo, la seguente formula, basata sulla assunto che il rapporto tra intensità media della pioggia di 5 minuti e quella della pioggia oraria è costante su tutta l'area esaminata, ed è ricavato dallo studio delle piogge intense della stazione pluviometrica di Roma:

² I modelli di disaggregazione a cascata delle precipitazioni permettono di riprodurre serie temporali ad elevata risoluzione, come in scale temporali dell'ordine dei minuti, che siano coerenti con la serie nota, generalmente in scala temporale oraria.

$$\left(\frac{i_{5min}}{i_{1ora}}\right) = 3,36 \quad (1.22)$$

Questa formula potrebbe essere utilizzata per irrobustire le serie, derivando l'intensità pluviometrica corrispondente alla durata di 5 minuti, conoscendo quella pari a 1ora, e utilizzarla per la stima dei parametri della relazione a 3 parametri. La formula (1.22) ha però validità locale, ed il suo utilizzo non è consigliato se si possiede un buon data base.

1.3 Il Bacino Idrografico

Il bacino idrografico è "il luogo dei punti da cui le acque superficiali di provenienza meteorica ruscellano verso il medesimo collettore" (Puglisi, 1977). Questa definizione può apparire molto complessa, ma in termini più semplici si parla di quell'area dove i deflussi superficiali generati dalle precipitazioni confluiscono verso la medesima sezione di chiusura. La convergenza verso la sezione di chiusura è determinata dalla rete idrografica del bacino e dai versanti. Dato un territorio, possiamo definire i confini superficiali del bacino come gli spartiacque; si immagina un generico rilievo orografico, ipotizzando l'arrivo di una goccia d'acqua, se essa cade da un lato, piuttosto che dall'altro della cresta del rilievo, tale goccia andrà ad alimentare un deflusso, piuttosto che l'altro, di un bacino A, invece di un bacino B. La sezione di chiusura di un bacino, indica quella sezione dove confluiscono tutti gli afflussi generati sulla superficie topografica, o al di sotto di essa. Se tale sezione coincide con la foce del corso d'acqua il bacino sotteso alla sezione è detto principale; se la sezione di chiusura è invece una qualunque sezione a monte della foce, il bacino sotteso è denominato secondario.

Prima si è parlato di deflusso, ma è più corretto definire il moto dell'acqua all'interno dei bacini con il termine scorrimento; è un moto per gravità, e ne esistono tre tipi, che in simultanea azione alimentano il deflusso superficiale:

- Scorrimento superficiale: avviene sopra la superficie del bacino;
- Scorrimento sotterraneo: si produce nelle falde che si formano sotto la superficie e al di sopra di uno strato impermeabile, dall'acqua che si è infiltrata nel terreno, ed è un moto che avviene in condizioni di saturazione;
- Scorrimento ipodermico: si genera nello strato più superficiale del sottosuolo, avendo una permeabilità maggiore dello strato sottostante, ed è un moto che avviene in condizioni di non saturazione.

In Immagine 1.5 possiamo vedere una schematizzazione del bacino, dove spiccano alcune delle sue caratteristiche, ovvero l'area delimitata dai confini, la rete idrologica formata dalla varie aste, e la sezione di chiusura, in cui convergono le acque a seguito della formazione di un deflusso.

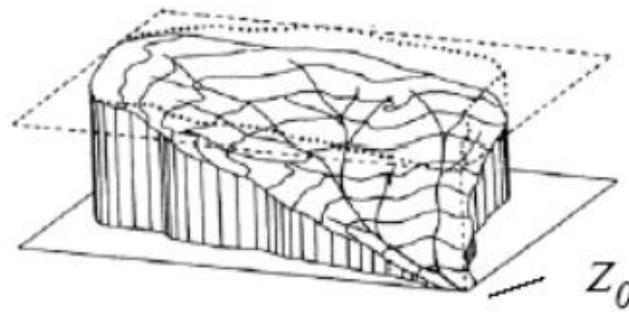


Immagine 1. 5: Schematizzazione di un Bacino Idrografico; con z_0 è indicata la sezione di chiusura.

1.3.1 Morfometria del bacino idrografico

Il bacino presenta una lunga serie di caratteristiche, tra le più varie e utilizzate per diversi scopi, ma verranno qui di seguito elencate solo le morfometriche, ovvero quelle che poi verranno utilizzate per il calcolo dei tempi di corrivazione; si rimanda al paragrafo successivo la spiegazione di tale termine, con le corrispondenti formule per calcolarlo.

Le caratteristiche morfometriche di interesse di un bacino, verranno di seguito elencate, indicando il loro significato, la loro unità di misura e il simbolo con cui saranno espressi nel seguente lavoro; esse sono:

- Area: indica l'estensione del bacino, è espressa in km^2 ed indicata con A ;
- Lunghezza Asta Principale: nel bacino esiste il reticolo idrografico, ovvero quell'insieme di aste fluviali che esistono o si vengono a creare in seguito ad una precipitazione; l'asta principale è il più lungo di questi segmenti, ovvero quello che dallo spartiacque arriva alla sezione di chiusura con lo sviluppo maggiore, è espresso in m ed indicata con L ;
- Pendenza Media dell'Asta Principale: è la pendenza del segmento del reticolo fluviale con sviluppo maggiore, è espressa in m/m ed indicata con I ;
- Pendenza Media del Bacino: è la pendenza media che ha il territorio costituente il bacino, è espressa in m/m ed indicata con S ;
- Quota Massima del Bacino: è il valore di quota del punto con elevazione maggiore, è espressa in m ed indicata con H_{max} ;
- Quota Minima del Bacino: è il valore di quota del punto con elevazione minore, generalmente corrispondente con la quota della sezione di chiusura, è espressa in m ed indicata con H_{min} ;
- Quota Media del Bacino: è il valore di quota medio, costruita per punti, espressa in m ed indicata con H_{med} ; si specifica che non è quella aritmetica fatta tra H_{max} e H_{min} ;

Lo sviluppo del reticolo idrografico è funzione dell'orografia del bacino. Horton-Strahler (anno __) descrivono il reticolo come costituito da tronchi che seguono una gerarchia ed una numerazione ad essa connessa. Le sorgenti generano tronchi di ordine 1; due tronchi di livello 1 che confluiscono in un punto, generano un tronco di livello 2, e così via. Se due tronchi di ordine diverso confluiscono in un punto, il

tronco uscente prende l'ordine del tronco maggiore in ingresso. Si può definire l'ordine del bacino, come l'ordine maggiore del tronco che confluisce alla sezione di chiusura. Vediamo in Immagine 1.6 un esempio di numerazione del reticolo idrografico.

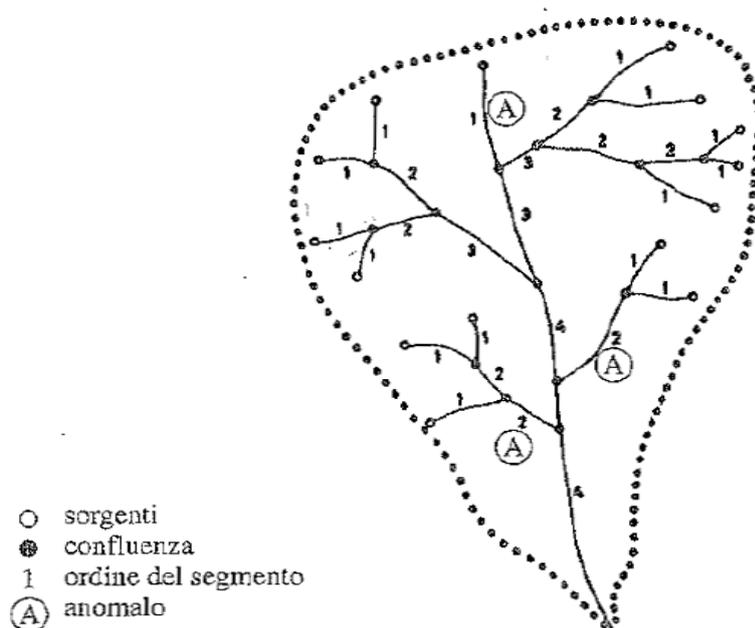


Immagine 1. 6: Esempio di codificazione di un bacino idrografico secondo lo schema ordinativo di Horton-Strahler. (Ferro, 2006)

La descrizione gerarchica precedente, sul reticolo idrografico, permette di enunciare tre leggi note come Leggi di Horton, in funzioni di relazioni esistenti in un bacino:

- La prima legge riguarda la relazione esistente tra il numero di corsi d'acqua di un certo ordine e il numero dei corsi d'acqua di ordine immediatamente superiore; essa afferma che in un corso d'acqua il numero di segmenti idrografici di ordine successivo si dispone secondo una progressione geometrica con primo termine pari all'unità, essendo solo uno il canale di ordine massimo, e con ragione pari al Rapporto di Biforcazione (Ferro, 2006), indicato con R_b e riportato nella (1.23).
- La seconda legge riguarda la relazione esistente tra le loro lunghezze; essa afferma che in un corso d'acqua le lunghezze medie cumulate dei segmenti idrografici di ordine successivo si dispongono secondo una progressione geometrica con primo termine pari alla lunghezza media dei segmenti del primo ordine e con ragione pari al Rapporto di Lunghezza (Ferro, 2006), indicato con R_L e riportato nella (1.24).
- La terza legge, proposta da Schumm, ha come oggetto la relazione tra le aree dei bacini che hanno come sezione di chiusura una qualunque sezione della rete idrografica; essa afferma che in un bacino idrografico le aree medie di drenaggio dei segmenti di vario ordine si dispongono secondo una progressione geometrica con primo termine pari all'area media drenata dai segmenti del primo ordine e con ragione pari al Rapporto delle Aree (Ferro, 2006), indicato con R_a e riportato nella (1.25).

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (1.23)$$

$$L_R = \frac{L_{u+1}}{L_u} \quad (1.24)$$

$$R_R = \frac{A_{u+1}}{A_u} \quad (1.25)$$

Per poter caratterizzare la forma che possiede un bacino, negli anni sono stati proposti diverse formule che calcolano un indice di forma R_k ; Horton ha proposto l'indice riportato nella (1.26); successive variazioni sono riportate ad esempio nella (1.27), dove A_c sta ad indicare il diametro del cerchio avente la stessa superficie del bacino.

$$R_k = \frac{A}{L^2} \quad (1.26)$$

$$R_k = \frac{0,89L}{\sqrt{A_c}} \quad (1.27)$$

Per completezza si riporta di seguito l'indice R_k proposto da Gravelius, denominato anche indice di compattezza del bacino, riportato nella (1.28), che utilizza ancora una volta l'area del cerchio che ha una superficie uguale al bacino, ma utilizza il perimetro del bacino P , sostituendolo alla lunghezza dell'asta principale L .

$$R_k = \frac{0,28P}{\sqrt{A_c}} \quad (1.28)$$

Si riportano infine alcune specifiche riguardanti le proprietà di rilievo; dall'informazione altimetrica è possibile determinare quelle informazioni da cui dipendono le caratteristiche cinematiche del reticolo idrografico. Per la valutazione dell'altitudine media di un bacino si può ricorrere alle curve isopografiche, che ci mostrano la distribuzione delle superfici alle diverse fasce altimetriche. Nell'ordinata abbiamo il valore della quota, mentre in ascissa corrisponde l'area parziale del bacino posta al di sopra della quota predetta. Nella Immagine 1.7 si riporta un esempio di curva ipsografica.

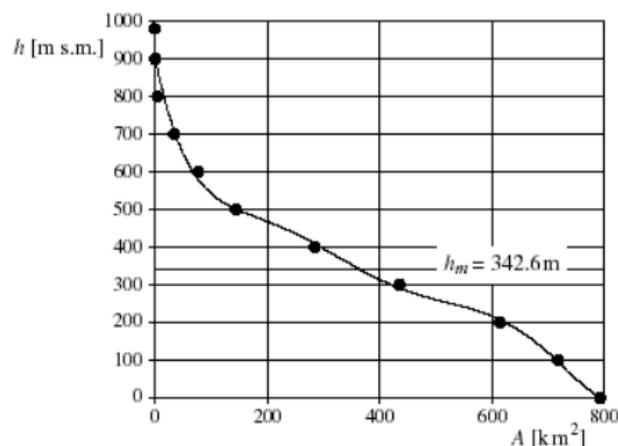


Immagine 1. 7: Esempio di Curva Ipsografica.

Nell'Immagine 1.8 le quote sono riferite rispetto al livello della quota del mare; si può costruire anche la curva utilizzando un sistema di quote adimensionali, rispetto alla quota massima, in questo caso il grafico prende il nome di curva ipsometrica. Il metodo alternativo consiste nel suddividere l'area del bacino A in aree parziali A_j , racchiuse tra due curve di livello, a cui è associata una quota media h_j , data dalla media delle due quote tra cui è racchiusa, ed utilizzando la seguente formula:

$$H_{med} = \frac{\sum h_j A_j}{A} \quad (1.29)$$

In questo lavoro, il processo di raccolta dei dati geometrici morfologici del bacino è stato condotto con l'ausilio del software QGis, attraverso l'applicazione di diversi Plugin che saranno illustrati nei capitoli successivi.

1.3.2 Il tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c è definito come quell'intervallo di tempo necessario affinché, alla sezione di chiusura del bacino, giungano tutti i contributi di tutte le parti o aree che formano il bacino stesso, e che sono tutte sottoposte ad una precipitazione di altezza h e di intensità media i pari a $i = \frac{h}{t}$, ovvero costante nella durata t . Tale tempo è considerato come un elemento distintivo del bacino, funzione delle sue caratteristiche quali: estensione, lunghezza, forma, pendenza, tipologia del terreno. La precedente definizione può essere reinterpretata in questo modo: il tempo di corrivazione è il tempo impiegato dalla particella di acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano, per giungere alla sezione di chiusura. Con questa precisazione possiamo capire meglio la definizione di aeree contribuenti, poiché all'arrivo del contributo più lontano, saremo certi che tutti gli altri siano già giunti alla sezione di chiusura. Il calcolo del tempo di corrivazione è oggetto di molte incertezze; negli anni sono state introdotte numerose formulazioni empiriche che fornivano metodi per il calcolo di questo parametro proprio del bacino, utilizzando criteri geometrici. Essendo queste formule state ricavate dalla costruzione su modelli fondati su bacini reali, la loro applicazione è legata alla ricerca di una somiglianza tra il caso in esame e il modello. Nello studio qui condotto, tutti i bacini secondari ricavati dall'analisi con il software QGis, non presentano una totale omogeneità, a livello di tipo di bacino, area, lunghezza dell'asta e pendenza. Si è proceduto quindi a selezionare una serie di formulazioni che potrebbero essere utilizzate per il calcolo del t_c , cercando una qualche corrispondenza tra il caso reale e il modello studiato. Sono state selezionate diverse formulazioni che potessero essere impiegate per tipologie di bacino anche molto differenti. L'area è uno di quei campi che spesso vincolano le applicazioni; ad esempio la formula di Giandotti non dovrebbe essere utilizzata per piccoli bacini, ovvero con area inferiore ai 50 km². Si è deciso di introdurre nella selezione la formula di Viparelli, essa contiene solo il parametro L proprio del bacino; v esprime la velocità media di deflusso all'interno dei canali, misurata in m/s, con valori suggeriti dall'autore variabile tra 1 e 1,5 m/s. nel seguente lavoro è stata presa pari a 1,2 m/s. Le altre formule sono inserite perché

valide per piccoli bacini, mentre la maggioranza di essa presenta una buona efficacia nello stimare il tempo di corrivazione in bacini montani o medio montani, caratteristica piuttosto presente nello studio di cui è oggetto il presente testo. Nella elenco seguente si riportano le formule selezionate, indicandone inoltre l'autore l'unità di misura delle componenti nella quarta. Si ricorda che nel paragrafo precedente sono state definiti i simboli indicanti le caratteristiche geometriche di interesse.

$$\text{Giandotti} \quad t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} \quad (1.30) \quad A[\text{km}^2], L[\text{km}], H_{med}[\text{m}], H_{min}[\text{m}]$$

$$\text{Viparelli} \quad t_c = \frac{L}{(60v)} \quad (1.31) \quad L[\text{m}], v[\text{m/s}]$$

$$\text{Pezzoli} \quad t_c = \frac{0,055L}{\sqrt{I}} \quad (1.32) \quad L[\text{km}], I[-]$$

$$\text{Puglisi} \quad t_c = 6L^{\frac{2}{3}}(H_{max} - H_{min})^{-\frac{1}{3}} \quad (1.33) \quad L[\text{m}], H_{max}[\text{m}], H_{min}[\text{m}]$$

$$\text{Ventura} \quad t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{I}} \quad (1.34) \quad A[\text{km}^2], I[-]$$

$$\text{Kirpich} \quad t_c = 0,000325L^{0,77}S^{-0,385} \quad (1.35) \quad L[\text{m}], S[-]$$

$$\text{Tournon} \quad t_c = \frac{0,396L}{\sqrt{I}} \left(\frac{A}{L^2} \sqrt{\frac{I}{S}} \right)^{0,72} \quad (1.36) \quad I[-], A[\text{km}^2], L[\text{km}], S[-]$$

1.3.3 I modelli afflussi – deflussi

Possiamo riportare la seguente nozione: in seguito ad un evento di precipitazione vi è generalmente una risposta idrologica di un bacino. Con il termine generalmente andiamo a supporre che tale susseguirsi di eventi sia, nella norma, verificato; in realtà devono sussistere alcuni fondamentali fattori perché ciò possa avvenire, ma possiamo stabilire che, nella maggioranza dei casi, sia associato il precedente concetto. Si faccia riferimento Immagine 1.8, schema di un bacino in seguito ad un evento pluviometrico.

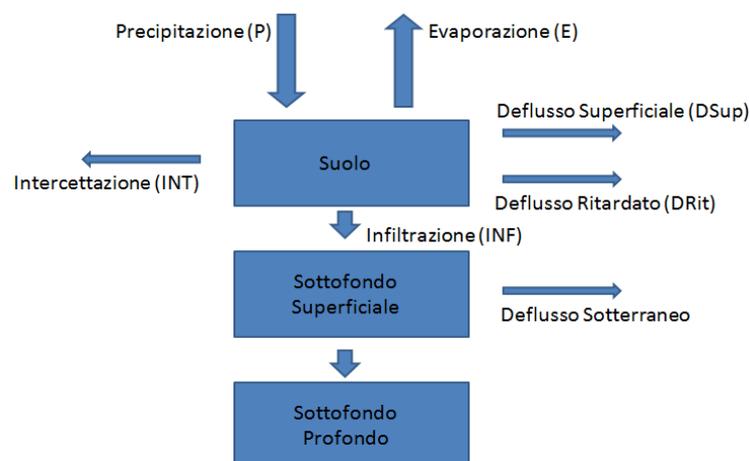


Immagine 1. 8: Schema del comportamento in seguito ad una precipitazione.

In seguito ad una precipitazione P , solo una quota parte rimane sul terreno; una porzione (INT) viene intercettata dalla vegetazione presente sul territorio, mentre un'altra (E) subisce un processo di evaporazione. Giunta al suolo una quota rimanente della precipitazione si trasforma in deflusso superficiale (D_{sup}), mentre una parte (INF), per infiltrazione, penetra nel terreno, generando poi un deflusso sotterraneo. Obiettivo dei modelli Afflussi-Deflussi è calcolare queste singole quote e capire come e con che intensità viene a generarsi una portata di piena in un punto di interesse del bacino, nella sezione di chiusura. Sinteticamente possiamo definire che la formazione degli afflussi di piena può avvenire attraverso quattro processi (Maione, 1995):

- **Afflusso diretto:** è la parte di precipitazione che giunge direttamente sulle superfici liquide presenti sul bacino, quali laghi e corsi d'acqua, tale contributo, ai fini del calcolo, è spesso limitato e quindi trascurabile; l'aliquota fornita viene inglobata con quella derivante dal deflusso superficiale, che di solito è la quota più considerevole dell'afflusso di piena.
- **Deflusso superficiale:** quando l'intensità di pioggia risulta molto maggiore dell'intensità di evapotraspirazione, dell'intensità di infiltrazione e si esaurisce la capacità di invaso, sia essa naturale o artificiale, allora tale contributo è quello più rilevante ai fini del calcolo; rappresenta quindi quella quota parte di precipitazione caduta sul bacino, che non viene persa e che si dirige superficialmente verso la sezione di chiusura.
- **Deflusso sotterraneo:** rappresenta la quota parte di precipitazione che si è infiltrata nel terreno e che scorre nel suolo, in una superficie più o meno parallela allo stesso di qualche centimetro di spessore. L'entità di tale aliquota è funzione delle caratteristiche litologiche del bacino, ovvero quasi inesistente se il terreno risulta impermeabile, oppure permeabile fino a una profondità tale da generare solo deflusso profondo, mentre può diventare rilevante se il terreno è permeabile e sussiste ad una bassa profondità uno strato impermeabile tale da bloccare l'infiltrazione profonda. A causa della difficoltà di individuazione del fenomeno, tale deflusso viene in genere conglobato con quello superficiale.
- **Deflusso profondo:** esso contribuisce alla portata di piena quando tale quota infiltrata ha la possibilità di raggiungere la rete idrografica a monte della sezione considerata. Da sottolineare è il diverso tempo con cui questo deflusso giunge a destinazione, ovvero molto più lento del superficiale, a causa della più scarsa velocità del fenomeno; inoltre tale processo risulta più costante e più regolare nel tempo, fornendo quindi il contributo più cospicuo quando si parli di analisi su lunghi periodi.

In Immagine 1.9 è riportato un semplice schema di idrogramma di piena; in seguito ad una precipitazione, riportata sull'asse in alto, al tempo t_B la portata superficiale influisce in maniera sostanziale sull'innalzamento del livello della portata, fino al suo esaurimento al tempo t_D ; prima e dopo questo istante, sulla portata, influisce unicamente il deflusso profondo. Il tratto BC prende il nome di ramo ascendente o di concentrazione, il punto C è il colmo o segmento di colmo, e rappresenta il valore massimo della portata, ed infine il tratto CD è il ramo discendente o di esaurimento.

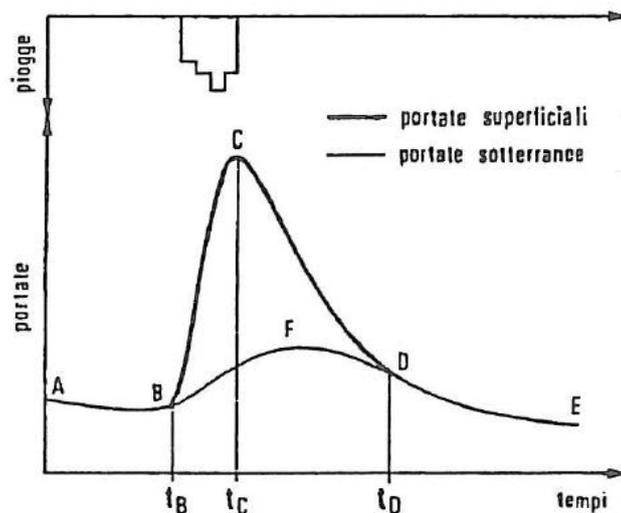


Immagine 1. 9: Schema di idrogramma di piena; (Maione, 1995)

Una volta fatta questa introduzione possiamo distinguere tre possibili casi per lo sviluppo dell'idrogramma di piena, ovvero legando la portata di colmo al tempo di corrivazione del bacino t_c .

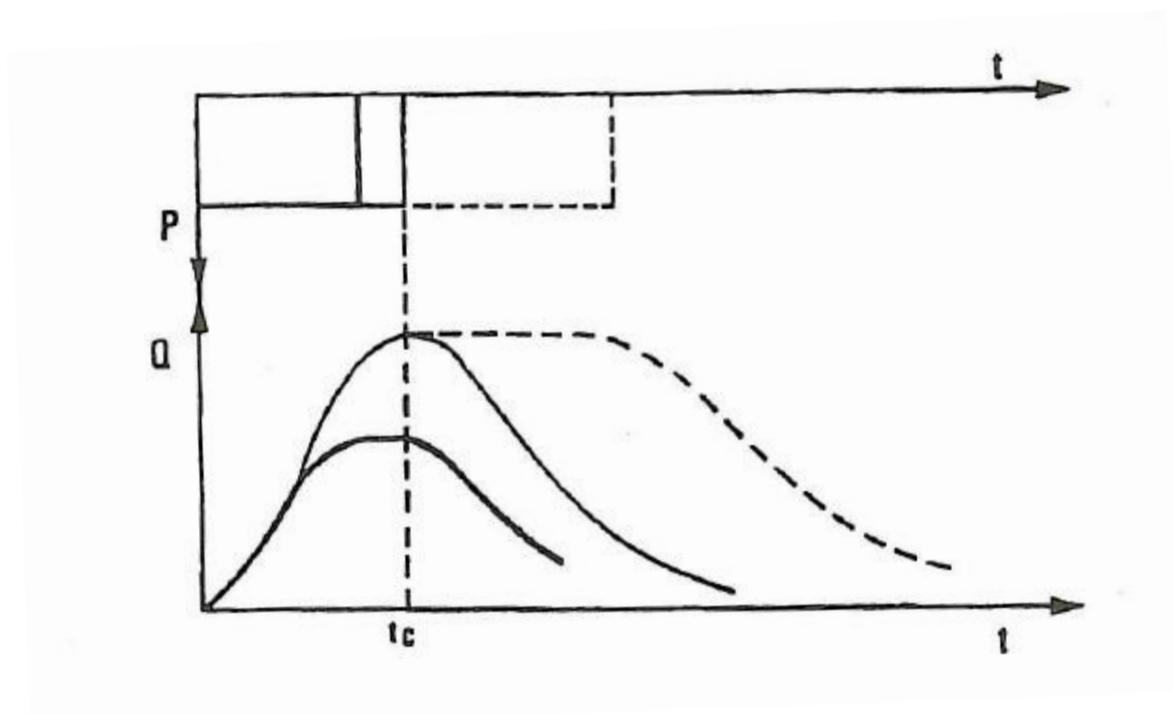


Immagine 1. 10: Tipologie di Idrogramma di Piena in funzione della durata dell'evento pluviometrico (Maione, 1995).

Se una precipitazione si verifica sul bacino con un'intensità costante, e perdura per un tempo pari al tempo di corrivazione, allora si raggiunge il colmo di piena al tempo pari al t_c ; se la durata di tale intensità è inferiore al tempo di corrivazione, allora non viene raggiunto il colmo; infine se la stessa intensità si mantiene costante per un tempo più lungo del tempo di corrivazione, la portata massima si mantiene costante fino al cessare dell'evento, per poi decrescere.

Per il calcolo della portata in un bacino, i manuali di idrologia riportano differenti metodi; in questo studio ne verranno riportati due: il primo è basato su una legge chiamata formula razionale, ed il secondo è basato sulla formula di Chézy.

La formula razionale è la legge su cui si basa il metodo cinematico o del tempo di corrivazione. Secondo il metodo cinematico, dato un bacino di superficie S , in una durata t cade un'altezza di pioggia h ; solo una frazione θ del volume meteorico risulta efficace ai fini del calcolo del deflusso, perdendo la restante parte $1-\theta$ per effetti quali evaporazione, filtrazione del terreno e simili. Il valore della portata media efficace è espresso dalla seguente relazione:

$$\bar{Q} = \theta Sh / (t + \tau) \quad (1.37)$$

La formula razionale impone:

$$Q_T = \frac{i_T(t_c) * \psi * A}{3,6} \quad (1.38)$$

La portata e l'intensità di pioggia [mm/h] sono riferite al tempo di ritorno di interesse; l'intensità di pioggia, per un determinato tempo di ritorno, si calcola attraverso l'utilizzo di K_T , detto coefficiente di crescita. ψ è il coefficiente di afflusso (relativo alla quota parte di precipitazione che viene assorbita dal terreno), A è l'area del bacino espressa in km^2 , ed infine 3,6 è un coefficiente per il cambio di unità di misura dei parametri della formula. La formula di Chézy permette il calcolo della portata senza che venga utilizzato alcun fattore proveniente dai dati pluviometrici, ma solo coefficienti derivanti dalla geometri del bacino e della sezione di chiusura. La legge è riportata qui di seguito:

$$Q = A * C * \sqrt{R * i} \quad (1.39)$$

A rappresenta l'area della sezione di chiusura, che viene calcolata come una base equivalente moltiplicata per una altezza. C è un coefficiente che tiene conto della scabrezza dell'asta fluviale considerata, in letteratura sono varie le formule sviluppate dai diversi autori; in questo lavoro si farà riferimento alla formula di Strickler, riportata nella (1.40)

$$C = c * R^{\frac{1}{6}} \quad (1.40)$$

c è un coefficiente chiamato indice di scabrezza, la cui unità di misura è $[\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}]$; per alvei naturali, con le ipotesi di “corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde rapide, alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene” e “fondo: ghiaia, ciottoli e massi sparsi”, assume un valore pari a 25. R invece rappresenta il Raggio Idraulico, ed è definito come il rapporto tra l'area della sezione di chiusura ed il perimetro bagnato. Infine i rappresenta la pendenza del tratto preso in considerazione, dell'asta principale, ed è espressa come [m/m]. Il caso di pendenza nulla o tendente a zero, la formula di Chézy perde validità e non può essere utilizzata; viene sostituita da formule che definiscono il caso critico; la velocità critica è espressa con la seguente relazione:

$$V_c = \sqrt{gh} \quad (1.41)$$

La portata per un tratto di asta con pendenza critica, è richiamata nella formula derivante dall'espressione di energia critica per una generica sezione rettangolare.

$$Q_c = B * \sqrt{g} * h^{\frac{3}{2}} \quad (1.42)$$

Nelle formule (1.41) e (1.42) g rappresenta l'accelerazione di gravità, pari a 9,81 m/s²; h è l'altezza del livello idrico nella sezione di chiusura. Per poter quindi calcolare la portata Q in uno qualunque dei bacini è necessario conoscere la geometria della sezione di chiusura. Da una qualsiasi forma complessa, è possibile derivare, a parità di aria, una sezione equivalente; essa avrà come altezza la differenza tra la quota della sezione di chiusura, e la quota del piano stradale, a cui vanno sottratti 3 metri relativi allo spessore della sovrastruttura e altri 1,5 metri, che rappresentano il franco minimo che i ponti devono garantire anche in condizioni di piena. Si può calcolare la portata con la formula di Chézy, ed utilizzare questo dato per estrarre dalla formula razionale il valore di intensità di precipitazione. Imposte due velocità limite per le particelle di acqua che si muovono lungo l'asta principale, ovvero 1 m/s e 4 m/s, si utilizza la seguente formula per calcolare due tempi di corrivazione dei bacini:

$$t_{c1} = \frac{L}{v_1}, t_{c2} = \frac{L}{v_2} \quad (1.43)$$

L è la lunghezza dell'asta principale e le formule nella (1.43) sono quelle di Viparelli. Moltiplicando i valori di intensità di precipitazione per questi due tempi, si possono trovare due valori di altezza pluviometrica. La bontà di questo metodo deriva dal fatto di poter calcolare le portate con un metodo che utilizza solo parametri derivanti dalla geometria dei bacino, quindi senza utilizzare alcun derivato delle analisi svolte sulle serie pluviometriche. Il confronto tra la CPP costruita con la formula a tre parametri, e i due valori estremi di altezza di precipitazione è quindi possibile svolgerlo utilizzando due termini derivanti da grandezze differenti. Nel quarto capitolo si riporterà in maniera esaustiva le procedure seguite ed i risultati ottenuti.

1.4 Misure strutturali

In questo paragrafo si analizzeranno brevemente le opere e i manufatti che assicurano una corretta interazione tra infrastruttura e acqua, ovvero: le opere atte al mantenimento dell'equilibrio idrologico per l'attraverso delle acque e i manufatti che svolgono hanno come funzione la raccolta e lo smaltimento delle acque piovane dalla piattaforma dell'infrastruttura.

1.4.1 Opere atte al mantenimento dell'equilibrio idrologico per l'attraversamento delle acque

Per questa sottocategoria si possono distinguere: ponti, ponticelli e tombini; tali opere ingegneristiche, non sono classificabili come infrastrutture, ma come vere e proprie strutture, che si inseriscono nel

contesto legato ai trasporti. Esse hanno una doppia funzione: assicurare il deflusso delle portate di piena, ma anche l'eventuale passaggio, senza ingombri o intasamenti, del materiale trasportato. È facile capire come una possibile ostruzione dell'opera, o di una sua parte, possa rendere il complesso totalmente inefficiente, provocando quindi danni. Una immaginabile soluzione alternativa, quando tali opere non siano progettate per il transito di determinati materiali galleggianti, è quella di provvedere alla loro raccolta ed arresto prima che entrino in contatto con il manufatto.

Il ponte è una struttura che ha la funzione di sostenere ed elevare l'infrastruttura, che per diverse ragioni, principalmente altimetriche o di preservazione di altri manufatti, come le condotte, non può essere direttamente in contatto con il terreno, assicurando la continuità dell'opera stessa; ingegneristicamente molto complesso, abbraccia aspetti estremamente significativi, oltre a quello di mantenimento dell'equilibrio idrologico preesistente alla costruzione dell'infrastruttura. La sezione 7.4 del D.M. 4 maggio 1990, specifica l'ambito dello smaltimento delle acque piovane, precisando che *“lo smaltimento delle acque piovane deve effettuarsi in modo da non arrecare danni o pregiudizio all'opera stessa, alla sicurezza del traffico, nonché ad eventuali opere ed esercizi circostanti”*; la legge specifica come debba essere dimensionato il bocchettone, ovvero l'apparato che ha la funzione di smaltire le acque meteoriche, in modo da evitare ristagni sulla sede stradale, come debbano essere disposti in numero ed in posizione, elementi costituenti, come ad esempio i collettori e pozzetti, e le tipologie di smaltimento delle acque per opere poste in area urbana o extraurbana. Nello stesso decreto, nelle note specifiche sono descritte le prescrizioni in materia idraulica; la sezione 2.4 ha come oggetto i problemi idraulici riportando che *“quando un ponte interessa un corso d'acqua naturale od artificiale, il progetto deve essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali alla costruzione e all'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema ed al grado di elaborazione del progetto.”* Si specifica che la norma non si riferisce solo all'opera in se, ma sono riportate anche prescrizioni al problema dell'escavazione dell'alveo, alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle, con progetto di elementi accessori di difesa; il tutto dovrà essere contenuto in un progetto unitario.

Lo studio precedentemente richiamato dovrà considerare tutti i seguenti aspetti:

- ricerca e raccolta, presso uffici ed enti, delle notizie e dei rilievi esistenti, utili per lo svolgimento dello studio;
- scelta progettuale proposta e giustificazione di tale preferenza, con tutte le caratteristiche del progetto e degli elementi costituenti;
- studio idrologico degli eventi di massima piena, con esame dei principali eventi verificatisi nel corso d'acqua;
- raccolta dei valori estremi, quando possibile, e la loro elaborazione in termini di frequenza probabile;
- definizione della scala delle portate nella sezione interessata nella situazione preesistente ed attuale, nella fase di costruzione ed a opera compiuta;

- calcolo del rigurgito provocato dal ponte.

Operativamente, nel progetto, è necessario definire e fissare quello che è detto il franco minimo rispetto al livello di massima piena, specificando che la quota idrometrica ed il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto, in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali; è usuale che il valore di portata massima e del franco siano riferiti ad un tempo di ritorno non inferiore ai cento anni. In ogni caso la quota di sottotrave non deve essere inferiore a 1,5 m alla massima quota idrometrica corrispondente alla piena di progetto; questo sia per permettere il deflusso di accidentali piene superiori, sia per permettere il transito di eventuali materiali galleggianti, evitando così il pericoloso fenomeno dell'ostruzione.

Accenniamo ora ad alcune complicazioni che insorgono quando inseriamo un elemento, come un ponte, in un sistema idrologico naturale, ovvero introduciamo una singolarità all'interno di un corso d'acqua, come ad esempio un restringimento dovuto all'eventuale presenza di pile di ponte; l'assetto idrometrico della corrente si modifica, coinvolgendo non solo il manufatto, ma anche tutte le opere eventualmente necessarie e presenti; parliamo quindi di rigurgito, sovrалzo ed erosioni localizzate attorno alle pile dei ponti. Se si ipotizza la presenza di un ponte con pile all'interno dell'alveo, asserendo che il moto base preesistente è quello uniforme, se tale moto è lento, l'energia è insufficiente per superare l'ostacolo, ovvero il restringimento causato dalle pile; la corrente transita attraverso tale ostacolo in condizioni critiche, dissipando l'energia procurata a monte del ponte, creando un rigurgito, presentandosi all'uscita con un moto rapido. Il sovrалzo è il fenomeno, attraverso cui, a monte del restringimento, vi è un innalzamento del livello idrometrico; appare chiaro come questo fenomeno debba essere tenuto in alta considerazione, poiché cambia l'assetto naturale del corso d'acqua, e la conseguente progettazione. L'erosione localizzata intorno alle pile dei ponti è un fenomeno che mina la stabilità del ponte ed è provocata da rapide variazioni di intensità e di distribuzioni delle velocità, che aumenta in corrispondenza della pila stessa a causa dell'addensamento delle linee di corrente; tale fenomeno incrementa la sua pericolosità quando il materiale costituente dell'alveo è di tipo incoerente.

La normativa definisce tombino quando si ha una luce non superiore a 1,5 m, ponticello quando la luce è compresa tra 1,5 e 6 m, ed infine ponte quando la luce risulta maggiore di 6 m. I tombini possono essere classificati in funzione della forma della sezione trasversale; queste opere devono essere, per quanto possibile, praticabili per ispezione e manutenzione. Il tombino più generalmente realizzato è quello in conglomerato cementizio armato, sia gettato in opera che prefabbricato; è possibile usare, se l'opera ha una durata limitata nel tempo o vi è la necessità di un'urgente realizzazione, tubi in lamiera ondulata in acciaio zincato, il cui fondo è però trattato con miscele bituminose o con conglomerato cementizio, per evitare il danneggiamento da parte del materiale trasportato. Anche in questo tipo di opera va posta particolare attenzione nell'assicurare non solo il deflusso delle portate di piena, ma anche dell'eventuale materiale trasportato dalla corrente, che in caso di sedimentazione può ridurre la sezione e quindi anche le condizioni stesse del deflusso, è uso quindi mantenere all'interno del tombino una velocità più elevata rispetto a quella del canale; in caso contrario deve essere previsto il l'arresto del materiale trasportato a

monte dell'opera. Anche l'imbocco deve essere progettato con l'adeguata accuratezza, in modo da evitare ristagno di materiale sui due adiacenti lati in ingresso, ad esempio adottando dei muri d'ala. Il comportamento del tombino può essere schematizzato (Da Deppo, et al., 1994), in luce di sbocco sommersa, luce di sbocco non sommersa, distinguendo i sub-casi di tombino idraulicamente lungo e idraulicamente corto, utilizzando come parametri progettuali D , ovvero l'altezza del tombino, H , il carico esistente all'imbocco, y_0 , cioè l'altezza di sbocco ed y_C , che indica l'altezza corrispondente allo stato di deflusso critico. Per idraulicamente corto si intende un tombino dove il deflusso avviene a superficie libera, mentre per idraulicamente lungo intendiamo che avviene in pressione, specificando che può esserlo tutto o in parte. Le caratteristiche del moto dipendono principalmente dalla forma dell'imbocco, dal tipo di sezione, dalla scabrezza, dalla pendenza e dalle condizioni idrometriche di monte e valle. Operativamente, nel caso di tombino idraulicamente lungo, si procede come una condotta in pressione, calcolando il dislivello Δh [m], tra carico di monte e di valle, e la portata Q [m³/s].

1.4.2 Opere atte alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale

Per la seconda sottocategoria di opere abbiamo quelle atte all'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale, una serie di elementi che devono essere progettati e costruiti a regola d'arte, con un precedente e rigoroso studio idrologico.

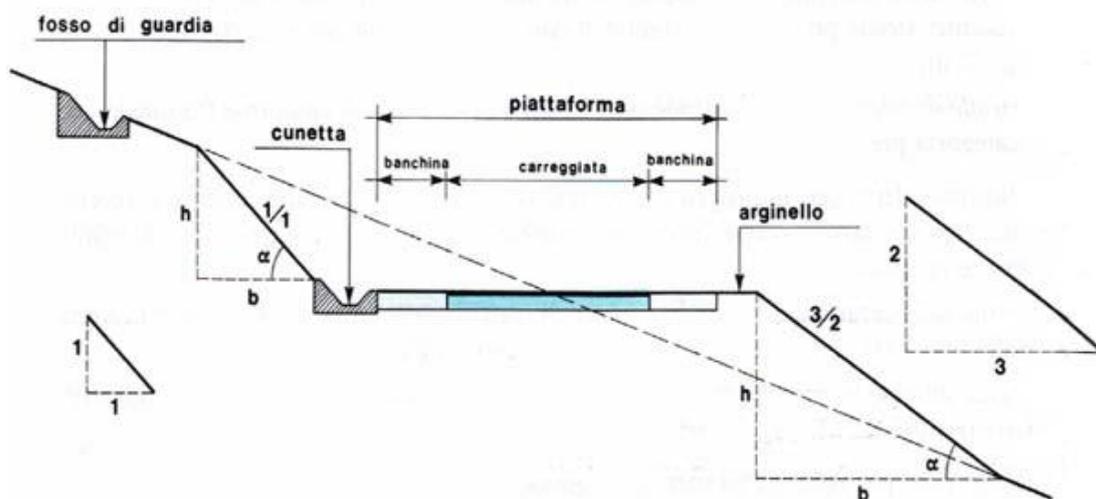


Immagine 1.11: Esempio di sezione stradale a mezza costa, con elementi annessi.

Dall'Immagine 1.11, una tipica sezione stradale a mezza costa; essa presenta da un lato la sezione in rilevato con pendenza 3/2, dall'altro in trincea, con pendenza 1/1. I sistemi inseriti sono: la pendenza trasversale stradale, la cunetta, il fosso di guardia, l'arginello e il pozzetto.

La pendenza trasversale ha la funzione di allontanare dalla carreggiata l'eventuale deflusso superficiale generato da una precipitazione, conducendolo verso le cunette. Tale valore è definito dalla normativa ed è pari al 2,5% per pavimentazioni rigide e flessibili in rettilineo; gli stessi valori sono assunti per le banchine, mentre per i marciapiedi la pendenza è del 2-3%. È possibile calcolare l'altezza del velo liquido in mm

(y), funzione dell'intensità di precipitazione in mm/h (i), della lunghezza del percorso dell'acqua in m (L) e della pendenza trasversale della linea della corrente (i_L); una delle formule presenti in letteratura è quella proposta in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory (Da Deppo, et al., 1994), ovvero la (1.461):

$$y = 0,0474(L * j)^{\frac{1}{2}} * i_L^{-0,2} \quad (1.44)$$

Avendo:

$$L = b * \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.45)$$

$$i_L = (i_l^2 + i_t^2)^{\frac{1}{2}} \quad (1.46)$$

Indicando con b la larghezza della falda stradale, con i_l la pendenza longitudinale della carreggiata e con i_t la pendenza trasversale del tratto stradale considerato. Una volta che le acque provenienti dalla carreggiata sono state fatte giungere al bordo stradale, vengono raccolte in piccoli canali artificiali detti cunette o fossi di guardia, che sono disposti parallelamente all'asse stradale e sviluppati per tutta la lunghezza della strada. Tali sistemi sono interrotti, ad una prefissata distanza, da un ulteriore dispositivo che ha il compito di catturare la portata in arrivo ed avviarla ai sistemi di smaltimento previsti. Tale sistema, in ambito urbano qualche volta in ambito extraurbano è definito caditoia. Dalle caditoie le acque sono raccolte dal collettore, che può raccogliere anche le portate provenienti dall'esterno. La cunetta è definita come un collettore laterale, a sezione tipicamente triangolare; possono esistere anche a sezione trapezia quando sono impiegate come fossi di guardia. Essa presenta una pendenza che assicura non solo il deflusso dell'acqua, ma anche del materiale da essa trasportato, evitando quindi la sedimentazione che potrebbe portare alla fuoriuscita dell'acqua dalla cunetta e con invasione della sede stradale ed un conseguente pericoloso ristagno; la pendenza non deve essere troppo elevate, poiché in tal caso sarebbe da proteggere dall'erosione, a causa dell'alta velocità dell'acqua, eventualmente inserendo salti di fondo per moderare il valore della pendenza. Per caditoie si intendono invece i dispositivi che raccolgono le acque fluenti dalle cunette che vengono poi inviate ai collettori.

1.4.3 Predimensionamento delle opere e dei manufatti legati all'infrastruttura

L'esperienza, in fase di progetto, aiuta il progettista a capire quali potrebbero essere le dimensioni di massima di una delle opere precedentemente elencate, ancor prima di iniziare lo studio, per analogie di manufatti già realizzati. Il predimensionamento fornisce una base di partenza dalla quale si possa procedere con la progettazione. L'importanza che l'infrastruttura riveste, spesso, definisce un valore limite al di sotto del quale non si può andare; portiamo l'esempio nel dimensionamento dell'arginello, in una sezione in rilevato: per le strade di categoria A, B, C, D deve essere superiore a 0,75m, mentre per le

strade di categoria E ed F deve risultare maggiore a 0,5m, notando che per una strada di importanza maggiore è riservata una grandezza superiore. Nelle opere elencate nei paragrafi precedenti la grandezza che comanda il progetto e la verifica è la portata Q_T [m³/s]:

$$Q^* \geq Q_T \quad (1.47)$$

Q^* è la portata che l'opera in oggetto deve poter smaltire; è legata alla geometria della stessa, al materiale di cui è costituita e alle condizioni di funzionamento.

Q_T è la portata di progetto che l'afflusso dirige sull'opera; questa grandezza viene calcolata sullo studio delle serie storiche degli eventi pluviometrici e delle portate di colmo registrate negli anni. Viene legata ad un fattore chiamato tempo di ritorno, ovvero quel tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliata o superata almeno una volta; questo concetto verrà poi esposto in maniera più esaustiva nei seguenti paragrafi.

Capitolo 2: Caratterizzazione del regime delle piogge brevi e intense in Sardegna

Nel seguente capitolo si descrive il processo di raccolta e analisi effettuata sui dati massimi annui, misurati come altezza pluviometrica, espressa in mm, o valutati come intensità pluviometrica, ed espressa quindi in mm/h, nella regione Sardegna, dal 1929 al 2009, derivati da tre tipologie diverse di fonti:

- massimi annui altezze pluviometriche, su scala oraria, per le durate convenzionali di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per le 107 stazioni studiate, estratte dagli annali digitalizzati nel database CUBIST;
- altezze di pioggia di particolare intensità, corrispondenti alle durate sub-oraria, estratte dagli Annali Idrologici, dall'anno 1951 al 1988, per diverse durate, valutate su 124 stazioni;
- altezze pluviometriche massime annue, per le durate sub-orarie ai 15, 30, 45 e 60 minuti, partendo dai dati di intensità pluviometrica con risoluzione ai 15 minuti forniti dal 1986 al 1996, per 235 stazioni. Queste misurazioni sono state fornite dal Prof. Deidda, dell'Università degli studi di Cagliari. I risultati ottenuti sono stati utilizzati per irrobustire le serie sub-orarie tratte dagli annali e le serie orarie tratte dal database CUBIST.

Per ciascuna delle serie precedentemente descritte, si sono analizzate le disponibilità dei dati negli anni, le eventuali regole di accettazione o di rifiuto di un dato, l'analisi della lunghezza delle serie storiche e la frequenza di tali lunghezze. Sono state quindi definite regole per l'accettazione o meno di un dato. Una volta ripulite le serie sono state calcolate le medie per stazione, degli estremi pluviometrici, espresse sia come altezze sia come intensità. Inoltre con il software QGis, si sono costruite le mappe della regione per dare una rappresentazione grafica spaziale a ai valori delle medie delle altezze per le singole durate, orarie e sub-orarie, attraverso l'utilizzo delle isoiete.

In Allegato 2.1, nella Tabella 2.14 è riportata l'anagrafica completa delle stazioni utilizzate in questo studio, indicando il codice di riferimento, il nome della stazione e le coordinate Est e Nord secondo il sistema di riferimento di Roma Monte Mario; sempre nello stesso allegato ma nell'Immagine 2.11, è possibile vedere la distribuzione spaziale delle stazioni. A ciascun punto è associato il proprio codice identificativo.

2.1 Analisi degli estremi pluviometrici di durata sub-oraria

2.1.1 Analisi delle precipitazioni intense storiche (Annali Idrologici)

I dati riportati ed estratti dagli Annali idrologici sono riportati come altezze pluviometriche, misurate in mm corrispondenti ad una determinata durata. I valori sono scritti nella sezione B, tabella V: "*Precipitazioni di notevole intensità e breve durata registrate ai pluviografi*", per ciascuna pubblicazione degli annali, specificando vicino al dato la durata corrispondente e la data dell'evento. È obbligatorio sottolineare la poca conformità delle misure riportate nei diversi anni; solo recentemente, fine anni '80, è

stata portata avanti una armonizzazione delle misurazioni, concentrando l'attenzione sulle precipitazioni ai 15, 30 e 45 minuti, cessando quindi con le misurazioni alle altre durate, spesso molto casuali. Per questo motivo all'interno degli Annali le tipologie di misura, ovvero quelle durate sub-orarie a cui far corrispondere un rilevamento di altezza di precipitazione non presentavano alcuna sistematicità. Soprattutto nei primi anni, i dati erano presi con estrema variabilità, senza che venissero specificati quali fossero gli effettivi massimi annui; per le diverse stazioni erano riportati più valori corrispondenti alla stessa durata, solo perché intensi. Il primo passo è stato quindi quello di riconoscere i massimi, ovvero gli estremi, ed estrarre quindi solo i dati di interesse. Spesso venivano riportate altezze di pioggia di notevole intensità corrispondenti a durate anche molto superiori all'ora; questi dati sono stati esclusi dallo studio e non raccolti. In ultimo è opportuno riportare che in diversi Annali la tabella contenente i dati ricercati è del tutto assente, ovvero sono riportate pagine in bianco; questo ha portato alla diretta conseguenza di doversi ritenere soddisfatti dei soli dati presenti, quelli dal 1951 al 1988. I dati corrispondenti ai 60 minuti non verranno utilizzati per gli studi del caso; sono stati raccolti per avere la possibilità di effettuare un confronto con gli altri dati in possesso, ovvero le serie storiche orarie. Nella Tabella 2.1 sono riportate, per anno e per durata sub-oraria, il numero di misurazioni estratte dagli Annali, dei dati estremi di interesse per il seguente lavoro. Nell'ultima riga è stata riportata la lunghezza generale delle serie storica estratta; si precisa che tale numero non sempre corrisponde alla lunghezza della serie storica di ogni stazione riportata, riferendosi quindi alle stazioni del caso, poiché un determinato strumento può aver fatto misurazioni solo in alcuni anni. Tale precisazione verrà riportata più avanti e nei prossimi capitoli, quando verranno estratti solo i dati utili al presente studio.

d [min]	2'	5'	10'	12'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'
1951	2	21	21											
1952		34	33		4	4		1			1	1		
1953		23	33		19	15		8	2	3	1		1	6
1954		22	28		15	7	3	8	2	8	2			6
1955		4	26		22	23	6	11	5	7	1	2		7
1956		6	24		16	15	6	16	4	12	4	6		4
1957		15	27		7	8		7		1		1		1
1958		8	40		28	12								
1959		1	26	1	33	19	1	9						
1960		12	35		13	12		10						
1961			25		17	20		14						
1962		3	20		25	25		15						
1963		13	30		33	1		39		4				2
1964		41	37		34	20		48		4		1		
1965		29	44		34	28	1	38	1	8		2		17
1966		31	44		32	16		48		2				3
1967		26	42		31	7		46			1	2		2
1968		7	53		48	3		50		2	32	2		
1969		2	42		43	2		43		2	1	12		
1970		2	45		44	3		45				19		
1971		11	40		39			42				3		4
1972			46		46			46						
1973			46		46			54						
1974			47		45			47						
1975		1	59		58			58						
1976		1	47		47			47		1				
1977		1	41		41			41						
1978			37		37			37						
1979			30		30			30						
1980			36		36			36						
1981			31		31			31						
1982			20		20			20						

d [min]	2'	5'	10'	12'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'
1983			22		22			22		1				
1984		1	16		16	1		15						
1985					27			27			27			
1986			1		40			40			40			
1987					26			26			26			
1988					50			50			50			
TOT Oss	1	24	35	1	37	20	5	36	5	13	12	11	1	10

Tabella 2. 1: Consistenza delle misure di altezza pluviometrica sub oraria estratte dagli Annali Idrologici.

Dalla Tabella 2.1 è possibile vedere come le misurazioni delle altezze di precipitazione corrispondenti ai 5, 10, 15 e 30 minuti, siano quelle più consistenti a livello di numero di misurazioni; altre, come ad esempio quelle relative a 2, 12 e 55 minuti presentano solo un anno di misurazioni, e tre volte su quattro la serie è composta da una unica misura. Per le quattro durate più consistenti sono state ricostruite le caratteristiche delle serie in grafici, attraverso gli istogrammi. Nel Grafico 2.1 è riportata la disponibilità dei dati estremi di altezza pluviometrica per la durata sub-oraria pari a 10 minuti; il numero di misurazioni per anno è variabile, raggiungendo un picco di 59 misurazioni in 59 stazioni nell'anno 1975 ed andando a decrescere verso la fine della serie storica, fino a giungere a valori nulli per gli anni 1985, 1987 e 1988.

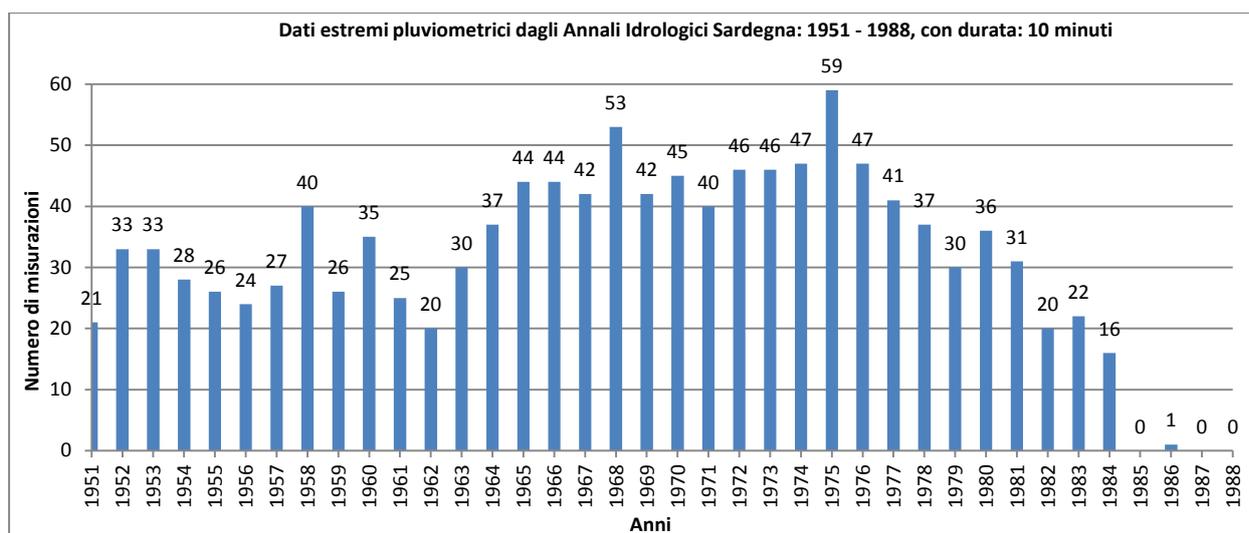


Grafico 2. 1: Disponibilità dati di precipitazione estrema per una durata pari a 10 minuti.

Si riporta invece nel Grafico 2.2 il numero di dati dei dati estremi di altezza pluviometrica per la durata sub-oraria pari a 15 minuti; la sostanziale differenza si nota negli ultimi anni disponibili, dove la presenza dei dati è nettamente superiore. Anche qui il picco cade nel 1975 con ben 58 misurazioni, mentre il numero delle misurazioni è nulla o vicina allo zero all'inizio dell'arco temporale.

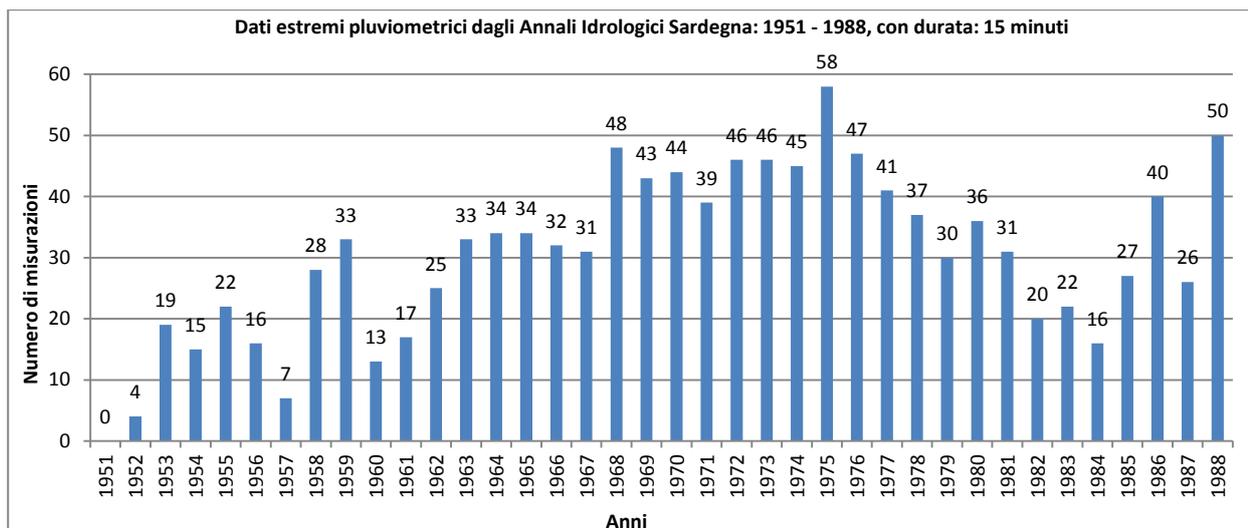


Grafico 2. 2: Disponibilità dati di precipitazione estrema per una durata pari a 15 minuti, dagli Annali Idrologici.

Questo ultimo grafico sarà poi riportato nuovamente più avanti una volta assemblati gli altri dati pluviometrici corrispondenti alla durata di 15 minuti, ma derivanti dalla costruzione partendo dai dati di intensità; si potrà quindi effettuare un confronto e sottolineare l'incremento delle misurazioni disponibili con l'utilizzo di questo sistema. In Allegato 2.2 sono riportati i grafici relativi alla disponibilità dei dati estremi pluviometrici negli anni di studio, per le durate pari a 5, 20, 30, 40, 45 e 50 minuti.

Per le misurazioni disponibili corrispondenti alla durata di 15 minuti, vengono di seguito riportati i grafici relativi alla consistenza e alla frequenza delle stazioni considerate, rispetto alla lunghezza delle serie storiche. La lunghezza di una serie storica indica il numero di anni, per la quale una determinata stazione presenta i dati di interesse; maggiore è questa lunghezza, maggiore è la robustezza della serie. Per i 38 anni di misurazioni presenti negli Annali Idrologici, ovvero il numero di anni tra il 1951 e il 1988, nel Grafico 2.3 sono riportate le consistenze di misura, ovvero quante stazioni presentano una lunghezza storica pari al numero di anni considerati tra il minimo uguale a zero, ed il massimo pari a 38 anni.

È possibile vedere che 33 stazioni presentano una lunghezza della serie di dati pari a 1 anno; crescendo con il valore della lunghezza della serie, il numero di siti di misura che possiedono almeno quel numero di dati va diminuendo: solo due stazioni presentano rispettivamente una lunghezza della serie pari a 25 e 28 anni.

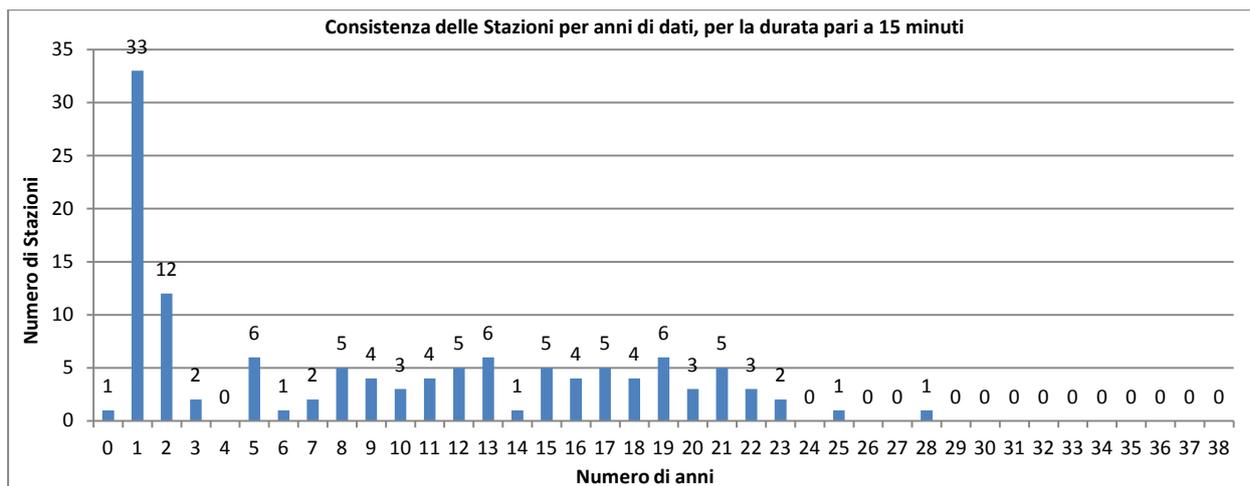


Grafico 2. 3: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 15 minuti.

Questo ultimo grafico, visivamente, può essere di difficile interpretazione; spesso nell'Idrologia, la stima della frequenza di un dato è strumento più utile, ed è stata quindi calcolata la frequenza di tali lunghezze, costruendo l'istogramma riportato nel Grafico 2.4. L'istogramma ci permette di sapere immediatamente quanta disponibilità delle misurazioni si hanno nel caso studio, per questa tipologia di dati; il valore in cima alla colonna indica quante stazioni presentano almeno quella lunghezza della serie storica. Sui 124 siti di misura che presentano dati relativi alle durate pari a 15 minuti, se impostassimo la condizione di ricercare quelle stazioni che presentano una lunghezza della serie storica almeno pari a 10 anni, otterremmo che 58 stazioni soddisfano la nostra limitazione. il primo dato non corrisponde al numero totale, 124 siti di misura, perché una stazione, per questa particolare durata, non presenta alcun dato. Avendo raggruppato in una unica famiglia, tutte le stazioni che presentano una misurazione all'interno degli annali, è possibile vedere dal Grafico 2.3 quanti di questi siti di misura, per una particolare durata, non presentano alcun dato: si guarda la prima colonna, quella che corrisponde ad una lunghezza della serie storica pari a 0 anni. Si precisa che anche il grafico delle frequenze verrà poi riproposto in seguito, una volta assemblata questa serie con quella ottenuta dalla costruzione dai dati di intensità ai 15 minuti, per notare l'irrobustimento della serie tratta dagli annali.

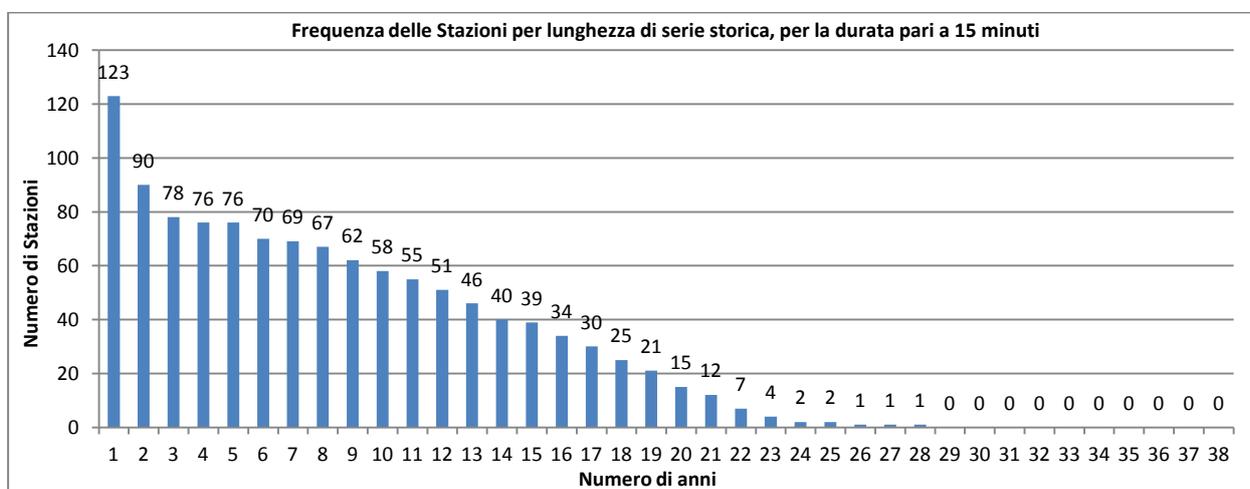


Grafico 2. 4: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 15 minuti.

In Allegato 2.3 sono riportati le due tipologie di grafico precedente, per le durate pari a 5, 10, 20, 40 e 50 minuti; si è deciso di trascurare per ora quelli relativi alle misurazioni avvenute ai 30 e 45 minuti, poiché verranno illustrati in seguito, dopo l'assemblaggio. In questo paragrafo è riportato solo lo studio della disponibilità dei dati; le effettive misurazioni e il calcolo degli indici statistici alle diverse durate sub-orarie è rimandato al termine della presentazione dei dati raccolti con la costruzione delle altezze pluviometriche estreme, per le durate sub-orarie ai 15, 30, 45 e 60 minuti, partendo dai dati di intensità pluviometrica con risoluzione ai 15 minuti forniti dal 1986 al 1996, per le 235 stazioni di partenza. Le due serie di dati saranno poi unite e analizzate come unica sequenza di altezze pluviometriche estreme alle durate sub-orarie.

2.1.2 Analisi delle altezze di pioggia sub-orarie da strumenti digitali

Questo data set è stato utilizzato al fine di incrementare il numero di misurazioni dello studio e fornito dal Prof. Roberto Deidda, docente dell'Università degli Studi di Cagliari. Esso è stato ottenuto attraverso misurazioni in continuo di strumenti digitali: per gli anni di elaborazione, per le stazioni considerate, si conoscono le intensità pluviometriche per intervalli temporali pari a 15 minuti. Le misurazioni fornite sono in questa seconda serie di dati espresse come intensità pluviometriche, ovvero in [mm/h]; per poter ottenere le altezze risultanti misurate nell'arco temporale dei 15 minuti, i dati delle serie storiche devono essere divisi per quattro, ottenendo i valori espressi in [mm] ma riferiti ai 15 minuti, come sarà difatti espresso ogni dato riportato in seguito per il calcolo degli indici statistici, per poter eseguire una adeguata comparazione. Per l'arco temporale che va dal 1986 al 1996 di cui si posseggono i dati, non tutte le stazioni presentano le serie per la totalità degli anni di studio; in Allegato 2.4, in Tabella 2.15 è presente la tabella riassuntiva dei dati forniti, dove la singola casella corrisponde ad un determinato anno ed una determinata stazione; il riquadro è identificato dalla voce D se tale serie è disponibile. Di seguito sono riportate sia in Tabella 2.2 che nel Grafico 2.5, il numero di stazioni per anno, dei dati forniti:

Anni	Stazioni
1986	3
1987	115
1988	203
1989	201
1990	202
1991	213
1992	226
1993	227
1994	225
1995	225
1996	144

Tabella 2. 2: Tabella riassuntiva del numero di stazioni per anno dei dati forniti.

Gli anni che presentano un maggiore numero di misurazioni sono quelli tra il 1992 e il 1995; l'anno 1996 sono presenti solo tre stazioni. In seguito si analizzerà quali stazioni, per anno, sono in questo dataset.

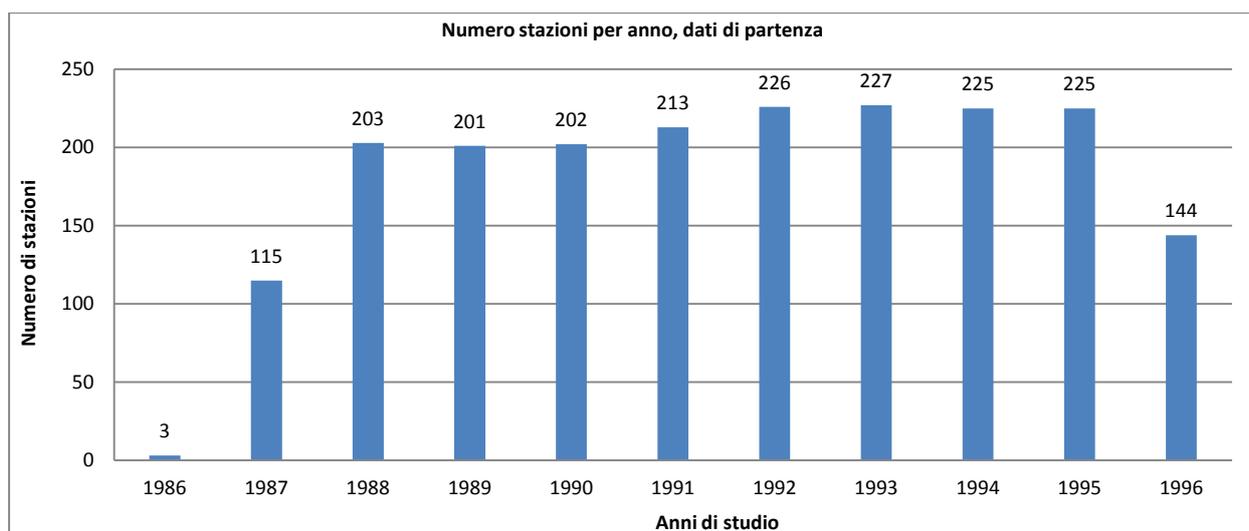


Grafico 2. 5: Grafico riassuntivo del numero di stazioni per anno dei dati forniti.

Per poter effettuare uno studio sulle serie che avessero una determinata robustezza, si è deciso di prendere in considerazione, per il calcolo del massimo, solo quelle dove fosse presente almeno il 90% di misurazioni sull'intero spazio temporale di un anno, secondo le prassi del WMO; difatti diverse serie presentano un elevato numero di intervalli di 15 minuti caratterizzati dal dato NaN (oppure -9999), corrispondenti alla mancanza del dato. Questa prima analisi ha quindi permesso di effettuare una anteriore selezione delle serie che possono essere successivamente studiate. Ciò che può aver causato la mancanza della misurazione è solitamente il danneggiamento dello strumento di misura o la mancata acquisizione del dato, e quindi l'impossibilità di costruire la linearizzazione. Non è superfluo aggiungere che le strumentazioni hanno bisogno di una continua manutenzione, nonché uno scrupoloso monitoraggio affinché i dati siano continuamente registrati e si possano così immagazzinare misurazioni per successivi studi. È fondamentale avere delle registrazioni il più complete e consistenti possibile, poiché maggiore è il numero di dati su cui si lavora, maggiore è la robustezza degli studi che ne derivano; su questo aspetto gli Enti italiani proposti per il monitoraggio degli eventi pluviometrici lavorano assiduamente, ma spesso anche in discordanza tra loro. In Allegato 2.5, in Tabella 2.16 è presente l'elenco delle singole stazioni, e per anno sono riportate le percentuali di dati effettivamente presenti; sono evidenziate in verde quelle che possiedono una percentuale sul totale superiore o uguale al 90%, ottenendo poi, la successiva selezione, riportata sia in Tabella 2.3 che in Grafico 2.6:

Anni	Stazioni
1986	0
1987	3
1988	65
1989	116
1990	79
1991	66
1992	115
1993	138
1994	173
1995	133
1996	0

Tabella 2. 3: Tabella riassuntiva della quantità di stazioni, per anno, con numero misurazioni maggiore o uguale al 90%.

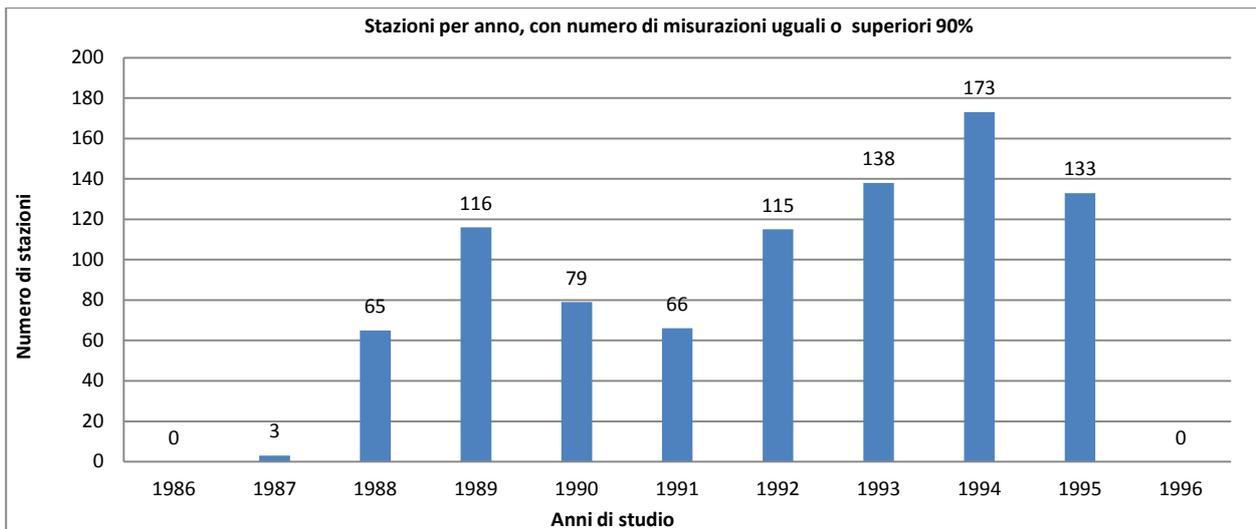


Grafico 2. 6: Grafico riassuntiva della quantità di stazioni, per anno, con numero misurazioni maggiore o uguale al 90%.

Risulta doveroso sottolineare che la restrizione imposta ha determinato un calo delle serie che si potranno elaborare da 1984 a 1988, cioè con una diminuzione delle serie storiche disponibili del circa 55%. Inoltre per gli anni 1986 e 1996 non si hanno più sequenze valide, ed infine per l'anno 1987 quelle utilizzabili si sono ridotte a solamente tre.

Una volta definite le regole di approvazione di una sequenza e si sono estratte le serie storiche utilizzabili per il successivo studio, possiamo calcolare le misurazioni relative alle altezze di pioggia riferite ai 30, 45 e 60 minuti. Tale procedura, in maniera molto semplice, prevede la traslazione del vettore originale delle altezze, ottenuto da quello delle intensità, ed il calcolo della somma di successive registrazioni di altezze ai 15 minuti; per calcolare le altezze ai 30 minuti si avrà bisogno di due successive registrazioni, per le altezze ai 45 minuti, occorreranno tre successive misurazioni, ed infine per le altezze ai 60 minuti, quattro successive registrazioni. Questo metodo è conosciuto come somma mobile; con questo processo si sono ottenuti i dati, negli intervalli temporali cercati, per tutta la durata dell'anno studiato, per la stazione selezionata. Dove fosse eventualmente presente il dato non disponibile, il processo di somma si è mantenuto uguale, considerando che la somma non prende in considerazione quel o quei valori.

Questo strumento verrà poi anche usato per irrobustire le serie orarie, dove vi fosse la necessità di dover incrementare il numero di misurazioni disponibili; conoscendo, per ciascuno intervallo dell'anno, l'intensità di precipitazione, è possibile calcolare qualunque altezza a qualunque durata, ma solo se ci si riferisce ad un multiplo della durata di origine della misurazione. Conoscendo quindi le intensità ai 15 minuti, possiamo costruire le altezze alle durate standard di 30, 45, 60 minuti e 3, 6, 12 e 24 ore. Nell'immagine seguente è riportato un breve schema riassuntivo.

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0,46	0	0	0	0,46	0,46	0,46
0,34	0,46	0	0	0,80	0,80	0,80
0	0,34	0,46	0	0,34	0,80	0,80
0	0	0,34	0,46	0	0,34	0,80
0	0	0	0,34	0	0	0,34
0,28	0	0	0	0,28	0,28	0,28
0,52	0,28	0	0	0,80	0,80	0,80
0,68	0,52	0,28	0	1,21	1,48	1,48
0,12	0,68	0,52	0,28	0,80	1,32	1,60
0,01	0,12	0,68	0,52	0,12	0,81	1,33
0,79	0,01	0,12	0,68	0,80	0,92	1,60
0	0,79	0,01	0,12	0,79	0,80	0,92
0	0	0,79	0,01	0	0,79	0,80
0	0	0	0,79	0	0	0,79
0	0	0	0	0	0	0,00
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
n	n	n	n	n	n	n

Immagine 2. 1: Esempio della procedura di calcolo per le altezze di pioggia ai 30, 45 e 60 minuti.

La prima colonna rappresenta il vettore delle altezze di pioggia, espresso in [mm] con risoluzione ai 15 minuti; le successive tre colonne sono lo stesso vettore, ma scalato rispettivamente di riga di uno, due e tre posizioni. La quinta colonna rappresenta il calcolo delle altezze ai 30 minuti, ed è la somma, per riga, delle prime due colonne, la sesta colonna rappresenta le altezze di pioggia ai 45 minuti, ed è la somma, sempre per riga, delle prime tre, ed infine la settima rappresenta le altezze ai 60 minuti, ed costruita come la somma, anch'essa per riga, delle prime quattro. Di seguito sono stati valutati gli estremi di altezza di precipitazione, per stazione e per l'anno considerato, andando a ricercare il valore massimo tra quelli disponibili, ovvero nella colonna somma a cui ci si riferisce. In Allegato 2.6 sono riportati gli estremi per le altezze di precipitazione corrispondenti ai 15 minuti, per ogni stazione considerata e per ogni anno. In Allegato 2.7 è presente la stessa tipologia di dati, per la durata corrispondente di 30 minuti, mentre in Allegato 2.8 e 2.9 sono riportati rispettivamente gli estremi per le durate di 45 e 60 minuti. Essendo altezze di precipitazione, tutti i dati nei precedentemente detti allegati sono espressi in mm. Anche per questa tipologia di dati si pone in grafico la consistenza delle stazioni per anni di dati e la frequenza poi costruita; per i nove anni di studio, dal 1987 al 1995, mediamente le stazioni presentano una lunghezza media delle serie di 4 anni. Con l'aggiunta della condizione di consistenza dei dati, ovvero che sono state prese in considerazione solo quelle serie con un numero di misurazioni superiori al 90%, bel 14 stazioni sono prive di dati utilizzabili; inoltre nessuna stazione possiede una serie di dati che copre tutti e nove gli anni. È possibile vedere quanto appena detto nel Grafico 2.7. La frequenza è stata riportata, attraverso un istogramma, nel Grafico 2.8. Sono 131 le stazioni di misura con almeno 4 anni di dati. Andando a cercare serie storiche più lunghe, il numero di stazioni diminuisce, infatti abbiamo solo 21 stazioni con almeno sette anni di dati, e solo 5 con una serie di misurazioni di almeno 8 anni. Sappiamo già che nessuna stazione copre l'intero arco temporale studiato. Essendo tutti i dati costruiti partendo dalle altezze pluviometriche ai 15 minuti, per successive somme, la consistenza e la frequenza dei dati delle stazioni analizzate è la stessa per tutte le durate prese in considerazione, quindi i grafici sono riferiti anche alle misurazioni ai 30, 45 e 60 minuti. Si ricorda che i dati ai 60 minuti sono stati costruiti solo per poter eseguire poi un confronto, che verrà trattato in seguito.

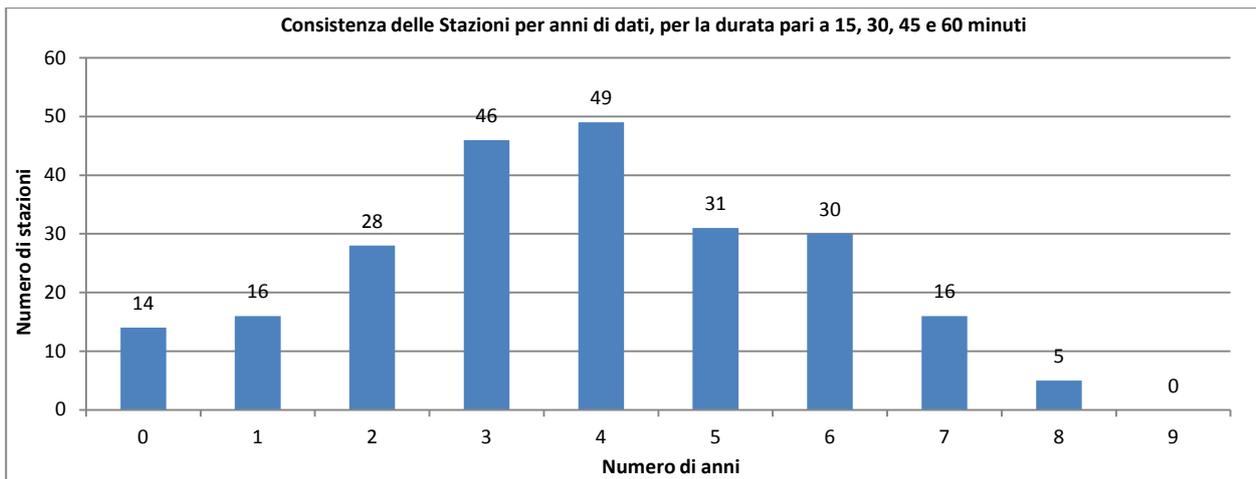


Grafico 2. 7: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 15, 30,45 e60 minuti.

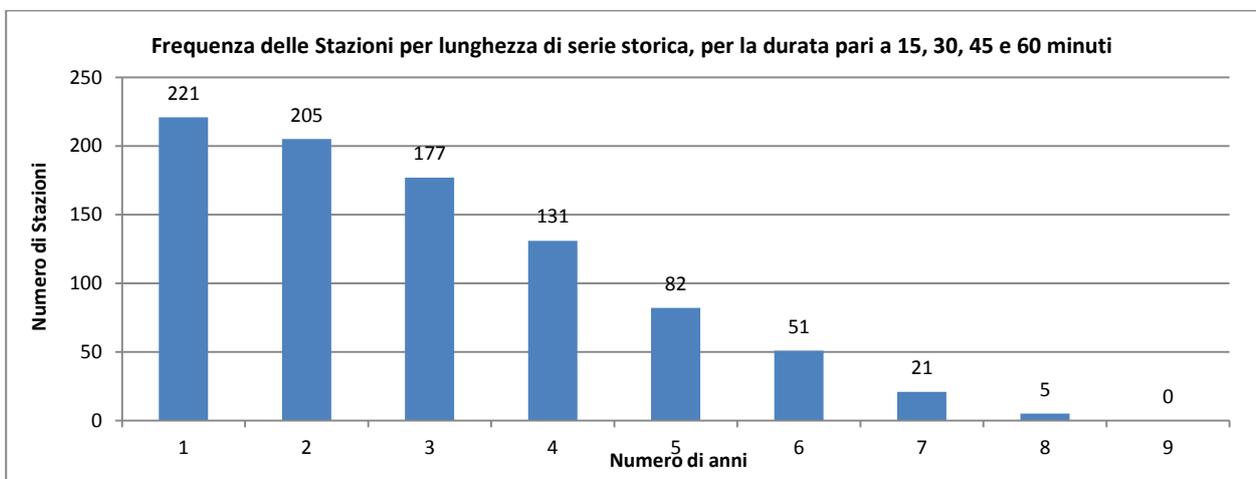


Grafico 2. 8: Istogramma frequenze delle Stazioni per lunghezza serie storiche, per durate di 15, 30, 45 e 60 minuti.

2.1.3 Armonizzazione del database dei massimi anni 1929-2009 per le durate sub-orarie

Operativamente si è costruita una unica serie di dati per le durate sub-orarie, unendo i dataset visti nei due precedenti paragrafi, per le altezze di precipitazione estreme corrispondenti alle durate di 15, 30 e 45 minuti. Il processo di assemblaggio è risultato poco complicato, poiché le due basi dati si sovrappongono solo per gli anni 1987 e 1988. In caso di incongruenze, è stato scelto di utilizzare il dato pubblicato negli Annali Idrologici, in quanto dato ufficiale. Si riportano di seguito i grafici relativi alla disponibilità di dati annui, alla consistenza delle stazioni per lunghezza della serie storica e alla frequenza della stessa, per i dati assemblati corrispondenti ad una durata pari a 15 minuti; in tal modo è possibile eseguire un confronto con i gli istogrammi precedenti e notare l'incremento di robustezza delle serie per gli anni dal 1987 al 1995. Nei grafici riguardanti le serie assemblate, le barre degli istogrammi presentano due colori; la rossa indica la serie estratta dagli annali, mentre la blu si riferisce alla assemblata. Le stazioni che ora presentano una lunghezza della serie storica di almeno 10 anni, sono 68, rispetto alle 58 della stessa serie, ma con misurazioni provenienti solo dagli Annali.

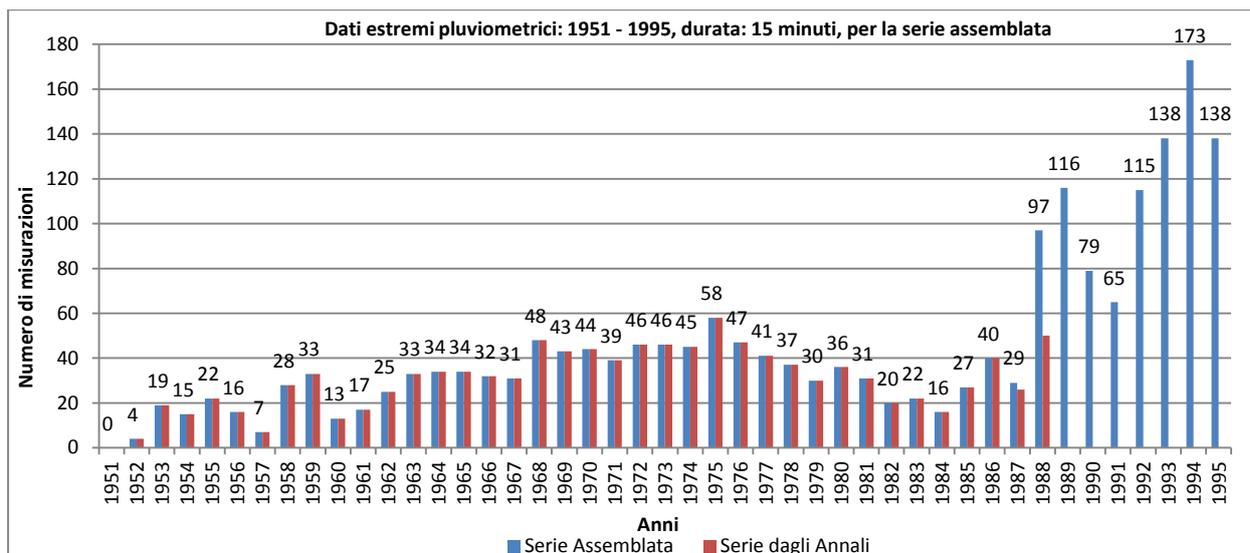


Grafico 2. 9: Disponibilità dati di precipitazione estrema con durata pari a 15 minuti, per la serie assemblata.

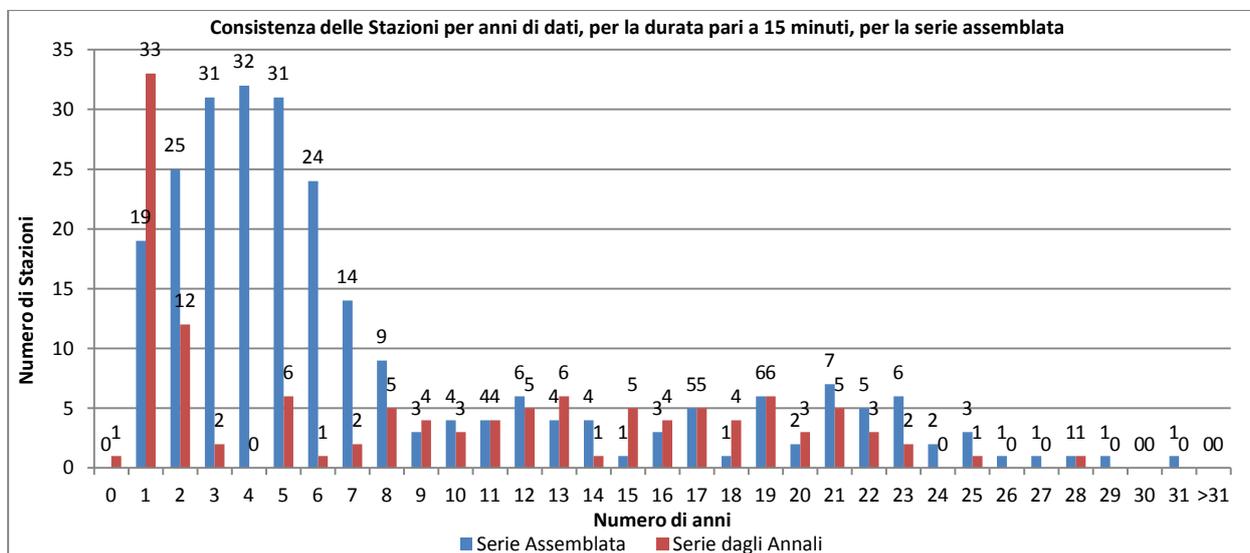


Grafico 2. 10: Istogramma consistenze delle Stazioni per anni di dati, con durata pari a 15 minuti, per serie assemblata.

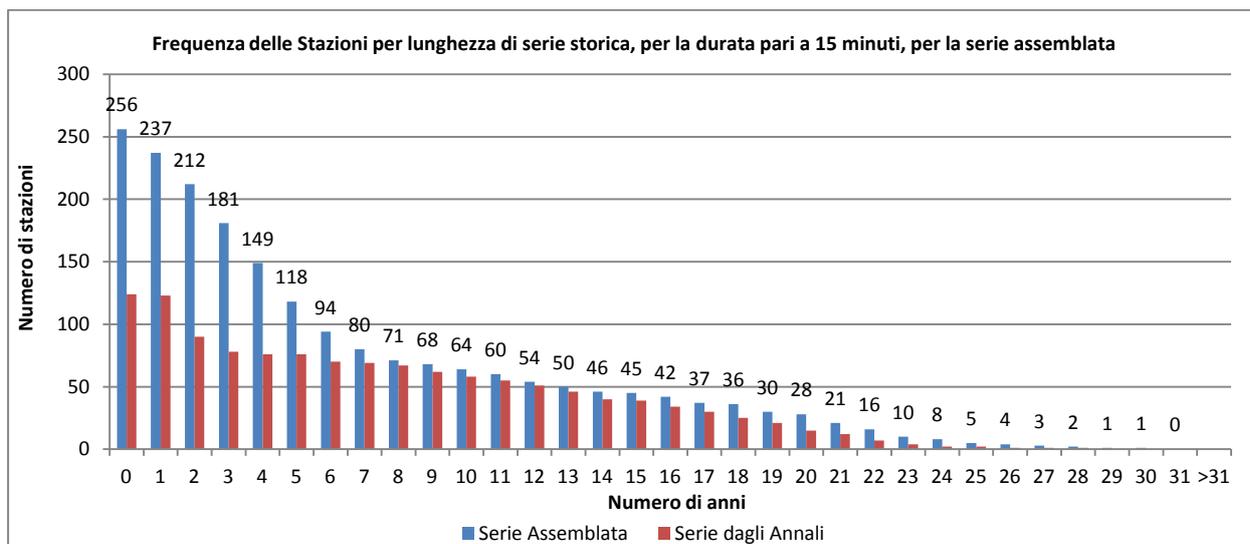


Grafico 2. 11: Istogramma frequenza delle Stazioni per serie storiche, con durata pari a 15 minuti, per serie assemblata.

In Allegato 2.10 sono riportati i tre precedenti grafici, per le serie assemblate alle durate pari a 30 e 45 minuti. Si è ottenuto un aumento della robustezza delle serie, soprattutto per quanto riguarda le

misurazioni effettuate ai 45 minuti. Prima di eseguire il calcolo dei valori medi campionari delle misure in possesso, si è eseguito su tutti i dati un controllo di validità, o per meglio dire, una verifica della eventuale presenza di anomalie. Una anomalia è una condizione che viola le leggi fisiche degli eventi pluviometrici. Per un qualsiasi evento pluviometrico, l'intensità di pioggia decresce al crescere della durata, o al più è uguale. Si è controllato che tutti i dati rispettassero le leggi riportate nella (2.1).

$$\begin{aligned}
 i_{5min} &\leq i_{10min} \\
 i_{10min} &\leq i_{15min} \\
 i_{15min} &\leq i_{20min} \\
 i_{20min} &\leq i_{30min} \\
 i_{30min} &\leq i_{40min} \\
 i_{40min} &\leq i_{45min} \\
 i_{45min} &\leq i_{50min}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Nei dati che non rispettavano tale connotazione, l'intensità alla durata successiva, è stata posta pari a quella riportata nella durata immediatamente precedente. In Infine, per quanto riguarda le serie disponibili alle durate sub-orarie, si è proceduto al calcolo degli indici statistici utili a proseguire lo studio, la media, che rappresenta quel valore in grado di descrivere la tendenza centrale della serie. Nei passi successivi dell'elaborato occorrerà la media dei massimi annui, espressa come altezze e misurata in mm ed espressa come intensità e misurata in mm/h. Questi indici sono stati calcolati per stazione e per durata sub-oraria, costruendo quindi la media sugli anni dove vi è la presenza del dato. Per poter dare una migliore interpretazione ai risultati, si è deciso di riportare qui nel testo solo una selezione delle tabelle costruite.

COD	h_{5m} [mm]	h_{10m} [mm]	h_{15m} [mm]	h_{20m} [mm]	h_{30m} [mm]	h_{40m} [mm]	h_{45m} [mm]	h_{50m} [mm]
...
312	6,3	9,5	14,3	16,3	20,6		21,5	23,9
314	7,0	11,9	12,0	16,0	17,0	22,7	21,0	17,0
318	8,1	10,0	13,6	14,1	17,9	23,9	24,1	26,8
319	7,6	10,4	14,5	14,5	21,8	19,4	21,8	
321	8,0	11,9	17,4	17,3	26,0	21,3	23,9	26,6
323			16,0		23,4		31,0	
...

Tabella 2. 4: Selezione della tabella dei valori medi campionari dei massimi di altezza pluviometrica alle durate sub-orarie.

COD	i_{5m} [mm/h]	i_{10m} [mm/h]	i_{15m} [mm/h]	i_{20m} [mm/h]	i_{30m} [mm/h]	i_{40m} [mm/h]	i_{45m} [mm/h]	i_{50m} [mm/h]
...
312	75,2	57,2	57,2	48,9	41,2		28,7	28,7
314	84,0	71,1	48,0	48,0	34,0	34,0	28,0	20,4
318	96,8	59,7	54,4	42,2	35,9	35,9	32,2	32,2
319	91,2	62,5	58,1	43,6	43,6	29,1	29,1	
321	96,4	71,4	69,6	52,0	52,0	31,9	31,9	31,9
323			63,8		46,9		41,3	
...

Tabella 2. 5: Selezione della tabella dei valori medi campionari dei massimi di intensità pluviometrica alle durate sub-orarie.

In Allegato 2.11 e in Allegato 2.12 sono riportate rispettivamente le tabelle contenenti i valori medi campionari dei massimi delle altezze e delle intensità di precipitazione per tutte le durate sub-orarie valutate. Si è deciso di mostrare, nella casella accanto al valore corrispondente, il numero su cui è

costruita la media. Questo valore tornerà necessario più avanti per poter proseguire con lo studio, selezionando poi solo i dati più robusti, che per scelta saranno quelli costruiti su una media di almeno 8 anni.

Per effettuare la rappresentazione spaziale della media dei massimi valori di altezza pluviometrica, alle differenti durate, attraverso le isoiete, occorre creare una superficie derivata dalla interpolazione dei dati associati alla singole stazioni, tagliare e proiettare tale superficie con dei piani equidistanti di un valore x scelto. Con il software QGis, la superficie viene costruita mediante il plugin “*Interpolazione*”, dal percorso “*Raster→Interpolazione→Interpolazione*”; si definisce lo shapefile contenente i parametri che vogliamo interpolare, ad esempio i valori medi di massima altezza pluviometrica associati ad una durata di 5 minuti, selezioniamo tali dati in ingresso.

La scelta del metodo di interpolazione è funzione del tipo di risultato che si vuole raggiungere; per questo studio è stato scelto il metodo IDW (Inverse Distance Weighting), o della Distanza Inversa Ponderata; tale processo prevede che in un nuovo punto venga calcolato il valore ricercato attraverso l’assegnazione di un coefficiente che controlla l’influenza del peso dei punti noti della rete; tale peso diminuisce all’aumentare della distanza dal punto.

Gli svantaggi del metodo sono la qualità del risultato dell’interpolazione, che può diminuire se la distribuzione dei punti campione é irregolare, come anche le zone di confine, poiché presentano la rete solo su un lato. Il metodo è stato scelto per la sua buona capacità computazionale, in funzione del risultato che si vuole ottenere.

Si è deciso di creare una superficie delimitata dai punti che possiedono i dati di interesse; cromaticamente il file raster possiede una scala cromatica definita in scala di grigi, dove i punti più chiari sono quelli dove il dato di interesse ha valori maggiori, ed in nero, quelli più piccoli. Una ultima precisazione riguarda l’attenzione nella definizione del livello di dettaglio della superficie da creare; per questo studio è stato scelto un passo pari a 10 metri. Nell’Immagine 2.2 è riportata la superficie creata utilizzando i dati pluviometrici corrispondenti alla durata di 5 minuti.

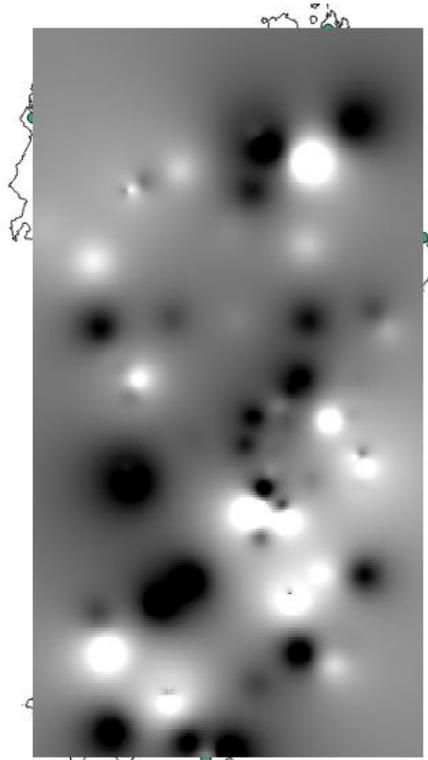


Immagine 2. 2: Superficie generata dal plugin “Interpolazione”, in scala cromatica di grigi, per la durata pari a 5 minuti.

Una volta costruite le superfici, per tutte le durate di interesse, è necessario generare le curve di livello, che diverranno poi le isoiete ricercate, ovvero quelle linee che delimitano aree che hanno la stessa quantità di altezza di precipitazione. Il comando è il seguente: “*Raster*→*Estrazione*→*Curve di livello*”; il parametro fondamentale da scegliere è la distanza a cui devono generare le curve; un passo eccessivamente ridotto produrrebbe delle mappe troppo fitte di dati e difficilmente interpretabili. Per successive prove si è giunti ad i risultati corrispondenti alle differenti durate, guardando approssimativamente il valore minimo e massimo tra cui variano le misure selezionate; l’etichettatura delle curve indica il valore corrispondente alla stessa, ovvero il valore medio dei massimi di altezza pluviometrica in quei punti. Segue la rappresentazione, ottenuta attraverso il Plugin di QGis, dei valori medi di massimo di altezza pluviometrica per la durata sub-oraria di 15 minuti, nell’Immagine 2.3; dopo successivi tentativi, si è deciso di selezionare quella che presenta le isoiete costruite ogni 3 mm di variazione di altezza di precipitazione.



Immagine 2. 3: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 15 minuti.

In Allegato 2.13 sono riportate le immagini delle distribuzioni spaziali dei valori medi campionari di massimo di altezza di precipitazione alla scala sub-oraria. Nell'Immagine 2.12 è riportata la costruzione delle isoiete dei valori medi campionari di massimo di altezza di precipitazione ai 5 minuti, con isoiete costruite ogni 1 mm. Seguono le successive con la costruzione riferita ai 10 minuti, sempre per un intervallo pari a 1 mm, quella ai 20 minuti, costruita sui 1,5 mm, la costruzione ai 30 minuti, con le isoiete ai 4 mm, quella ai 40 minuti, costruita sui 2 mm, ed infine quella ai 45 minuti costruita sui 5 mm e quella ai 50 minuti, con le isoiete ai 4 mm. La scelta delle isoiete è stata fatta cercando un equilibrio tra la chiarezza e pulizia della mappa, con la necessità di fornire più informazioni possibili.

2.2 Analisi degli estremi pluviometrici di durata oraria

Dal database CUBIST, si sono estratti ed elaborati gli estremi di altezze di precipitazione orarie, espressi quindi in mm, riferite alle durate convenzionale di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. L'anagrafica delle stazioni presentava un diverso codice identificativo delle stazioni di misura; è stato quindi necessaria la conversione rispetto al sistema usato per il rilevamento delle piogge sub-orarie, per poter poi legare, stazione per stazione, le piogge orarie a quelle di durata inferiore all'ora. L'intervallo temporale dei dati è compreso tra il 1929 e il 2009. L'analisi svolta è simile a quella effettuata nei paragrafi precedenti; verrà mostrata la disponibilità dei dati negli anni, la consistenza e la frequenza dei dati e delle serie disponibili per stazione. I tre grafici riportati e analizzati di seguito sono riferiti agli estremi di altezza pluviometrica corrispondenti alla durata di 1 ora.

Il Grafico 2.12 riporta l'istogramma relativo alla disponibilità dei dati, ovvero il numero di stazioni attive per anno; il Grafico 2.13 mostra l'istogramma della distribuzione delle lunghezze delle serie storiche delle stazioni prese in considerazione; infine il Grafico 2.14 presenta la frequenza di queste lunghezze. È possibile dire che in generale il data set risulta più consistente e più robusto di quello delle sub-orarie; quasi tutte le 107 stazioni presentano una buona lunghezza delle serie storiche. Ovviamente anche qui, cercando dati più robusti, ovvero cercando stazioni con un elevato numero di anni di misurazioni, il numero dei siti di misura disponibili diminuisce; sugli 81 anni disponibili, le stazioni che presentano almeno 60 anni di misurazioni sono solo dodici. Se vogliamo invece riferirci ai dati sub-orari e cercare quei siti di misura che hanno almeno 10 anni di dati, troviamo ben 91 stazioni. La stazione che presenta la serie storica di maggiore lunghezza possiede ben 73 anni di misurazioni. Per quanto riguarda invece la disponibilità di dati negli anni, possiamo notare una minore variabilità rispetto ai data set precedenti. Il numero più basso di registrazioni compare nel 1945, con solo 7 stazioni attive; probabilmente questo si può far corrispondere al termine della Seconda Guerra Mondiale, con le dovute conseguenze. Inoltre, sempre generalmente, il numero di stazioni attive per anno, è aumentato negli anni, con chiare oscillazioni, probabilmente dovute al guasto di strumenti e al mancato immediato intervento di riparazione. Dai grafici è anche possibile notare che tutte le stazioni trattate, per la misurazioni corrispondenti alla durata di 1 ora, possiedono almeno 3 anni di misurazioni. Seguono i Grafici precedentemente commentati 2.12, 2.13 e 2.14.

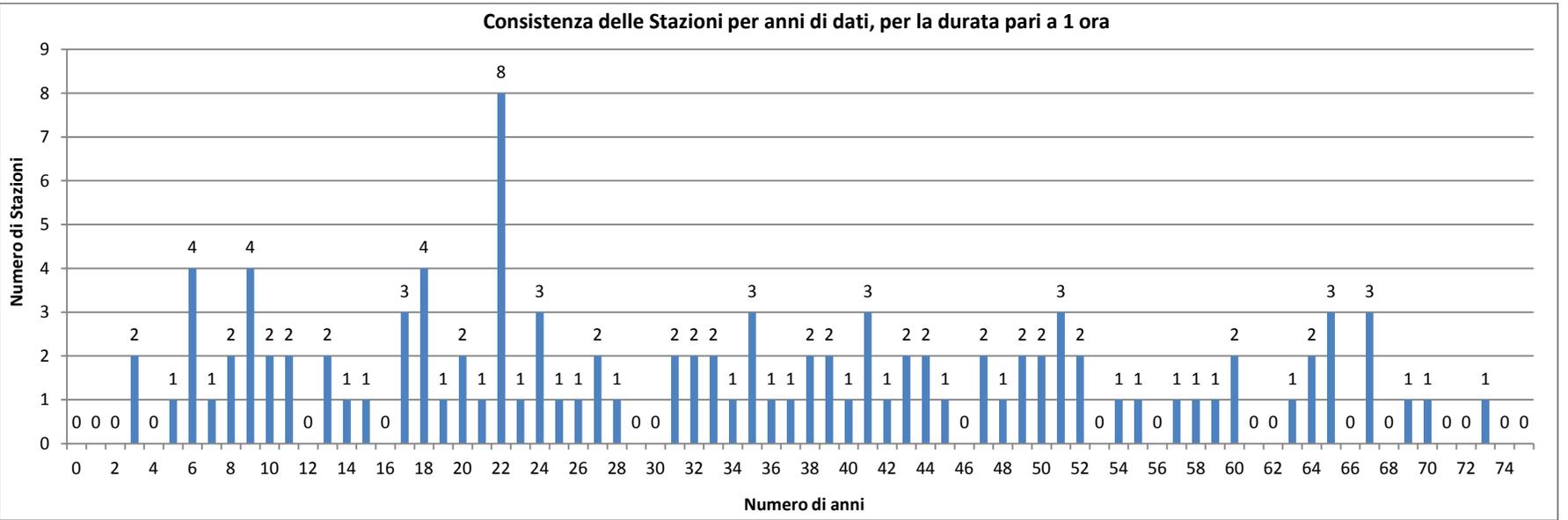
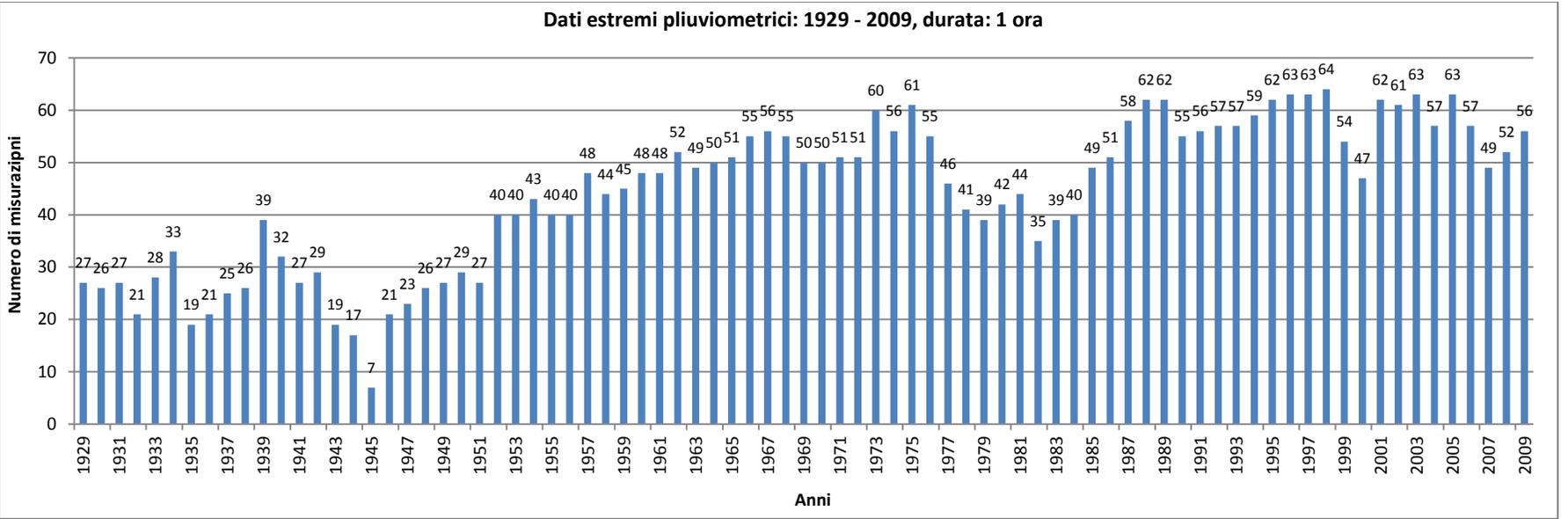


Grafico 2. 12: Disponibilità dati di precipitazione estrema per la durata pari a 1 ora, per i dati CUBIST.

Grafico 2. 13: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 1 ora, per i dati CUBIST.

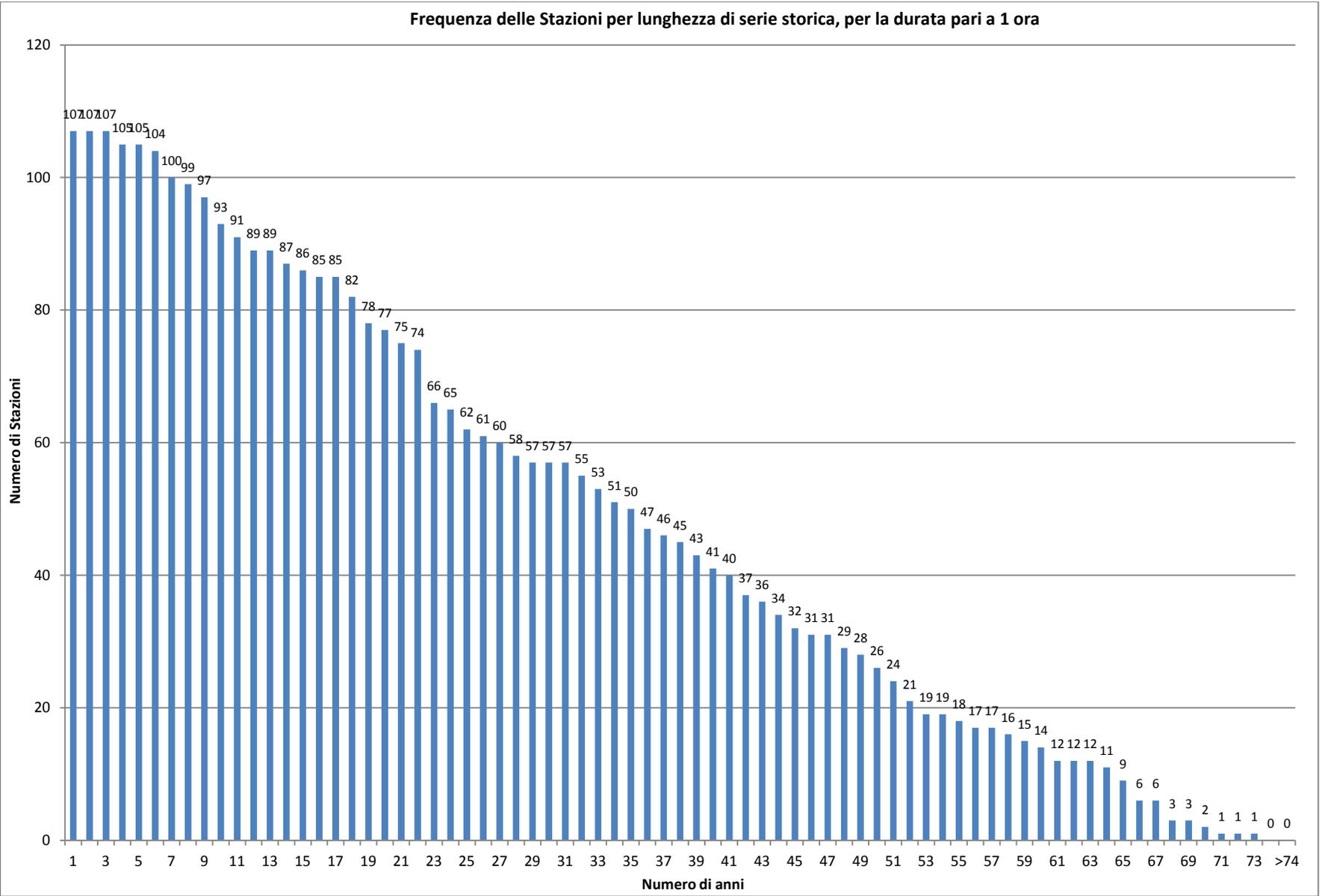


Grafico 2. 14: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 1 ora, per i dati CUBIST.

Il continuo monitoraggio e la registrazione dei dati, darà luogo, da ora ad una decina di anni, a banche dati molto consistenti, con elevata robustezza. Alcuni siti di misura con misurazioni sub-orarie non presentavano invece dati alla scala oraria; per tali stazioni si è deciso di calcolare, attraverso le intensità corrispondenti ai 15 minuti, i massimi alle durate orarie. Le stesse analisi fino a qui condotte, sono state riprodotte anche per le altre durate orarie e i grafici corrispondenti alle durate di 3, 6, 12 e 24 ore sono riportati in Allegato 2.14.

2.2.1 Costruzione delle CPP medie orarie

Per questo data set non sono state previste regole di accettazione o rifiuto del dato. Ma sempre prima di eseguire il calcolo dei valori medi campionari delle misure in possesso, si è verificato su tutti i dati l'assenza di anomalie. Le misurazioni sono state trasformate in intensità di precipitazione, dividendo il valore per la durata corrispondente; vale sempre che l'intensità di pioggia, decresce al crescere della durata, o al più è uguale, e si sono quindi applicate le seguenti condizioni di veridicità riportate nella (2.2)

$$\begin{aligned}
 i_{1ora} &\geq i_{3ore} \\
 i_{3ore} &\geq i_{6ore} \\
 i_{6ore} &\geq i_{12ore} \\
 i_{12ore} &\geq i_{24ore}
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

Nell'intero data set analizzato non sono state riscontrate anomalie e quindi si è potuto procedere al calcolo della media, sia espressa come altezze che come intensità pluviometrica. In Tabella 2.6 e 2.7 possiamo vedere una selezione delle tabelle costruite.

COD	h_{1h} [mm]	h_{3h} [mm]	h_{6h} [mm]	h_{12h} [mm]	h_{24h} [mm]
...
241	17,5	23,0	29,0	36,6	44,6
242	26,8	37,9	49,6	65,5	81,7
246	32,2	37,9	43,9	54,3	72,5
251	34,4	39,0	41,5	43,1	47,1
254	18,8	29,4	37,5	45,3	55,0
...

Tabella 2. 6: Selezione della tabella dei valori medi campionari degli estremi di altezza pluviometrica alle durate orarie.

COD	i_{1h} [mm/h]	i_{3h} [mm/h]	i_{6h} [mm/h]	i_{12h} [mm/h]	i_{24h} [mm/h]
...
241	17,5	7,7	4,8	3,1	1,9
242	26,8	12,6	8,3	5,5	3,4
246	32,2	12,6	7,3	4,5	3,0
251	34,4	13,0	6,9	3,6	2,0
254	18,8	9,8	6,3	3,8	2,3
...

Tabella 2. 7: Selezione della tabella dei valori medi campionari degli estremi di intensità pluviometrica alle durate orarie.

In Allegato 2.15 e 2.16 sono riportate rispettivamente le tabelle contenenti tutti i valori medi campionari dei massimi di altezza e di intensità di precipitazione. Affianco al valore della media vi è il dato che corrisponde al numero di misurazioni sul quale è costruito. La tabella è uno strumento poco significativo; anche per le durate orarie si è deciso di utilizzare QGis per creare una rappresentazione spaziale di come

si distribuisce, per stazione, il valor medio di massimo di altezza di precipitazione. Nell'Immagine 2.4 è riportata la mappa della regione con la costruzione delle isoiete per il valor medio di massimo di altezza di precipitazione per la durata corrispondente ad 1 ora; le isoiete sono costruite ogni 2mm.

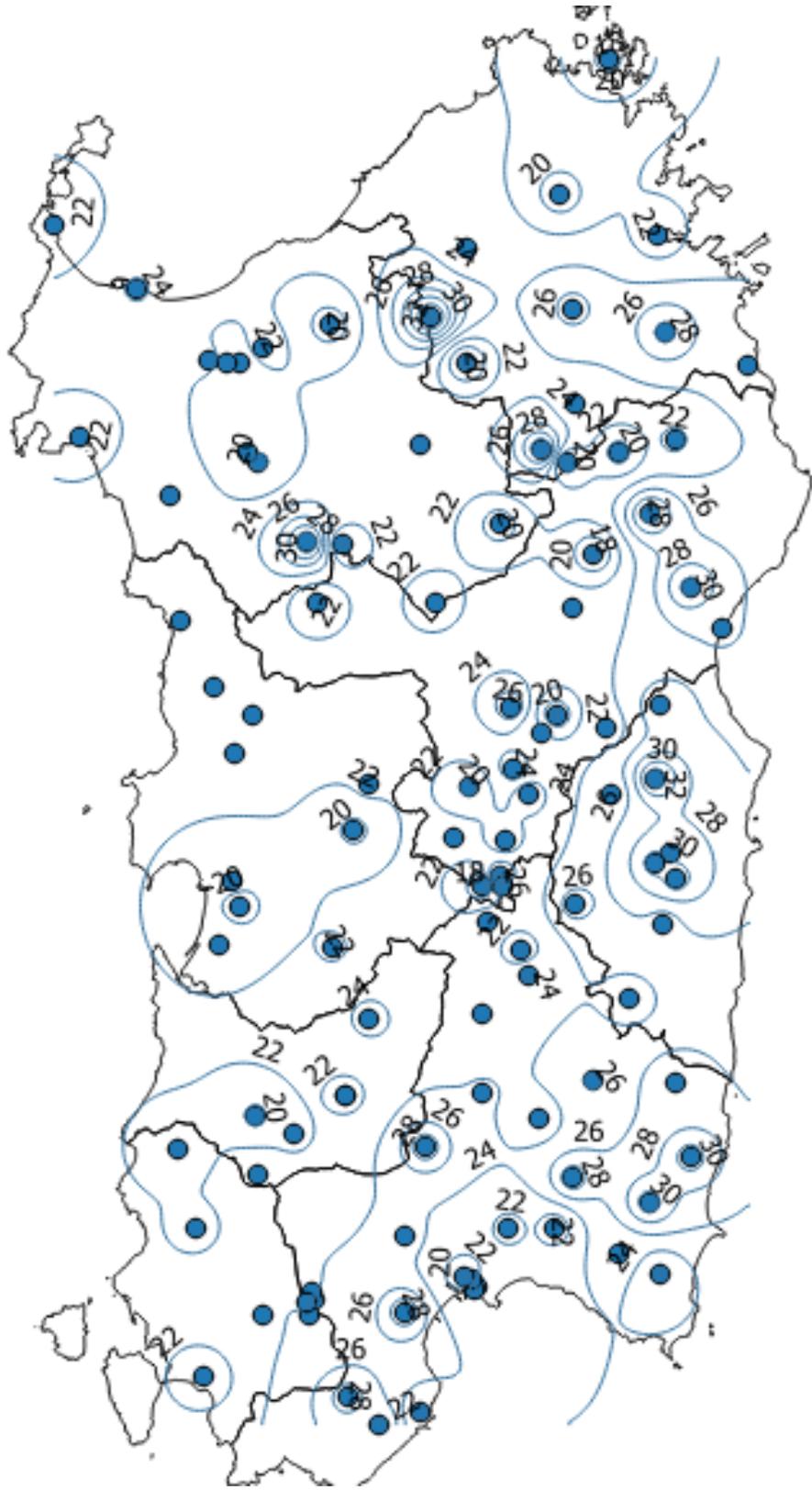


Immagine 2. 4: Rappresentazione spaziale dei massimi di altezza di precipitazione media, per la durata di 1 ora.

In Allegato 2.17 sono riportate le immagini delle distribuzioni di valori medi dei massimi di altezze di precipitazione alle durate orarie di 3, 6, 12 e 24 ore. Per le durate pari a 3 e 6 ore, le isoiete sono costruite ogni 3 mm, mentre per le rappresentazioni associate alle durate di 12 e 24 ore, le isoiete sono realizzate ogni 5 mm.

2.3 Stima e regionalizzazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica a 3 parametri per le durate orarie e sub-orarie

Si è quindi proceduto con la determinazione delle CPP, ovvero Curva di Possibilità Pluviometrica. Su questa curva vengono messe in corrispondenza le altezze di precipitazione h , riportate sulle ordinate e le durate d a cui corrispondono. Tale curva, per le durate orarie, segue la legge già mostrata nel primo capitolo:

$$h(d) = ad^n \quad (2.3)$$

Nel Grafico 2.15 vediamo un esempio di tale rappresentazione; è anche riportata la linea di tendenza che rappresenta la legge esponenziale, le questi determinati valori, riportata nella formula (2.3).

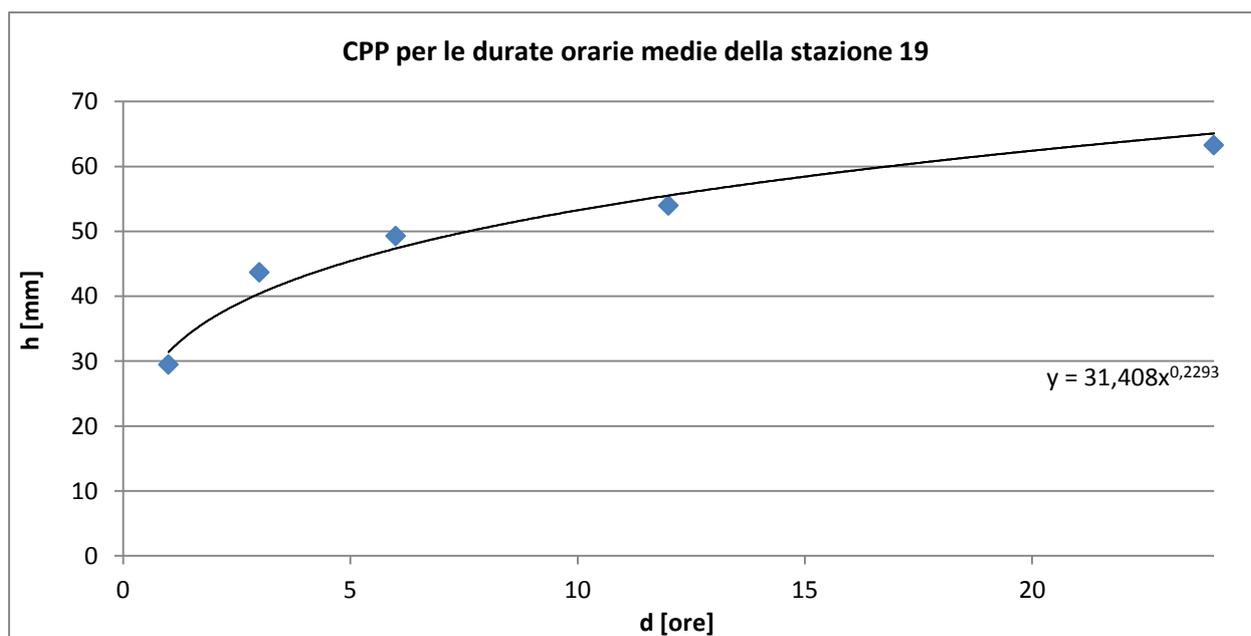


Grafico 2.15: Esempio di CPP per le durate medie orarie per la stazione 19.

La formula (2.3) che ben si adatta a descrivere l'evoluzione del fenomeno per le durate orarie, difetta per descrivere il fenomeno per le piccole durate; procedendo dalle altezze di precipitazione alle intensità, otteniamo:

$$i_d = a * d^{n-1} \quad (2.4)$$

Tale formula presenta il seguente difetto, portare ad un valore infinito l'intensità, per corrispondenti valori della durata tendenti a zero. Tale fatto è fisicamente impossibile, per cui si preferisce riportarsi alla seguente formulazione:

$$i(d) = i_0(1 + B * d)^\beta \quad (2.5)$$

La Formula (2.5) è conosciuta come forma a tre parametri: essa è in grado di descrivere il fenomeno della precipitazione a tutte le durate, compresa quella pari a $d=0$, dove il valore di intensità si assesta al valore i_0 ; B rappresenta un parametro che ha unità di misura pari all'inverso del tempo mentre β risulta adimensionale, con limitazione pari a $(-1 < \beta < 0)$.

2.3.1 La selezione dei dati

Il data set dei valori massimi annui di altezza pluviometrica è composto da 268 stazioni, creato accorpando: i dati sub-orari estratti dagli Annali Idrologici, quelli orari provenienti dal CUBIST e i dati orari e sub-orari costruiti per somma mobile partendo dalle intensità di altezza pluviometrica con risoluzione ai 15 minuti. L'alta aleatorietà dei dati, o per meglio dire della loro raccolta e sistematizzazione, si presenta come limite nella costruzione della media. Si hanno valori di media calcolati su misure molto solide, maggiori di 20 anni e indici costruiti su pochissimi, come due o tre anni. Per poter realizzare un modello che sia sufficientemente solido è necessario porre un valore di soglia, espresso come numero di anni di misurazioni, al di sotto del quale il dato non possa essere accettato e quindi preso in considerazione, anche se ciò causa una notevole perdita di dati.

Le condizioni che le serie storiche delle stazioni devono possedere affinché possano essere selezionate sono:

- Essere costruite su una media di almeno 8 anni;
- Presentare contemporaneamente almeno una durata definita sub-oraria ed una oraria.

Utilizzando queste due limitazioni, il data set disponibile si riduce ad essere composto di 89 stazioni. Per quanto riguarda le durate sub-orarie, si hanno disponibili gli estremi corrispondenti ai 5, 10, 15, 30 e 45 minuti; per le durate orarie, i valori sono quelli standard, ovvero 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Non vi sono più dati utilizzabili relativi alle durate di 40 e 50 minuti, poiché non veniva mai rispettato il primo requisito. Alcune stazioni presentavano solo dati estremi corrispondenti alle durate sub-orarie, e dove è stato possibile, ovvero dove si possedevano i dati relativi alle intensità di precipitazione con risoluzione ai 15 minuti, sempre con la somma mobile, sono stati calcolati gli estremi di precipitazione corrispondenti a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per non perdere ulteriori serie.

In seguito alla selezione delle serie storiche, e quindi delle stazioni, il passo successivo è stato quello di verificare come esse fossero distribuite sul territorio della regione Sardegna; se la selezione avesse restituito solo stazioni riportate nel sud del territorio, per esempio, sarebbe stato molto difficoltoso effettuare uno studio che potesse coinvolgere l'intero territorio. Una buona distribuzione delle stazioni sul territorio è quindi fondamentale perché si possa fare uno studio puntuale ma che sia omogeneo spazialmente, e che quindi sia attuabile sull'intero territorio dello studio. In Immagine 2.5 è riportata la distribuzione delle 69 stazioni che sono state selezionate utilizzando i criteri sopra riportati. Affianco ad ogni punto, che rappresenta la stazione, è riportato il codice identificativo della stessa.

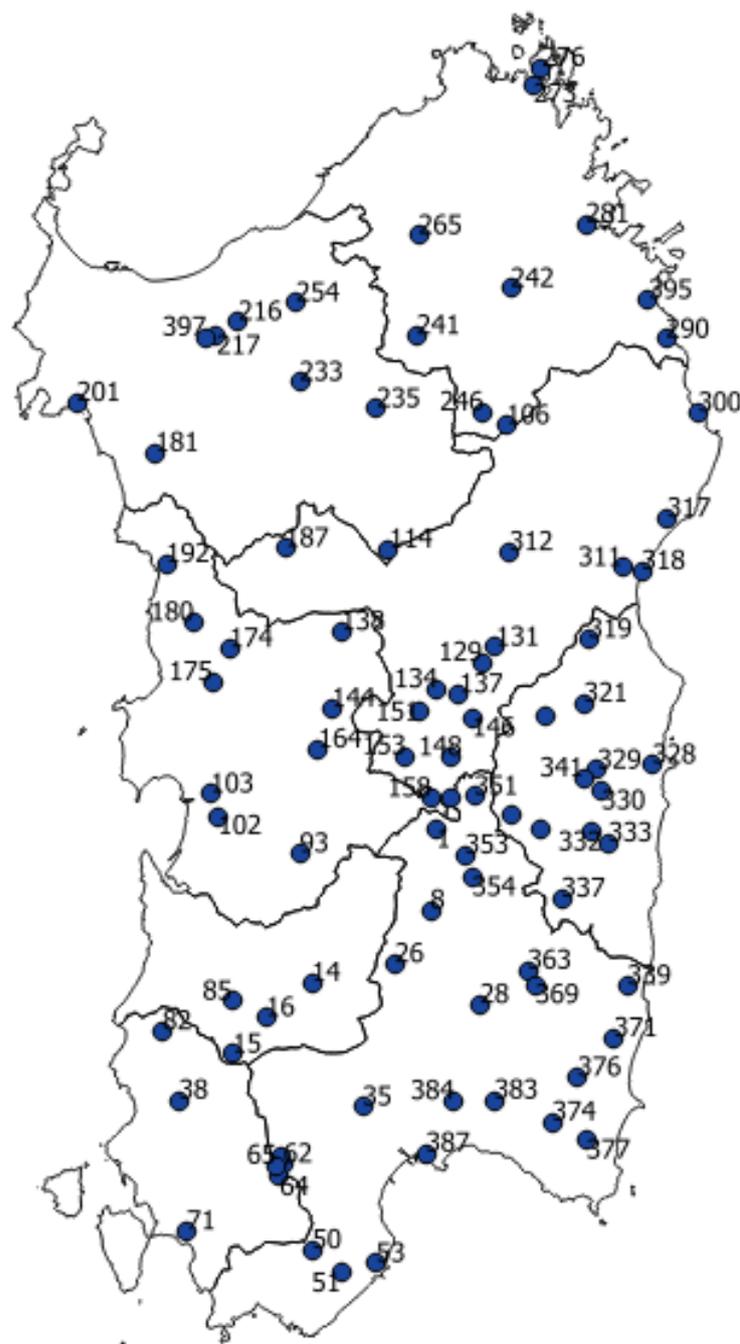


Immagine 2. 5: Distribuzione Spaziale delle stazioni che possiedono serie storiche che rispettano i requisiti del modello.

La distribuzione risulta abbastanza uniforme; vi è una concentrazione maggiore di stazioni nella zona del centro est, ed una concentrazione minore nel nord dell'isola. Una suddivisione ottimale avrebbe previsto una presenza più alta di stazioni di misura nelle zone costiere, ma tale ripartizione è comunque buona per poter proseguire con lo studio. Viene ora mostrato uno stralcio della tabella che contiene i dati estremi pluviometrici. I dati originale sono espressi come altezze e misurate in mm, ma il modello che si andrà ad usare successivamente richiede in ingresso le intensità di precipitazione, che sono espresse come mm/h ed ottenute semplicemente dividendo il valore di altezza per la durata corrispondente. Nelle due tabelle successive, i valori saranno definiti con una sola cifra dopo la virgola, precisione più che accettabile per poter fare delle considerazioni sui dati. Seguono le Tabella 2.8 e 2.9.

Le tabelle mostrano un esempio del data set posseduto ed è immediato notare come vengano rispettati i termini di grandezza; l'altezza di precipitazione aumenta all'aumentare della durata, mentre l'intensità di precipitazione decresce con la durata. Affianco ad ogni indice medio campionario di estremo, sia esso espresso come precipitazione o come intensità, è riportato un numero, nella colonna contrassegnata dalla lettera C; esso ci indica il numero di anni su cui è costruito il valore e sono evidenziate in verde le celle con un numero maggiore o uguale ad otto. Successivamente si sono mantenuti solo quelli realizzati su almeno 8 anni di osservazioni, mentre gli altri sono stati azzerati e l'assenza del numero indica invece la mancanza del dato; le misure corrispondenti alle durate di 40 e 50 minuti non sono state inserite nella tabella, poiché nessuna rispettava il requisito minimo di robustezza della media. Si nota che per le durate orarie non è stata riportata alcuna referenza riguardante il numero di anni di costruzione; questo perché tutte le serie delle stazioni qua prese in considerazione rispettavano largamente questo vincolo, che è stato affrontato nel capitolo riguardante l'analisi dei dati.

In Allegato 2.18 sono riportate, nella Tabella 2.25 la selezione per stazione degli estremi degli eventi pluviometrici espressi come altezze, mentre nella Tabella 2.26 sono riportati gli stessi dati ma espressi come intensità pluviometriche; anche nelle tabelle appena citate, affianco ad ogni indice medio campionario vi è il numero di anni su cui è calcolato tale dato.

2.3.2 Applicazione dell'approccio puntuale di stima dei tre parametri

In questo paragrafo si illustra la procedura seguita per la determinazione dei tre parametri i_0 , B e β , con i quali è possibile costruire la curva parabolica delle intensità di precipitazione e per poter conoscerne il valore di essa per ogni possibile durata. Tale metodo si basa su una tipologia di approccio puntuale; i tre parametri verranno stimati puntualmente nei siti delle stazioni di misura, utilizzando appositi vincoli.

Per proseguire nello studio è necessario, per prima cosa, essere in possesso del parametro n che definisce insieme al parametro a la legge intensità-durata media; essi sono ricavati dai punti stazione, cercando la legge di potenza dai singoli valori indice dalle Curve di Possibilità Pluviometrica; tale dato è necessario per poter produrre un vincolo al risolutore del sistema; Vediamo una procedura di come si è svolto questo primo passo; si selezionano, per esempio per la stazione con codice 50, i valori di altezza di precipitazione, per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, come riportate in Tabella 2.10:

d [ore]	1	3	6	12	24
h [mm]	29,2	45,5	60,5	81,7	104,1

Tabella 2. 10: Valori estremi medi campionari di altezza di precipitazione, alle durate orarie, per la stazione con COD 50.

Questi valori vengono poi posti in un grafico a dispersione, dove in ascissa abbiamo le durate, e in ordinata i valori corrispondenti di altezza pluviometrica. Creando successivamente la linea di tendenza, scegliendo la potenza come tipo di regressione, e visualizzando l'equazione sul grafico, otteniamo una forma uguale alla (2.3), dove appunto l'esponente è il valore di n cercato. Ripetendo l'operazione per tutte le stazioni, si sono ricavati i dati cercati. Vediamo nel Grafico 2.16 l'esempio della costruzione della CCP e della legge di potenza ad essa assegnata per la stazione 50.

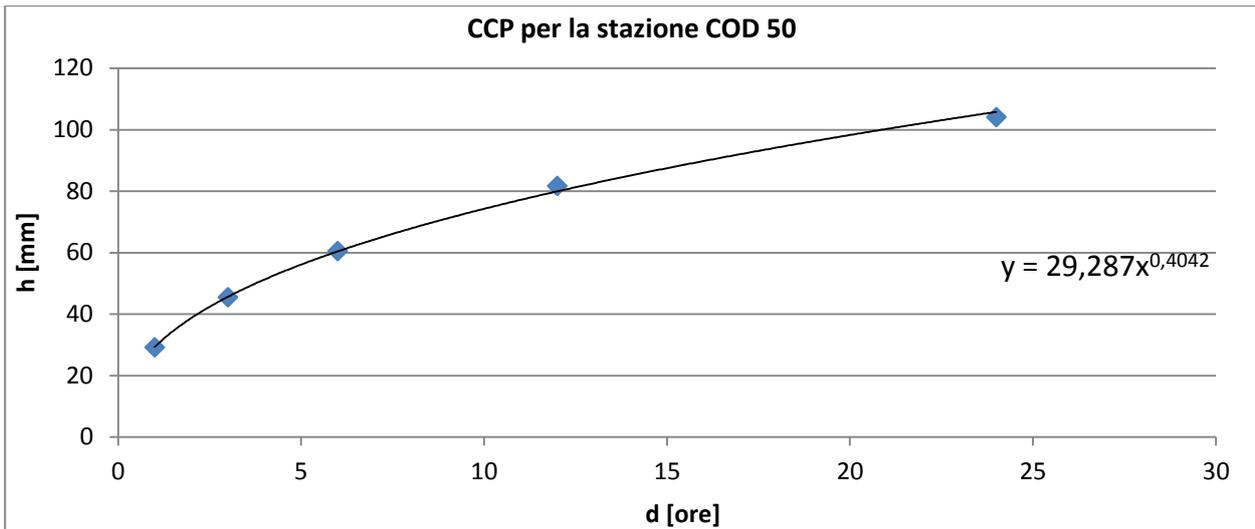


Grafico 2. 16: CCP definita per la stazione con COD 50.

Riteniamo valide per le durate orarie la legge intensità durata riportata nella formula (2.6), avendo noti i parametri a e n di cui si è appena data una descrizione della stima; mentre la legge di riferimento generale per qualsiasi durata è l'equazione riportata nella (2.7), qui sotto richiamate:

$$i(d) = a * d^{n-1} \quad (2.6)$$

$$i(d) = i_0(1 + B * d)^\beta \quad (2.7)$$

Per $d=1$ abbiamo:

$$i_1(1) = i_2(1) \rightarrow i_0(1 + B)^\beta = a \quad (2.8)$$

Imponendo che la funzione complessiva sia continua e derivabile per $d=1$ otteniamo:

$$i_1'(1) = i_2'(1) \rightarrow i_0 * \beta * B(1 + B)^\beta = a(n - 1) \quad (2.9)$$

Quindi possiamo derivare le seguenti relazioni:

$$i_0 = \frac{a}{(1 + B)^\beta} \quad (2.10)$$

$$\beta = \frac{(n - 1)(1 + B)}{B} \quad (2.11)$$

Che sostituite nella formula che definisce l'espressione per le durate sub-orarie, ci fa ottenere:

$$i(d) = a * \left(\frac{1 + B * d}{1 + B} \right)^{\frac{(n-1)(1+B)}{B}} \quad (2.12)$$

Questa espressione presenta il valore di intensità in funzione di un unico parametro da stimare, quello B , sulla base dei punti campionari. Dalla formula (2.7) perché sia rispettato il vincolo sul parametro β :

$$\beta > -1 \quad (2.13)$$

Dalla formula (2.12) si ottiene

$$B > \frac{1-n}{n} \quad (2.14)$$

Infine, poiché deve essere valido che $n \in (0; 1)$ allora è possibile esplicitare gli altri vincoli:

$$i_0 \quad (2.15)$$

$$\beta < 0 \quad (2.16)$$

$$B > 0 \quad (2.17)$$

Nell'approccio la valutazione puntuale della relazione avviene sul piano bi logaritmico, impiegando il metodo dei minimi quadrati, ed utilizzando i valori medi campionari di intensità di pioggia calcolati sull'intero dominio delle durate. La legge è la (2.7), e sono stimati quindi contemporaneamente i 3 parametri: B , i_0 e β . La funzione da minimizzare è la seguente:

$$F_B = \sum_{j=1}^N [\log_{10} i_{oss,j} - \log_{10} i_{teo}(i_0, B, \beta, d_j)]^2 \quad (2.18)$$

Dove $i_{oss,j}$ sono i valori medi campionari di intensità di pioggia per le N durate orarie e sub-orarie d_j e $i_{teo}(i_0, B, \beta, d_j)$ sono i valori calcolati con la (2.7). Il valore massimo del parametro B è stato fissato pari a 1000 h^{-1} . Quando viene raggiunto questo valore di B , il sistema non raggiunge la convergenza verso una soluzione. I vincoli inseriti nel risolutore sono quelli riportati nelle formule (2.14), (2.15), (2.16) e (2.17), a cui va aggiunto quello del valore massimo di B . Impostate le formule, i vincoli e la ricerca del minimo di F_B , si è utilizzato il risolutore di Excel per giungere ai risultati.

Seguono le soluzioni ottenute per ognuno dei tre parametri; per poter riportare e analizzare i risultati in maniera agevole, le soluzioni trovate sono state suddivise in classi di valori, potendo così osservare la loro distribuzione. Per le 89 stazioni, per il parametro B , si sono ottenuti i risultati riportati nella Tabella 2.11 e nel Grafico 2.17, evidenziando che in nessun caso si è giunti alla non convergenza.

Classe del valore di B	N° di elementi per Classe
(0;5)	42
(5;10)	13
(10;20)	6
(20;30)	6
(30;50)	4
(50;100)	4
(100;400)	6
(400;1000)	8
(1000)	0
Tot	89

Tabella 2. 11: Tabella della distribuzione dei risultati del parametro B, suddiviso per classi.

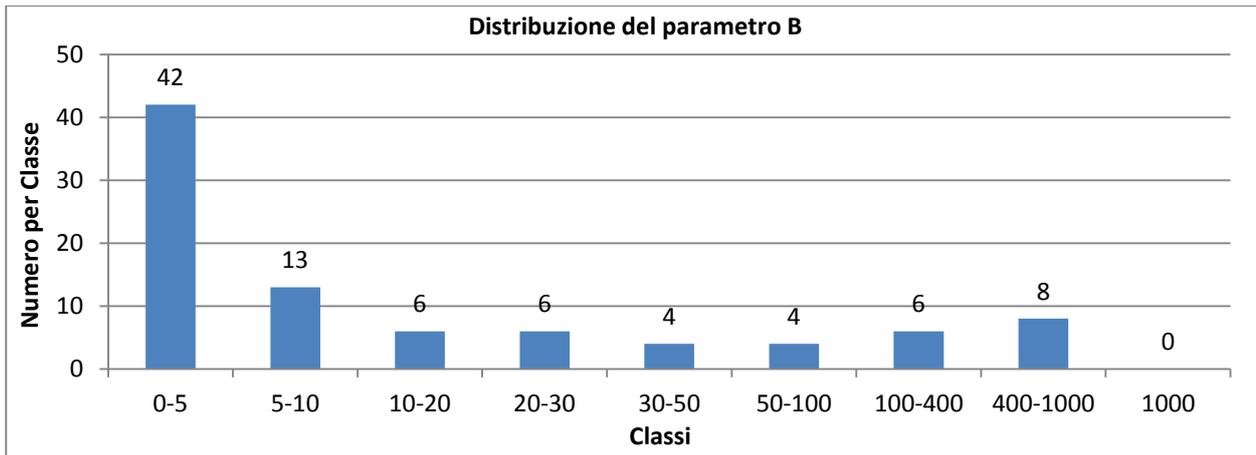


Grafico 2. 17: Istogramma della distribuzione del parametro B, suddiviso per classi.

La maggioranza dei valori, per 42 stazioni, si assesta nell'intervallo tra 0 e 5; naturalmente il valore zero è escluso da questo range, per la definizione stessa del limite inferiore. Per le restanti il valore si distribuisce senza alcuna apparente legge tra le altre classi. Il parametro B ci da informazioni su come varia la pendenza della curva parabolica; è un fattore moltiplicativo delle durate. A parità degli altri due parametri, se B aumenta, aumenta la pendenza della curva ed essa si schiaccia contro gli assi. Nel Grafico 2.18 vediamo un esempio della variazione appena descritta, fissando i_0 e β , e diversificando il parametro B ; nella curva rappresentata dal colore azzurro B è assunto pari ad 1 h^{-1} , aumentando il valore di B , aumenta la pendenza e la curva tende ad avvicinarsi sempre più contro gli assi, come con la curva rossa dove B è pari a 5 h^{-1} e la curva verde dove B ha il valore di 200 h^{-1} .

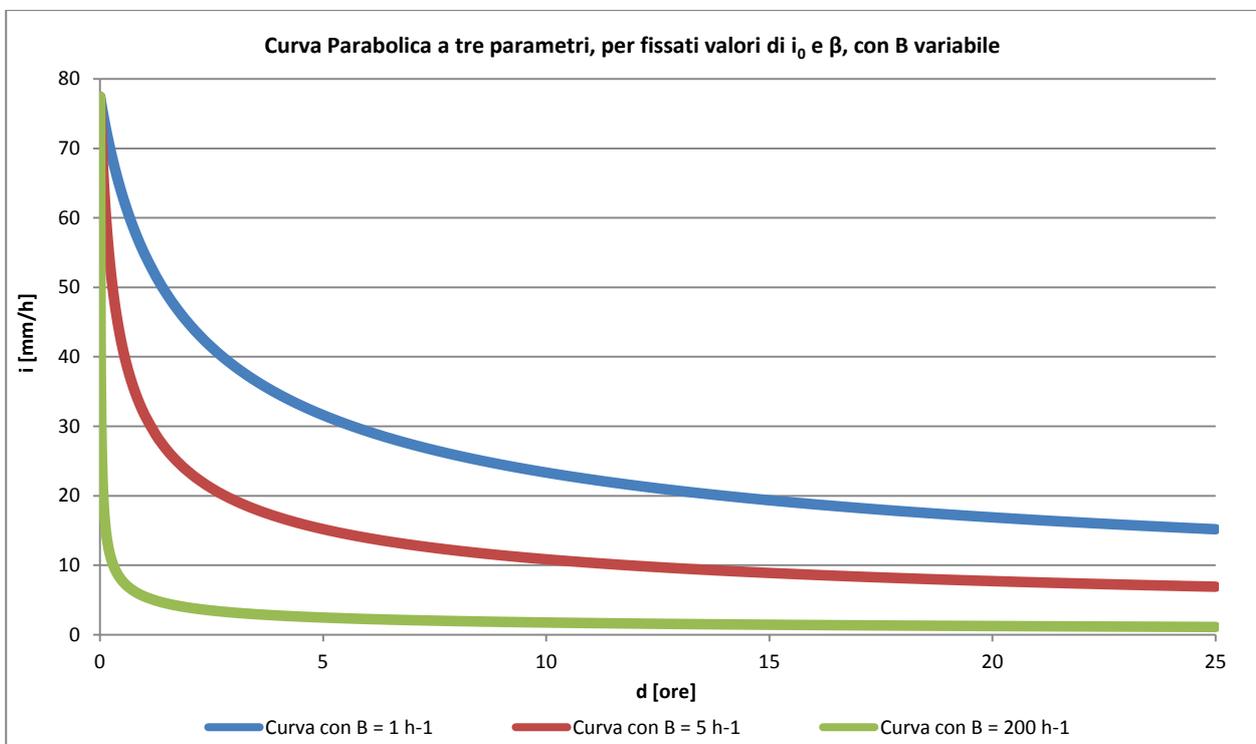


Grafico 2. 18: Esempio di curva a tre parametri, con i_0 e β fissati e con B variabile.

Il valore i_0 indica l'intensità di precipitazione all'istante di inizio dell'evento pluviometrico. Si ha quindi un valore finito, rispetto a quello che si avrebbe in caso di utilizzo della formula (2.6), dove come detto,

per la forma della legge, per valori di durata tendenti a zero, l'intensità dovrebbe crescere all'infinito. La distribuzione delle soluzioni per tale parametro sono le seguenti, riportate in Tabella 2.12 ed in forma di istogramma nel Grafico 2.19, precisando che in nessun caso si è giunti alla non convergenza.

<u>Classe del valore di i_0</u>	<u>N° di elementi per Classe</u>
(0;5)	0
(5;10)	0
(10;20)	0
(20;30)	0
(30;50)	5
(50;100)	57
(100;400)	27
(400;1000)	0
(>1000)	0
Tot	89

Tabella 2. 12: Tabella della distribuzione dei risultati del parametro i_0 , suddiviso per classi.

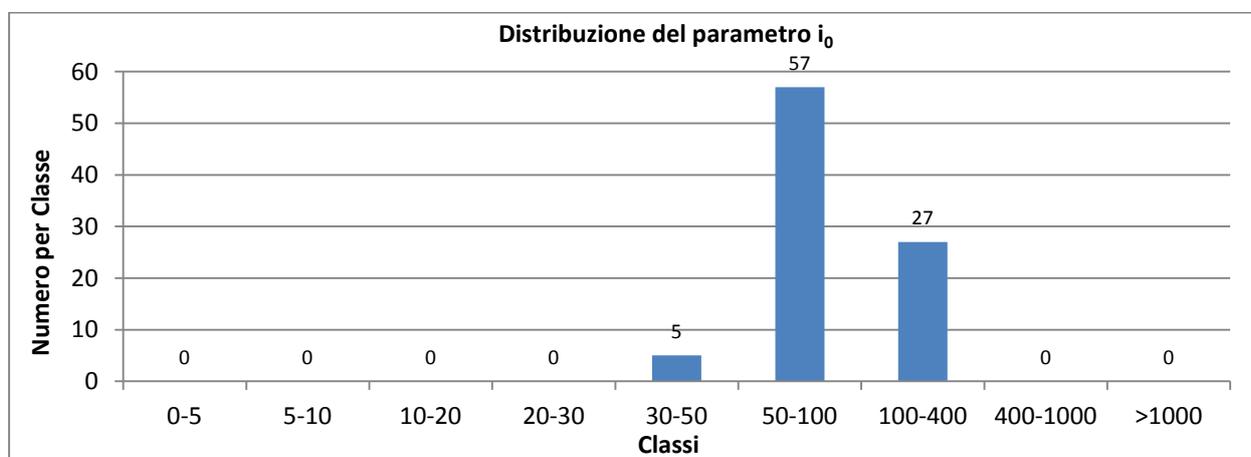


Grafico 2. 19: Istogramma della distribuzione del parametro i_0 , suddiviso per classi.

Fissati B e β , e facendo variare i_0 , la curva parabolica cambia il suo punto di inizio; questo parametro è il fattore moltiplicativo della formula, e per $d=0$, moltiplica il valore 1. La forma non subisce forti variazioni variando i_0 , ma l'intera curva viene scalata; si può notare questo comportamento guardando il Grafico 2.20, dove nella curva di colore azzurro il valore iniziale di intensità è posto pari a 55,60 mm/h, per poi essere aumentato, ampliando così i valori di intensità, se presi alle stesse durate. È possibile notare come il valore di intensità pari a 10 mm/h venga raggiunto rispettivamente a circa 5 ore nella curva azzurra, a circa 7,5 ore nella curva rossa ed infine a circa 10 ore in quella verde.

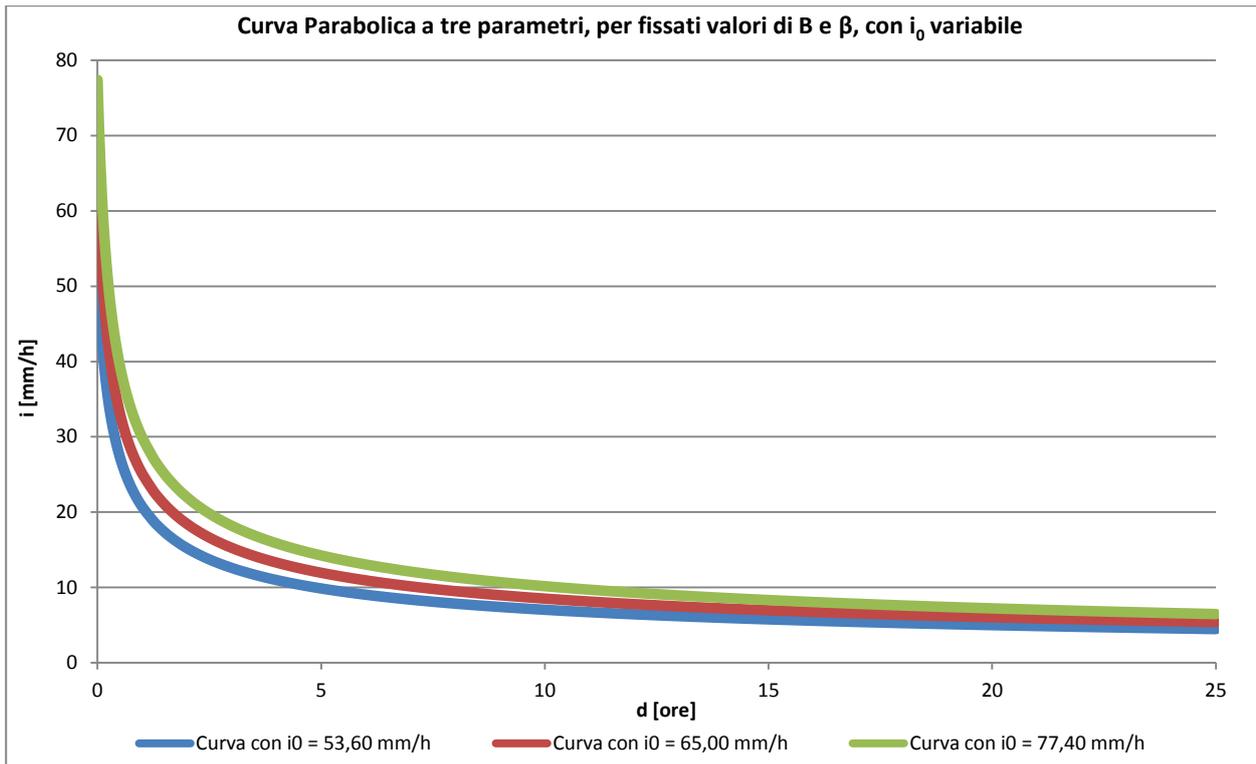


Grafico 2. 20: Esempio di curva parabolica a tre parametri, con B e β fissati e con i_0 variabile.

Vediamo infine le soluzioni trovate dal risolutore per il parametro β ; questo parametro è l'esponente della formula (2.7), è per definizione negativo ed indica quanto rapidamente l'intensità di pioggia decresce al crescere della durata. Anche qui i risultati sono stati suddivisi in classi di valore, dividendo il suo intervallo di variazione (-1;0) in undici sottointervalli e cercando in contemporanea se in qualche stazione si fosse giunti alla non convergenza del parametro, che sarebbe in questo caso stato assunto dal programma uguale a -1. Nella Tabella 2.13 e nel Grafico 2.21 vengono mostrate le distribuzioni ottenute, sottolineando che in nessun caso si è giunti alla non convergenza.

<u>Classe del valore di β</u>	<u>N° di elementi per Classe</u>
(=-1)	0
(-1;-0,9)	1
(-0,9;-0,8)	20
(-0,8;-0,7)	30
(-0,7;-0,6)	10
(-0,6;-0,5)	8
(-0,5;-0,4)	3
(-0,4;-0,3)	6
(-0,3;-0,2)	7
(-0,2;-0,1)	4
(-0,1;0)	0
Tot	89

Tabella 2. 13: Tabella della distribuzione dei risultati del parametro β , suddiviso per classi.

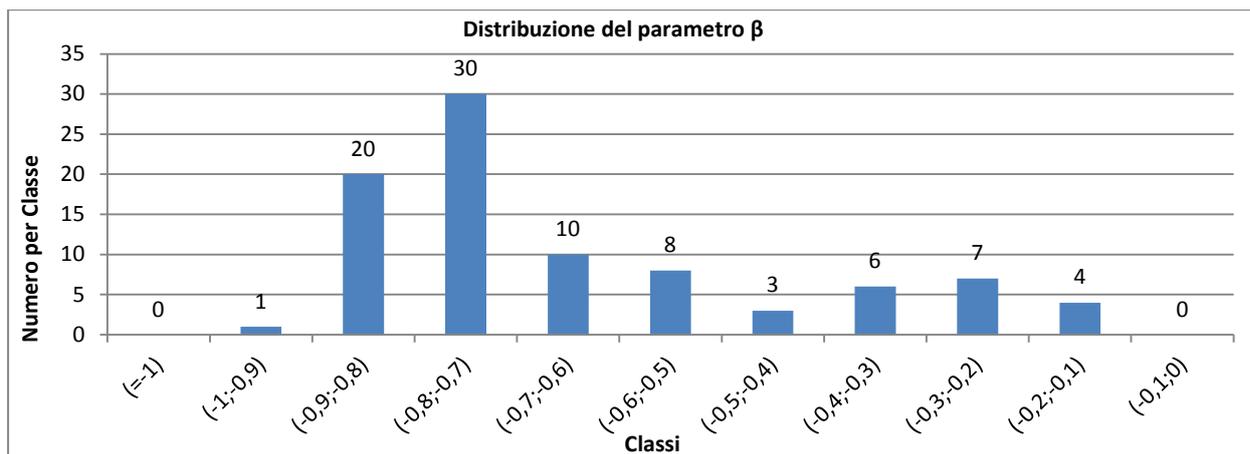


Grafico 2. 21: Istogramma della distribuzione del parametro β , suddiviso per classi.

Fissando i parametri B e i_0 , facendo variare β , abbiamo una visione di quanto precedentemente detto. Nel Grafico 2.22, il valore del parametro β è fissato pari a $-0,75$ nella curva azzurra; lo stesso parametro assume i valori di $-0,50$ e $-0,30$ rispettivamente nella curva rossa ed in quella verde. È possibile notare come diminuendo la misura di β , la curva parabolica decresca più lentamente e l'asintoto orizzontale tenda a formarsi ad un valore più alto di intensità pluviometrica.

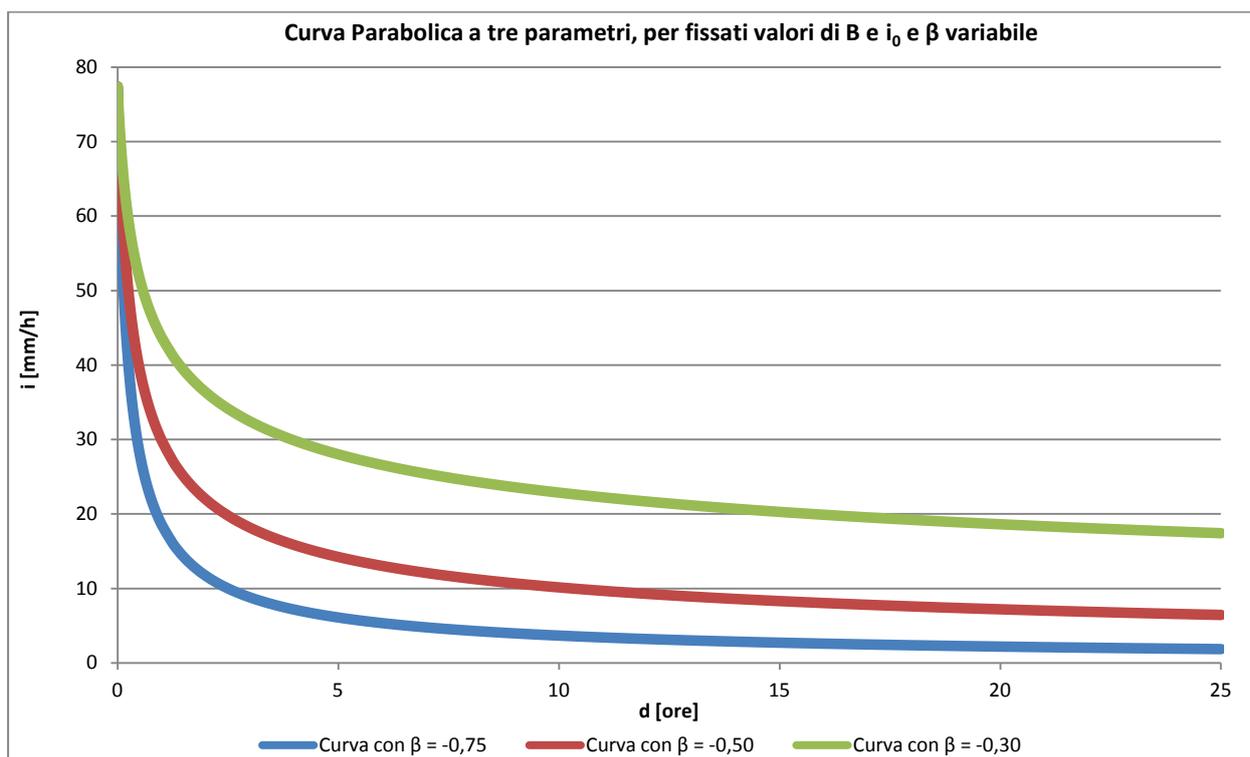


Grafico 2. 22: Esempio di curva parabolica a tre parametri, con B e i_0 fissati e con β variabile.

In Allegato 2.19, nella Tabella 2.17 è riportato, l'elenco delle stazioni, e per ognuna di esse i valori dei coefficienti a ed n , ed i risultati riportati dal risolutore per i parametri B , i_0 e β , ricordando che si è utilizzata la forma dei minimi quadrati della legge (2.18), di cui si riporta il valore minimo trovato, nella colonna contrassegnata dalla F_B .

2.3.3 Analisi dei risultati

Al fine di valutare le caratteristiche spaziali delle piogge intense in Sardegna, come ad esempio l'omogeneità in alcune zone o la presenza di eventuali anomalie in altre, si è deciso di procedere ad una analisi con il software QGis. Accanto ad ogni mappa regionale è indicata la scala di colori corrispondente alla variazione del parametro, e tra parentesi quadra è indicato il numero di valori che contiene la classe stessa. Per prima verrà mostrata la variazione spaziale del parametro B , seguirà quella del parametro i_0 , ed infine sarà illustrata la diversificazione del parametro β . In ogni mappa, accanto alla stazione è indicato il valore del parametro che quel punto possiede.

In seguito alla stima del parametro B , è possibile vedere, in Immagine 2.6, come i valori più alti siano concentrati nella zona sud-orientale della regione. Nella zona del Medio Campidano è riconoscibile una omogeneità, indicata dal colore verde, come anche di bassi valori di B , contrassegnati dal marrone e dal viola nella fascia costiera nord-orientale, nel zona sud del cagliaritano e nella zona centrale del nuorese. Le anomalie, sono definite come una differenza di più di un intervallo nella scala cromatica scelta; è possibile vedere come esse spicchino nella provincia dell'Ogliastra, di Cagliari e nella zona al confine tra la provincia di Sassari e di Olbia. Infine anche nella zona nord della provincia di Oristano è possibile vedere due stazioni che si comportano in modo anomalo rispetto a quelle vicine.

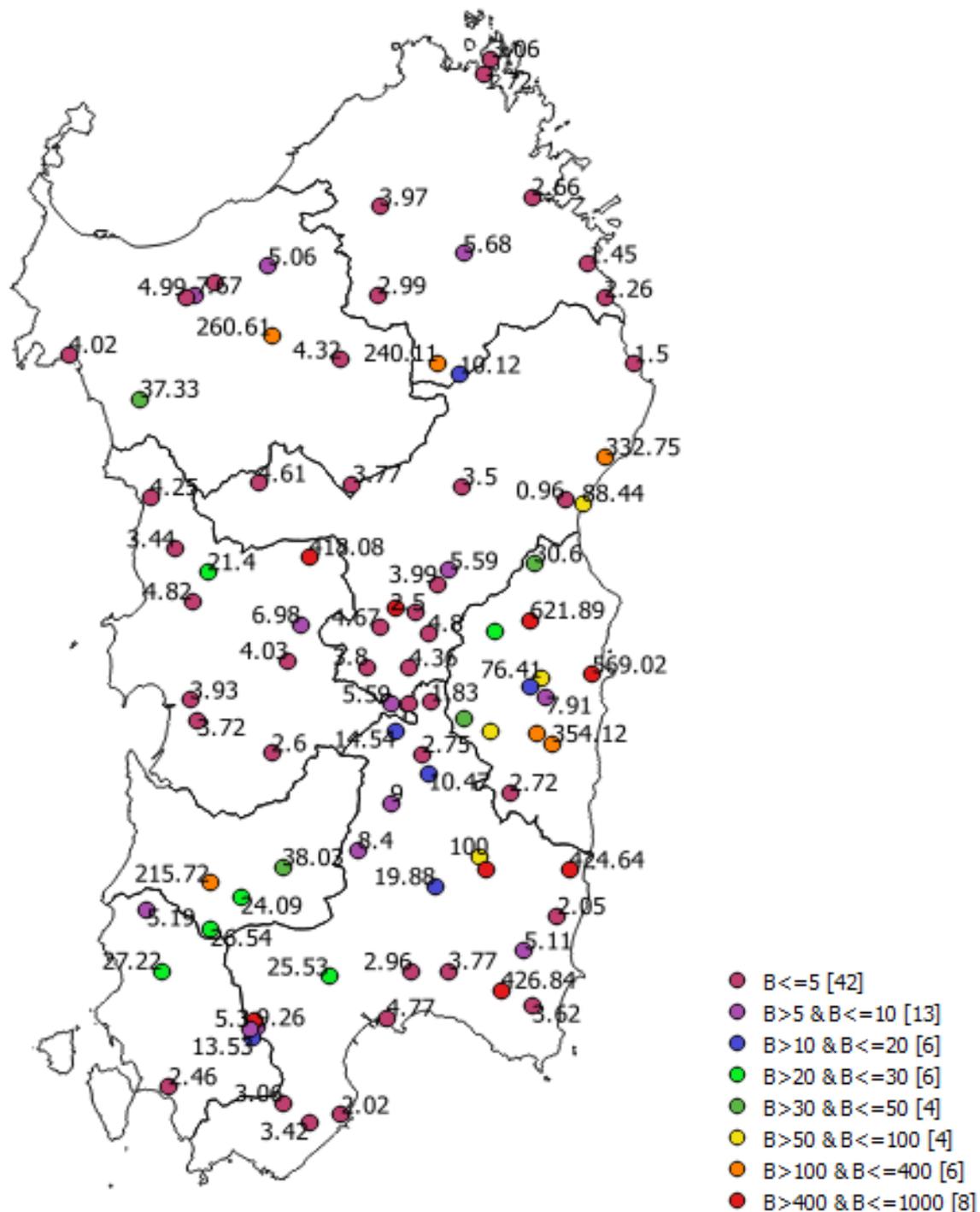


Immagine 2. 6: Distribuzione spaziale del parametro B, in funzione delle classi di suddivisione.

In Immagine 2.7 è riportata la distribuzione spaziale del parametro i_0 ; la ripartizione dei valori avviene su quattro classi; anche in questo caso le omogeneità si possono individuare nella zona centrale della regione, nella fascia costiera nord-orientale, ed in quella occidentale; inoltre è ancora possibile riconoscere delle uniformità nella zona sud vicino a Cagliari e nella zona nord della stessa provincia, dove però i valori sono superiori, ed appartenenti alla classe individuata dal colore giallo. Le anomalie invece possono essere riscontrate nella zona sud della regione, vicino all'isola della Maddalena, nella zona

centrale della provincia di Sassari, nella zona di confine tra le provincie di Cagliari, Nuoro e dell'Ogliastra ed infine sparse nella provincia di Oristano e Sassari.

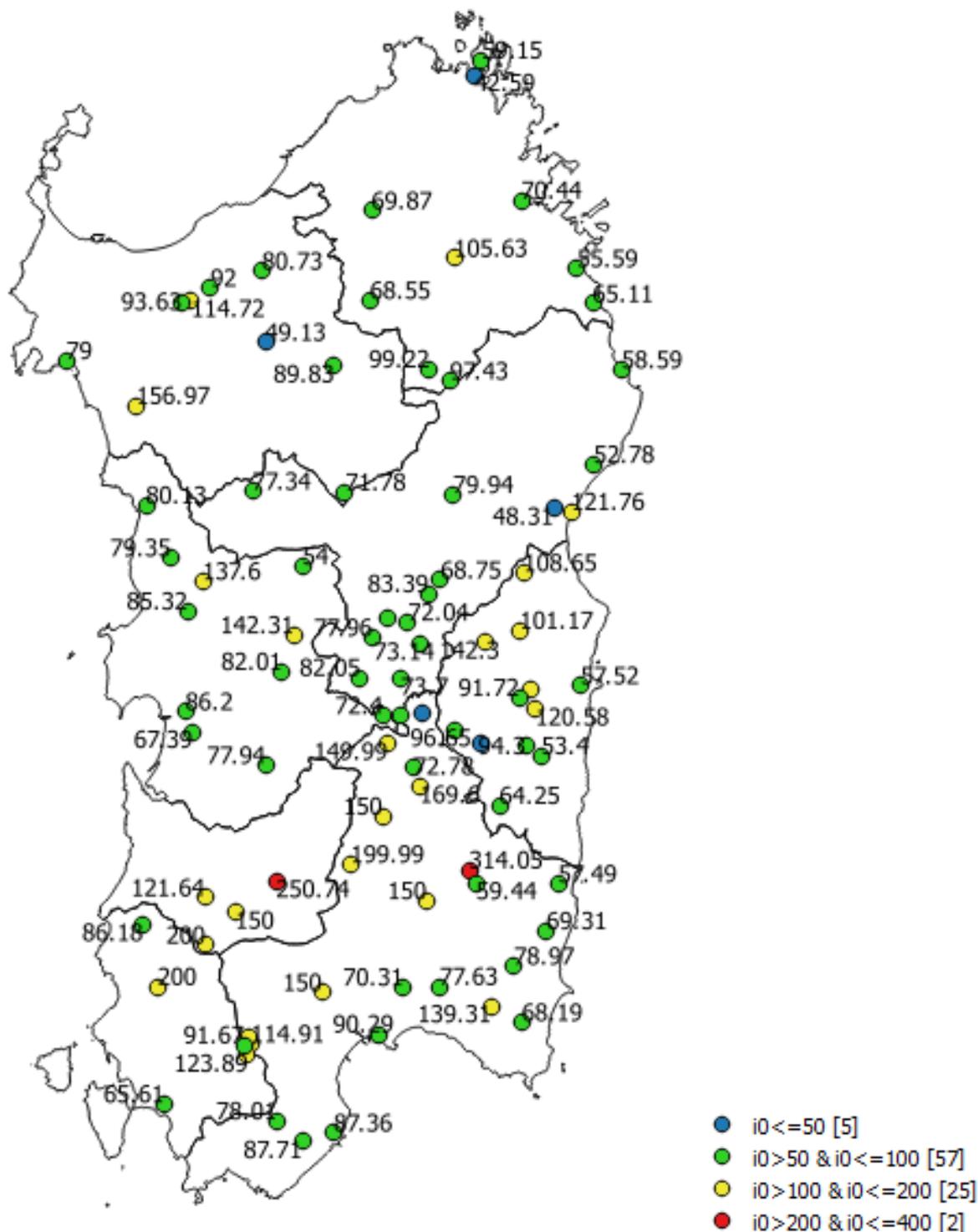


Immagine 2. 7: Distribuzione spaziale del parametro i_0 , in funzione delle classi di suddivisione.

Nella Immagine 2.8 è rappresentata la distribuzione spaziale della variazione del parametro β , con scala cromatica associata alla suddivisione scelta per le classi di valori. La uniformità dei valori è possibile riscontrarla nella zona nord e centrale della regione Sardegna; inoltre è possibile vedere una omogeneità di valori nella zona sud-occidentale. Anche in questo caso le anomalie sono sparse un po' ovunque nel

territorio. occorre sottolineare che tale variazione può essere collegata alla diversa quota dei punti stazione, in quanto l'entità dei parametri è variabile con essa. La quantità più alta delle anomalie è concentrata nella provincia dell'Ogliastra.

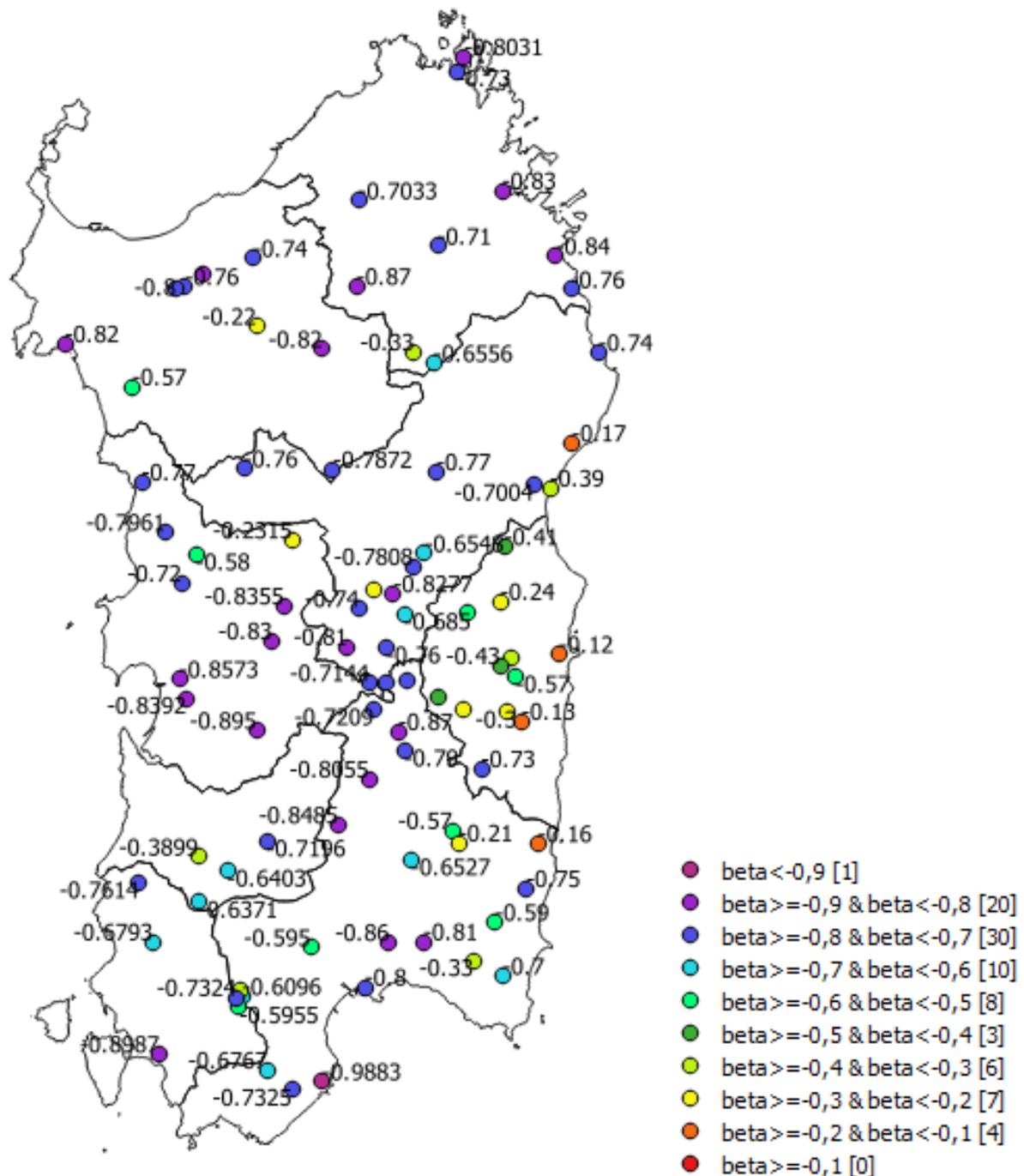


Immagine 2. 8: Distribuzione spaziale del parametro β , in funzione delle classi di suddivisione.

2.3.4 Regionalizzazione dei parametri

Nel precedente paragrafo è stata illustrata la procedura di stima dei coefficienti della curva parabolica a tre parametri. Si è scelto di utilizzare questo modello ma di conservare solo i valori relativi al parametro i_0 , essendo la stima migliore e la più utile, e da cui è possibile poi ricavare gli altri due parametri B e β ,

attraverso formule inverse che verranno mostrate in seguito. Per ottenere una regionalizzazione della intensità corrispondente alla durata $d=0$, si possono utilizzare diversi processi; la scelta è ricaduta tra il processo di Kriging e la Interpolazione, basata sul metodo della distanza inversa IDW. Per la poca differenza di risultati che si sarebbero ottenuti, e perché il metodo IDW risulta molto più leggero a livello computazionale, per regionalizzare il valore di i_0 si è scelto di usare l'interpolazione. Utilizzando l'apposito comando con il software QGIS, selezionando i parametri i_0 per ciascun punto, e scegliendo la metodologia IDW, è possibile ottenere un file Raster, che in ogni pixel, corrispondente nella realtà ad un quadrato di $10m^2$. Nella Immagine 2.9 è possibile vedere uno screenshot della schermata di comando.

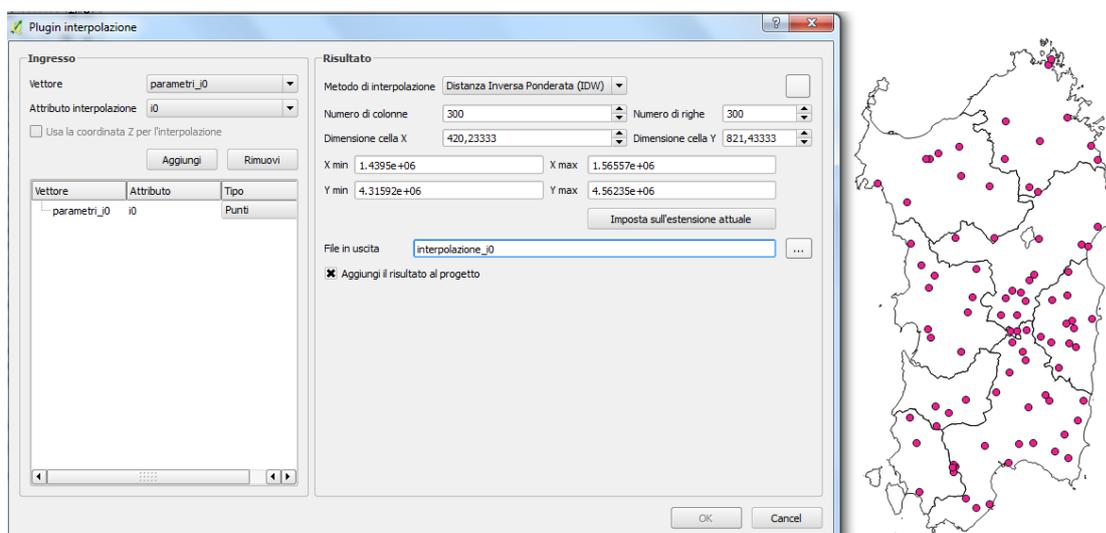


Immagine 2. 9: Screenshot della schermata di comando per effettuare l'interpolazione.

Il risultato prodotto dal processo di interpolazione è illustrato in Immagine 2.10; nella mappa raster la distribuzione del valore di i_0 è fatta in scala di grigi, dove le zone contraddistinte da un valore più elevato sono in bianco, mentre i valori più piccoli sono individuati dal nero. È possibile riconoscere i punti critici per la differenza delle tonalità del grigio; come visto in precedenza, i valori più elevati di i_0 sono al confine delle province di Cagliari, Medio-Campidano e Sulcis-Iglesiente. Il comando della maschera taglia il risultato dell'Interpolazione in maniera piuttosto grossolana; è possibile che qualche pixel delle zone costiere non sia visualizzato se non è interamente contenuto nello shape utilizzato per tagliare; questo è da ricordare se si volesse fare una indagine della variazione dei valori di i_0 nelle zone costiere. L'ultima precisazione da riportare è quella relativa alla zona nord dell'isola: la poca densità delle stazioni non assicura un risultato pienamente plausibile, soprattutto per quanto riguarda la fascia nord-occidentale.

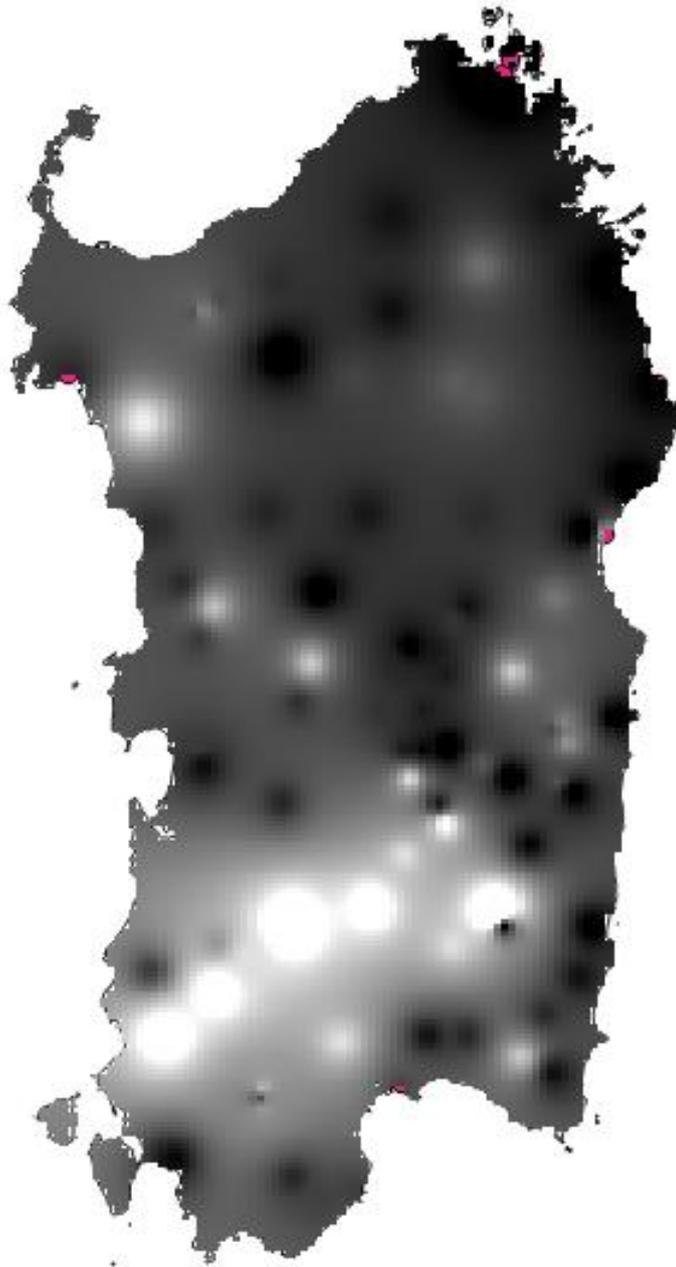


Immagine 2. 10: Risultato della regionalizzazione del parametro i_0 , con il processo di Interpolazione con il metodo IDW.
Ora che si ha una mappa che in ogni punto possiede il valore di i_0 , sarà possibile proseguire nello studio, ed una volta costruiti i bacini idrografici per i relativi nodi, conoscere i valori medi di intensità pluviometrica per tutte le durate, per ogni singolo bacino.

Capitolo 3: Identificazione dei nodi idrografici e caratterizzazione dei bacini

In questo Capitolo verrà trattata ed esposta la procedura seguita per la determinazione della geometria e dei tempi di corrivazione dei bacini oggetto dello studio. Nel dettaglio si tratterà il processo di costruzione dei bacini idrografici con sezioni di chiusura all'intersezione infrastruttura-rete idrica. Le geometrie dei bacini così ottenute, saranno usate per calcolare i parametri geometrici di questi ultimi e poter poi infine determinare i corrispondenti tempi di corrivazione t_c . Per svolgere tutte le procedure illustrate nel seguente Capitolo, è stato utilizzato il software QGis. Operativamente si è svolto il seguente processo, saranno poi illustrate in maniera dettagliata tutte le singole fasi:

- Reperimento e selezione dei raster dell'elevazione relativi al territorio della regione Sardegna;
- Utilizzo del comando "*r.watershed*", che permette l'elaborazione dei seguenti file Raster, per l'intera regione :
 - Drainage direction
 - Stream Segments
 - Basins/Half-basins
 - Accumulation
- Reperimento e selezione degli shapefile delle infrastrutture stradali della regione Sardegna;
- Estrazione dei dati utili all'elaborato, ovvero ricerca dei tratti stradali appartenenti alla SS131 o alla SS131DCN, che presentino la tipologia "SU PONTE" tra i propri attributi;
- Verifica delle esatte posizioni delle intersezioni utilizzando un riferimento incrociato tra lo shapefile dell'infrastruttura e il raster regionale Stream Segments;
- Estrazione delle coordinate nel sistema di riferimento scelto dei punti corrispondenti alle intersezioni;
- Utilizzo del comando "*r.water.outlet*", che permette la creazione di un file raster con l'area e il perimetro del bacino, inserendo le coordinate della sezione di chiusura, quindi le coordinate delle intersezioni trovate al punto precedente;
- Trasformazione del file raster di ogni bacino, ottenuti dall'esecuzione del comando "*r.water.outlet*", in uno shapefile e successivo taglio del DTM originale;
- Estrazione e calcolo delle caratteristiche geometriche dei bacini con "*r.univar*", "*r.stream.stats*" e l'analisi geomorfologica;
- Calcolo dei tempi di corrivazione t_c dei singoli bacini, attraverso differenti formule empiriche selezionate;
- Analisi dei tempi di corrivazione ottenuti e ricerca di una legge legata alle caratteristiche geometriche;
- Verifica e validazione dei risultati.

3.1 Il territorio della Regione Sardegna e le infrastrutture SS131 e SS131DCN

La selezione dei dati per la creazione di un DTM regionale, sigla per Digital Terrain Model, è fatta sul sito www.sardegnaeoportale.it. Il DTM è un modello digitale della superficie geodetica di un territorio; su esso non vengono rappresentati tutti gli oggetti presenti sul terreno. In questa tipologia di file, a ciascun pixel è associata la quota assoluta corrispondente all'area reale rappresentata. Sul sito internet di riferimento non è presente un unico file che racchiuda l'intero territorio della regione Sardegna, ma vi è la suddivisione in 62 fogli, secondo il quadro di unione 1:50000 riportato in Immagine 3.1; il DTM rappresenta la morfologia del terreno ricostruita secondo una griglia con maglie regolari quadrate di dimensioni pari a 10 m per 10 m, ovvero la risoluzione più bassa che possiamo ottenere. Sul sito internet è possibile reperire anche il DTM con passo di risoluzione pari a 5 m, ma questo è costruito solo sulle zone costiere, e quindi non utilizzabile per i nostri scopi. Il passo identifica la risoluzione della nostra mappa; una zona della regione di area 10 m per 10 m, è associata ad un punto virtuale, il quale assume tutto la stessa quota, pari alla quota media del terreno reale interessato, ed è convertito in un pixel.

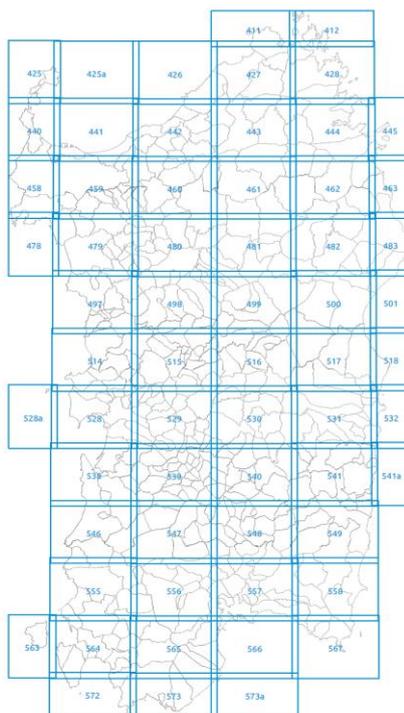


Immagine 3. 1: Quadro d'unione dei DTM del territorio regionale.

Reperiti tutti i file che compongono il territorio della regione, essi si sono importati sul software QGIS definendo il sistema di riferimento del progetto e dei tutti successivi Layer, ossia il EPSG:3003 (Monte Mario/Italy zone 1).

Con il comando “*Raster→Miscellanea→Unione*”, scegliendo come file di input la totalità dei DTM reperiti in precedenza e scegliendo un nome per il file in output, è stato possibile creare una unica mappa Raster per l'intera regione Sardegna; in Immagine 3.2 è riportato il risultato ottenuto..



Immagine 3. 2: DTM del territorio della regione ottenuto con il comando “*Unione*”.

Nella Immagine 3.2 è possibile vedere come ogni pixel abbia in se l’informazione riguardo alla quota del grigliato 10 metri per 10 metri che rappresenta; questo attributo è convertito in una scala cromatica dove i punti a quota maggiore sono caratterizzati dal bianco, mentre quelli a quota minore sono descritti dal nero, naturalmente alla scala di grigi associata definisce la totalità dei punti intermedi.

Per poter costruire i bacini in maniera univoca è necessario individuare all’interno della mappa l’esatto pixel in cui ricade l’intersezione tra la l’infrastruttura e la rete idrica. Utilizzando più mappe sovrapposte si potrebbe creare una ambiguità, soprattutto in quelle intersezioni che ricadono tra zone di confine, potendo trovare i punti cercati in pixel diversi a seconda di quale mappa si utilizzi; tale motivazione ha portato alla necessità di creare un unico file DTM di partenza, che racchiudesse l’intero territorio regionale, anche se tale sviluppo ha innalzato in maniera significativa i tempi di elaborazione del calcolatore, per l’elevata quantità di dati messi in gioco, soprattutto per la creazione dei Raster necessari.

Utilizzando l'algoritmo di GRASS "*r.watershed*", i sono creati i quattro Raster necessari per la definizione dei bacini; immettendo i seguenti parametri di ingresso:

- "*Name of input elevation raster map*": il DTM della regione Sardegna precedentemente creato;
- "*Dimensione minima di ogni bacino (numero di celle)*": è il parametro da inserire che regola il grado di approfondimento dell'indagine; indica esattamente il numero di celle che possono esistere a monte della sezione interessata, ovvero il numero delle aree contribuenti.

I risultati ottenuti sono le quattro mappe raster indicate qui di seguito:

- *Drainage direction raster map*: essa rappresenta le direzioni di drenaggio di ogni punto del territorio considerato;
- *Stream Segments raster map*: è la mappa che contiene i segmenti di flusso, vale a dire i percorsi delle aste che caratterizzano il bacino. Questo file è poi fondamentale per l'individuazione delle intersezioni, poiché fornisce appunto la posizione delle aste fluviali che incontrano l'infrastruttura;
- *Basins/Half-basins raster map*: è il file che contiene i bacini generati, ed esattamente possiede un'unica etichetta per ogni elemento creato, come numero intero positivo. È possibile elaborare la mappa per estrarre tutti i bacini che costituiscono il territorio considerato. Attraverso l'algoritmo è anche possibile creare l'*half-basins*, cioè una mappa dove l'unico bacino creato in precedenza, sarebbe invece rappresentato da due bacino, il destro e il sinistro, secondo la definizione di un asse di quasi simmetria rappresentato dall'asta principale;
- *Accumulation raster map*: essa contiene, per ogni cella, il valore assoluto del numero di celle che drenano; in maniera più semplice è possibile dire che la mappa contiene per ogni pixel, il numero di pixel al di sopra di esso, che contribuiscono al calcolo del flusso per lo stesso.

Saranno ora illustrate porzioni dei raster appena descritti, della medesima zona di territorio, ottenute dall'utilizzo dell'algoritmo, per meglio comprendere il significato delle precedenti definizioni. In Immagine 3.3 è riportata una porzione del raster *Drainage direction*, nella 3.4 vi è rappresentata una parte della *Stream Segments*, ed infine nella Immagine 3.5 è mostrata una porzione della mappa *Half - Basins*. Non viene riportata l'immagine del raster *Accumulation*, poiché visivamente è una mappa completamente nera, i cui dati di interesse sono riportati all'interno del file stesso.



Immagine 3. 3: Porzione della mappa raster Drainage direction

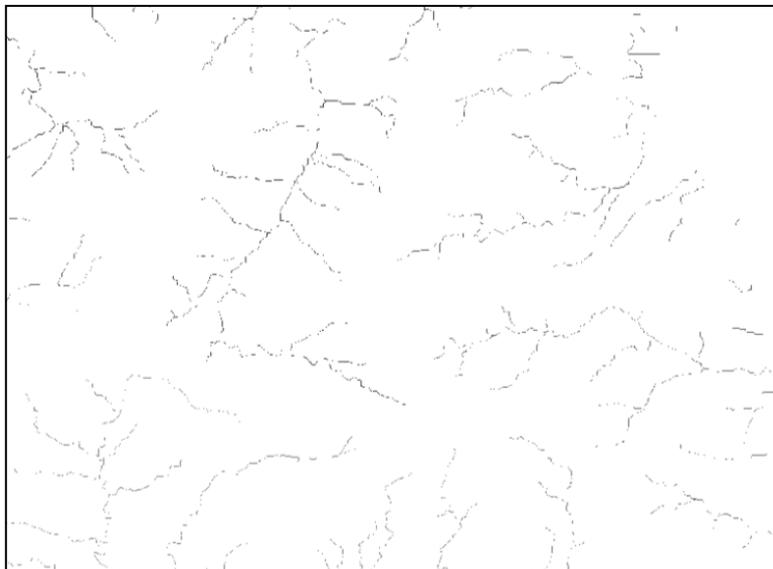


Immagine 3. 4: Porzione della mappa raster Stream Segments



Immagine 3. 5: Porzione della mappa raster Half-basins.

Dalla stessa fonte da cui sono stati reperiti i DTM del territorio regionale, è stato possibile trovare gli Shapefile della rete delle infrastrutture stradale sarda, suddivisa per le otto province costituenti. Il file è di tipo areale, costituito da una serie di porzioni rettangolari che si susseguono, che nel loro insieme rappresentano l'intera infrastruttura stradale. Lo Shapefile presenta i seguenti attributi, per ogni singolo elemento costituente, dove una breve descrizione è presente solo in quelli utili ai fini del presente elaborato:

- COMMITTAGG
- AUTORE_AGG
- COD_STRADA: indica la classificazione della categoria della strada a cui appartiene il tratto considerato; si selezioneranno i tratti con i codici: "SS_131" e "SS_131_DCN";
- DATA_AGG
- FONTE_AGG
- SEDE: questo criterio indica la tipologia di sede stradale; per questo parametro possiamo trovare: raso, galleria, ponte, cavalcavia e altro; si selezioneranno i tratti con la voce "Su ponte";
- ZONA
- GESTORE
- IDFEATURE
- LIVELLO
- STATO
- TIPO_AGG

Ai fini dell'elaborato, attraverso il comando "Seleziona per attributo", sono stati isolati e salvati in un nuovo Shapefile i soli tratti stradali che corrispondessero alla ricerca, che saranno poi utilizzati per la determinazione delle intersezioni. Di seguito si riporta la Tabella 3.1, riassuntiva delle estrazioni effettuate dall'intera rete stradale, e l'Immagine 3.6 che mostra un esempio di area selezionata e di attributo, per meglio comprendere quanto spiegato in precedenza.

<i>Sede Stradale</i>	<i>Codice Strada</i>	<i>Provincia</i>	<i>Numero di Elementi</i>
Su Ponte	SS_131	Sassari	38
Su Ponte	SS_131	Nuoro	11
Su Ponte	SS_131_DCN	Nuoro	55
Su Ponte	SS_131	Oristano	41
Su Ponte	SS_131_DCN	Oristano	11
Su Ponte	SS_131	Medio Campidano	11
Su Ponte	SS_131	Cagliari	9
Su Ponte	SS_131_DCN	Olbia Tempio	8

Tabella 3. 1: Estrazione dei tratti stradali su ponte appartenenti alla SS 131 e alla SS 131 DCN.

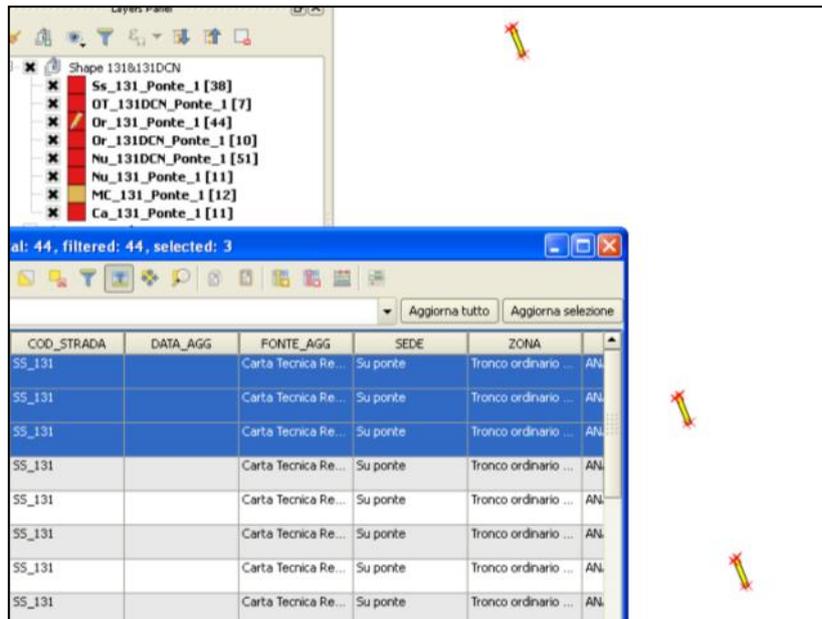


Immagine 3. 6: Screenshot di un esempio di selezione di tre aree stradali su ponte della SS 131 nella provincia di Oristano con la relativa tabella attributi.

3.2 Identificazione dei nodi idrografici

Ora che si ha a disposizione sia la rete idrologica che la rete stradale, è possibile costruire il vettore dei nodi idrografici, ovvero dei punti di intersezione tra l'infrastruttura in esame e la rete idrologica; sul supporto QGis viene visualizzato sia la mappa Raster Stream Segments sia lo Shapefile della infrastruttura SS131 e SS131DCN, con i tratti caratterizzati dall'essere definiti "Su Ponte". Viene creato quindi un nuovo file di tipo puntuale, con generazione del nuovo punto, cercato nell'esatta intersezione tra il tratto stradale e la rete idrologica; vengono calcolati gli attributi utili allo studio, che sono le coordinate (nel sistema di riferimento scelto), indicate con EST e NORD e il numero progressivo che individua l'intersezione, cioè ID_INTERS. È importante specificare che il punto deve cadere all'interno del pixel che è proprio dello Stream Segment.

Nelle Immagini 3.7 e 3.8, si mostrano rispettivamente l'individuazione dei nodo idrografico e la creazione del punto che lo identifica, con il calcolo degli attributi propri di posizione.

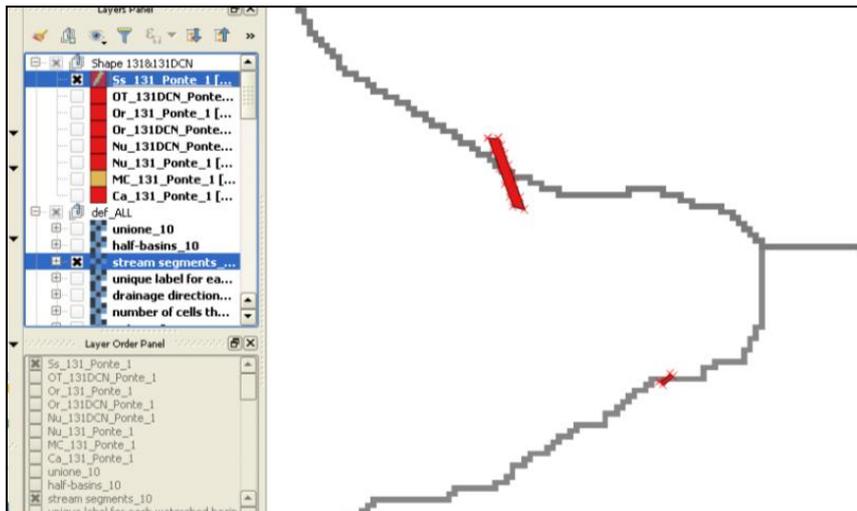


Immagine 3. 7: Esempio dell'individuazione di due intersezioni sulla SS131 nella provincia di Sassari.

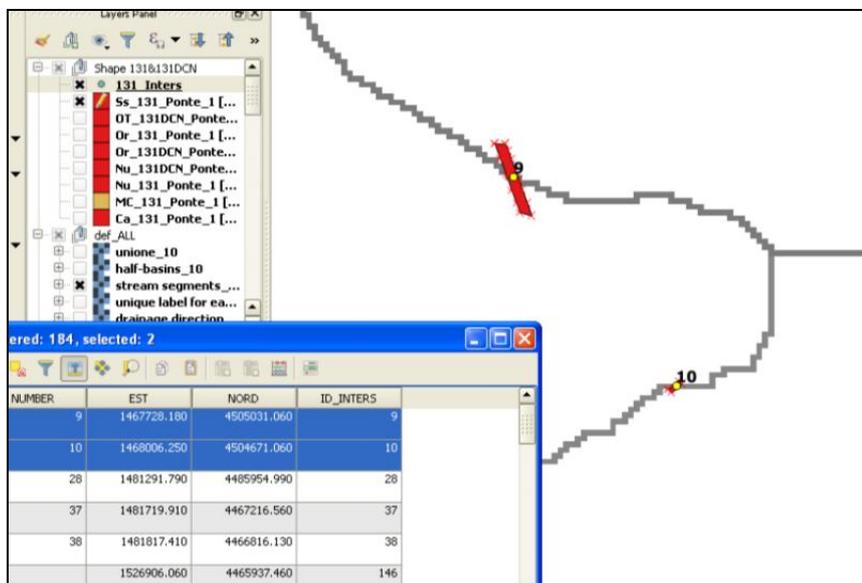


Immagine 3. 8: Esempio della creazione del vettore delle intersezioni, con la definizione degli attributi.

Lungo tutta l'infrastruttura stradale della SS131 e SS131DCN, sono state individuate 184 intersezioni, che definiranno poi le sezioni di chiusura dei bacini corrispondenti che verranno costruiti. Nella Immagine 3.9 è riportata una mappa regionale, con definiti i confini provinciali, dove sono indicate tutti i nodi idrologici individuati.

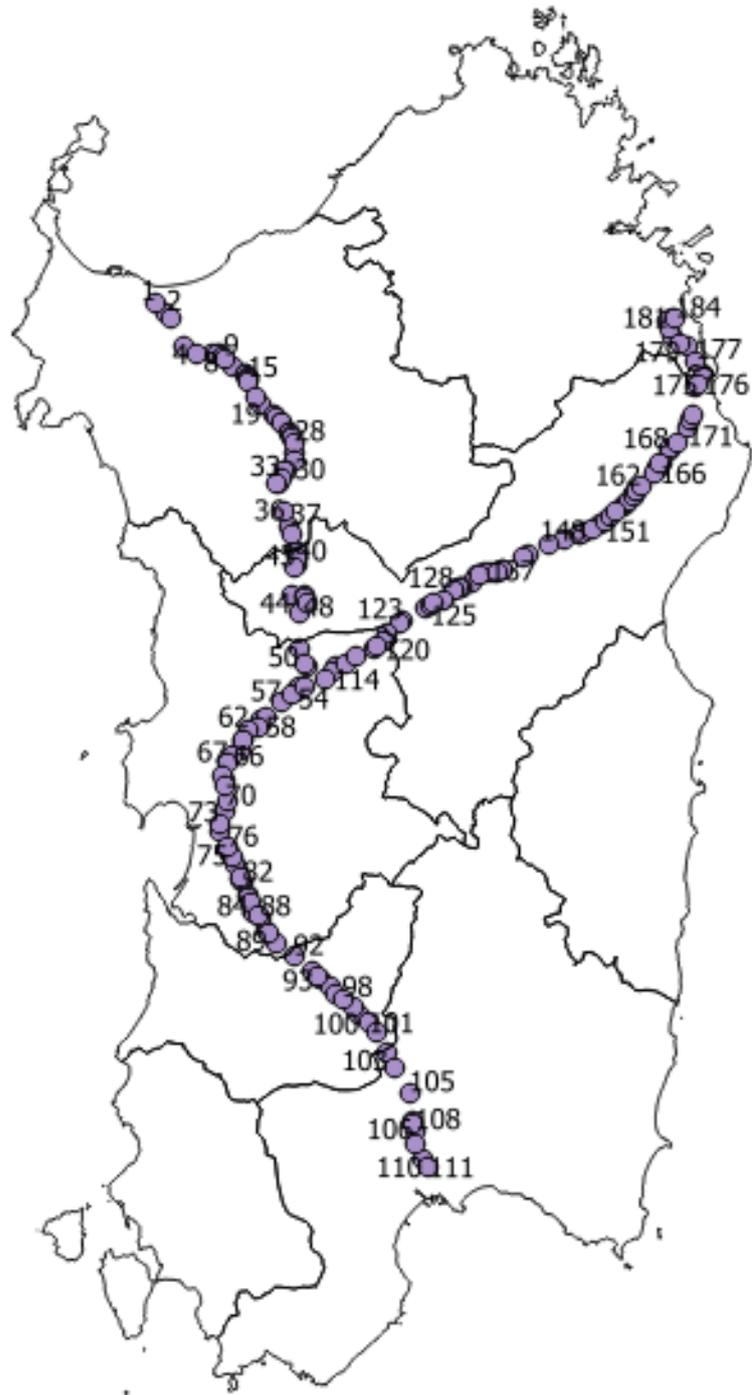


Immagine 3. 9: Nodi Idrologici individuati sulla SS 131 e SS 131 DCN.

In Allegato 3.1, nella Tabella 3.5 sono riportate tutte le intersezioni trovate; per ognuna di esse sono specificati i seguenti attributi: numero progressivo di identificazione, tratto di strada che la contiene, provincia di appartenenza, e coordinate di posizione, espresse come Est e Nord, secondo il sistema di riferimento Monte Mario.

3.3 Costruzione bacini idrografici

Ottenute tutte le coordinate dei nodi idrografici è possibile costruire i bacini idrografici connessi ad ognuno di essi; si specifica nuovamente che questi bacini hanno la caratteristica di avere l'intersezione

come sezione di chiusura. Tale procedimento si effettua attraverso l'utilizzo dell'algoritmo di GRASS "r.water.outlet"; tale comando prevede come dati di ingresso la mappa delle Drainage direction e delle coordinate del punto di intersezione, secondo il sistema di riferimento scelto.

Nella Immagine 3.10 è riportato l'esempio dell'utilizzo dell'algoritmo appena descritto per la definizione del bacino che ha come sezione di chiusura il nodo idrografico numero 28.



Immagine 3. 10: Risultato dell'elaborazione dell'algoritmo per l'intersezione numero 28.

Si riportano ora alcune considerazioni sulla base dell'elaborazione dell'algoritmo, e sui risultati ottenuti. Particolare attenzione va posta ai risultati ottenuti; le possibilità di errore possono essere nascoste in uno dei parametri immessi nel programma, che potrebbero portare ad una definizione errata della geometria del risultato cercato.

Se si avesse una mappa Stream Segment non congrua, se venisse inserita una errata coordinata della sezione di chiusura, o se il raster delle direzioni di drenaggio presentasse delle incongruenze verrebbe generata una geometria errata. Si riporta un esempio di tale considerazione. Nel processo di estrazione del bacino corrispondente alle intersezione 79 e 82, successivamente all'immissione dei dati di input nell'algoritmo, sono stati restituiti i risultati visibilmente errati riportati nella Immagine 3.11.

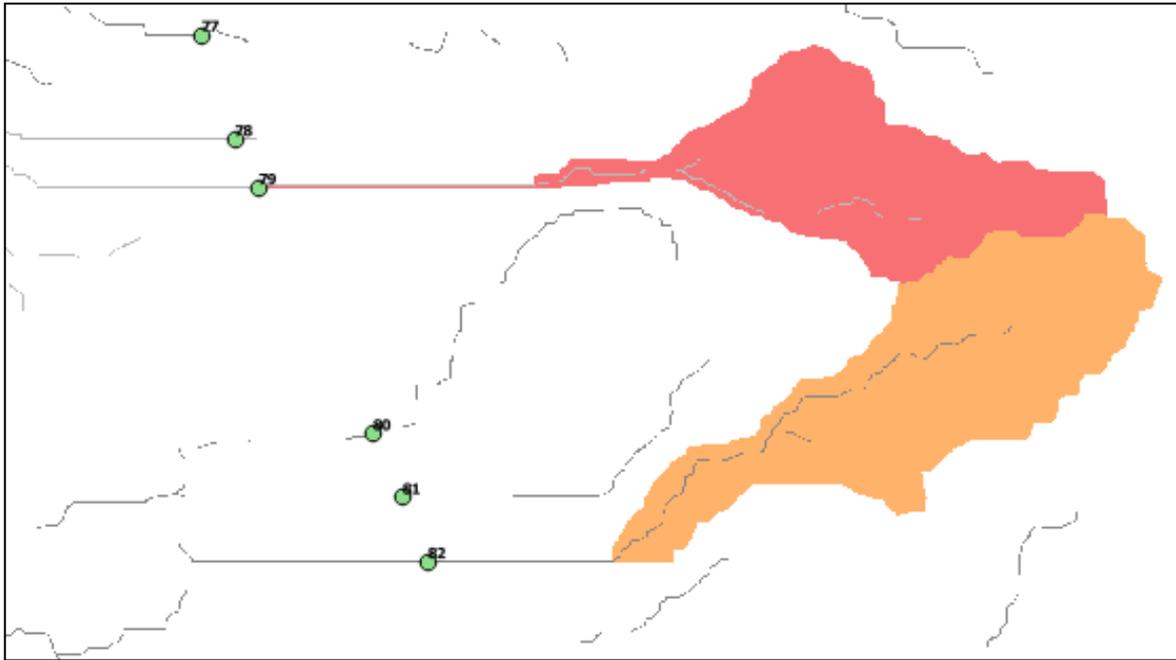


Immagine 3. 11: Bacini ottenuti con l'utilizzo dell'algoritmo nelle intersezioni 79 e 82.

È chiaro che la definizione del bacino sia errata nel tratto finale vicino all'intersezione; in questo caso il primo controllo va effettuato sul file raster di ingresso, cioè il Drainage direction e sull'esattezza delle coordinate dei punti delle sezioni di chiusura, verificando nuovamente il Raster contenente la rete idrologica. Se in questi dati di ingresso non dovessero essere riscontrati errori, come in questo caso, è utile visionare quello che realmente è il territorio nella porzione di DTM di interesse, anche semplicemente con una visione satellitare, come quella di Google Earth; qui la soluzione è stata trovata visionando con tale strumento e rilevando un incongruenza con i primi file creati. Attivando di nuovo il primo algoritmo sono state rigenerate le mappe, che inserite nel "*r.water.outlet*", hanno generato i corretti bacini. Il comando precedentemente descritto restituisce in output una pura e semplice geometria, senza alcun attributo connesso. Per avere una migliore definizione del bacino e poter calcolare i dati necessari nei passi successivi, il file restituito dal comando viene utilizzato come maschera per effettuare il taglio sul DTM regionale generato all'inizio del processo. Il comando utilizzato è il seguente: "*Raster*→*Estrazione*→*Ritaglia*"; in ingresso si inseriscono il file DTM della regione e il nome del file di uscita, selezionando poi l'opzione di voler utilizzare una geometria per il taglio, si seleziona la geometria ottenuta in uscita dal comando "*r.water.outlet*". In questo modo si è ottenuto un raster che non solo presenta la geometria del bacino, ma per ogni pixel contiene il dato altimetrico corrispondente. È necessario aggiungere che nel utilizzo del comando è meglio specificare, attivando l'apposita opzione, che venga effettuato anche il taglio della dimensione del Raster, rispetto alla maschera utilizzata; in caso contrario si avrebbero file con estensione all'intero territorio regionale, come quello di ingresso, e quindi con una dimensione notevole, di più difficile archiviazione e gestione.

Nell'Immagine 3.12 un esempio di risultato ottenuto, per il bacino 40.

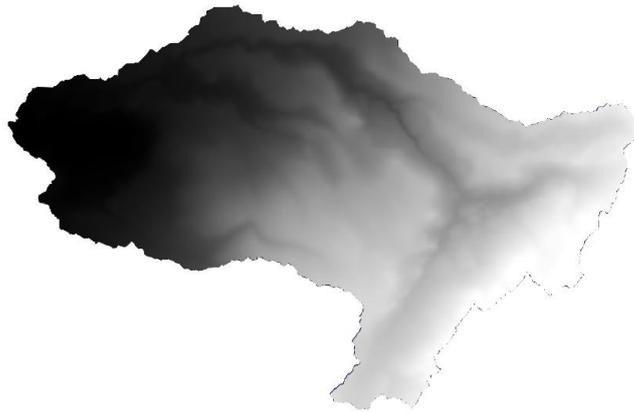


Immagine 3.12: Esempio, per il bacino 40, del risultato del comando Ritaglia.

Tutti i file raster precedentemente creati sono infine trasformati in shapefile; tale operazione è svolta mediante il comando “*Raster* → *Conversione* → *Poligonizzazione*”.

3.4 Determinazione dei parametri geomorfologici dei bacini

Una volta che è stata verificata la correttezza di tutti i bacini, è possibile calcolare i parametri geomorfologici di ciascuno. Lo sviluppo avviene con diversi strumenti, poiché non è possibile utilizzare un unico comando che riporti tutti i dati che interessano allo studio. Tramite gli algoritmi di GRASS “*r.univar*” ed “*r.stream.stats*” e con il comando “*Raster* → *Analisi* → *DEM (analisi geomorfologica)*”, come dati di uscita otteniamo i seguenti parametri geometrici:

- Area, espressa in km^2 , ed indicata successivamente con A
- Altezza massima del bacino, espressa in m e riferita al livello del mare, ed indicata con H_{max} ;
- Altezza minima del bacino, espressa in m e riferita al livello del mare; quasi sempre corrispondente alla quota della sezione di chiusura, ed indicata con H_{min} ;
- Altezza media del bacino, espressa in m e riferita al livello del mare, ed indicata con H_{med} ;
- Pendenza media del bacino, adimensionale, espressa come percentuale, ed indicata con S ;
- Lunghezza dell’asta principale, espressa in m ed in km, ed indicata con L ;
- Pendenza media dell’asta principale, adimensionale, espressa in percentuale, ed indicata con I .

Con GRASS, utilizzando il Plugin “*r.univar*”, è possibile inserire in ingresso il raster desiderato, ottenendo come dati di uscita, l’area del bacino e i dati relativi all’altimetria; si riporta in Immagine 3.13 l’esempio di una schermata di restituzione del comando, in cui si possono vedere i dati ricercati. Per comodità, ogni output è stato salvato in file di testo, così da poter essere consultabile in ogni momento, senza dover avviare nuovamente il QGIS

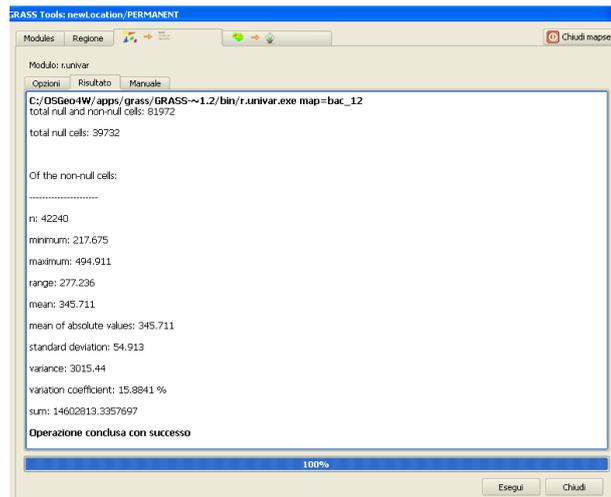


Immagine 3. 13: Schermata di restituzione del comando “r.univar”.

Per poter utilizzare correttamente le formule dei tempi di corrivazione, è necessario ancora calcolare sia la lunghezza dell’asta principale, ovvero la misura del percorso più lungo della particella di acqua, dallo spartiacque alla sezione di chiusura, sia la pendenza media di quest’ultima. Il Raster Stream Segments non individua mai la lunghezza dell’intero segmento; si possiede il reticolo completo di ogni bacino, con i singoli tratti appartenenti ad una spezzata. Per ricavare le incognite cercate si possono utilizzare due metodi differenti; il primo è puramente manuale e più corposo come mole di lavoro, mentre il secondo è più rapido, ma richiede l’utilizzo di un plugin, con più capacità elaborativa, ed il controllo dei risultati restituiti. Il primo metodo prevede l’utilizzo del comando “Misura”, e la misura manuale per punti successivi di tutta l’asta, naturalmente facendo attenzione a selezionare quella principale. La pendenza media dell’asta può essere ricavata con la formula (3.1):

$$I_{med} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad (3.1)$$

Dal punto di vista delle proprietà, il calcolo del parametro cercato con il metodo appena visto, restituisce un risultato con qualità bassa e contenente grosse incertezze, poiché ignora lo sviluppo della rete e non dà il peso corretto alle diverse pendenze per i generici tratti i-esimi. Per ovviare a ciò si usa il secondo metodo, ovvero quello che prevede l’utilizzo del Plugin “*r.stream.stats*”; questo comando restituisce i parametri geometrici della rete fluviale del bacino selezionato in accordo con Horton. Inserendo in ingresso i Raster relativi al DTM, alla mappa delle rete fluviale e quella delle direzioni di drenaggio, otteniamo in uscita diversi risultati in forma tabellare; selezionando tra i risultati, quelli relativi all’asta principale, possiamo la lunghezza e la pendenza media di questa ultima. In Immagine 3.14 vediamo uno screenshot della restituzione dei risultati, che per comodità sono salvati in un file di testo (opzione attivabile nella schermata di comando).

```

2 Summary:
3 Max order | Tot.N.stk. | Tot.stk.len. | Tot.area. | Dr.dens. | Stk.freq.
4 (num) | (num) | (km) | (km2) | (km/km2) | (num/km2)
5 106 | 106 | 14.0885 | 4.0615 | 3.4688 | 26.0987
6
7 Stream ratios based on regression coefficient:
8 Bif.rt. | Len.rt. | Area.rt. | Slo.rt. | Gxd.rt.
9 1.0000 | 0.9905 | 1.0135 | nan | nan
10
11 Averaged stream ratios with standard deviations:
12 Bif.rt. | Len.rt. | Area.rt. | Slo.rt. | Gxd.rt.
13 1.0000 | 1.6340 | 137.7369 | nan | nan
14 0.0000 | 1.8483 | 659.5944 | nan | nan
15
16 Order | Avg.len. | Avg.sk | Avg.sl | Avg.grad. | Avg.el.dif
17 (num) | (km) | (km2) | (m/m) | (m/m) | (m)
18 1 | 0.0683 | 0.0614 | 0.0456 | 0.0386 | 2.6345
19 2 | 0.2349 | 0.1390 | 0.0269 | 0.0254 | 5.9653
20 3 | 0.0341 | 0.0266 | 0.0190 | 0.0112 | 0.3809
21 4 | 0.2780 | 0.1171 | 0.0081 | 0.0067 | 1.8645

```

Immagine 3. 14: Esempio di restituzione del Plugin “r.stream.stats”.

In output abbiamo l’ordine di grandezza del segmento, l’area di competenza di tale tratto, la lunghezza, la pendenza e le caratteristiche altimetriche.

Come sempre la verifica dei risultati ottenuti è d’obbligo; per alcuni bacini, le procedure utilizzate precedentemente hanno mostrato un reticolo fluviale non perfettamente completo; l’asta fluviale principale non giungeva all’inizio del suo percorso, ovvero allo spartiacque. È stato necessario, per i bacini dove si è riscontrato tale problema, misurare manualmente tale distanza, proseguendo dal punto dove termina il tratto fluviale della mappa, fino al punto di origine. Per far ciò, attraverso il comando “*r.contour*” sono state generate le curve di livello; in input sono inseriti i DTM dei bacini e la distanza desiderata tra le curve, qui inserita pari a 10m, e viene restituito un file delle esatte misure del bacino, ma contenente le curve di livello.

In Immagine 3.15 e 3.16 sono riportate rispettivamente il file output solo delle curve di livello e quello delle curve di livello con l’aggiunta dello Stream Segments. Come si vede, in questa ultima immagine, l’asta fluviale non arriva allo spartiacque del bacino.

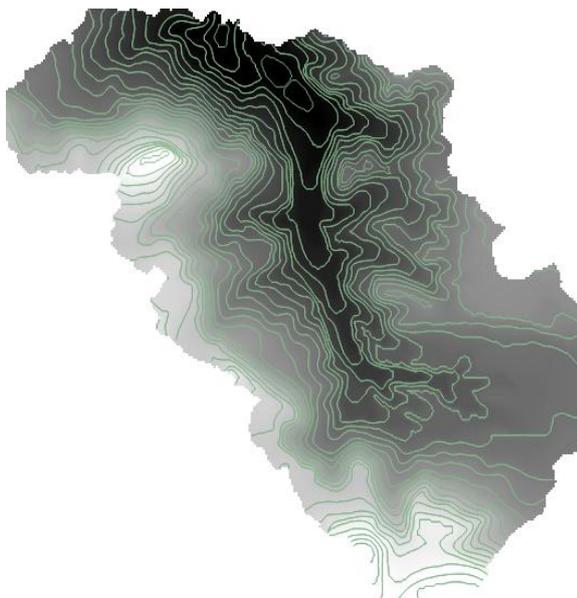


Immagine 3. 15: File contenente le curve di livello estratte per il bacino considerato.

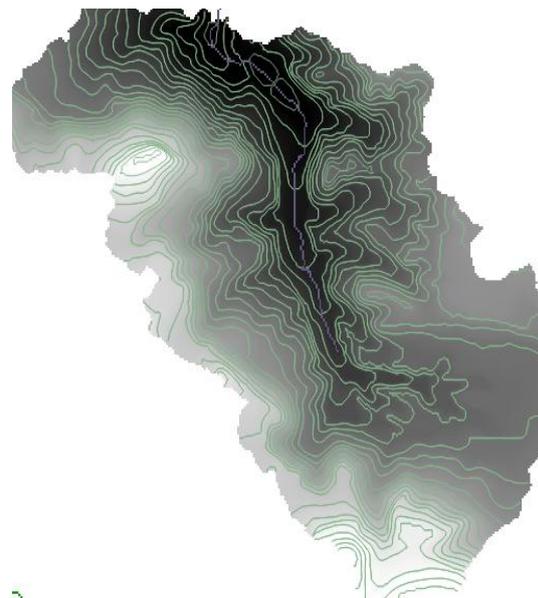


Immagine 3. 16: File contenente le curve di livello e il raster dello Stream Segments per il bacino considerato.

Partendo dal punto dell'asta fluviale, si procede a ritroso verso lo spartiacque, seguendo quello che è il normale flusso dell'acqua. Misurando tale spezzata, e sommando il risultato al valore della lunghezza dell'asta ottenuta con lo Stream Segments, si ottiene la grandezza reale dell'asta, che come detto serve per la definizione dei tempi di corrivazione.

In Immagine 3.17 vediamo una schermata dell'elaborazione di questo processo.

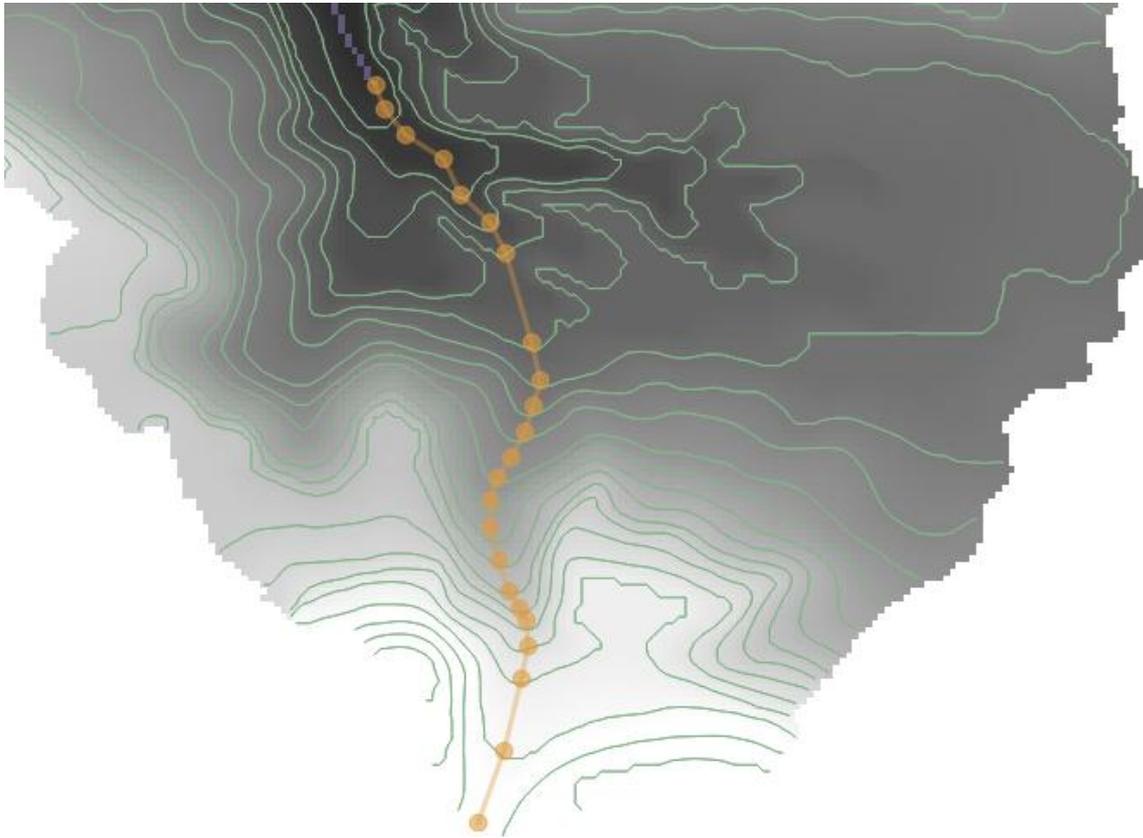


Immagine 3. 17: Schermata di misura dell'asta fluviale fino allo spartiacque.

Anche per il calcolo della pendenza media di questi tratti, si è proceduto in maniera manuale, andando poi ad unire i dati calcolati con quelli restituiti dal Plugin “r.stream.stats”. Per il calcolo dei tempi di corrivazione, all'appello mancano solo i dati relativi alla pendenza media del bacino S. Utilizzando il comando “*Raster→Analisi→DEM (analisi geomorfologica)*”, è possibile calcolare per ogni cella la pendenza di quest'ultima. Viene restituito un file di tipo raster, che come dato, per ogni pixel, possiede la pendenza dello stesso. Visionando le proprietà del file, è possibile cercare la pendenza media, come mostrato in Immagine 3.18.

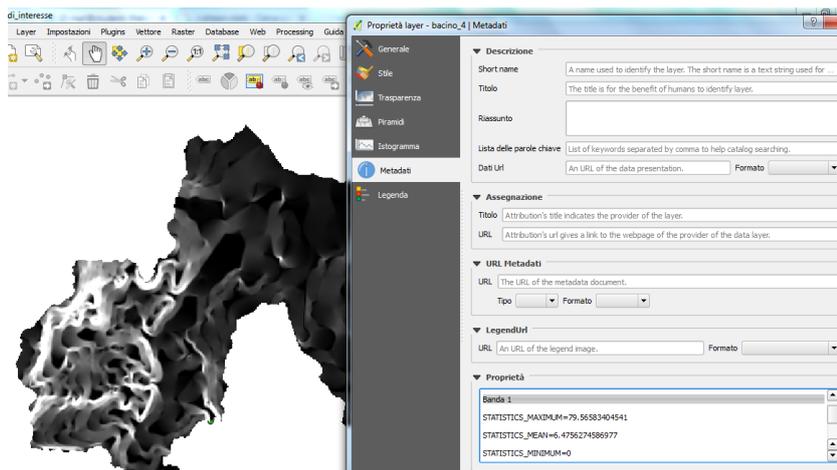


Immagine 3. 18: Screenshot per la ricerca del dato S: la pendenza media del bacino.

In Allegato 3.2, in Tabella 3.6, sono riportati i file raster dei bacini, in una scala cromatica di toni di azzurro e tutti i parametri morfologici calcolati per ciascuno, mentre in Allegato 3.3, in Tabella 3.7, sono riportati in i soli parametri ricercati.

3.5 Calcolo dei tempi di corrivazione dei bacini

Con i dati geomorfologici del bacino è possibile proseguire con il calcolo dei tempi di corrivazione tramite le formule selezionate, ovvero Giandotti (3.2), Viparelli (3.3), Pezzoli (3.4), Puglisi (3.5), Ventura (3.6), Kirpich (3.7) e Tournon (3.8). Tutte queste formulazioni empiriche derivano dallo studio di casi reali trasformati in modelli numerici, e la loro applicazione non è sempre consigliata, se il caso reale si allontana in maniera consistente dal modello; i bacini ricavati in questo studio risultano molto differenti tra loro in termini di caratteristiche geometriche, altimetriche e di proprietà morfologiche. L'utilizzo di più formulazioni è il mezzo con il quale si cercherà di costruire una regola di applicazione di queste ultime per i bacini costruiti, e quindi capire se è possibile stabilire a priori quale formulazione è più corretto utilizzare, se conosciamo i parametri del bacino; le espressioni precedentemente elencate sono state scelte perché hanno applicazione in un range di aree molto ampio, sono generalmente applicabili a bacini di montagna, non tutte le formule dipendono esattamente dagli stessi fattori ed infine perché il loro uso è oramai consolidato. Per capire quale tempo o quali tempi di corrivazione poter utilizzare, si imposterà un foglio di calcolo che restituirà i sette valori del tempo di corrivazione per ogni bacino. Le diverse formule restituiscono il tempo di corrivazione sia in ore, con sistema decimale, sia in minuti; per comodità di confronto i tempi saranno tutti espressi in ore. In un primo momento si è fatta una prima ipotesi di ripartizione delle formule in base alle aree secondo la letteratura: la formula di Viparelli per bacini con aree fino a 5 km², la formula di Ventura per bacini con area maggiore di 5 km² e minori di 70 km², ed infine Giandotti, per bacini di area superiore ai 70 km². L'elevata incertezza e l'assenza di un criterio univoco ci ha portato però ad analizzare l'intero ventaglio delle formule. In Tabella 3.2 sono mostrate le distribuzioni dei tempi di corrivazione per le diverse soglie temporali; questo risultato mostra come ci possa essere similitudine tra le diverse formule. Vediamo che per i t_c calcolati con Viparelli,

Ventura e Puglisi vi sia una uniformità di distribuzione; la ripartizione dei tempi calcolati con Giandotti mostra una similitudine con quelli calcolati con Tournon. Differente comportamento per Puglisi e Kirpich. Il primo fornisce una distribuzione più centrale, mentre il secondo fornisce una brevi tempi.

	$t_c, \text{Giandotti}$	$t_c, \text{Viparelli}$	$t_c, \text{Pezzoli}$	$t_c, \text{Puglisi}$	$t_c, \text{Ventura}$	$t_c, \text{Kirpich}$	$t_c, \text{Tournon}$
$t_c < 1h$	17	70	75	0	69	143	30
$1h \leq t_c < 2h$	58	56	53	40	60	31	53
$2h \leq t_c < 3h$	50	26	24	55	22	5	45
$3h \leq t_c < 4h$	19	12	7	40	12	3	15
$4h \leq t_c < 5h$	17	6	7	25	7	1	17
$5h \leq t_c < 10h$	17	9	12	19	7	1	15
$10h \leq t_c < 24h$	5	4	2	5	5	0	7
$t_c \geq 24h$	1	1	4	0	2	0	2
	184	184	184	184	184	184	184

Tabella 3. 2: Distribuzione per soglie temporali dei tempi di corrivazione dei bacini.

Nel Grafico 3.1 sono riportati i risultati della medesima tabella, ma in forma di istogramma per poter dare una migliore visione dei dati ottenuti.

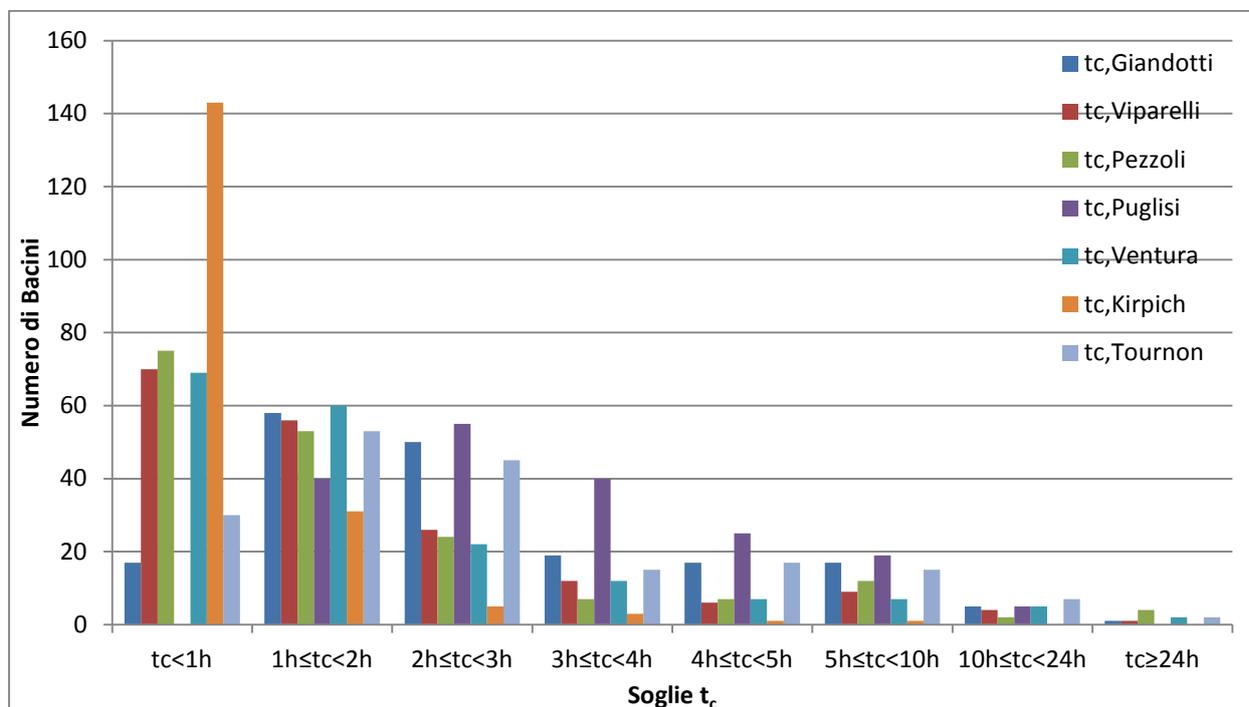


Grafico 3. 1: Distribuzione per soglie temporali dei tempi di corrivazione calcolati con le diverse formulazioni.

Vista l'impossibilità di individuare univocamente una formula valida si è deciso di procedere con l'individuazione di un range di tempi possibili, per tenere anche conto della incertezza nei parametri utilizzati nelle formule, poiché ottenuti attraverso modelli di calcolo. Si ottengono così due valori di tempo di corrivazione, ipotizzando che, se scelti in maniera accurata, il valore reale di questo parametro

sia contenuto nell'intervallo appena definito. Per far ciò operativamente: si calcola la media dei risultati ottenuti tagliando i due estremi, ovvero il valore massimo ed il valore minimo, e si vanno a ricercare i due valori che risultano più vicini alla media. Vediamo ora un esempio di questa operazione; per il Bacino 115, i tempi di corrivazione ottenuti con le formula precedentemente elencate sono, nella Tabella 3.3:

$t_{c, \text{Giandotti}}$ [ore]	6,17
$t_{c, \text{Viparelli}}$ [ore]	5,59
$t_{c, \text{Pezzoli}}$ [ore]	7,44
$t_{c, \text{Puglisi}}$ [ore]	5,74
$t_{c, \text{Ventura}}$ [ore]	7,90
$t_{c, \text{Kirpich}}$ [ore]	2,25
$t_{c, \text{Tournon}}$ [ore]	13,10

Tabella 3. 3: Risultati dei tempi di corrivazione per il Bacino 115.

La media sui valori meno gli estremi consiste nel fare la media su tutti i risultati, escludendo il tempo di corrivazione minore, ovvero quello calcolato con Kirpich e quello maggiore, calcolato con Tournon. Con questa procedura si ottiene un valor medio pari a: 6,57 ore. Nel Grafico 3.2 vediamo la distribuzione dei valori intorno alla media, conoscendo che il valore 1 corrisponde a Giandotti, il 2 a Viparelli, il 3 a Pezzoli, il 4 a Puglisi ed infine il 5 a Ventura; la linea tratteggiata rappresenta il valore della media calcolata come precedentemente spiegato.

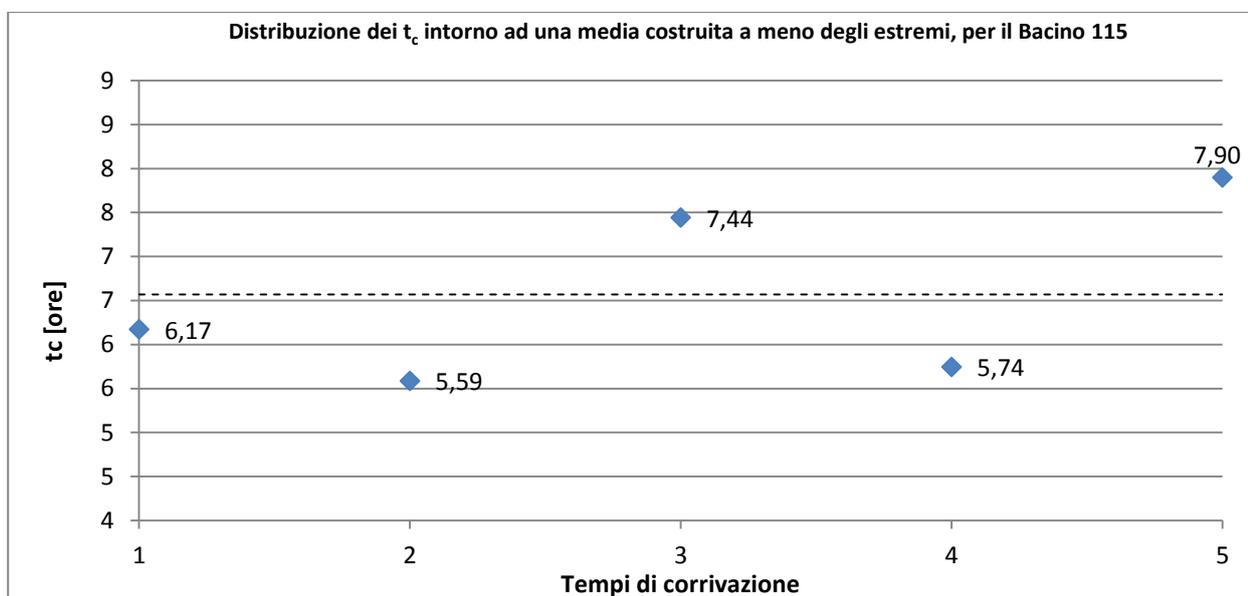


Grafico 3. 2: Distribuzione dei tempi di corrivazione intorno alla media, per il Bacino 115.

I due valori più vicini alla media, in questo caso sono: per primo il t_c calcolato con la formula di Giandotti (numero 1), e poi quello calcolato con Puglisi (numero 2).

In Allegato 3.4, in Tabella 3.8, sono riportati i risultati dei tempi di corrivazione dei bacini, per tutte e sette le formulazioni; è poi mostrata la media calcolata escludendo gli estremi e i valori di t_c che

corrispondono alle due quantità più vicine, indicandone il valore e da quale formula deriva. Osservati i dati restituiti e le aree dei bacini, caratteristica che maggiormente limita l'utilizzo di alcune formule, si può vedere che esistono alcune regole che tornano a mostrarsi e ripetersi. ovvero:

- per bacini con aree fino a 5 km^2 , nella maggioranza dei casi, i due valori più vicini alla media sono quelli calcolati con le formule di Viparelli e di Ventura;
- per bacini con area compresa tra i 5 km^2 e i 10 km^2 , sono ricorrenti i valori calcolati con le formule di Viparelli, Ventura, Tournon e Pezzoli, senza una apparente predominanza di una rispetto all'altra;
- per bacini con area compresa tra i 10 km^2 e i 50 km^2 , nella maggioranza dei casi, tra i due tempi di corrivazione più vicini alla media, appaiono quelli riferiti a Giandotti, Pezzoli e Tournon;
- per i pochi bacini con area compresa tra i 50 km^2 e i 100 km^2 , ricorrono i valori derivati dalle formule di Ventura, Pezzoli e Tournon;
- infine per bacini con area superiore ai 100 km^2 , i valori più ricorrenti restituiti sono quelli riferiti alle formule di Giandotti, Tournon e Pezzoli.

I tempi di corrivazione derivati dalla formula di Kirpich non vengono mai selezionati, poiché risultano sempre molto distanti dalla media, e da questo possiamo dedurre che la sua formulazione risulta inadatta alla descrizione del t_c per i bacini studiati. La grande incertezza legata al calcolo dei tempi di corrivazione ci obbliga a decidere di percorrere una strada alternativa, che sarà poi spiegata nel capitolo successivo.

3.6 Calcolo dei parametri delle CPP areali dei bacini

Ora che si sono analizzate le caratteristiche di ogni singolo bacino, possibile procedere utilizzando i singoli shapefile posseduti per estrarre i dati pluviometrici di interesse; si mostra l'esempio di come vengano valutati i parametri medi di i_0 , B e β e poter quindi costruire la curva a tre parametri corrispondente al bacino studiato. Scelto come prova il bacino corrispondente all'intersezione 128, si utilizza il contorno dello stesso per ritagliare il raster originale e ottenere quello corrispondente al bacino idrografico di esempio. Nella Immagine 3.19 è riportato il risultato della procedura appena esposta. Il numero di stazioni che risulta all'interno dell'area del bacino ci dà una idea della bontà dei risultati: più punti di misura sono presenti nell'area, migliore può essere considerata la stima effettuata.



Immagine 3. 19: Taglio sul Bacino 128 del raster contenente il valore di i_0 .

Osservando le proprietà del raster, è possibile conoscere il valore minimo, massimo e medio del parametro che si riporta il file. Il valore medio del parametro, non è quello aritmetico tra il minimo ed il massimo, ma la media ottenuta misurando il valore dello stesso in tutti i pixel appartenenti al bacino. Per il bacino 128, il valore medio di i_0 risulta pari a 83,77 mm/h. Con questo solo dato è possibile ricavarsi i valori del parametro B e β , attraverso il seguente sistema di due equazioni in due incognite, riportato nella (3.9); la prima espressione è riferita alla intensità pluviometrica relativa alla durata pari ad 1 ora, espressa come altezza pluviometrica diviso la durata, mentre la seconda è relativa all'evento pluviometrico riferito alle 24 ore, sempre espresso come altezza pluviometrica diviso la durata pari a 24 ore.

$$\begin{aligned} i_0 * (1 + B * 1)^\beta &= \frac{h_{1ora}}{1} \\ i_0 * (1 + B * 24)^\beta &= \frac{h_{24ore}}{24} \end{aligned} \quad (3.9)$$

I dati di altezza pluviometrica corrispondenti a 1 ora e 24 ore sono ricavabili dalle mappe raster costruite per le medie, alle relative durate, tagliate sul bacino in esame, e ricavate dalle proprietà ricercando la voce valore medio, naturalmente su quelle stazioni che hanno serie storiche costruite su almeno 8 anni. Dal sistema è possibile esplicitare le formule per calcolare B e β , o in alternativa usare il risolutore di Excel. Si è scelto di utilizzare la seconda ipotesi, ottenendo per il bacino 128 un valore di B pari a 5,91 ed un valore di β uguale a -0,67; i risultati per il bacino di esempio sono riassunti nella Tabella 3.4.

Bacino 128	
i_0 [mm/h]	83,77
B [h^{-1}]	5,91
β [-]	-0,67

Tabella 3. 4: Tabella riassuntiva dei coefficienti per la costruzione della curva parabolica a 3 parametri per il Bacino 128.

Con questi tre coefficienti è quindi possibile costruire la curva a tre parametri per il bacino selezionato, con l'utilizzo della formula (2.7); ne viene mostrato il risultato nel Grafico 3.3.

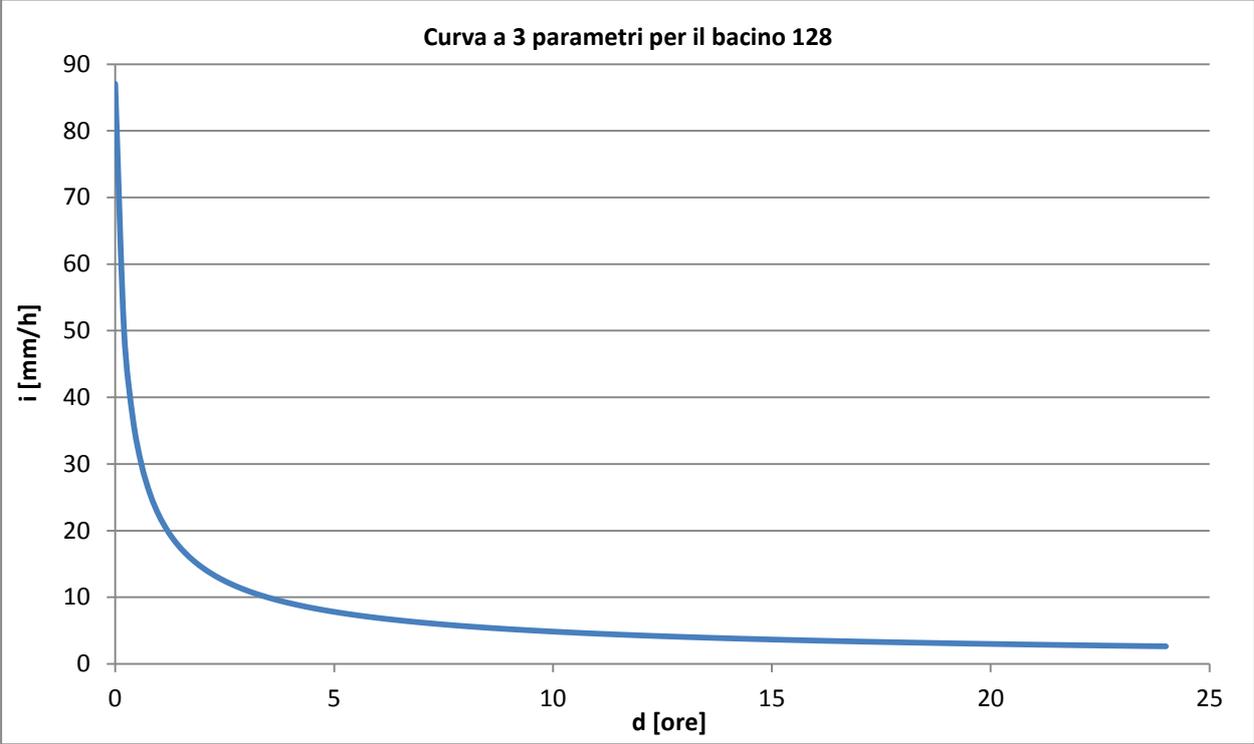


Grafico 3. 3: Curva a tre parametri costruita per il bacino 128.

Capitolo 4: Valutazione della pericolosità idrologica

Assunti come nodi idrografici le intersezioni individuate tra l'infrastruttura SS131 e SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna, in questo capitolo si tratterà la definizione del rischio idrologico per i suddetti punti vulnerabili. Una volta proceduto al calcolo idraulico della portata limite, attraverso una procedura speditiva che verrà approfonditamente descritta, è possibile risalire, supponendo un range di velocità plausibili e conoscendo la geometria dell'asta, a una finestra di tempi di corrivazione significativi per il bacino, eludendo le problematiche relative alle diverse formule precedentemente esposte. È quindi possibile dedurre le intensità in grado di mettere in crisi il nodo e, mediante le CPP, risalire ai relativi fattori di crescita K_T che vanno a delimitare un intervallo di attenzione. Il fattore di crescita, per definizione, fornisce un'indicazione sulla rarità di un evento pluviometrico e può evidenziare la necessità di approfonditi studi idrologici, poiché un evento di elevata entità può produrre una criticità, in termini di portata affluente. Si ricercherà una legge, in funzione dei parametri del bacino e della sezione di chiusura che definisca in quali nodi idrografici possa generarsi una portata critica, ovvero superiore a quella che può essere fatta defluire attraverso la sezione di chiusura.

4.1 La selezione dei nodi e validazione dei risultati

Si è deciso di svolgere l'operazione di costruzione degli intervalli di attenzione su un numero limitato di nodi, poiché la risoluzione del DTM non permetteva ovunque la definizione degli elementi necessari per il calcolo idraulico. Attraverso l'utilizzo di un modello digitale del terreno ad una definizione di almeno 5 m, sarebbe possibile automatizzare la procedura che verrà di seguito descritte. In questo capitolo saranno mostrati i risultati per i dieci nodi scelti. La selezione dei nodi idrografici è stata svolta principalmente scegliendo quelli dove le sezioni di chiusura fossero definite dal DTM in maniera abbastanza precisa per poter costruire un buon profilo altimetrico in corrispondenza del punto finale dell'asta principale; in questo modo è più agevole calcolare l'area delimitata inferiormente dal profilo del terreno e superiormente dalla sovrastruttura. In secondo piano si sono ricercati quelle intersezioni dove i bacini connessi avessero parametri geomorfologici molto eterogenei, cercando possibili variazioni dei risultati attesi. Utilizzando il software QGis, ed il plugin "OpenLayers", selezionando la visione satellitare di Google Maps, si è ripercorsa l'intera infrastruttura provando a generare i profili altimetrici alle diverse sezioni di chiusura. Il profilo altimetrico è prodotto attraverso il plugin "Profile Tool"; selezionando il DTM, e scegliendo il tracciato di cui si vogliono conoscere le quote, ovvero un generico tratto di asse stradale, il comando restituisce un risultato come quello riportato in Immagine 4.1.

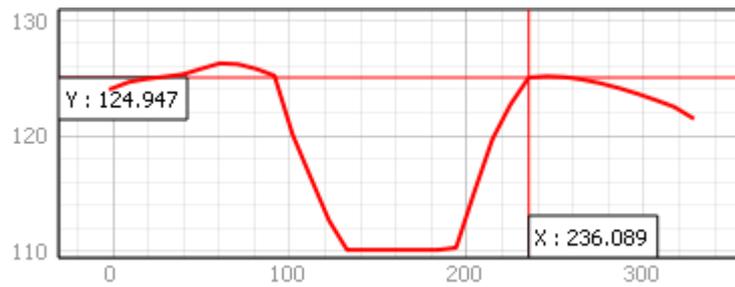


Immagine 4. 1: Esempio di un profilo altimetrico prodotto per l'asse stradale in corrispondenza del nodo idrografico 4.

La linea spezzata rossa rappresenta il profilo cercato. In ordinata abbiamo la quota assoluta del punto, mentre in ascissa la quota relativa alla progressiva del tracciato scelto. Il comando restituisce un grafico in cui le x e le y sono in due scale differenti, e per alcuni punti noti è possibile conoscere le quote, in funzione della definizione del DTM; la precisione del profilo è quindi legata alla accuratezza del dettaglio del modello digitale del terreno. Si è in possesso di un DTM con precisione ai 10 metri; ogni pixel rappresenta una porzione di territorio di lati pari a 10 metri, a cui è associata la quota media del territorio modellato. Le quote note saranno quindi quelle relative ai singoli pixel intersecati, ma le restanti potranno essere trovate per derivazione, in seguito ad alcune semplificazioni.

Analizzati i requisiti espressi precedentemente, si sono scelti i seguenti dieci nodi idrografici; nella Tabella 4.1 sono riportati i codici identificativi, le coordinate del punto, l'infrastruttura e la provincia a cui appartiene il nodo, ed infine l'area del bacino idrografico e la lunghezza dell'asta principale di riferimento.

N° Intersezione	Coord. Est	Coord. Nord	Tratto Stradale	Provincia	A [km ²]	L [km]
4	1460056.9	4507222.9	SS131	SS	9,0	6,3
12	1471945.2	4501582.6	SS131	SS	4,2	3,4
20	1477555.7	4493434.3	SS131	SS	2,3	2,6
50	1482364.3	4447873.7	SS131	OR	32,1	12,1
61	1474495.7	4432304.9	SS131	OR	1,9	3,8
115	1489687.4	4443975.2	SS131DCN	OR	123,0	24,1
117	1493245.3	4445974.6	SS131DCN	OR	1,6	1,9
124	1507127.3	4455507.6	SS131DCN	NU	3,1	3,9
128	1512417.4	4459327.9	SS131DCN	NU	125,5	27,2
137	1519365.2	4462884.6	SS131DCN	NU	35,6	14,8

Tabella 4. 1: Tabella riassuntiva dei nodi idrografici scelti, con alcune proprietà geomorfologiche dei bacini connessi.

Dei bacini connessi ai nodi idrografici riportati nella precedente tabella, si possiedono, utili ai successivi passi dello studio, i seguenti dati:

- Area e curva isopometrica e ipsografica del bacino;
- Parametri i_0 , h_{1h} e h_{24h} medi del bacino;
- Lunghezza, pendenza media e profilo altimetrico dell'asta principale;
- Lunghezza e pendenza media dei tratti i -esimi che compongono l'asta principale;
- Tempi di corrivazione, secondo quanto riportato nel capitolo terzo.

Per quanto interessa questo elaborato, per il calcolo idraulico della portata secondo la formulazione di Chézy, è necessario essere in possesso della pendenza del tratto fluviale di interesse. Il plugin “*r.stream.stats*”, descritto nel terzo capitolo, ci restituisce i parametri geometrici di tutti i tratti che compongono l’asta principale. Poiché non si hanno certezze sulla veridicità dei risultati, e si è ritenuto doveroso validare le grandezze ottenute. Nel dettaglio si sono selezionati gli ultimi 800 metri circa di asta, rispetto allo “*stream segment*”, andando a verificare che una procedura di calcolo manuale del valore delle pendenze, della lunghezza dei tratti e delle quote di ogni punto dell’asta considerato fornisca un risultato simile a quelli ottenuti attraverso il comando “*r.stream.stats*”.

Dal file di restituzione dell’analisi del reticolo fluviale, si sono selezionati a ritroso, partendo dall’ultimo tratto, un numero di segmenti fino a giungere ad una lunghezza compresa tra i 700 e gli 800 metri, relativi all’asta principale; in Tabella 4.2 sono riportati gli ultimi cinque tratti dell’asta relativi al bacino connesso al nodo idrografico 4. La somma delle loro lunghezze è pari a 740 metri; il comando ci da informazioni, sull’ordine del segmento, la sua lunghezza media, l’area affluente del bacino rispetto al tratto considerato, la pendenza media e la differenza di quota tra il punto iniziale e finale. Si ricorda che prima di procedere con questo passaggio è stato necessario estrarre i segmenti relativi della sola asta principale.

Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km ²)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
216	0,07	6,57	2,74%	0,02	2,02
219	0,19	6,66	1,57%	0,01	2,74
221	0,24	7,72	2,23%	0,02	5,00
225	0,08	7,75	0,00%	0,00	0,00
226	0,15	8,97	0,03%	0,00	0,00
Somma Len (km)	0,740				

Tabella 4. 2: Estrazione degli ultimi cinque tratti, relativi all’asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 4.

Sul software QGis, caricando il DTM del bacino e il raster che riporta il reticolo fluviale, si sono interrogati tutti i pixel che compongono l’asta, dal punto iniziale del tratto con ordine 216, a quello finale del tratto con ordine 226; per ogni pixel, che è la definizione minima dei raster, ovvero celle di circa 10 m², si sono immagazzinate le quote di ognuno e le distanze tra un baricentro e il successivo. Messi in tabella i dati, si sono calcolate tutte le pendenze i-esime tra due successivi punti. Infine si è calcolata la pendenza media di tratti, assumendo gli stessi raggruppamenti seguiti dallo “*r.stream.stats*”, vedendo quale fosse il risultato ottenuto. In Tabella 4.3 è riportato il prodotto di questa elaborazione appena descritta, sempre per il tratto finale dell’asta principale del bacino connesso al nodo 4.

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media_tratto} [%]	i _{comando} [%]
216	0,00	119,91	0,00			
	14,14	119,77	14,14	0,99%		
	14,14	119,48	28,28	2,05%		
	10,00	119,22	38,28	2,60%		
	14,14	118,72	52,43	3,54%		
219	10,00	118,27	62,43	4,50%	2,63%	2,74%
	10,00	117,74	72,43	5,30%		
	14,14	116,94	86,57	5,66%		
	10,00	116,14	96,57	8,00%		

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media_tratto} [%]	i _{comando} [%]
	10,00	115,18	106,57	9,60%		
	10,00	115,00	116,57	1,80%		
	10,00	115,00	126,57	0,00%		
	10,00	115,00	136,57	0,00%		
	14,14	115,00	150,71	0,00%		
	10,00	115,00	160,71	0,00%		
	14,14	115,00	174,85	0,00%		
	14,14	115,00	188,99	0,00%		
	10,00	115,00	198,99	0,00%		
	10,00	115,00	208,99	0,00%		
	14,14	115,00	223,14	0,00%		
	14,14	115,00	237,28	0,00%		
	10,00	115,00	247,28	0,00%		
	10,00	115,00	257,28	0,00%		
	10,00	115,00	267,28	0,00%	1,60%	1,57%
<u>221</u>	10,00	115,00	277,28	0,00%		
	14,14	114,96	291,42	0,28%		
	10,00	114,81	301,42	1,50%		
	10,00	114,65	311,42	1,60%		
	10,00	114,48	321,42	1,70%		
	10,00	114,28	331,42	2,00%		
	10,00	114,06	341,42	2,20%		
	10,00	113,83	351,42	2,30%		
	14,14	113,52	365,56	2,19%		
	10,00	113,23	375,56	2,90%		
	10,00	112,93	385,56	3,00%		
	14,14	112,52	399,71	2,90%		
	10,00	112,17	409,71	3,50%		
	10,00	111,82	419,71	3,50%		
	14,14	111,32	433,85	3,54%		
	14,14	110,80	447,99	3,68%		
	14,14	110,37	462,13	3,04%		
	14,14	110,00	476,27	2,62%		
	14,14	110,00	490,42	0,00%		
	14,14	110,00	504,56	0,00%	2,11%	2,23%
<u>225</u>	14,14	110,00	518,70	0,00%		
	10,00	110,00	528,70	0,00%		
	10,00	110,00	538,70	0,00%		
	10,00	110,00	548,70	0,00%		
	10,00	110,00	558,70	0,00%		
	10,00	110,00	568,70	0,00%		
	10,00	110,00	578,70	0,00%		
	10,00	110,00	588,70	0,00%	0,00%	0,00%
<u>226</u>	14,14	110,00	602,84	0,00%		
	14,14	110,00	616,98	0,00%		
	14,14	110,04	631,13	-0,28%		
	14,14	110,05	645,27	-0,07%		
	14,14	110,00	659,41	0,35%		
	14,14	110,00	673,55	0,00%		
	14,14	110,00	687,69	0,00%		
	14,14	110,00	701,84	0,00%		
	10,00	110,00	711,84	0,00%		
	14,14	110,00	725,98	0,00%	0,00%	0,03%

Tabella 4. 3: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “*r.stream.stats*”, per il nodo 4.

È possibile riportare in grafico la tabella precedente, costruendo il profilo altimetrico per punti, relativo al calcolo manuale, e per i tratti, riferiti allo “*r.stream.stats*”; in Immagine 4.2 vi è il confronto in forma

grafica, dove sulle ordinate si ha la quota del punto, e in ascissa la lunghezza progressiva del tratto analizzato.

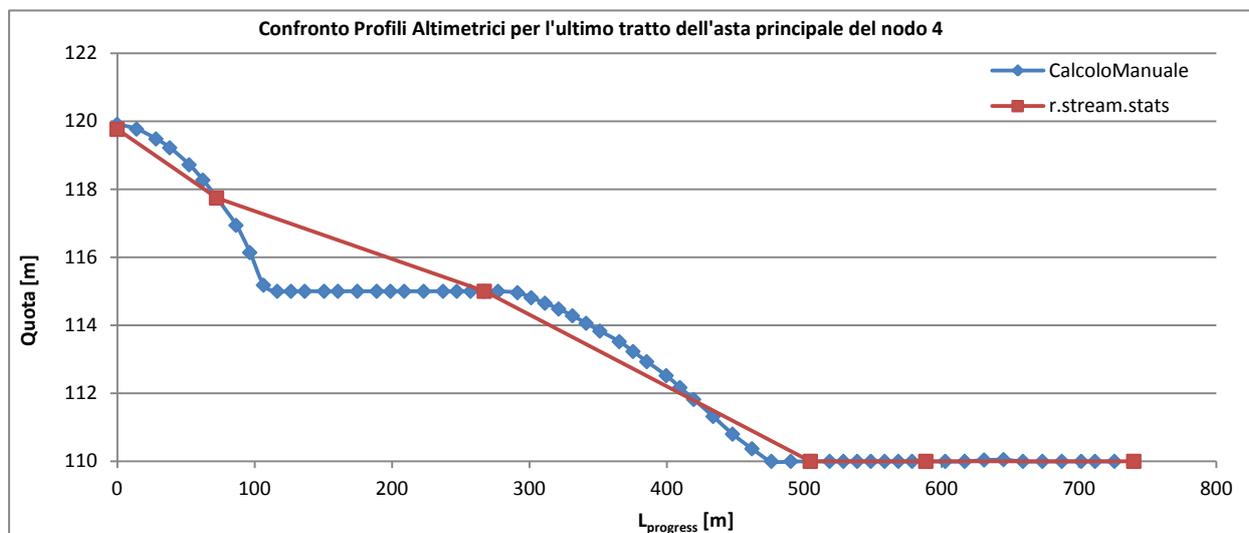


Grafico 4. 1: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all’asta principale del nodo 4.

Dai risultati di queste due procedure è possibile dire che il comando “*r.stream.stats*” restituisce risultati più che attendibili, che quindi possono essere utilizzati per il calcolo idraulico della portata. Questa procedura è stata portata avanti per i dieci nodi selezionati; si sono sempre ottenuti risultati veritieri le cui differenze possono essere trascurabili. In Allegato 4.1 sono riportate le tabelle e i grafici di confronto dei profili altimetrici per i tratti finali delle aste principali, comparando i risultati ottenuti con il calcolo manuale e quelli derivati dallo “*r.stream.stats*”, per i nodi idrografici selezionati.

Al fine di poter utilizzare la formula di Chézy, rimangono solo da calcolare i parametri geometrici della sezione di chiusura, ovvero la misura dei lati di un rettangolo equivalente che abbia la stessa area della sezione considerata.

4.2 Definizione delle sezioni di chiusura e calcolo idraulico delle portate

Si è già illustrato come, attraverso il comando “*Profile Tool*”, è possibile costruire il profilo altimetrico rispetto ad un asse scelto. Questo processo, unito ad una approfondita analisi della forma e della geometria, permette di calcolare con buona approssimazione l’area della sezione di chiusura, e di determinare quindi i lati di un rettangolo equivalente, da inserire nelle formule per il calcolo idraulico della portata.

Si è scelto di utilizzare un metodo puramente idraulico, per evitare tutte quelle incertezze che derivano dai calcoli dei tempi di corrivazione; non è stato possibile definire con certezza una legge che correlasse il t_c alle caratteristiche geometriche dei bacini considerati in questo lavoro. Numerose formule per il calcolo della portata, richiedono l’utilizzo dell’intensità di precipitazione all’istante pari al tempo di corrivazione, ed essendo incerto il calcolo di quest’ultimo, tale incertezza verrebbe riportata alla determinazione delle $i(t_c)$. Nella formula di Chézy la portata è funzione solo dei parametri geometrici dell’ultimo tratto dell’asta principale e della geometria della sezione di chiusura. Si specifica che anche con questa

metodologia entrano in gioco incertezze, soprattutto derivate dal livello di precisione del DTM, che essendo definito ai 10 metri, l'area ricavata, anche se corretta con buona approssimazione, non può che essere un risultato qualitativo. In Immagine 4.2 si riporta il profilo altimetrico ricavato per la sezione di chiusura relativa al nodo idrografico numero 128.

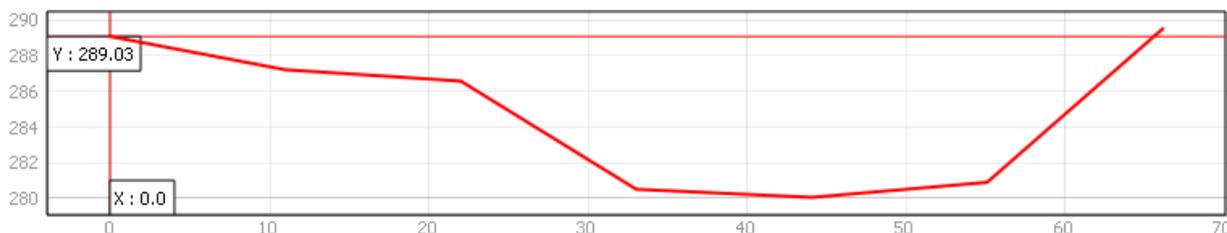


Immagine 4. 2: Profilo altimetrico della sezione di chiusura, relativa al nodo idrografico 128.

Lo stesso comando restituisce una tabella con le coordinate x e y dei punti noti della spezzata presente in Immagine 4.2, che sono riportati in Tabella 4.4; si ricorda che le coordinate y rappresentano le quote assolute dei punti, mentre le x sono le quote relative della progressiva dell'asse su cui è costruito il profilo altimetrico.

X [m]	0,00	22,07	33,11	44,14	55,18	66,22
Y [m]	289,03	286,53	280,46	280,00	280,84	289,45

Tabella 4. 4: Coordinate dei punti della spezzata del profilo altimetrico della sezione di chiusura relativa al nodo 128.

Operativamente si riportano i valori delle coordinate in un foglio di calcolo; si costruiscono le linee che rappresentano il piano stradale, l'ingombro della sovrastruttura e il massimo livello idrico; il piano stradale passa per i due punti di quota massima che si incontrano in corrispondenza degli estremi del tratto di strada "su ponte". La stessa linea appena costruita, viene traslata di 3 metri verso il basso, così da poter conoscere l'ingombro della sovrastruttura stradale. Dalla minima quota tra le due intersezioni della sovrastruttura con le sponde si costruisce una ulteriore linea orizzontale approfondita di 1,5 metri; tale misura, detto franco minimo, deve essere garantito per legge, e rappresenta il appunto il valore di sicurezza che anche in caso di piena non deve superato. In Immagine 4.3 è riportato il profilo altimetrico con la linea rossa, lo spazio impegnato dalla sovrastruttura, delimitato dalle linee verdi, ed il franco minimo contrassegnato dalla linea azzurra.

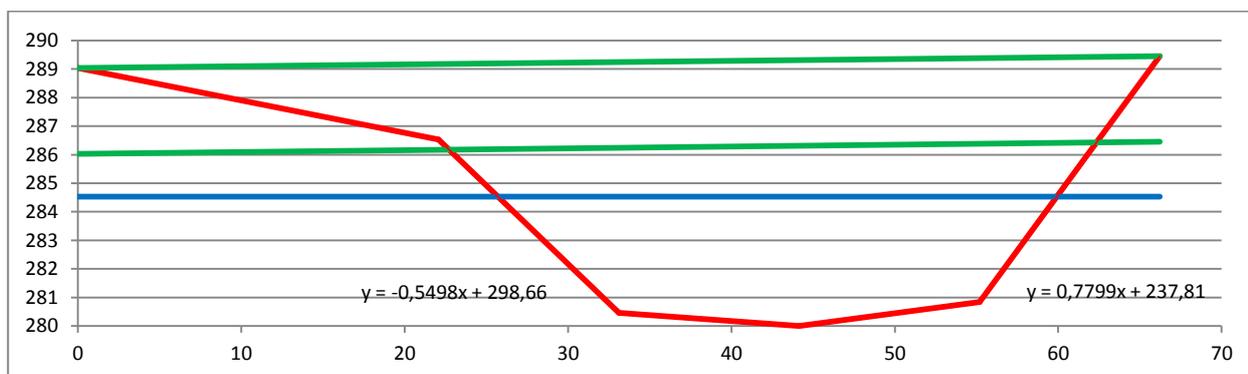


Immagine 4. 3: Costruzione del profilo altimetrico (linea rossa) con rappresentazione dell'impegno della sovrastruttura (linee verdi) e del massimo livello idrico definito dal franco minimo (linea azzurra).

Si ritaglia la sezione utili utilizzando l'intersezione tra il profilo altimetrico e il livello idrico massimo definito dal franco. L'operazione è svolta semplicemente conoscendo l'equazione generale delle linee di sponda, come quelle riportate in Immagine 4.3, e calcolando la quota x incognita, con la quota y nota. Il risultato è riportato in Immagine 4.4.

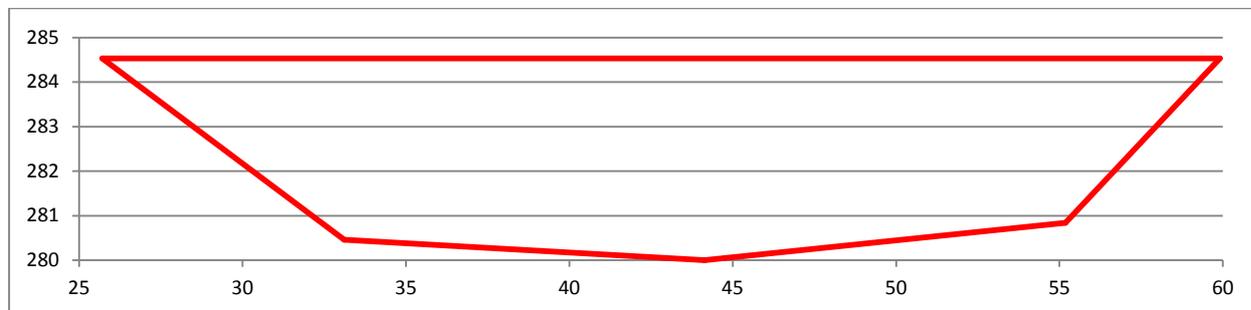


Immagine 4. 4: Sezione utile determinata dopo la definizione del franco minimo e dell'impegno della sovrastruttura.

Il passo successivo è quello di dividere la sezione ricavata in figure elementari di cui si possa facilmente calcolare l'area. Per esempio questa sezione può essere suddivisa in un trapezio ed un triangolo, come mostrato in Immagine 4.5.

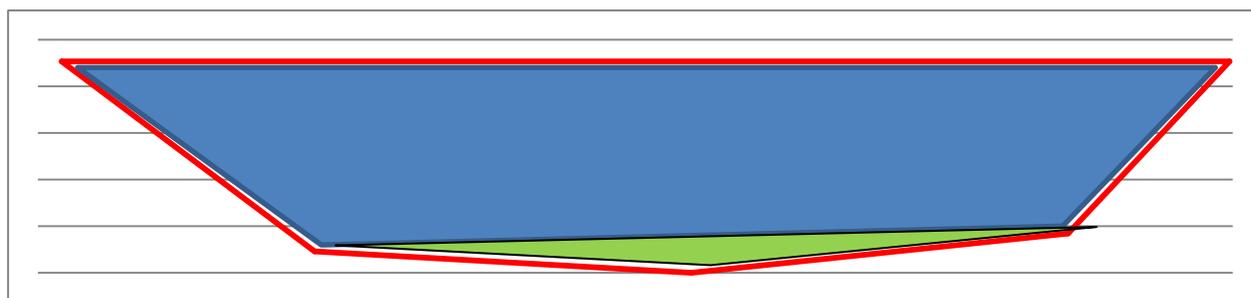


Immagine 4. 5: Esempio di suddivisione in aree elementari della sezione ricavata.

Nella Tabella 4.5 sono riassunti i risultati relativi alle aree elementari, alla loro somma e al calcolo dell'altezza e della base equivalente del rettangolo, ovvero h_e e B_e ; h_e rappresenta la differenza di quota massima tra il punto più basso definito dal profilo altimetrico e il livello idrico ottenuto massimo che può essere raggiunto. B_e viene ricavato per derivazione, conoscendo l'area e l'altezza del rettangolo.

$A_{\text{Trapezio}} [\text{m}^2]$	109,17
$A_{\text{Triangolo}} [\text{m}^2]$	7,17
$A_e [\text{m}^2]$	116,35
$h_e [\text{m}]$	4,53
$B_e [\text{m}]$	25,68

Tabella 4. 5: Tabella riassunti delle aree e dei valori di h_e e B_e per la sezione di chiusura relativa al nodo idrografico 128.

In Immagine 4.6 è riportata la costruzione del rettangolo equivalente avente la stessa area della sezione di chiusura ricavata; sui lati dell'immagine sono riportate le misure in metri di h_e e B_e .

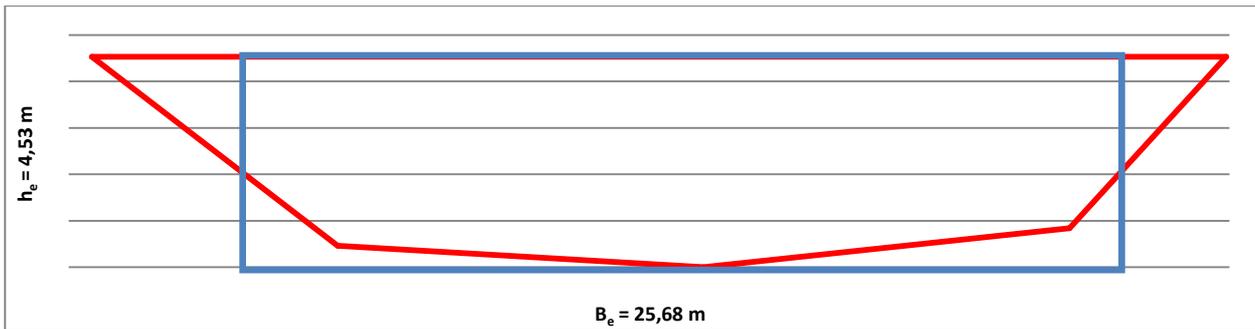


Immagine 4. 6: Sovrapposizione del rettangolo equivalente alla sezione ricavata, con indicazione della base e dell'altezza.

Il processo appena descritto risulta molto complesso nel caso si dovesse trattare un numero elevato di sezioni di chiusura. È possibile automatizzare in parte questo svolgimento avvalendosi del software QGis; si trasforma in uno shapefile la serie di coordinate ricavate per la sezione utile, ovvero la serie dei valori x e y delle coordinate dell'Immagine 4.4; una volta costruito il vettore è possibile creare un secondo shapefile come superficie delimitata dai vertici visualizzati. Infine si calcola l'area utilizzando l'apposito comando dalla tabella degli attributi. Risulta doveroso ricordare che tale processo implica la conoscenza delle coordinate dei vertici che delimitano l'area utile della sezione di chiusura, processo difficilmente automatizzabile; anche la definizione automatica del profilo altimetrico di partenza non è possibile, poiché soggetta a troppe variabili e deve essere correttamente scelto da un operatore. Infine QGis non è in grado di riconoscere il profilo altimetrico corretto per generare l'area; in caso di sezioni rappresentate con poligoni particolarmente complessi, con la presenza di protuberanze, la superficie ignora tali caratteristiche e prende in considerazione solo i punti esterni. In Immagine 4.7 possiamo vedere il risultato del calcolo dell'area utile della sezione di chiusura, per il nodo idrografico 128; come si può notare, l'utilità di QGis sta nel poter avere una rappresentazione alla stessa scala sia in ascissa che in ordinata, ed evitare il calcolo delle singole aree in caso di sezioni particolarmente complesse.

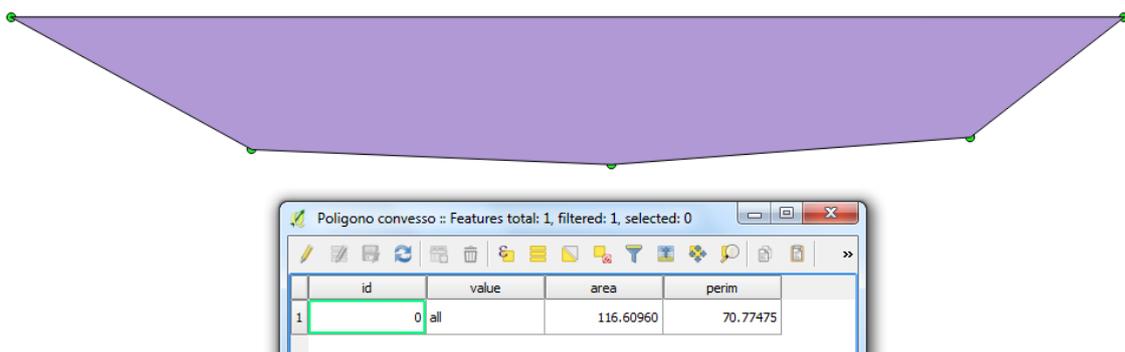


Immagine 4. 7: Studio dell'area della sezione di chiusura utile attraverso il software QGis, per il nodo idrografico 128.

Secondo il software, l'area è pari a $116,61 \text{ m}^2$, risultato praticamente identico a quello calcolato manualmente.

Definita l'area equivalente è possibile calcolare il raggio idraulico R ; esso è definito come il rapporto tra l'area e il perimetro bagnato della sezione; selezionata la pendenza dell'ultimo tratto dell'asta principale, si hanno tutti i fattori per poter usare la formula di Chézy per il calcolo idraulico della portata. La formula

(4.1) si utilizza quando si hanno pendenze sufficientemente superiori allo zero, mentre quando si è in presenza di un caso critico, ovvero di bassissime pendenze o addirittura nulle, si utilizza la formula (4.2).

$$se \ i > 0 \rightarrow Q = A_e * C * \sqrt{R * i} \quad (4.1)$$

$$se \ \begin{matrix} i = 0 \\ i \cong 0 \end{matrix} \rightarrow Q = B_e * \sqrt{g} * h_e^{\frac{3}{2}} \quad (4.2)$$

Definite le aree delle sezioni di chiusura per tutti e dieci i nodi idrografici, calcolati i raggi idraulici e selezionate le pendenze degli ultimi tratti delle aste principali, è possibile calcolare le portate affluenti. Nella tabella 4.6 sono riportati i risultati relativi al processo di calcolo idraulico della portata.

Nodo Idrografico	h _e [m]	B _e [m]	A _e [m ²]	R [m]	i [%]	Q [m ³ /s]
4	8,1	81,3	660,70	3,8	0,03%	2269,69
12	2,65	7,84	20,78	2,3	0,00%	58,58
20	5,63	15,37	86,53	3,1	2,98%	819,29
50	3,50	86,53	302,86	4,5	1,99%	2337,71
61	2,12	7,00	14,84	1,3	7,23%	120,06
115	18,35	149,54	2734,15	12,7	3,75%	79515,46
117	3,14	58,25	182,90	3,5	6,39%	576,60
124	1,66	7,28	12,08	1,3	2,52%	52,34
128	4,53	25,68	116,35	2,7	7,78%	975,65
137	3,14	58,30	182,9	2,4	0,87%	384,14

Tabella 4. 6: Tabella riassuntiva delle caratteristiche geometriche delle sezioni di chiusura e delle portate calcolate.

4.3 Costruzione delle CPP

Nella parte finale del terzo capitolo, si è mostrato come ricavare i valori medi di bacino per i₀, calcolando poi con un sistema di due equazioni in due incognite, i valori medi di B e β, conoscendo le altezze di precipitazione corrispondenti alle durate di 1 e 24 ore; con l'equazione a tre parametri, richiamata nella (4.3) è possibile calcolare il valore di intensità di precipitazione per tutte le durate.

$$i(d) = i_0 * (1 + B * d)^\beta \quad (4.3)$$

Moltiplicando poi le intensità per le durate corrispondenti, si ricavano le altezze di precipitazione; ponendole in grafico, in funzione delle durate, si ottiene la curva di possibilità pluviometrica, o CPP, media del bacino. Vediamo l'esecuzione del calcolo della CPP per il bacino 137;

Bacino	137
i ₀ [mm/h]	83,3762
h _{1h} [mm]	23,5933
h _{24h} [mm]	73,1621
B [h ⁻¹]	5,91
β [-]	-0,67

Tabella 4. 7: Tabella riassuntiva dei parametri medi pluviometrici del bacino 137.

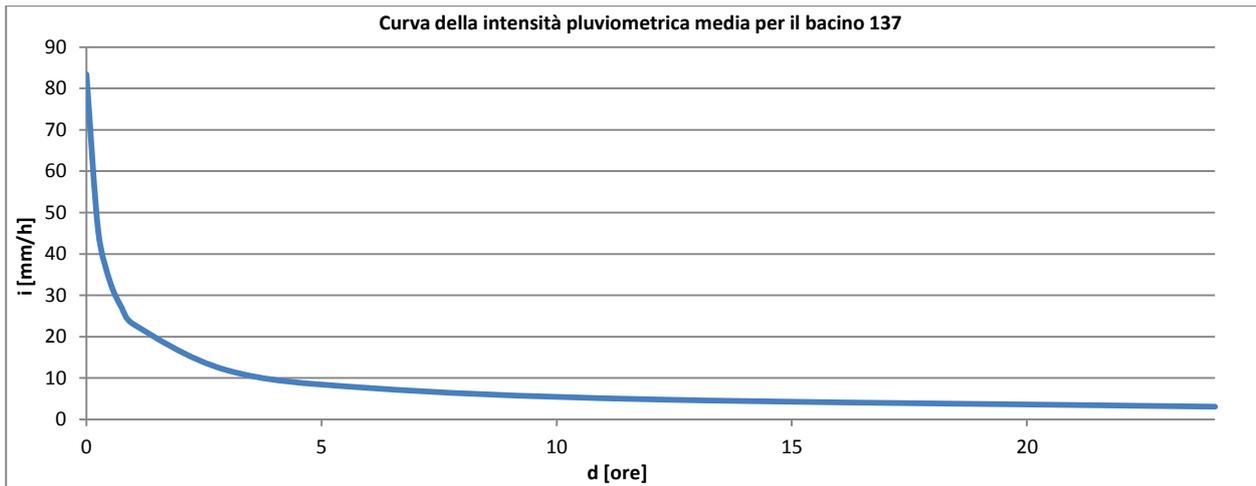


Grafico 4. 2: Curva della intensità pluviometrica media per il bacino 137, secondo la curva a 3 parametri.

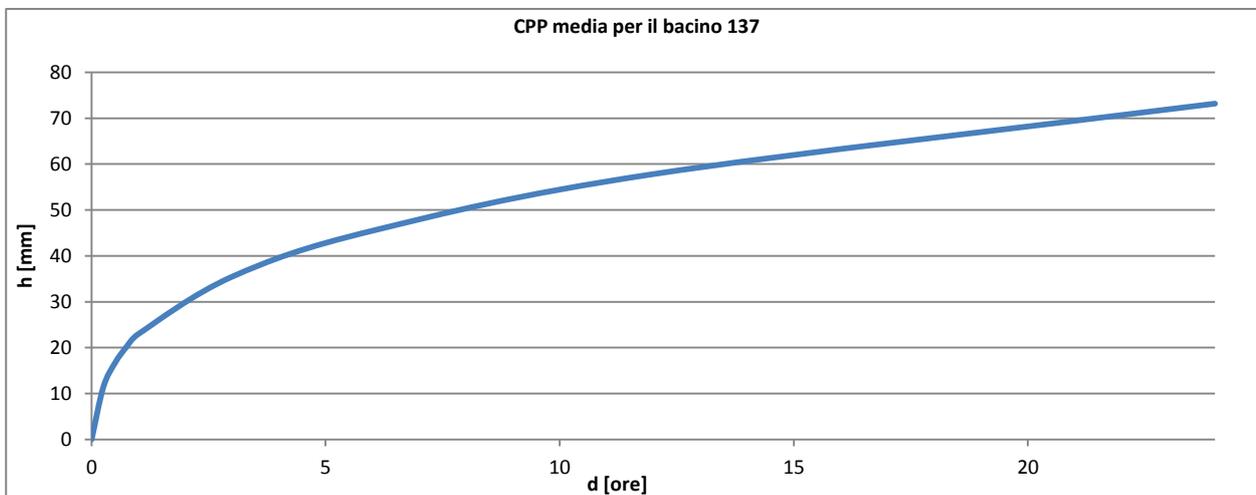


Grafico 4. 3: CPP media per il bacino 137.

4.4 Verifica delle intersezioni

Per trovare le altezze di precipitazione che causano la portata calcolata con la formula di Chézy, occorre utilizzare l'espressione inversa della formula razionale, e ricavare per prima l'intensità di precipitazione.

$$Q = \frac{\varphi * i * A}{3,6} \quad (4.4)$$

Assunto φ pari ad 1, si calcola la formula inversa per determinare l'intensità di pioggia, che per la fissata area del bacino, causa la portata Q.

$$i = \frac{Q * 3,6}{A} \quad (4.5)$$

Per il calcolo delle altezze di precipitazione, e poter quindi rapportarle alle corrispondenti della CPP media del bacino, occorre determinare le durate per cui si verificano. Si considera la seguente ipotesi: la velocità delle particelle di acqua che si muovono lungo il reticolo idrografico del bacino, in seguito alla

precipitazione, varia tra 1 e 4 m/s; decisi questi due valori limite di velocità, con la formula di Viparelli, è possibile calcolare due durate, funzione della lunghezza dell'asta principale e della velocità delle particelle, esattamente la formula per il calcolo dei tempi di corrivazione, riportate nella (4.6) e nella (4.7).

$$v_1 = 1 \frac{m}{s} \rightarrow t_1 = \frac{L}{v_1} [ore] \quad (4.6)$$

$$v_4 = 4 \frac{m}{s} \rightarrow t_4 = \frac{L}{v_4} [ore] \quad (4.7)$$

Calcolate le durate, è possibile, moltiplicandole per le intensità, ottenere due altezze di precipitazione, derivate dal calcolo idraulico, attraverso la (4.8) e la (4.9).

$$h_{1,CI} = i * t_1 \quad (4.8)$$

$$h_{4,CI} = i * t_4 \quad (4.9)$$

Per le stesse due durate è possibile calcolare le intensità di precipitazione, con la curva a tre parametri media del bacino, inserendo semplicemente le due durate prima calcolate.

$$i(t_1) = i_0 * (1 + B * t_1)^\beta$$

$$i(t_4) = i_0 * (1 + B * t_4)^\beta$$

Ed infine moltiplicando le intensità per le corrispondenti durate, si calcolano le altezze di precipitazione.

$$h_{1,CPP} = i(t_1) * t_1 \quad (4.10)$$

$$h_{4,CPP} = i(t_4) * t_4 \quad (4.12)$$

Si costruisce un nuovo grafico, con la CPP media del bacino indicata dalla curva azzurra, e l'intervallo delle altezze ricavate dal calcolo idraulico, associate alle ipotesi sulle velocità delle particelle e il conseguente calcolo delle durate, rappresentata dalla retta verde.

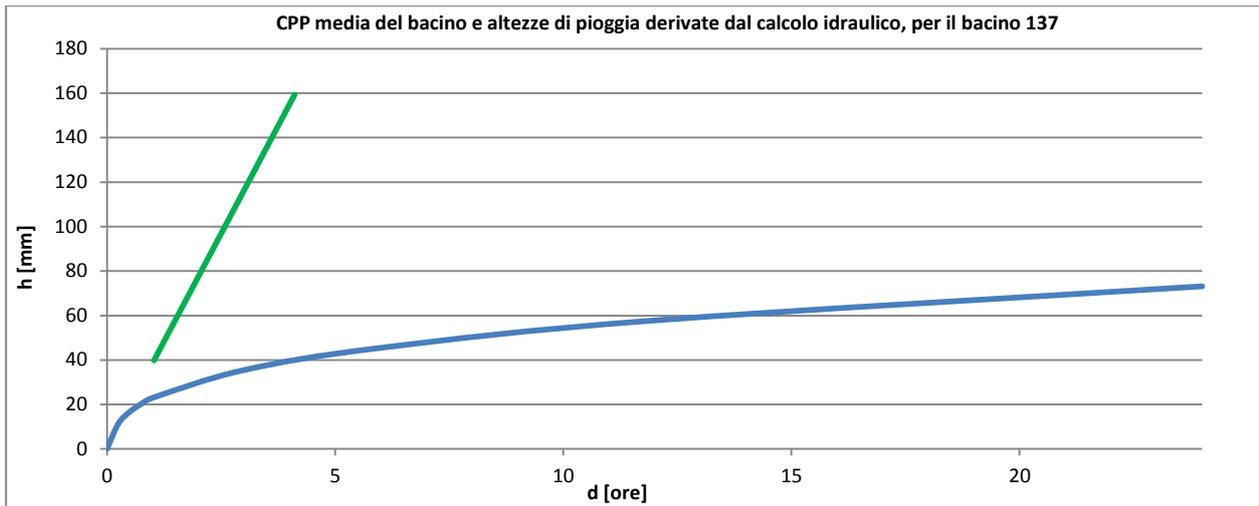


Grafico 4. 4: Grafico con la CPP media del bacino 137, e l'intervallo di altezza derivanti dal calcolo idraulico.

Infine si calcola un coefficiente K_T , che è in grado di descrivere il rapporto tra le altezze di precipitazione, per la stessa durata, relative calcolo idraulico (indicate con indice CI) rispetto a quelle delle CPP (contrassegnate dall'indice CPP). Il coefficiente si calcola come mostrato nelle formule (4.13) e (4.14).

$$K_{T1} = \frac{h_{t1,CI}}{h_{t1,CPP}} \quad (4.13)$$

$$K_{T4} = \frac{h_{t4,CI}}{h_{t4,CPP}} \quad (4.14)$$

In Immagine 4.12 è riportato lo stesso grafico precedente; con due rette rosse è indicata la differenza tra $h_{tx,CI}$ e $h_{tx,CPP}$, affiancate dal valore di K_T . Dall'asse delle ascisse è possibile ricavare il valore delle durate corrispondenti; si ha un K_T pari a 1,52 per $d=1,03$ ore e K_T pari a 3,54 per $d=4,1$ ore.

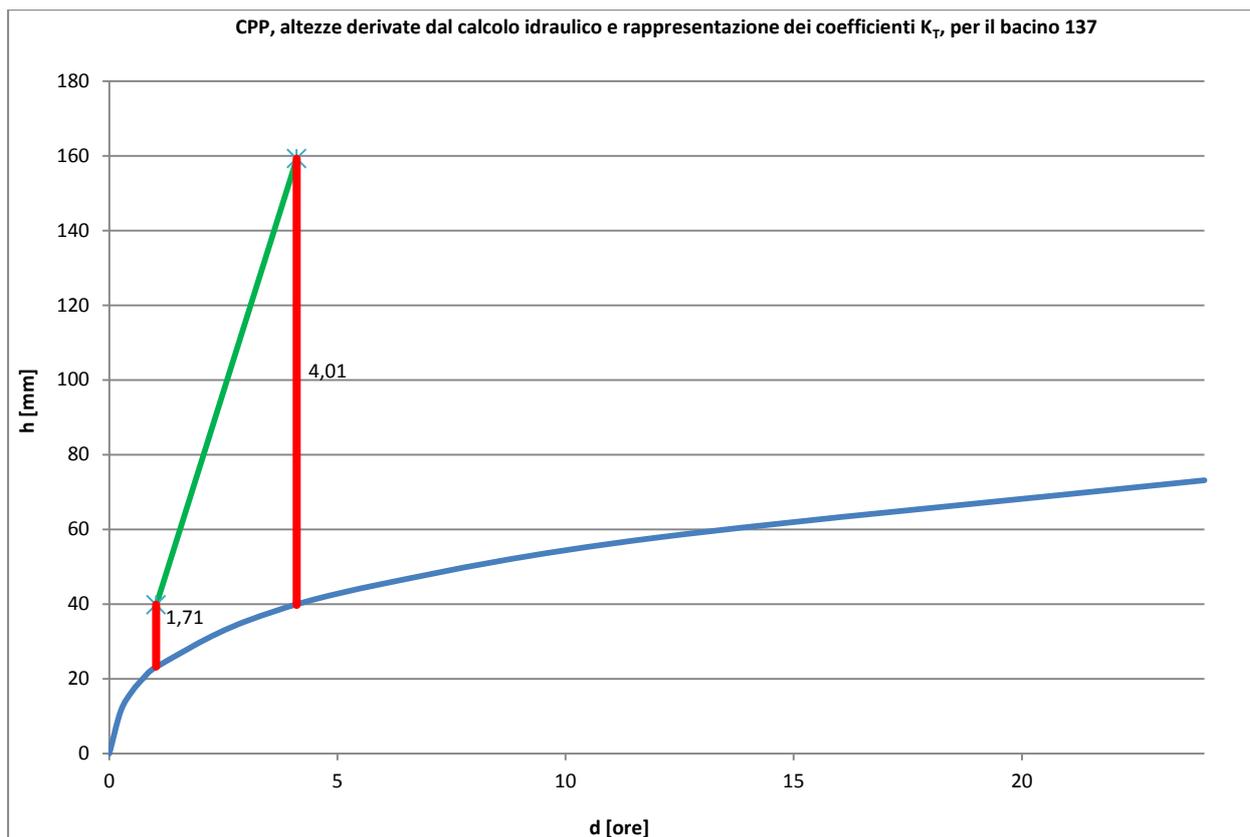


Grafico 4. 5: Grafico con la costruzione dei K_T , per il bacino 137.

Segue, in Tabella 4.8, un sommario dei risultati ottenuti per nodo idrografico. Oltre all'area del bacino sono riportati i valori dei due tempi calcolati, espressi in ore, le altezze derivate dal calcolo idraulico e quelle corrispondenti calcolate con le CPP; infine sono riportati i valori di K_T calcolati per i due diversi rapporti.

Nodo idrografico	A [km ²]	t ₄ [ore]	t ₁ [ore]	h _{4,CI} [mm]	h _{1,CI} [mm]	h _{4,CPP} [mm]	h _{1,CPP} [mm]	K _{T4} [-]	K _{T1} [-]
4	9,0	0,44	1,74	394,1	1576,5	16,3	27,4	24,2	57,6
12	4,2	0,23	0,93	11,7	46,7	11,5	22,0	1,0	2,1
20	2,3	0,18	0,72	232,6	930,4	8,6	22,0	27,1	51,8
50	32,1	0,84	3,36	220,0	879,9	21,7	36,1	10,2	24,4
61	1,9	0,27	1,07	62,0	247,9	13,0	24,6	4,8	10,1
115	123,0	1,68	6,70	3900,8	15603,2	27,5	359,9	142,0	359,9
117	1,6	0,13	0,54	170,0	680,1	5,1	11,6	33,6	58,7
124	3,1	0,27	1,07	16,3	65,3	11,6	22,7	1,4	2,9
128	125,5	1,89	7,56	53,1	212,6	29,6	48,8	1,8	4,4
137	35,6	1,03	4,11	39,8	159,3	23,2	27,4	1,7	4,0

Tabella 4. 8: Sommario del calcolo dei coefficienti K_T per i diversi nodi idrologici.

In Allegato 4.2 è riportata, per nodo idrografico, una scheda riassuntiva delle proprietà del bacino, l'analisi della sezione di chiusura, il calcolo dei coefficienti K_T , con la rappresentazione finale in grafico, come in Immagine 4.2. Il modello delle schede riassuntive è il seguente, come riportato in Immagine 4.13.

<i>DTM del Bacino</i>	<i>Proprietà Geometriche del bacino</i>	
<i>Profilo Altimetrico Asta Principale</i>		
<i>Curva Ipsografica del bacino</i>		
<i>Curva Ispometrica del bacino</i>		

<i>Foto satellitare nodo idrografico</i>	<i>Foto satellitare nodo idrografico con shapefile tratto stradale</i>	
<i>Forma sezione di chiusura</i>		
<i>Dati Sezione equivalente</i>	<i>Dati ultimo tratto Asta Principale</i>	<i>Dati Calcolo Idraulico e di KT</i>
<i>CPP media, altezze del calcolo idrico e valori di KT</i>		

Immagine 4. 8: Schema delle schede riassuntive dei nodi idrografici.

4.5 Identificazione degli intervalli di attenzione per i bacini

Calcolati i coefficienti K_T relativi al rapporto tra le altezze, occorre stabilire una formulazione per la definizione del parametro, ed una soglia che determini l'intervallo di attenzione, ovvero al di sotto di quale valore bisogna porre attenzione ed effettuare uno studio approfondito del bacino.

Definita la procedura per il calcolo del K_T , come illustrato nel paragrafo precedente, è possibile riportare una formulazione del processo di costruzione.

Vengono date due diverse formulazioni, funzione dei dati che solitamente si posseggono: una è utilizzata se si posseggono i parametri a ed n della CPP, mentre la seconda si basa sulla conoscenza della curva a tre parametri.

- in funzione delle scale orarie, conoscendo a ed n , definiti come parametri medi del bacino, il K_T si calcola:

$$K_{T,min} = L^{1-n} * \left(\frac{1}{v_4}\right)^{1-n} \frac{Q * 3,6}{A * a} \quad (4.15)$$

$$K_{T,max} = L^{1-n} * \left(\frac{1}{v_1}\right)^{1-n} \frac{Q * 3,6}{A * a} \quad (4.16)$$

- in funzione della scala a tutte le durate, conoscendo la curva a tre parametri, il K_T si calcola:

$$K_{T,min} = \frac{\frac{Q * 3,6}{A}}{i_0 \left(1 + B * \frac{L}{v_4}\right)^\beta} \quad (4.17)$$

$$K_{T,max} = \frac{\frac{Q * 3,6}{A}}{i_0 \left(1 + B * \frac{L}{v_1}\right)^\beta} \quad (4.18)$$

Si riporta che le due formule dipendenti da a ed n non operano in modo corretto quando la durata di interesse è inferiore all'ora; in questo caso occorre utilizzare le formule che utilizzano la curva a tre parametri.

Determinare il valore di K_T , senza porre un determinato limite al di sotto del quale si stabilisce che possa sussistere una condizione di criticità nel nodo idrografico, e si debba effettuare un successivo studio approfondito, non avrebbe utilità. Si definiranno quindi ora gli intervalli di attenzione. Data una probabilità di non superamento di una variabile x , espressa come $F(x)$, è possibile definire il tempo di ritorno, espresso in anni, come nella (4.19), dividendo il valore di T per il numero di osservazioni:

$$T = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (4.19)$$

La funzione $F(x)$ dipende dalla distribuzione di probabilità scelta. Per la regione Sardegna è comunemente usata la relazione GEV (Generalizes Extreme Value), essa ha la seguente formula:

$$F(K_T; k, \mu^*, \sigma^*) = \exp \left\{ - \left[1 + k \left(\frac{K_T - \mu^*}{\sigma^*} \right) \right]^{-\frac{1}{k}} \right\} \quad (4.20)$$

La funzione indicata nella (4.20) è funzione di K_T e dei 3 parametri k , μ^* e σ^* ; essi sono i parametri medi di bacino, estratti da quelli regionali, ottenuti per interpolazione da quelli di stazione; questi ultimi sono:

- μ^* parametro di posizione, $\in (-\infty; +\infty)$;
- σ^* parametro di scala, >0 ;
- k parametro di forma, $\in (-\infty; +\infty)$.

μ^* e σ^* sono parametri adimensionali di scala, calcolati come segue:

$$\mu^* = \frac{\mu}{m} \quad (4.21)$$

$$\sigma^* = \frac{\sigma}{m} \quad (4.22)$$

Il passaggio al valore adimensionale è fondamentale per poter calcolare la media tra i parametri alle diverse durate; il calcolo dei coefficienti è basato sugli L-momenti per ogni durata, sulle misure possedute; occorre calcolare i seguenti parametri:

$$k = -7,8590c - 2,9554c^2 \quad (4.23)$$

Con:

$$c = \frac{2}{3 + \frac{l_3}{l_2}} - \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad (4.24)$$

$$\sigma = \frac{-l_2 k}{(1 - 2^{-k})\Gamma(1 - k)} \quad (4.25)$$

$$\mu = l_1 + \frac{\sigma}{k} [1 - \Gamma(1 - k)] \quad (4.26)$$

Γ è la “funzione gamma”; infine gli L-momenti campionari sono calcolati come combinazione lineare dei momenti di generico ordine, secondo quanto segue:

$$l_1 = a_0 \quad (4.27)$$

$$l_2 = a_0 + 2a_1 \quad (4.28)$$

$$l_3 = a_0 - 6a_1 + 6a_2 \quad (4.29)$$

In formula (4.30) è riportato il momento di ordine 0, mentre nella (4.31) è riportato il generico momento di ordine s , che si riporta per completezza del lavoro.

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.30)$$

$$a_s = \frac{1}{n} \sum_{j=s+1}^n \frac{(n-j)(n-j-1) \dots (n-j-s+1)}{(n-1)(n-2) \dots (n-s)} x_j \quad (4.31)$$

Si sono quindi calcolati i parametri k , μ^* e σ^* per ogni stazione; i valori sono riportati in Allegato 4.3. I coefficienti sono stati poi regionalizzati attraverso l’interpolazione con il metodo IDW.

Successivamente si sono ricercati i valori medi areali di bacino, tagliando il risultato dell’interpolazione sul perimetro di bacino, e visionando i valori medi nel raster risultante. Utilizzando la formula (4.20), inserendo il valore di K_T e i parametri medi del bacino, è possibile calcolare il valore di F per $K_{T,min}$ e $K_{T,max}$. Utilizzando poi la formula (4.19) si può calcolare il tempo di ritorno T associata al K_T . Segue la Tabella 4.9, in cui sono riportati i risultati dell’analisi appena descritta; in caso fosse restituito un numero di anni maggiore a 10000, non presentando alcun rischio e quindi non avendo importanza idrologica, sarà riportato il codice “>10000” .

Nodo	$K_{T,min}$	$K_{T,max}$	k	μ^*	σ^*	$F(K_{T,min})$	$F(K_{T,max})$	$T(K_{T,min})$ [anni]	$T(K_{T,max})$ [anni]
4	24,2	57,6	0,038	0,820	0,285	1	1	">10000"	">10000"
12	1,0	2,1	0,042	0,818	0,289	0,598437	0,984271	2,49	63,58
20	27,1	51,8	0,060	0,807	0,298	1	1	">10000"	">10000"
50	10,2	24,4	0,043	0,816	0,285	1	1	">10000"	">10000"
61	4,8	10,1	0,034	0,819	0,279	0,99999	1	">10000"	">10000"
115	142,0	359,9	0,039	0,815	0,287	1	1	">10000"	">10000"
117	33,6	58,7	0,002	0,825	0,301	1	1	">10000"	">10000"
124	1,4	2,9	0,071	0,793	0,299	0,865166	0,996519	7,42	287,28
128	1,8	4,4	0,074	0,764	0,347	0,933724	0,999537	15,09	2161,96
137	1,7	4,0	0,076	0,744	0,380	0,907745	0,998672	10,84	752,89

Tabella 4. 9: Calcolo dei tempi di ritorno T associati ai $K_{T,min}$ e $K_{T,max}$.

Si è deciso di scegliere come soglia di attenzione per i K_T per il nodo idrografico, quelli che corrispondono ad un tempo di ritorno inferiore ai 200 anni; tale valore di tempo di ritorno, è un buon riferimento per le opere idrauliche di una strada di rilevante importanza, in cui, generalmente, le opere sono progettate per un T compreso tra i 20 e i 200 anni. Nella Tabella 4.9 sono evidenziate in giallo le celle in cui il tempo di ritorno corrispondente ai K_T , è inferiore ai 200 anni; si precisa che è d'obbligo procedere con le dovute analisi anche se solo il $K_{T,min}$ supera l'intervallo di attenzione.

Conclusioni

L'obiettivo del presente lavoro è quello di individuare una metodologia operativa per la valutazione del rischio idrologico in corrispondenza di infrastrutture lineari. La rete stradale sarda è stata utilizzata come caso studio. È stata individuata una metodologia che permettesse la definizione dei fattori di crescita K_T , dovuto al rapporto tra un'altezza di pioggia derivata da un calcolo idraulico sulla sezione di chiusura, attraverso la formula di Chézy, e l'altezza di pioggia ottenuta dalla CPP media areale di bacino, definita dalla curva a tre parametri. Successivamente è stata definita una soglia limite, legata al tempo di ritorno, al di sotto della quale è necessario effettuare uno studio approfondito dove si presuppone possa verificarsi una criticità in seguito ad un evento pluviometrico.

Nei diversi passi di questo studio, più di una volta ci si è scontrati con l'incertezza che presentano i diversi parametri calcolati. L'assunto precedente è stato alla base della scelta di effettuare il calcolo della portata a livello della sezione di chiusura, con un metodo puramente idraulico, confrontando poi con le altezze calcolate con un metodo idrologico, evitando quindi che i due termini del confronto fossero influenzati dalle stesse incertezze. La definizione stessa dei tempi di corrivazione attraverso le formule scelte, di cui non si è riusciti a trovare una correlazione con i parametri geomorfologici dei bacini, ha imposto un cambio di direzione nella stesura del lavoro di tesi, portando ad adottare un modello che permettesse di non portarsi dietro l'informazione relativa all'incertezza, fornendo comunque una risposta ai quesiti relativi alla sicurezza idrologica degli attraversamenti.

I fattori di crescita K_T di quattro dei dieci nodi idrografici studiati cadono all'interno dell'intervallo di attenzione considerato rilevante. Le loro caratteristiche, in termini di parametri geomorfologici di bacino e forma della sezione di chiusura sono molto eterogenee. Inoltre nodi alla chiusura di bacini simili si trovano in condizioni di attenzione differenti; di conseguenza non è possibile legare il rischio idrologico alle proprietà intrinseche del nodo idrografico, ma occorre valutarlo singolarmente. La non linearità dei risultati era attesa, le variabili in gioco sono numerose ed estremamente differenti. Con alcuni semplici accorgimenti è possibile automatizzare il processo e quindi studiare e classificare con rapidità l'esposizione al rischio idrologico di un gran numero di nodi idrografici. Successivamente sarebbe poi possibile determinare una scala delle priorità degli interventi, in funzione dei valori dei fattori di crescita K_T ottenuti.

È stato possibile elaborare un grande numero di dati e ottenere risultati che fino a poco tempo addietro sarebbero stati costruiti con grande difficoltà e molto tempo. Il processo svolto, al momento, non è completamente automatizzabile; diverse sono le fasi in cui l'operatore deve manualmente gestire il comando per evitare che si possano generare errori. Se ad esempio ci si riferisce alla generazione del profilo altimetrico rispetto alla sezione di chiusura, tale operazione, per essere perfetta, richiede la presenza di un operatore. Sarebbe però possibile scavalcare tale ostacolo se si avessero a disposizione

elementi di partenza perfettamente funzionanti. Con un DTM con livello di dettaglio inferiore od uguale ai 5 m, ed uno shape file che contiene l'asse stradale, definito per le sue caratteristiche di posizione, sarebbe possibile generare in automatico tutti i profili altimetrici di interesse; tali profili potrebbero poi essere Riportati in QGis, che con i dovuti accorgimenti potrebbe calcolarne l'area e i lati di un rettangolo equivalente con la stessa estensione. Infine si vuole richiamare una ultima opinione riguardante l'automazione: se si riuscisse a creare un processo completamente meccanizzato, si potrebbero aggiornare annualmente i dataset dei massimi annui pluviometrici e valutare quindi l'evoluzione del processo, facendo si che i risultati siano sempre aggiornati.

I possibili sviluppi e future applicazioni; nel campo della protezione civile e della tutela del cittadino e del territorio, avere a disposizione una mappa che informa in tempo reale in quali nodi idrografici si può creare una criticità, potrebbe aiutare a prevenire danni. Il concetto deve essere legato alle incertezze che il modello si porta dietro; è però chiaro quali siano i costi legati ad un falso allarme, rispetto a quelli che si dovrebbero supportare in caso di disastro per mancato preavviso. Come già detto, il modello elaborato in questa tesi, con i dovuti miglioramenti e accorgimenti, può essere una buona base di partenza per il monitoraggio delle opere, anche in funzione dei cambiamenti climatici. Se, come sostenuto da alcuni autori, ci fosse un trend di aumento degli eventi di breve durata e elevata intensità, allora si potrebbero verificare le risposte delle opere già esistenti e vedere se tali riscontri possano generare soluzioni per la creazione di nuove opere. Infine questa modellazione, con le dovute modifiche, potrebbe essere utilizzata per la scelta di tratti di infrastruttura temporanei, individuando plausibili percorsi dove sussista una minore pericolosità idrologica.

Appendice

Validazione dei massimi a 60 minuti estratti da serie ad alta risoluzione

In questa appendice si illustrerà la procedura adottata per la validazione dei massimi annui estratti da serie digitali ad alta risoluzione. La validazione è stata effettuata confrontando i massimi annui a 60 minuti estratti da tali serie con massimi orari presenti nella banca dati CUBIST. Tale procedura permette di verificare la validità dei dati ricostruiti, per confronto con i dati validati nel database CUBIST. Il primo passo è stato decidere una procedura di comparazione adeguata. Si è cercata una corrispondenza tra le stesse stazioni, suddividendo poi i dati per anno, cercando le corrispondenze. Per gli anni compresi tra il 1987 e il 1995 si sono trovati un certo numero di stazioni in cui è possibile verificare una conformità dei dati, tali gruppi sono riportati nella Tabella A.1:

Anni	N° Stazioni
1987	2
1988	18
1989	28
1990	16
1991	10
1992	32
1993	35
1994	40
1995	35

Tabella A. 1: Numero di stazioni per anno su cui è possibile effettuare un confronto.

Il confronto è stato effettuato in maniera grafica ed in forma tabellare, calcolando la percentuale del coefficiente di rapporto, per avere più chiaro il grado di similitudine tra i dati. Si riportano di seguito il Grafico A.1 che mostra la comparazione per l'anno 1989 ed il Grafico A.2 mostra quella per il 1991.

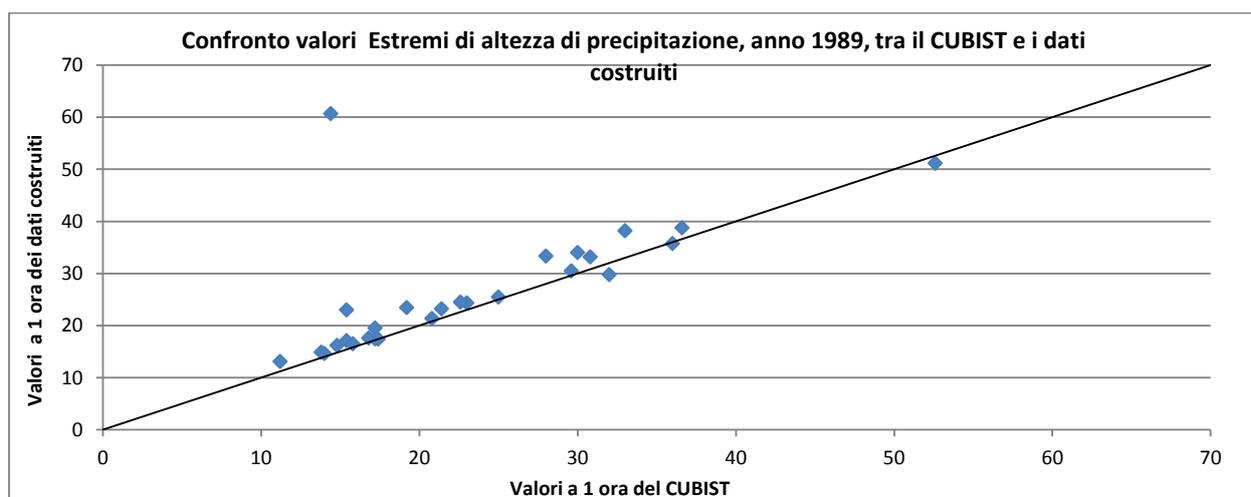


Grafico A. 1: Confronto dei valori di massimo di precipitazione per l'anno 1989, riferiti ad 1 ora.

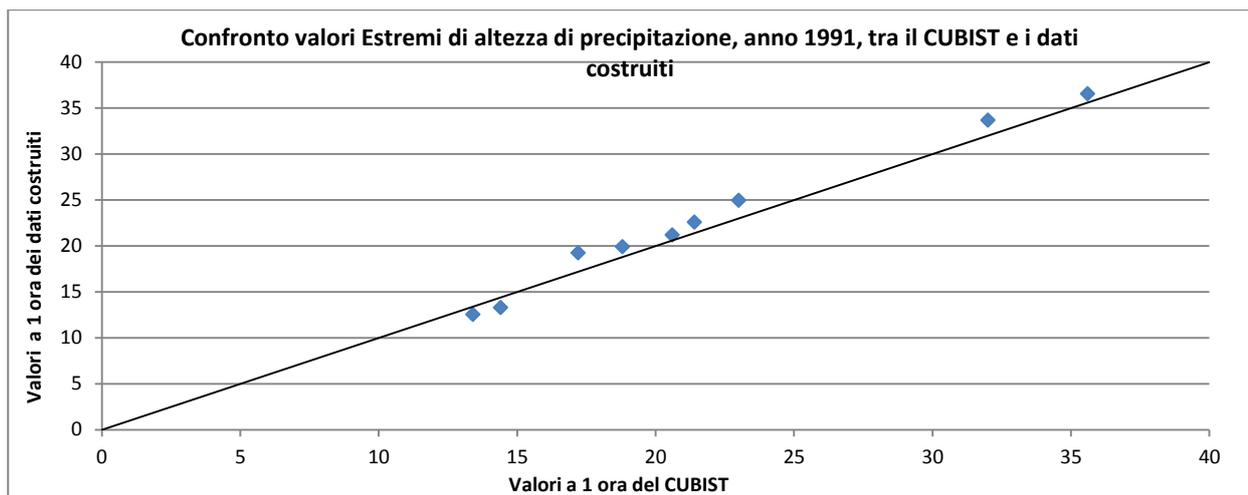


Grafico A. 2: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1991.

La bisettrice mostra il luogo dove dovrebbero cadere tutti i punti, se si avesse una corrispondenza perfetta; più ci si allontana da questa retta più i valori sono discrepanti. Sull'asse delle ascisse abbiamo i dati riferiti a 1 ora estratti dal CUBIST, mentre sull'asse delle ordinate abbiamo i dati ai 60 minuti costruiti come somma mobile partendo dai dati di intensità pluviometrica ai 15 minuti. Con questi grafici è possibile capire anche quale dei due valori sia il più elevato. Ad esempio per il Grafico A.1, il dato molto lontano dalla bisettrice, per lo stesso anno e per la stessa stazione, presenta un valore di circa 15 mm per il CUBIST e uno di circa 60 mm per la costruzione qui eseguita; una differenza di quattro volte. L'altra forma di confronto, di cui si riporta un estratto, viene effettuata calcolando la percentuale del seguente indice, secondo la formula (A.1):

$$\frac{h_{1ora}}{h_{60min}} [\%] \quad (A.1)$$

Dove h_{1ora} sono gli estremi di altezza pluviometrica estratti dal CUBIST e h_{60min} sono i valori estremi di altezza pluviometrica calcolati partendo dai dati di intensità pluviometrica ai 15 minuti. Si riporta di seguito, nella Tabella A.2, il confronto effettuato e l'indice calcolato per gli anni 1989 e 1991:

Anno 1989	COD	% ratio	Anno 1989	COD	% ratio	Anno 1991	COD	% ratio
	1	82%	287		95%	7		57%
	8	98%	290		96%	27		97%
	19	107%	292		95%	53		89%
	27	85%	295		92%	85		95%
	38	100%	301		91%	93		97%
	48	94%	312		84%	180		92%
	53	24%	321		101%	242		95%
	82	97%	332		88%	290		108%
	93	94%	337		93%	297		107%
	106	86%	345		98%	321		94%
	164	92%	354		103%			
	174	92%	371		57%			
	201	88%						
	216	67%						
	235	97%						
	254	90%						

Tabella A. 2: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione, per gli anni 1989 e 1991.

Seguono i grafici relativi ai confronti tra dati di estremi di altezze pluviometriche per gli anni tra il 1987 e il 1995, esclusi quelli già riportati nel precedentemente; dopo i grafici segue la Tabella A.3 contenente, suddivisi per anno, i codici delle stazioni a cui ci si riferisce, i valori medi campionari relativi e sull'ultima colonna il coefficiente di rapporto in percentuale. Si vuole aggiungere aggiunge infine che si ha una buona corrispondenza dei dati, su tutte le serie e sulla maggioranza degli anni; le variazioni, nel caso delle non coincidenze risultano piccole e accettabili; si presentano escluse alcune grosse variazioni, che sul numero complessivo risultano tollerabili. Occorre infine ricordare che per i dati riferiti ad 1 ora, sono stati considerati quelli provenienti dal CUBIST, in quanto presentano ufficialità, caratteristica assente per quanto riguarda invece quelli costruiti.

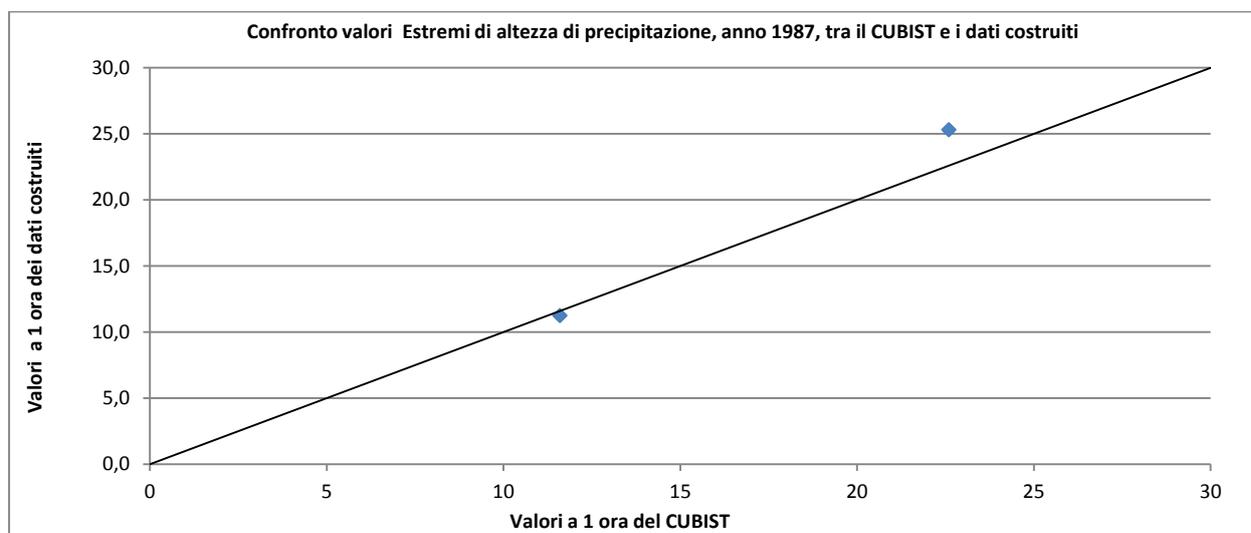


Grafico A. 3: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1987.

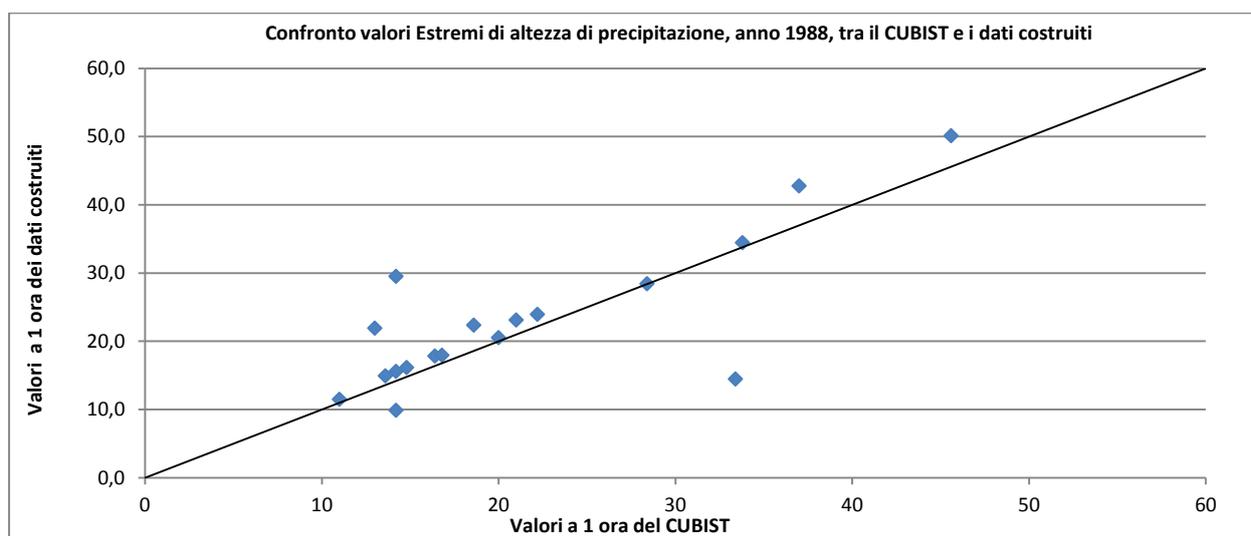


Grafico A. 4: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1988.

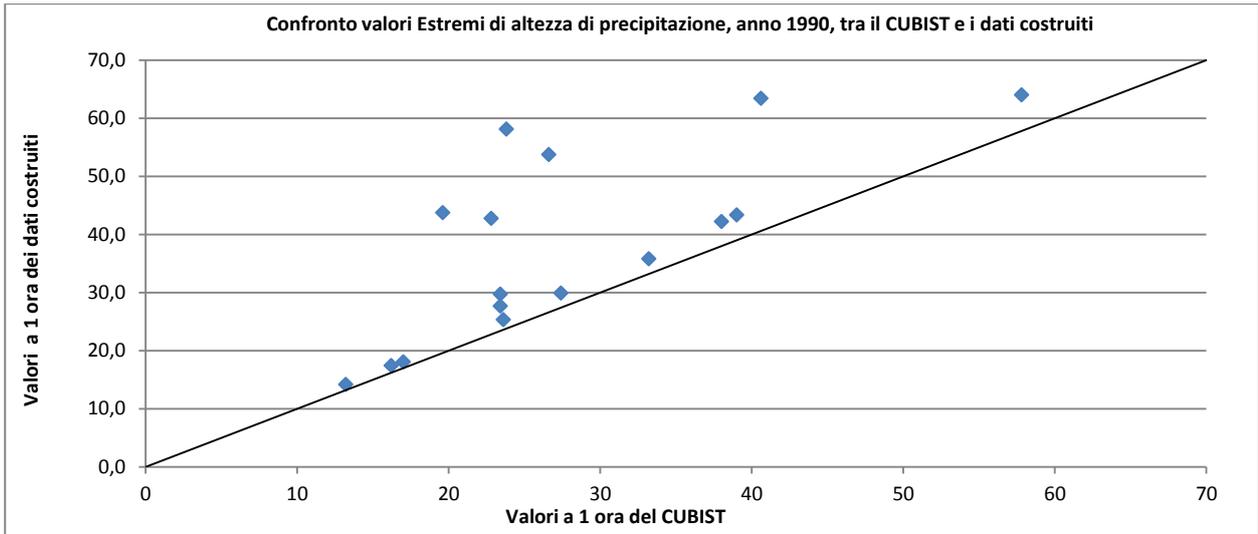


Grafico A. 5: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1990.

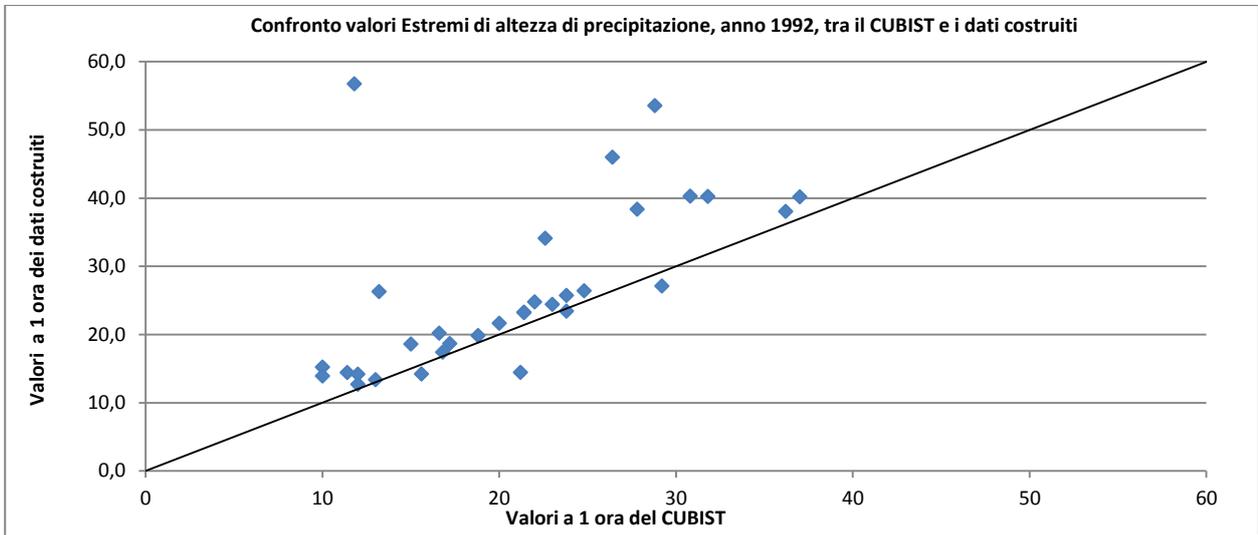


Grafico A. 6: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1992.

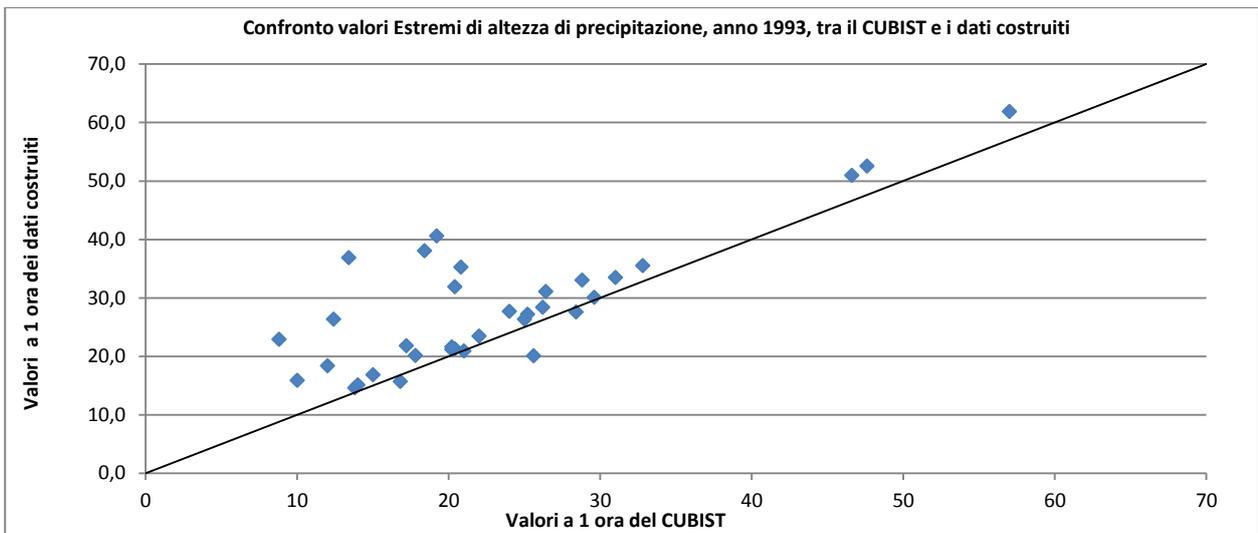


Grafico A. 7: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1993.

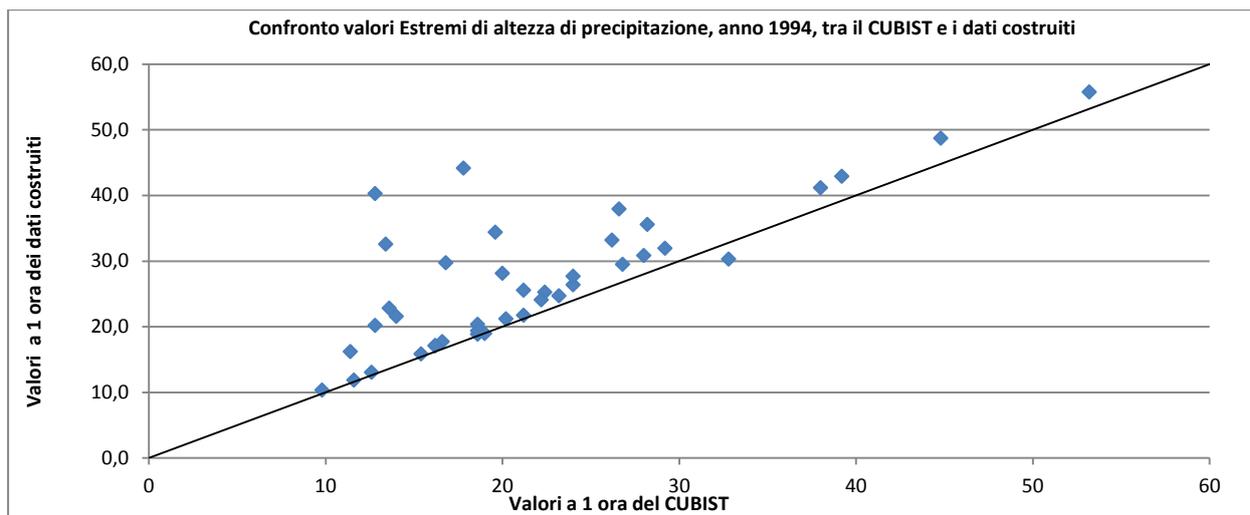


Grafico A. 8: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1994.

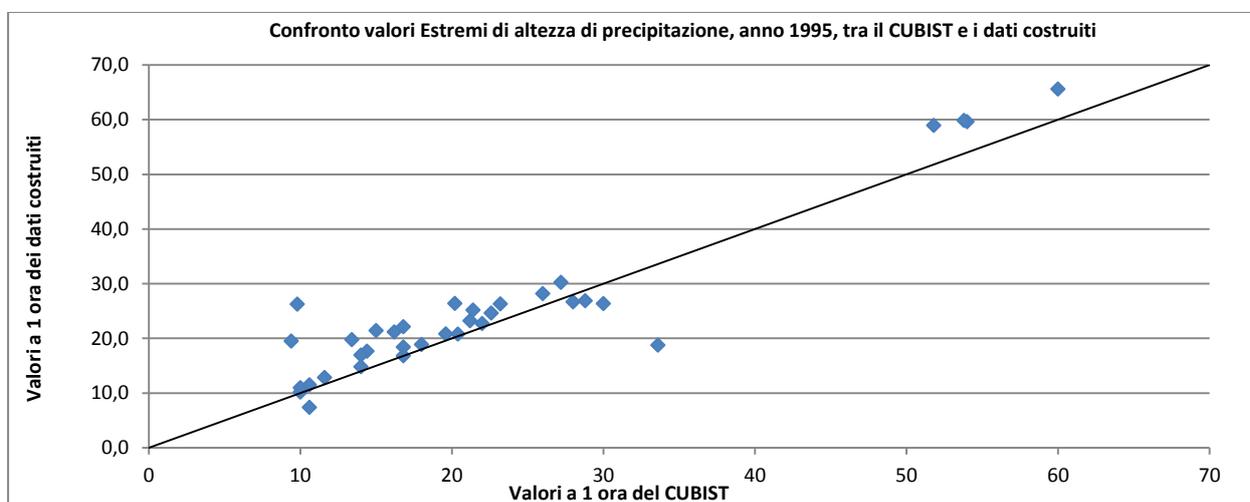


Grafico A. 9: Confronto dei valori di Estremi di precipitazione per l'anno 1995.

1987	COD	h_{60min}	COD	h_{1ora}	% ratio
	38	25,3	38	22,6	89%
	397	11,3	397	11,6	103%

Tabella A. 3: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1987.

1988	COD	h_{60min}	COD	h_{1ora}	% ratio
	7	42,8	7	37	87%
	8	21,9	8	13	59%
	38	14,9	38	13,6	91%
	53	14,5	53	33,4	231%
	82	16,2	82	14,8	92%
	85	22,4	85	18,6	83%
	93	9,9	93	14,2	144%
	110	17,8	110	16,4	92%
	164	29,5	164	14,2	48%
	201	20,5	201	20	97%
	241	15,6	241	14,2	91%
	254	11,5	254	11	96%
	295	50,1	295	45,6	91%
	319	34,5	319	33,8	98%
	332	23,9	332	22,2	93%
	337	23,1	337	21	91%
	354	18	354	16,8	94%
	371	28,4	371	28,4	100%

Tabella A. 4: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1988.

1990	COD	h _{60min}	COD	h _{1ora}	% ratio
	7	42,8	7	22,8	53%
	19	29,7	19	23,4	79%
	27	64	27	57,8	90%
	48	63,4	48	40,6	64%
	53	43,8	53	19,6	45%
	82	18,1	82	17	94%
	85	14,2	85	13,2	93%
	93	43,4	93	39	90%
	180	58,2	180	23,8	41%
	242	42,2	242	38	90%
	254	25,3	254	23,6	93%
	290	29,9	290	27,4	92%
	312	17,4	312	16,2	93%
	321	35,8	321	33,2	93%
	363	53,8	363	26,6	49%
	387	27,7	387	23,4	84%

Tabella A. 5: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1990.

1992	COD	h _{60min}	COD	h _{1ora}	% ratio
	7	25,7	7	23,8	93%
	8	26,3	8	13,2	50%
	27	40,2	27	37	92%
	35	26,4	35	24,8	94%
	53	15,2	53	10	66%
	63	20,2	63	16,6	82%
	67	46	67	26,4	57%
	85	53,6	85	28,8	54%
	93	14,4	93	21,2	147%
	110	18,6	110	15	81%
	114	23,3	114	21,4	92%
	129	17,4	129	16,8	97%
	164	34,1	164	22,6	66%
	180	14,2	180	15,6	110%
	201	23,2	201	21,4	92%
	206	13,9	206	10	72%
	209	24,4	209	23	94%
	224	13,4	224	13	97%
	227	38,4	227	27,8	72%
	235	40,3	235	30,8	76%
	242	12,7	242	12	94%
	254	14,4	254	11,4	79%
	290	21,6	290	20	92%
	297	24,8	297	22	89%
	301	40,2	301	31,8	79%
	312	19,8	312	18,8	95%
	354	23,4	354	23,8	102%
	355	27,1	355	29,2	108%
	363	56,7	363	11,8	21%
	384	18,7	384	17,2	92%
	387	14,2	387	12	85%
	397	38	397	36,2	95%

Tabella A. 6: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1992.

1993	COD	h _{60min}	COD	h _{1ora}	% ratio
	7	33	7	28,8	87%
	8	14,6	8	13,8	94%
	14	15,1	14	14	93%
	19	95,4	19	80	84%
	48	21,3	48	20,4	96%
	53	52,5	53	47,6	91%
	63	22,9	63	8,8	38%
	67	30,1	67	29,6	98%
	82	20,1	82	25,6	127%
	85	27,7	85	24	87%
	93	36,9	93	13,4	36%
	114	23,5	114	22	94%
	129	27,2	129	25,2	93%
	164	40,6	164	19,2	47%
	180	51	180	46,6	91%
	201	21,8	201	17,2	79%

1993	COD	h_{60min}	COD	h_{1ora}	% ratio
	206	15,7	206	16,8	107%
	209	27,6	209	28,4	103%
	216	33,5	216	31	93%
	224	35,3	224	20,8	59%
	227	15,9	227	10	63%
	235	38,1	235	18,4	48%
	241	20,9	241	21	100%
	242	21,2	242	20,2	95%
	287	26,4	287	12,4	47%
	290	21,6	290	20,2	93%
	312	20,2	312	17,8	88%
	321	31,9	321	20,4	64%
	332	35,5	332	32,8	92%
	355	28,4	355	26,2	92%
	363	18,4	363	12	65%
	374	61,9	374	57	92%
	383	26,3	383	25	95%
	384	31,1	384	26,4	85%
	397	16,8	397	15	89%

Tabella A. 7: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1993.

1994	COD	h_{60min}	COD	h_{1ora}	% ratio
	7	22,8	7	13,6	60%
	14	20,4	14	18,6	91%
	19	44,2	19	17,8	40%
	27	33,2	27	26,2	79%
	35	26,4	35	24	91%
	48	37,9	48	26,6	70%
	63	32	63	29,2	91%
	67	32,6	67	13,4	41%
	82	16,2	82	11,4	70%
	93	29,7	93	16,8	56%
	102	48,7	102	44,8	92%
	110	40,3	110	12,8	32%
	114	15,9	114	15,4	97%
	144	29,5	144	26,8	91%
	153	18,9	153	18,6	99%
	164	13,1	164	12,6	96%
	180	41,2	180	38	92%
	201	25,3	201	22,4	89%
	216	19,4	216	18,6	96%
	227	35,6	227	28,2	79%
	235	21,2	235	20,2	95%
	241	20,2	241	12,8	63%
	242	11,9	242	11,6	98%
	254	24,1	254	22,2	92%
	265	21,8	265	21,2	97%
	287	17,7	287	16,6	94%
	290	24,7	290	23,2	94%
	292	17,1	292	16,2	95%
	295	17,1	295	16,2	95%
	301	42,9	301	39,2	91%
	312	30,3	312	32,8	108%
	321	34,4	321	19,6	57%
	332	27,7	332	24	87%
	337	25,6	337	21,2	83%
	354	21,6	354	14	65%
	355	55,8	355	53,2	95%
	363	30,9	363	28	91%
	371	28,1	371	20	71%
	387	10,3	387	9,8	95%
	397	19	397	19	100%

Tabella A. 8: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1994.

1995	COD	h_{60min}	COD	h_{1ora}	% ratio
	7	10,2	7	10	98%
	8	26,3	8	9,8	37%
	14	7,4	14	10,6	143%
	19	26,7	19	28	105%
	27	20,8	27	19,6	94%
	38	11	38	10	91%

1995	COD	h_{60min}	COD	h_{1ora}	% ratio	
		53	18,8	53	33,6	179%
		63	23,2	63	21,2	91%
		85	12,9	85	11,6	90%
		93	17,7	93	14,4	81%
		114	28,2	114	26	92%
		144	21,2	144	16,2	76%
		153	18,9	153	18	95%
		164	19,8	164	13,4	68%
		174	17	174	14	83%
		180	30,3	180	27,2	90%
		206	14,8	206	14	94%
		209	21,4	209	15	70%
		224	11,5	224	10,6	92%
		227	22,7	227	22	97%
		235	20,8	235	20,4	98%
		241	19,5	241	9,4	48%
		242	59,6	242	54	91%
		254	18,4	254	16,8	91%
		265	16,8	265	16,8	100%
		292	65,6	292	60	91%
		312	22,1	312	16,8	76%
		332	26,4	332	30	114%
		337	26,9	337	28,8	107%
		354	59,9	354	53,8	90%
		355	59	355	51,8	88%
		363	24,6	363	22,6	92%
		383	26,4	383	20,2	76%
		384	26,3	384	23,2	88%
		387	25,2	387	21,4	85%

Tabella A. 9: Raccolta degli indici di confronto tra estremi di precipitazione per l'anno 1995.

Bibliografia

Arpa Piemonte. 2013. *Le precipitazioni intense in Piemonte*. Torino : s.n., 2013.

Claps, P., Barberis, C., Agostino, M. D., Gallo, E., Laguardia, G., Laio, F., Miotto, F., Plebani, F., Vezzù, G., Viglione, A, Zanetta, M. 2008. *Development of an Information System of the Italian basins for the CUBIST project*. EGU General Assembly 2008 : s.n., 2008.

Da Deppo, Luigi e Datei, Claudio. 1994. *Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali*. Cosenza : Editoriale Bios, 1994.

Ferro, V. 2006. *La sistemazione bei bacini idrografici*. s.l. : McGraw-Hill, 2006.

Maione, Ugo e Moisello, Ugo. 1993. *Elementi di statistica per l'idrologia*. Pavia : La Goliardica Pavese, 1993.

Maione, Ugo. 1995. *Le piene fluviali*. s.l. : La Goliardica Pavese, 1995.

Puglisi, S. 1977. *Carattere degli interventi di sistemazione idraulico-fluviale*. [aut. libro] U. Suggelli, A. Puglisi, S. Bagnaresi. *La sistemazione del suolo nei territori montani*. s.l. : Edagricole, 1977.

Rodriguez-Iturbe, Ignacio, Guapta, Vijay K. e Waymire, Ed. 1984. *Scale consideration in the modeling of temporal rainfall*. 1984.

Allegati

Allegato 2.1: Anagrafica completa delle stazioni di rilevamento

COD	NOME	EST	NORD	COD	NOME	EST	NORD
1	Sarcidano (Colonia Penale)	1512420	4406680	90	Pabillonis	1475960	4382700
2	Is Acquas (Sarcidano)	1509808	4401338	92	Villa Verde - Bannari	1484710	4405080
3	Isili	1509150	4398900	93	Ales F.C.	1484720	4401710
4	Gergei	1508670	4394450	94	Baradili F.C.	1491190	4396630
6	Villamar F.C.	1496580	4385380	95	Mogoro	1481050	4392620
7	Lunamatrona F.C.	1491220	4389070	96	Uras FF.SS.	1474540	4394430
8	Mandas F.C.	1511240	4390110	99	Arborea	1464300	4402175
9	Segariu	1498560	4379260	100	Marrubiu (C.ra)	1471000	4402420
12	Sanluri FF.SS.	1487120	4375310	101	Km.82	1469700	4405650
14	Sanluri (O.N.C.)	1487120	4375310	102	S.Anna-Oristano	1468140	4409400
15	Monti Mannu (Caserma)	1471070	4360720	103	S.Giusta	1466560	4413930
16	Villacidro F.C.	1477850	4368200	104	Sassu Idrovora	1463750	4408500
19	Nuraminis	1501180	4365910	105	Oristano FF.SS.	1466090	4417020
20	Villasor FF.SS.	1495140	4359100	106	Sos Canales (C.M.)	1526600	4489250
24	Vallermosa	1482420	4357110	107	Osidda F.C.	1514310	4486300
25	Gesico F.C.	1511100	4383500	108	S.Giovanni- Bitti (C.ra)	1529150	4483050
26	Guasila	1504030	4379180	110	Benetutti	1514420	4478240
27	Senorbi F.C.	1511560	4375730	111	Bottida F.C.	1501060	4470690
28	Planusanguni (C.ra)	1521300	4370850	113	Illorai	1499980	4466930
29	Planusanguni (Col. Mont.)	1521450	4370500	114	Rifornitore Tirso	1502860	4463940
30	S.Andrea Frius	1514530	4369910	118	Orani	1515400	4455620
31	Barrali	1508488	4370560	120	Ottana	1503670	4453830
32	Donori F.C.	1510340	4364280	121	Macomer	1480690	4457680
35	Decimomannu (Viv.Forest.)	1497500	4349950	123	Borore	1484110	4452360
38	Iglesias	1460250	4351290	124	Silanus	1489960	4460020
42	S.Giovanni (Domusnovas)	1467790	4354270	126	Noragugume	1493180	4452820
43	Villamassargia	1468980	4347460	129	Fonni	1521730	4440790
45	Siliqua FF.SS.	1483390	4350230	130	Pratobello (C.M.)	1526800	4444000
48	Capoterra	1497500	4336180	131	Govossai-Diga (C.M.)	1524500	4443900
50	Is Cannoneris (Caserma)	1487300	4320690	132	Gavoi	1516470	4445440
51	Piscinamanna (Caserma)	1493050	4315920	134	Tiana	1512700	4435330
53	Pula	1500250	4317950	137	Rio Torrei (Cassa Mezz.)	1517100	4434300
55	Domus de Maria	1488230	4310610	138	Sedilo	1493160	4447100
57	Teulada	1480350	4313450	143	S.Chiera d'Ula	1488890	4433520
58	S.Anna Arresi	1468930	4317440	144	Busachi	1491190	4431390
59	Porto Pino	1465360	4313280	146	Desulo	1519640	4429420
60	Pantaleo	1482550	4326820	147	Tonara	1514980	4430740
62	Terracciu (C.M.)	1481400	4338250	148	Cossatzu (C.ra)	1515440	4421450
63	Campanasissa (C.ra)	1480724	4339679	151	Sorgono F.C.	1508980	4430790
64	Flumini Adamu (C.M.)	1480700	4335600	153	Meanasardo	1506260	4421700
65	Bau Pressiu (C.M.)	1479900	4338000	154	Austis	1507650	4435710
66	Rosas (M.ra)	1475480	4339810	156	Ortuabis F.C.	1509450	4415310
67	Narcao	1472000	4335550	158	Santa Sofia	1511350	4413050
70	Terraseu	1467690	4339510	159	Laconi F.C.	1504360	4411820
71	Palmas Suergiu	1461780	4324540	160	Genoni	1500700	4404880
72	S.Antioco	1453100	4324210	163	Samugheo	1494990	4421990
74	Carloforte	1440600	4332260	164	Allai	1488480	4423060
75	Bacu Abis (Flumentepido)	1455280	4337780	166	Abbasanta	1484600	4441710
82	Fluminimaggiore	1456910	4365400	167	Paulilatino	1479880	4437020
85	Gonnosfanadiga	1470950	4371530	169	Mogorella	1487930	4412870
88	S.Gavino FF.SS.	1482020	4377920	170	Santa Vittoria	1477600	4424100
89	Sardara	1484550	4385190	171	Simaxis	1473530	4420110

COD	NOME	EST	NORD	COD	NOME	EST	NORD
172	Riola	1460780	4427470	262	S.Teresa Gallura	1515900	4565590
174	Santulussurgiu	1470430	4443630	263	Curadoreddu (C.ra)	1510750	4523700
175	Seneghe	1467010	4436810	264	Val Licciola (Caserma)	1512900	4522150
176	Bauladu	1472060	4430010	265	Tempio	1508800	4528050
178	Tega (C.ra)	1459600	4445000	266	Aggius	1505450	4530900
179	Tresnuraghes F.C.	1459590	4456380	267	Padulo (C.ra)	1508000	4533000
180	Cuglieri	1463250	4448970	268	Calangianus	1516300	4530200
181	Villanova Monteleone	1455410	4483660	269	S.Antonio C.-Diga	1525300	4537950
184	Pozzomaggiore	1471150	4472100	271	Luogosanto	1517210	4544530
186	Montresta	1457600	4469500	272	Bassacutena (C.ra)	1521970	4550980
187	Campeda	1481760	4464130	273	Palau	1532150	4558990
189	Bonorva	1480400	4474260	276	La Maddalena	1533800	4562350
191	Sindia F.C.	1470820	4460930	277	S.Pantaleo	1539320	4544110
192	Bosa	1457600	4460950	281	Olbia	1542780	4530430
194	Bosa Marina	1455500	4460000	282	Putzolu (C.ra)	1534000	4528900
196	Alghero	1441800	4490000	283	Telti	1529600	4525100
197	Ittiri	1463550	4493880	285	Taroni (C.ra)	1525000	4527100
198	Putifigari	1454400	4490370	287	Padru	1544040	4512960
199	Rudas (C.ra)	1447690	4495810	288	Murta Maria (C.ra)	1549390	4526810
200	Olmedo F.C.	1447400	4500210	289	Monte Petrosu (C.ra)	1555080	4521490
201	Fertilia	1439500	4493900	290	Budoni (C.ra)	1559000	4506850
204	Argentiera (M.ra)	1428100	4510140	292	Alà dei Sardi	1527880	4500030
206	Stintino	1435050	4532110	293	Mamone (Colonia Penale)	1535700	4491300
208	Thiesi	1476220	4486080	295	Lula	1541340	4480090
209	Bidighinzu-Diga (C.M.)	1471450	4489700	297	Lodè	1545690	4493540
210	Planu (C.ra)	1469550	4491110	298	Torpè	1557250	4497660
212	Uri	1457000	4498470	300	S.Lucia (C.ra)	1565570	4491810
215	Cargeghe	1467410	4502110	301	Montes (Caserma)	1533650	4441550
216	Osilo	1472280	4510430	303	Orgosolo	1530150	4450530
217	Bunnari	1467850	4507550	304	Mamoiada	1524260	4451510
218	Sassari R.U.	1462430	4508040	306	Oliena	1534410	4458410
221	Macciadosa (C.ra)	1449610	4509010	311	Dorgali	1550110	4460210
224	Porto Torres	1449670	4520660	312	Nuoro	1527280	4463370
226	S.Giovanni Coghinas(C.ra)	1479510	4525780	313	Orune	1531210	4473000
227	S.Lucia di Bonorva (C.ra)	1486620	4474710	314	Cedrino Centrale (Privata)	1548500	4467050
228	Torralba FF.SS.	1479860	4485000	315	Galtelli	1552230	4470950
230	Bonorva (D.A.C.)	1480150	4475000	317	Orosei	1559260	4470230
232	Ittireddu	1491900	4488350	318	Cala Gonone	1554100	4459500
233	Ardara	1484670	4498070	319	Genna Silana (C.ra)	1543280	4445540
234	Chilivani (Cabina)	1492190	4495990	321	Talana	1542410	4432450
235	Ozieri	1500330	4492640	323	Baunei (C.ra)	1556780	4431300
236	Fraigas (C.ra)	1499150	4497570	327	Sa Teula (centrale)	1546150	4423700
238	Planu Ladu (C.ra)	1495020	4503820	328	Tortoli	1556270	4419850
241	Oschiri	1508450	4507600	329	Arzana	1545170	4418760
242	Monti	1527500	4517200	330	Lanusei F.C.	1545990	4414520
244	Zuighe (C.ra)	1531000	4511900	331	Barisardo	1555070	4410470
245	Mazzinaiu (C.ra)	1531420	4506600	332	Ierzu F.C.	1543830	4406090
246	Buddusò	1521990	4491960	333	Genna Crexia (C.ra)	1547380	4403890
251	Muzzone (Diga)	1502200	4515700	335	Tertenia	1549370	4394410
252	Coghinas (C.ra)	1495990	4523570	337	Perdasdefogu	1537830	4392560
254	Martis	1483960	4514280	338	Rio De Pardia	1545900	4377500
255	Sedini	1484630	4522240	339	S.Barbara (C.ra)	1551220	4374700
256	Perfugas	1490370	4519860	341	Sicca d'erba (C.ra)	1542310	4417140
257	S.Maria Coghinas (C.ra)	1490590	4528880	342	Bau de Muggeris	1536450	4422750
260	S.Francesco d'Aglientu	1509510	4547450	345	Pira de Onni (C.ra)	1534440	4429720

COD	NOME	EST	NORD
353	Villanovatulo F.C.	1518320	4401430
354	Nurri F.C.	1519700	4396860
355	Seui F.C.	1527940	4409760
356	Arqueri (C.ra)	1531420	4407820
357	Ussassai	1533750	4406900
358	Sadali F.C.	1523090	4407320
362	Goni	1524600	4380900
363	Ballao	1530980	4377850
364	Gairo Taquisara F.C.	1539810	4411970
366	Escalaplano	1529870	4386130
367	S.Nicolò Gerrei	1526170	4372100
368	Villasalto	1533670	4371510
369	Armungia	1532550	4374880
371	Muravera	1548490	4364000
373	Tuviois (M.ra)	1527540	4360320
374	Campuomu (Caserma)	1535980	4346850
376	Monte Acuto (C.ra)	1541100	4355950
377	Castiadas (Colonia Penale)	1542920	4343130
380	Villasimius	1544930	4332830
383	Corongiu (Acquedotto)	1524230	4351320
384	Sa Pira (Caserma)	1516090	4351160
386	Cagliari (R.U.)	1510000	4341200
387	Cagliari S.I. (V. Gallura)	1510370	4340500
388	Cagliari (Marina)	1510050	4340300
390	Cagliari (Ist.Idraulica)	1509500	4342150
391	Dolianova F.C.	1514480	4358610
393	Sestu (C.ra)	1505730	4349690
395	Suaresda	1555500	4514850
396	Nuxis	1477500	4334000
397	Sassari (Oss. Eco.)	1465740	4507270
398	Bacu Abis	1454000	4343800
399	Cuili Seu	1540700	4351200
400	Flumini di Quartu	1524400	4343300
401	La Corte	1439500	4509600
402	Monti Nieddu	1491700	4328100
403	Nebida	1451500	4352300
404	Pranu Antoni (Diga)	1487000	4427700
405	Romana	1466300	4482000
406	Valledoria	1485290	4531010
407	Arzachena	1531210	4547940
408	Putzuidu	1449500	4430850
410	S L.di Capoterra	1494955	4339244
412	S M Neapolis	1461587	4393155
416	Benzone	1504531	4443884
420	Pattada (Diga)	1512870	4493370
422	Paduledda	1491390	4538551
425	Golfo Aranci	1548642	4538445
434	San Priamo	1548163	4356679
437	Cagliari S.I. (S. Gilla)	1508023	4342500
438	San Giovanni Suergiu	1458800	4329000
348	Funtana Raminosa (M.ra)	1514450	4414600
349	Taccu Zippiri	1515200	4413050
351	Seulo	1520160	4413430
352	Esterzili F.C.	1521870	4404360

Tabella 2. 14: Anagrafica completa delle stazioni di misura utilizzate nello studio per la regione Sardegna.

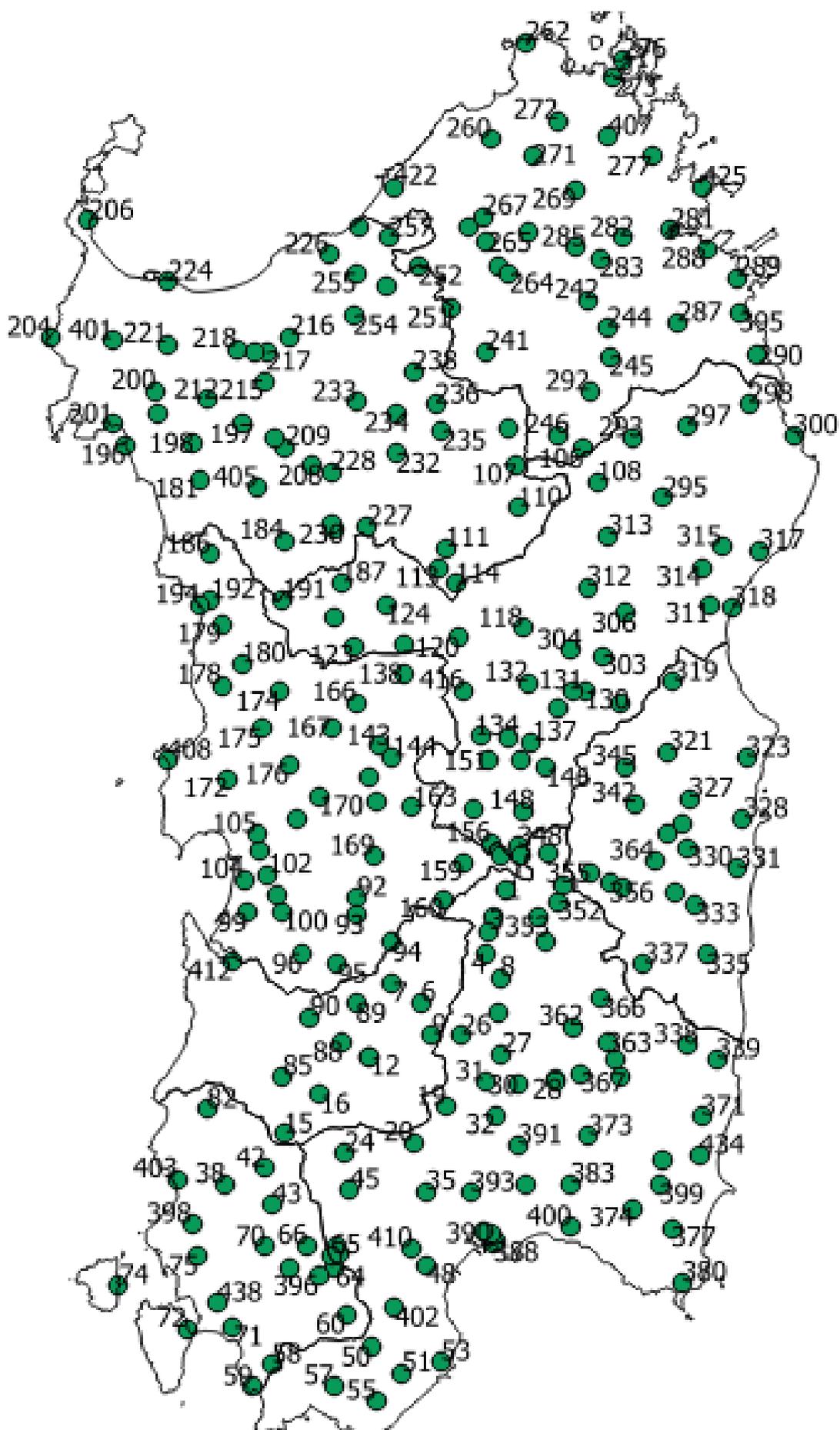


Immagine 2. 11: Rappresentazione spaziale delle Stazioni di misura, con il codice identificativo.

Allegato 2.2: Grafici della disponibilità dei dati di massimi pluviometrici, dagli Annali Idrologici, per la durate pari a 5, 20, 30, 40, 45 e 50 minuti

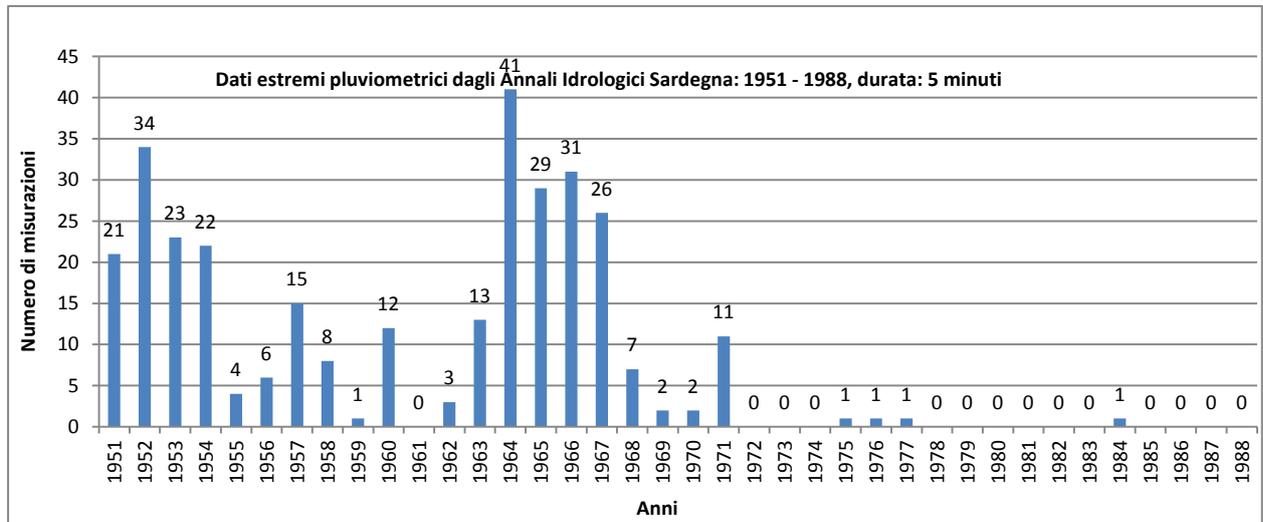


Grafico 2. 23: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 5 minuti.

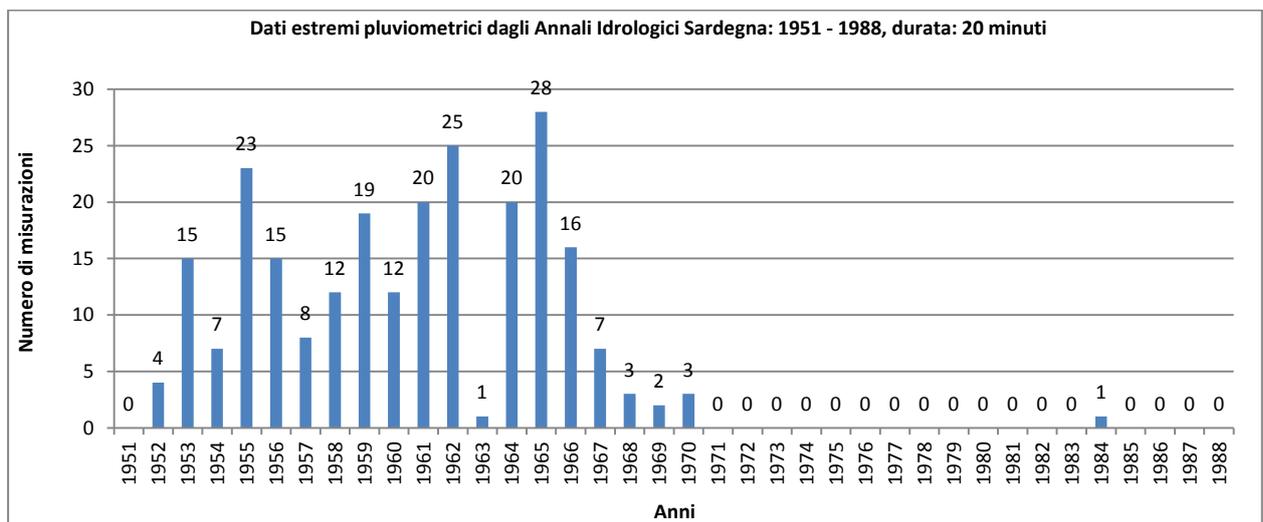


Grafico 2. 24: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 20 minuti.

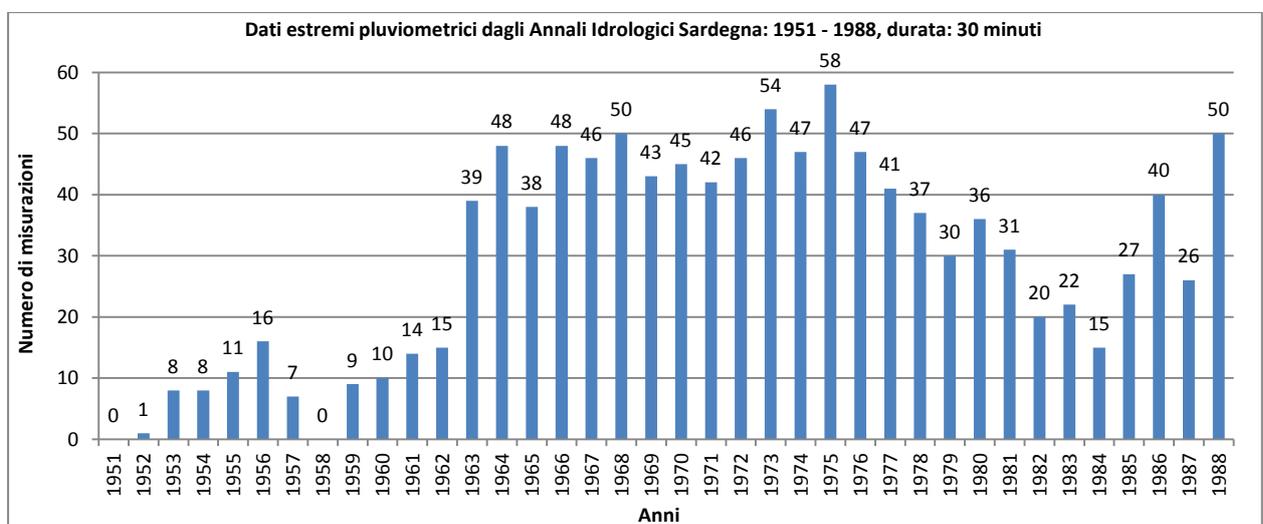


Grafico 2. 25: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 30 minuti.

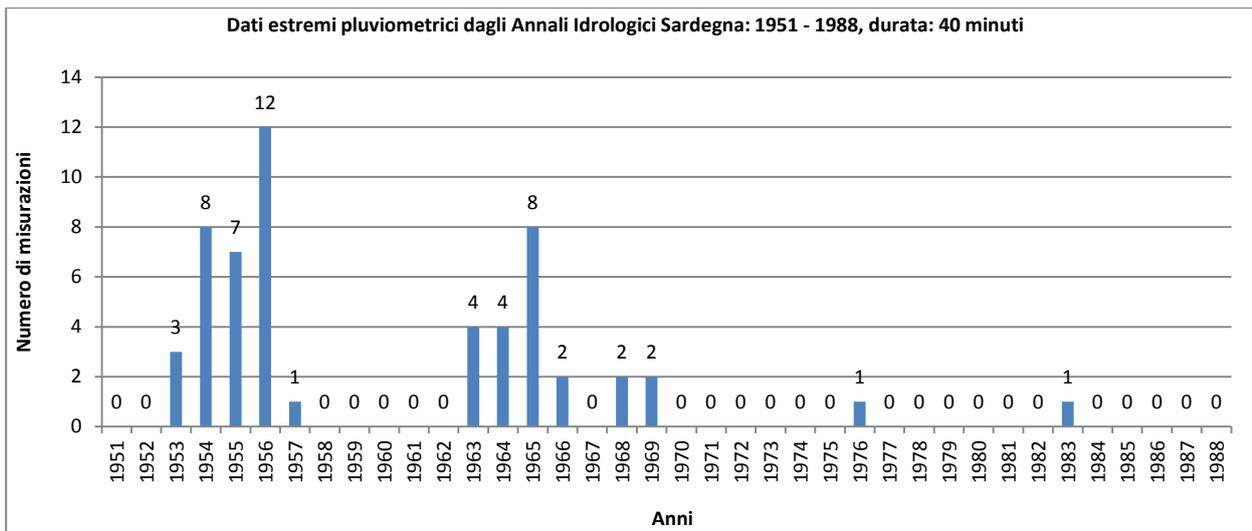


Grafico 2. 26: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 40 minuti.

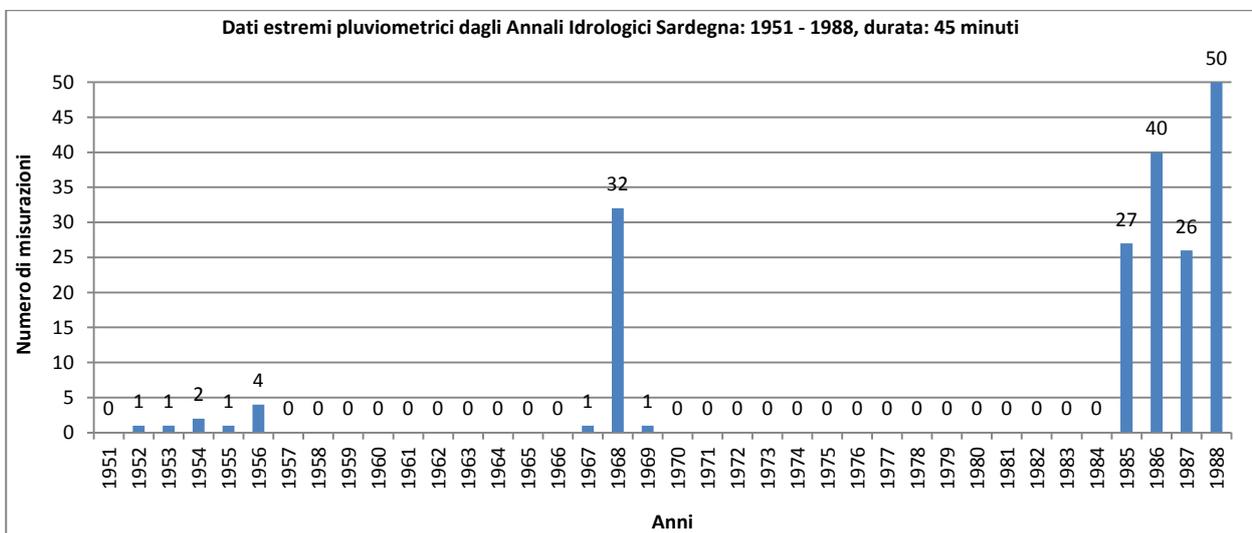


Grafico 2. 27: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 45 minuti.

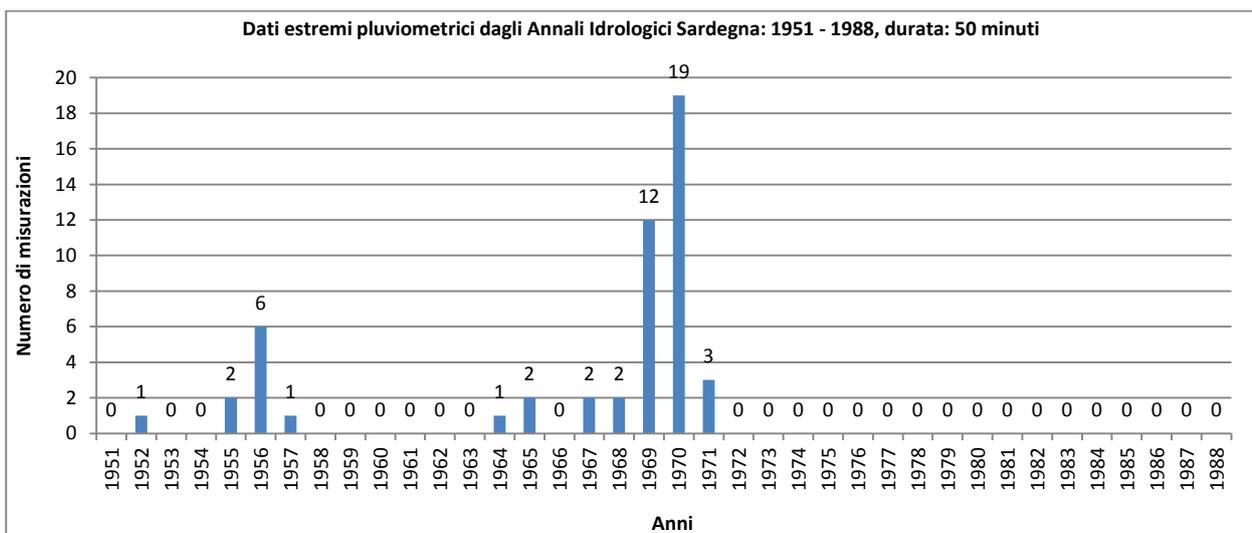


Grafico 2. 28: Disponibilità dati dei massimi di precipitazione per una durata pari a 50 minuti.

Allegato 2.3: Grafici delle consistenze e delle frequenze per stazione e per anno per le durate pari a 5, 10, 20, 40 e 50 minuti.

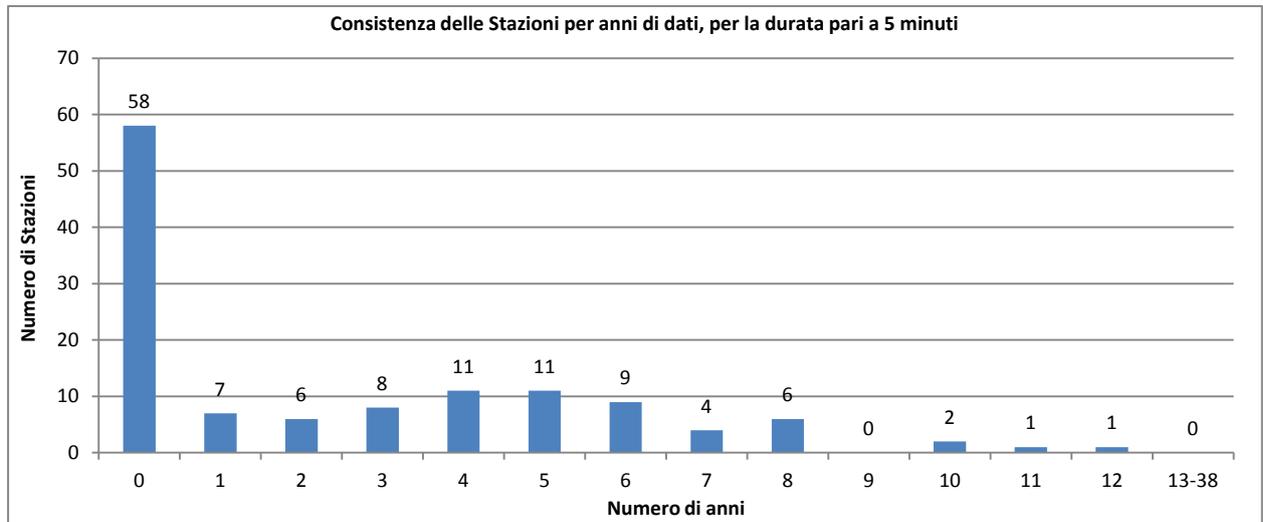


Grafico 2. 29: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 5 minuti.

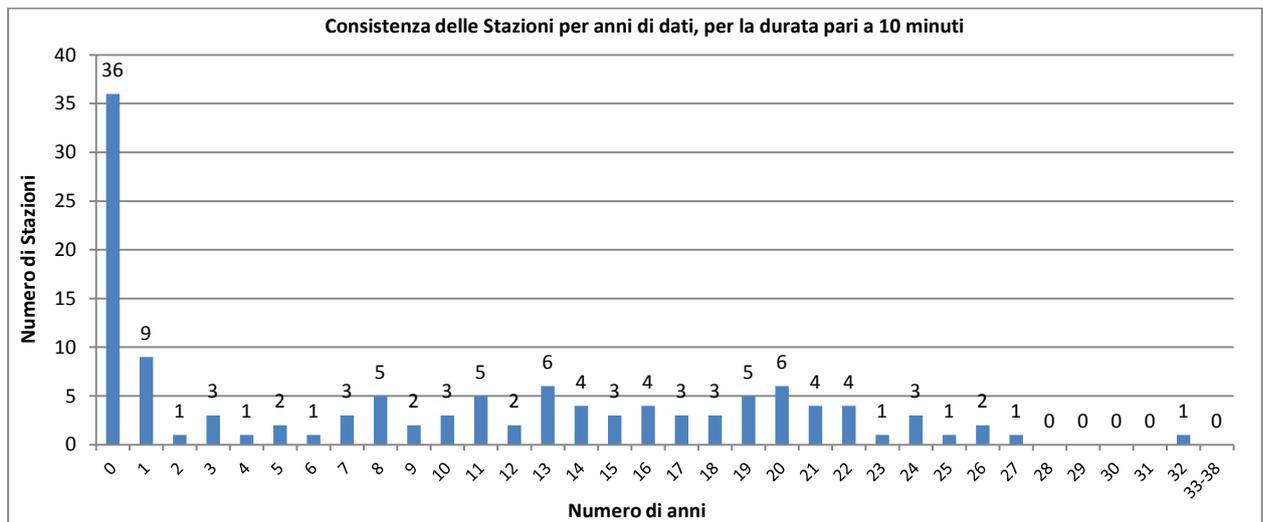


Grafico 2. 30: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 10 minuti.

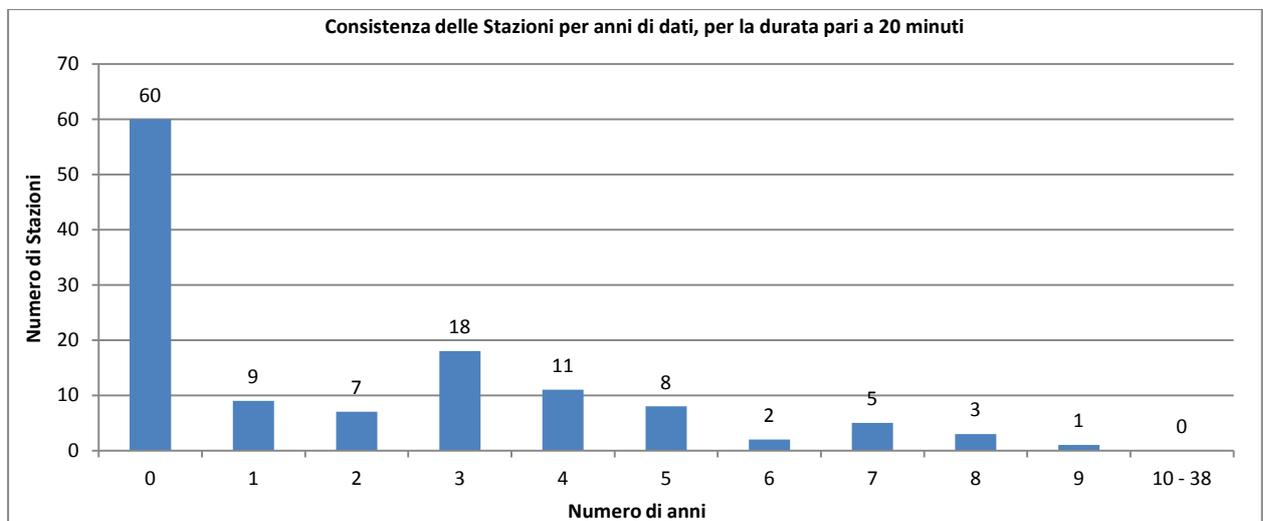


Grafico 2. 31: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 20 minuti.

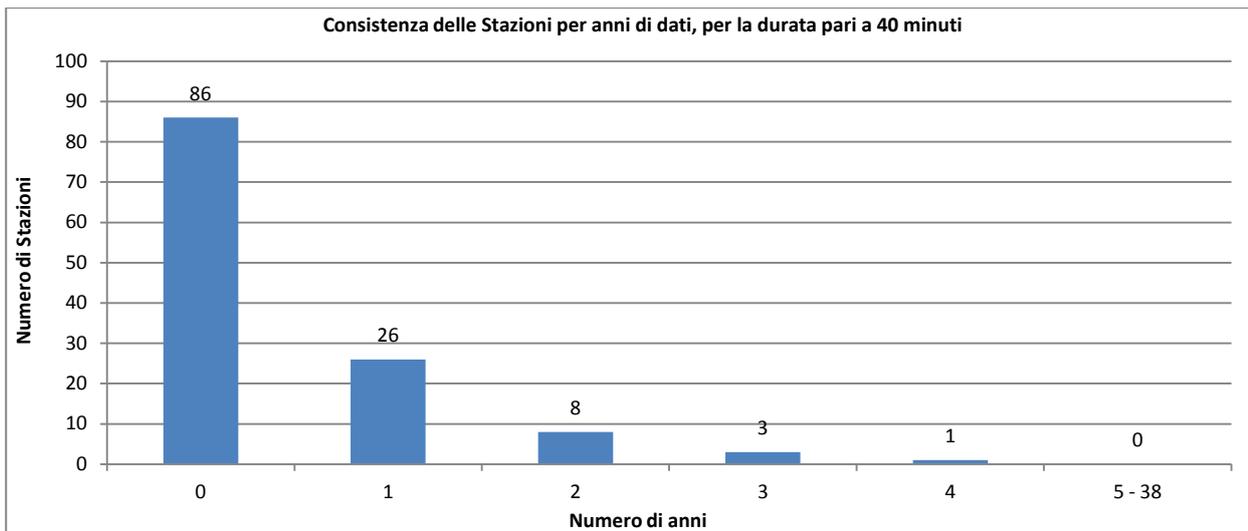


Grafico 2. 32: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 40 minuti.

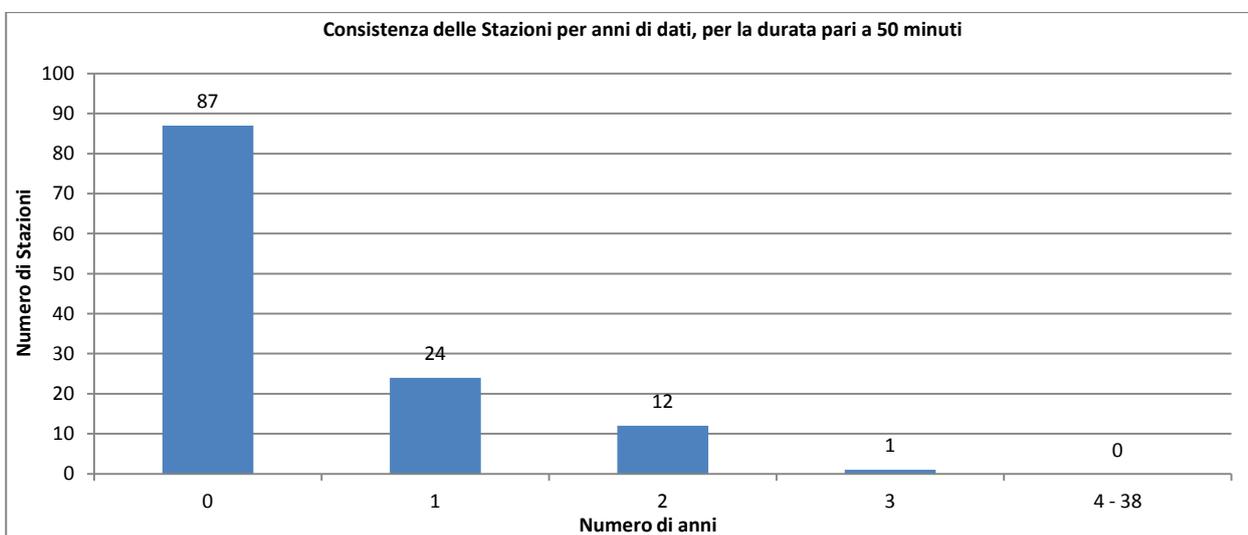


Grafico 2. 33: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, riferito alle durate di 50 minuti.

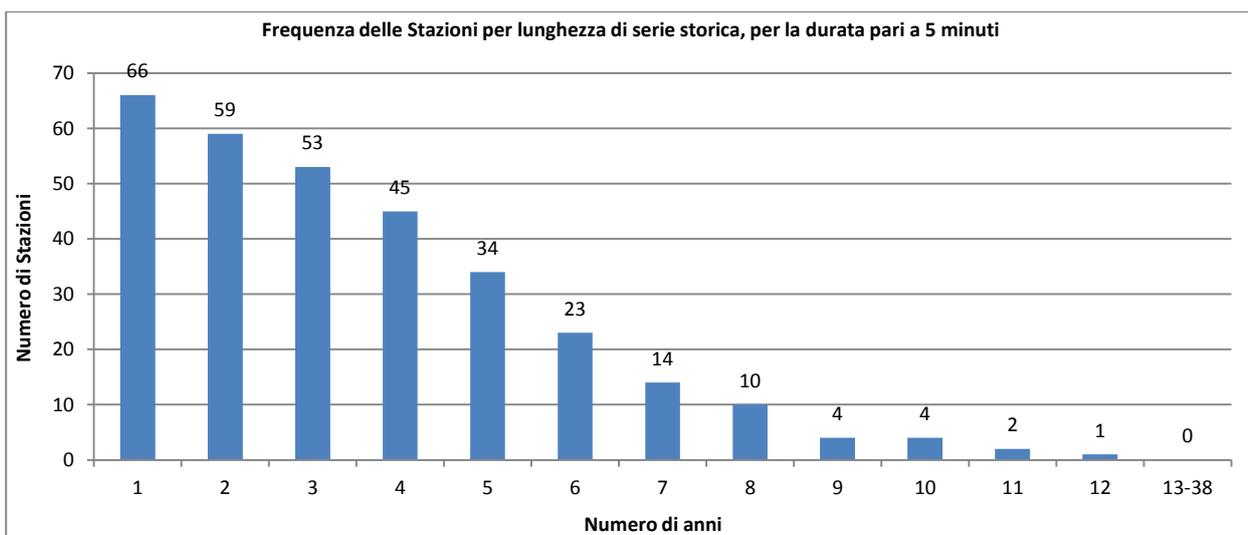


Grafico 2. 34: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 5 minuti.

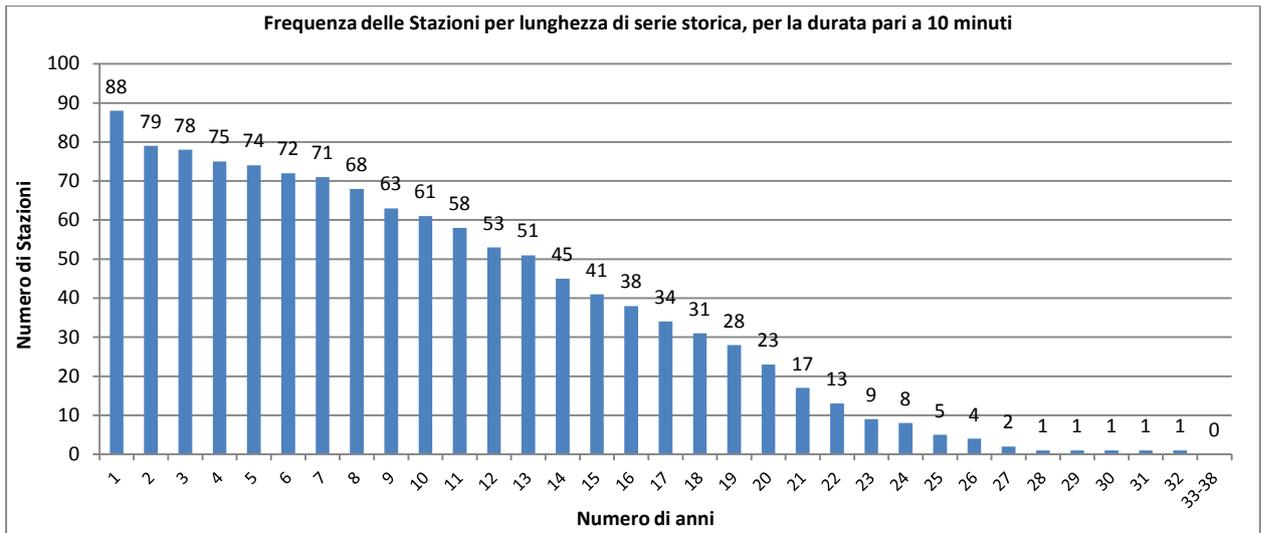


Grafico 2. 35: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 10 minuti.

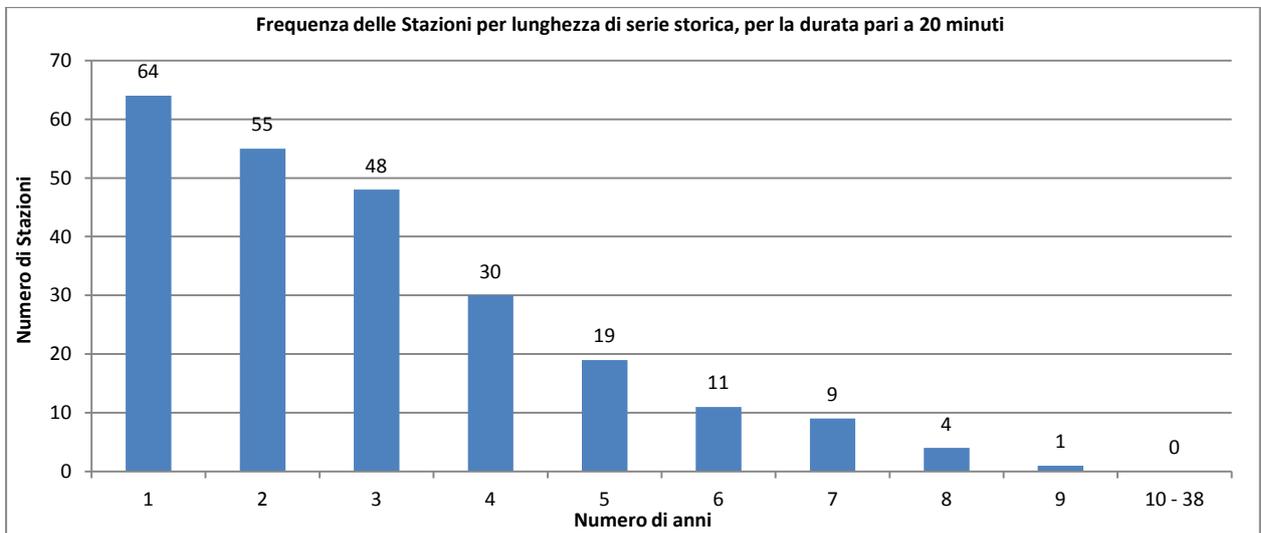


Grafico 2. 36: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 20 minuti.

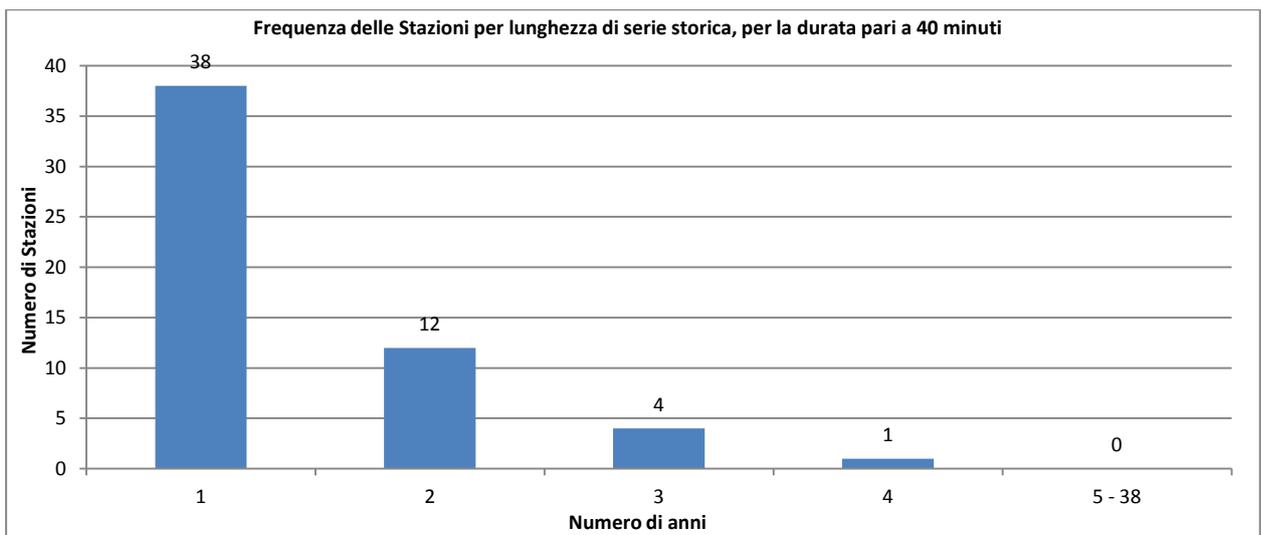


Grafico 2. 37: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 40 minuti.

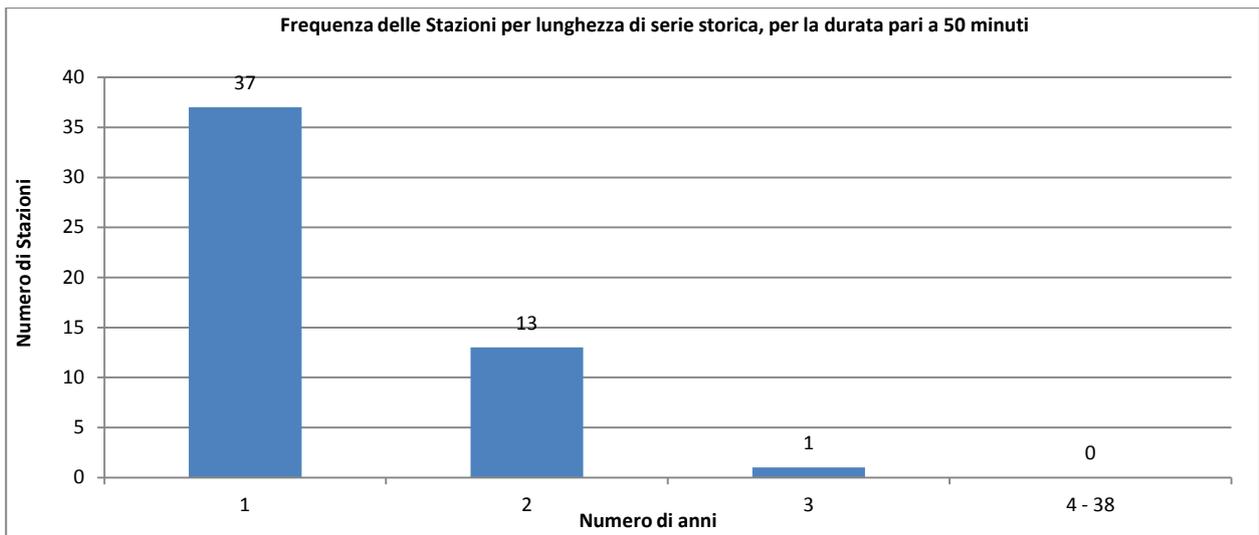


Grafico 2. 38: Istogramma delle frequenze delle Stazioni per lunghezza di serie storiche, riferito alle durate di 50 minuti.

Allegato 2.4: Tabella riassuntiva dei dati di partenza in possesso per le intensità di pioggia ai 15, 30, 45 e 60 minuti, dal 1986 al 1996

COD	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	COD	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96
1			D	D	D	D	D	D	D	D	D	124			D	D	D	D	D	D	D		
2			D	D	D	D	D	D	D	D	D	126				D		D	D	D	D	D	
4		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	129						D	D	D	D	D	
6			D	D	D	D	D	D	D	D	D	134			D	D	D	D	D	D	D	D	
7		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	138			D	D	D	D	D	D	D	D	
8		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	143			D	D	D	D	D	D	D	D	
9			D	D	D	D	D	D	D	D	D	144		D	D		D	D	D	D	D	D	
14			D	D	D	D	D	D	D	D	D	146		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
19			D	D	D	D	D	D	D	D	D	147			D	D	D	D	D	D	D	D	
20			D	D	D	D	D	D	D	D	D	148		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
24				D	D	D	D	D	D	D	D	151		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
25							D	D	D	D	D	153		D	D	D		D	D	D	D	D	
26		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	154		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
27			D	D	D	D	D	D	D	D	D	156			D	D	D	D	D	D	D	D	
30			D	D	D	D	D	D	D	D	D	158		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
31			D	D	D		D	D	D	D	D	159					D	D	D	D	D	D	
32		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	160		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
35		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	163			D	D	D	D	D	D	D	D	
38	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	164		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
42		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	166		D	D		D	D	D	D	D	D	
43			D	D	D	D	D	D	D	D	D	167			D	D	D	D	D	D	D	D	
45		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	169		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
48			D	D	D	D	D	D	D	D	D	170			D	D	D	D	D	D	D	D	
53		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	171		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
55		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	172		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
57			D	D	D	D	D	D	D	D	D	174		D	D	D		D	D	D	D	D	
58		D	D	D	D	D	D	D				176			D	D	D	D	D	D	D	D	
59							D	D	D	D	D	178		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
60		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	179			D	D	D	D	D	D	D	D	
61			D	D	D	D	D	D	D	D	D	180		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
63				D	D	D	D	D	D	D	D	184					D	D	D	D	D	D	
66			D	D	D	D	D	D	D	D	D	186					D	D	D	D	D	D	
67		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	189				D	D	D	D	D	D	D	
70		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	191		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
72		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	194		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
74			D	D	D	D	D	D	D	D	D	196			D	D	D	D	D	D	D	D	
75			D	D	D	D	D	D	D	D	D	197		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
81			D	D	D	D						198		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
82		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	199			D	D	D	D	D	D	D	D	
85		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	200		D	D	D	D		D	D	D	D	
88			D	D	D	D	D	D	D	D	D	201		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
89		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	204			D	D	D	D	D	D	D	D	
90			D	D	D	D	D	D	D	D	D	206			D	D	D	D	D	D	D	D	
92			D	D	D	D	D	D	D	D	D	208		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
93			D	D	D	D	D	D	D	D	D	209		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
94			D	D	D	D	D	D	D	D	D	210			D	D	D	D	D	D	D	D	
95		D			D	D	D	D	D	D	D	212			D	D	D	D	D	D	D	D	
96		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	213			D	D		D	D	D	D	D	
100			D	D	D	D	D	D	D	D	D	215			D	D	D	D	D	D	D	D	
102			D	D		D	D	D	D	D	D	216			D	D	D	D	D	D	D	D	
104		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	221			D	D	D	D	D	D	D	D	
105		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	224			D	D	D	D	D	D	D	D	
106			D	D	D	D	D	D	D	D	D	226		D	D	D	D	D					
107		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	227		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
108						D	D	D	D	D	D	228		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
110		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	232			D	D	D	D	D	D	D	D	
111		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	233		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
113			D	D	D	D	D	D	D	D	D	234			D	D	D	D	D	D	D	D	
114		D	D	D		D	D	D	D	D	D	235		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
115								D	D	D		236			D	D	D	D	D	D	D	D	
118		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	238			D	D	D	D	D	D	D	D	
120		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	241		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
121		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	242			D	D	D	D	D	D	D	D	
123			D	D	D	D	D			D	D	244		D	D	D	D	D	D	D			

COD	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96
245			D	D	D	D	D	D	D	D	
246		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
250			D	D	D	D	D	D	D	D	
251			D	D	D	D	D	D	D	D	D
252				D	D	D	D	D	D	D	D
254		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
255			D		D	D	D	D	D	D	D
256			D	D	D	D	D	D	D	D	D
257			D	D	D	D	D	D	D	D	D
260			D	D	D	D	D	D	D	D	D
262		D	D					D	D	D	D
263			D	D	D	D	D	D	D	D	
264		D	D	D							
265			D	D	D	D	D	D	D	D	D
266			D	D	D	D	D	D	D	D	D
267		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
268			D	D	D	D	D	D	D	D	D
271					D	D	D	D	D	D	
272		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
273		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
276						D	D	D	D	D	D
277		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
282			D	D	D	D	D	D	D	D	D
283			D	D	D	D	D	D	D	D	D
285		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
287		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
288			D	D	D	D	D	D	D	D	
289			D	D	D	D	D	D	D	D	
290			D	D	D	D	D	D	D	D	
292		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
295		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
297						D	D	D	D	D	
298		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
300		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
301		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
303							D	D	D	D	D
304		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
306			D	D	D	D	D	D	D	D	D
311		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
312	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
313			D								
315							D	D	D	D	D
317		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
319		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
321		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
323				D	D		D	D	D	D	D
327		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
328			D	D	D	D	D	D	D	D	
329		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
330		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
331		D	D	D	D	D	D	D			
332		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
333			D	D	D	D	D	D	D	D	
335		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
337		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
339		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
341					D	D	D	D	D	D	D
342			D	D	D	D	D	D	D	D	
345			D	D	D	D	D	D	D	D	
351		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
352							D	D	D	D	D
353			D	D	D	D	D	D	D	D	D
354		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
355		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
356			D	D	D	D	D	D	D	D	

COD	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96
357		D	D		D	D	D	D	D	D	D
358		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
362			D	D	D	D	D	D	D	D	
363				D	D	D	D	D	D	D	D
364		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
366		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
367			D	D	D	D	D	D	D	D	
368		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
369		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
371		D	D	D	D		D	D	D	D	D
374		D	D		D	D	D	D	D	D	D
376		D	D								
377		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
380					D	D	D	D	D	D	D
383		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
384		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
387		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
391				D	D	D	D	D	D	D	D
393						D	D	D	D	D	D
395		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
396			D	D	D	D	D	D	D	D	D
397	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
398		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
399		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
400		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
401			D	D	D	D					
402		D	D	D	D	D	D	D	D	D	
403		D	D	D		D	D	D	D	D	D
404			D	D	D	D	D	D	D	D	D
405		D	D	D	D	D	D		D	D	D
406		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
407			D	D	D		D	D	D	D	D
408						D	D	D	D	D	D
410							D	D	D	D	
412						D	D	D	D	D	
416				D	D	D	D	D	D	D	D
420								D	D	D	D
422						D	D	D	D	D	D
425							D	D	D	D	
434								D	D	D	D
438				D	D	D	D	D	D	D	D
439							D	D			

Tabella 2. 15: Disponibilità dei dati per le intensità pluviometriche ai 15 minuti, per gli anni dal 1986 al 1996.

Allegato 2.5: Consistenza dei Dati forniti per le intensità pluviometriche

COD	Nome Stazione	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	Sarcidano (Colonia Penale)			35	100	89	1	48	73	55	93	1
2	Is Acquas (Sarcidano)			35	97	40	84	2	100	100	100	11
4	Gergei		31	70	24	12	24	100	100	100	100	1
6	Villamar F.C.			1	100	100	100	80	100	100	45	
7	Lunamatrona F.C.		48	100	82	99	100	100	100	100	100	4
8	Mandas F.C.		45	100	100	88	97	100	99	95	99	17
9	Segariu			49	100	100	100	52	100	76	49	
14	Sanluri (O.N.C.)			11	62	40	38	85	94	99	97	1
19	Nuraminis			49	100	100	37	86	100	99	99	7
20	Villasor FF.SS.			48	100	100	100	81	88	56	73	
24	Vallerrosa				84	100	100	100	100	82	78	
25	Gesico F.C.							42	97	100	97	1
26	Guasila		53	100	100	100	98	100	96	100	90	
27	Senorbi' F.C.			34	100	100	100	99	80	100	90	
30	S.Andrea Frius			49	48	36	27	81	100	55	65	
31	Barrali			49	74	18		25	92	100	100	9
32	Donori F.C.		41	92	56	65	86	79	100	100	87	0
35	Decimomannu (Viv.Forest.)		40	55	27	58	10	100	87	100	78	
38	Iglesias	8	99	93	93	85	36	60	72	66	90	0
42	S.Giovanni (Domusnovas)		24	94	75	52	18	33	70	100	100	17
43	Villamassargia			48	100	100	100	31	100	100	78	
45	Siliqua FF.SS.		19	100	95	98	42	42	100	100	59	
48	Capoterra			49	100	100	100	100	100	100	84	
53	Pula		28	100	100	90	98	100	100	99	100	8
55	Domus de Maria		28	58	41	34	6	100	100	100	84	
57	Teulada			48	100	100	100	100	100	94	70	7
58	S.Anna Arresi		41	100	100	96	60	100	70			
59	Porto Pino							77	99	100	100	8
60	Pantaleo		50	100	100	77	84	58	100	100	76	
61	Santadi			48	76	68	7	15	83	53	25	
63	Campanasissa (C.ra)				23	13	72	90	100	99	100	13
66	Rosas (M.ra)			34	100	100	90	19	81	100	84	
67	Narcao		43	32	98	18	12	100	100	100	84	
70	Terraseu		43	100	100	54	31	87	83	100	84	
72	S.Antioco		28	100	100	57	70	100	100	99	68	
74	Carloforte			34	100	100	50	62	100	100	100	18
75	Bacu Abis (Flumentepido)			34	100	100	100	100	100	99	100	8
81	Su Zurfuru (M.ra)			34	80	66	6					
82	Fluminimaggiore		48	100	100	100	100	100	100	100	88	0
85	Gonnosfanadiga		48	100	100	100	100	100	100	86	100	18
88	S.Gavino FF.SS.			49	98	100	100	100	68	26	88	
89	Sardara		49	57	1	80	67	42	64	100	84	
90	Pabillonis			49	97	22	0	7	85	100	73	
92	Villa Verde - Bannari			18	100	92	80	100	76	97	100	4
93	Ales F.C.			90	100	100	100	100	100	100	100	4
94	Baradili F.C.			47	100	52	71	100	100	99	68	
95	Mogoro		9			4	71	100	100	100	88	
96	Uras FF.SS.		43	65	100	58	10	100	78	58	88	
100	Marrubiu (C.ra)			34	92	13	32	0	79	100	88	
102	S.Anna-Oristano			49	35		17	78	79	100	88	
104	Sassu Idrovora		48	18	100	33	0	40	71	99	88	
105	Oristano FF.SS.		88	89	12	5	82	100	100	54	93	19
106	Sos Canales (C.M.)			27	100	62	60	58	79	70	54	
107	Osidda F.C.		20	39	38	32	62	100	100	99	99	11
108	S.Giovanni- Bitti (C.ra)						7	76	93	36	68	16
110	Benetutti		44	100	86	65	69	100	86	100	99	13
111	Bottida F.C.		46	100	91	49	52	99	100	100	100	13
113	Illorai			1	57		40	0	0	67	100	13
114	Rifornitore Tirso		39	46	25		7	93	100	99	98	5
115	Sig.ra Marta (C.ra)								16	51	70	
118	Orani		48	100	100	76	69	100	100	74	85	13
120	Ottana		18	81	100	53	3	44	62	100	100	13
121	Macomer		48	100	100	100	30	63	100	99	98	5

COD	Nome Stazione	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
123	Borore			49	100	100	79	46	75		27	16
124	Silanus			27	71	63	42	27	56	100	88	
126	Noragugume				14		80	100	100	97	47	0
129	Fonni							99	99	28	57	16
134	Tiana			34	100	100	100	100	100	100	100	11
138	Sedilo			91	100	100	100	100	97	99	100	5
143	S.Chiana d'Ula			36	100	91	70	22	36	70	83	
144	Busachi		0	0		10	3	46	96	91	93	1
146	Desulo		16	88	94	70	28	58	100	100	100	16
147	Tonara			34	100	50	25	78	70	100	72	11
148	Cossatzu (C.ra)		43	42	25	1	86	57	99	97	80	2
151	Sorgono F.C.		38	79	100	100	100	63	72	99	100	10
153	Meanasardo		43	70	45		63	16	67	100	100	11
154	Austis		44	78	17	89	52	99	81	100	100	11
156	Ortuabis F.C.			34	46	81	59	96	100	97	92	11
158	Santa Sofia		18	89	0	50	85	100	100	100	100	1
159	Laconi F.C.					40	99	57	100	100	100	1
160	Genoni		48	100	88	64	87	100	87	94	100	1
163	Samugheo			34	68	0	70	71	82	99	100	19
164	Allai		29	100	100	84	54	100	100	100	100	1
166	Abbasanta		42	1		77	100	100	88	64	67	1
167	Paulilatino			27	100	100	100	100	100	100	100	4
169	Mogorella		29	44	100	95	23	29	66	64	100	4
170	Santa Vittoria			29	57	100	100	100	100	100	92	
171	Simaxis		25	0	80	72	80	100	100	100	100	4
172	Riola		25	100	100	91	73	1	18	100	88	
174	Santulussurgiu		25	100	100	47		45	100	100	100	4
176	Bauladu			49	100	100	100	100	100	99	63	
178	Tega (C.ra)		25	100	100	100	100	44	100	100	100	4
179	Tresnuraghes F.C.			37	100	100	71	78	100	92	99	0
180	Cuglieri		16	84	0	100	100	100	99	100	100	4
184	Pozzomaggiore						10	100	100	74	53	
186	Montresta						35	36	100	99	99	8
189	Bonorva				56	39	100	100	63	92	94	
191	Sindia F.C.		25	100	100	52	66	18	100	100	47	
194	Alghero		25	100	70	91	80	100	75	99	56	10
196	Ittiri			37	100	83	59	79	52	66	91	
197	Putifigari		44	100	99	90	86	84	100	50	93	15
198	Rudas (C.ra)		8	64	80	33	46	95	100	100	100	16
199	Olmedo F.C.			37	91	49	100	100	58	100	88	
200	Fertilia		29	100	100	95		42	97	68	94	
201	Argentiera (M.ra)		29	100	100	73	73	100	91	100	75	
204	Stintino			37	100	100	100	99	100	100	94	
206	Thiesi			0	2	25	88	100	100	100	100	14
208	Bidighinu-Diga (C.M.)		44	74	6	18	42	100	75	48	39	8
209	Planu (C.ra)		44	100	83	24	59	100	100	100	100	16
210	Uri			27	71	14	77	14	85	99	100	6
212	Ploaghe			36	100	100	100	100	100	100	100	16
213	Cargeghe			46	69			23	71	37	58	5
215	Osilo			1	94	58	55	14	67	100	97	16
216	Macciadosa (C.ra)			1	100	97	77	58	100	99	83	
221	Porto Torres			6	69	100	99	100	67	77	93	
224	S.Giovanni Coghinias(C.ra)			37	70	40	89	100	100	99	99	4
226	S.Lucia di Bonorva (C.ra)		14	17	50	38	58	26				
227	Torralba FF.SS.		8	94	87	68	100	98	100	100	100	6
228	Ittireddu		39	8	35	9	84	100	97	100	94	
232	Ardara			35	44	100	100	100	100	100	100	6
233	Chilivani (Cabina)		42	100	100	100	100	100	100	98	58	4
234	Ozieri			27	38	6	73	70	100	100	100	2
235	Fraigas (C.ra)		42	84	91	36	40	100	100	100	100	6
236	Planu Ladu (C.ra)			27	42	81	79	100	100	99	70	
238	Oschiri			47	82	100	71	89	100	100	100	6
241	Monti		17	100	100	43	47	47	100	100	100	6
242	Zuighe (C.ra)			38	58	100	100	100	100	100	100	6
244	Mazzinaiu (C.ra)		44	100	98	56	94	99	93	55		
245	Budduso'			22	49	99	100	65	91	100	85	
246	Caddau (C.ra)		20	100	100	72	19	92	82	80	69	

COD	Nome Stazione	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
250	Muzzone (Diga)			36	69	67	28	29	33	58	57	
251	Coghinas (C.ra)			36	40	100	78	19	100	80	100	10
252	Martis				18	72	60	43	100	99	100	15
254	Sedini		42	100	100	92	66	98	46	95	100	3
255	Perfugas			24		7	51	74	100	100	100	3
256	S.Maria Coghinas (C.ra)			1	42	65	0	44	76	99	98	3
257	S.Francesco d'Aglientu			4	1	72	95	100	88	84	100	2
260	S.Teresa Gallura			36	100	37	44	100	78	99	92	16
262	Curadoreddu (C.ra)		17	37					10	100	100	3
263	Val Licciola (Caserma)			28	82	30	47	70	67	96	98	
264	Tempio		1	42	50							
265	Aggius			27	57	19	63	43	100	100	98	10
266	Padulo (C.ra)			36	100	100	87	67	100	100	100	3
267	Calangianus		42	100	100	83	29	8	100	100	96	3
268	Luogosanto			36	100	39	21	76	100	100	100	10
271	Bassacutena (C.ra)					53	98	93	64	60	82	
272	Palau		17	100	92	95	98	80	82	100	100	3
273	La Maddalena		17	100	72	78	100	44	62	100	100	10
276	S.Pantaleo						4	84	15	78	58	
277	Putzolu (C.ra)		16	57	15	100	100	100	96	100	100	10
282	Telti			1	100	100	100	100	95	100	100	10
283	Taroni (C.ra)			1	79	100	100	100	100	100	100	6
285	Padru		10	98	100	89	100	79	96	100	99	6
287	Murta Maria (C.ra)		20	93	97	88	26	99	100	100	85	
288	Monte Petrosu (C.ra)			1	100	48	30	87	91	100	85	
289	Budoni (C.ra)			35	100	100	100	100	93	90	64	
290	Ala' dei Sardi			1	100	100	100	95	98	100	85	
292	Lula		44	100	93	41	49	65	56	100	99	17
295	Lode'		21	100	94	47	15	65	81	100	85	
297	Torpe'						95	100	80	72	85	
298	S.Lucia (C.ra)		19	100	100	76	97	99	100	100	85	
300	Montes (Caserma)		24	43	100	100	100	100	100	100	85	
301	Orgosolo		88	72	100	0	73	96	56	97	81	0
303	Mamoiada							33	100	99	100	16
304	Oliena		16	100	100	100	100	73	87	100	100	16
306	Dorgali			47	64	17	7	65	53	64	97	13
311	Nuoro		11	64	1	51	74	42	100	100	100	16
312	Orune	13	94	87	93	100	89	100	100	100	100	16
313	Galtelli'			19								
315	Orosei							41	100	100	100	16
317	Genna Silana (C.ra)		24	99	100	100	95	100	100	99	100	9
319	Talana		24	100	41	58	74	6	64	99	100	9
321	Baunei (C.ra)		25	53	100	100	100	100	100	100	54	
323	Sa Teula (centrale)				29	92		81	100	100	99	11
327	Tortoli'		25	100	100	100	100	46	73	100	79	
328	Arzana			1	100	100	100	94	100	100	80	
329	Lanusei F.C.		25	66	98	36	14	100	100	100	80	
330	Barisardo		33	63	18	50	6	100	100	100	80	
331	Ierzu F.C.		23	41	79	60	71	88	71			
332	Genna Crexia (C.ra)		42	100	100	100	35	78	100	100	100	8
333	Tertenia			34	85	76	100	100	100	100	80	
335	Perdasdefogu		0	89	99	56	70	100	100	99	99	11
337	S.Barbara (C.ra)		42	100	100	74	64	100	82	100	100	19
339	Sicca d'erba (C.ra)		41	98	94	62	77	100	100	100	94	
341	Bau de' Muggerris			33		39	78	77	58	100	80	
342	Pira de Onni (C.ra)			87	38	13	78	100	100	100	79	
345	Seulo			34	100	100	78	23	68	80	80	
351	Esterzili F.C.		41	100	100	71	100	100	100	100	100	9
352	Villanovatulo F.C.							99	62	83	100	9
353	Nurri F.C.			71	58	56	21	99	100	70	100	11
354	Seui F.C.		42	100	100	26	67	100	80	100	100	11
355	Arqueri' (C.ra)		40	79	56	18	42	100	98	97	100	9
356	Ussassai			35	100	100	98	100	100	68	62	
357	Sadali F.C.		19	0		99	89	99	86	100	100	6
358	Goni		26	100	85	91	70	99	100	100	100	9
362	Ballao			49	100	41	51	100	73	100	89	
363	Gairo Taquisara F.C.				11	91	88	100	100	99	99	10

COD	Nome Stazione	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
364	Escalaplano		42	100	100	32	78	100	69	100	100	8
366	S.Nicolo' Gerrei		42	78	4	55	70	28	78	77	100	19
367	Villasalto			49	100	100	100	99	79	100		90
368	Armungia		46	49	100	100	88	45	71	67	100	19
369	Muravera		46	98	98	82	4	73	100	100	100	19
371	Campuomu (Caserma)		43	95	94	18		4	11	100	88	2
374	Monte Acuto (C.ra)		47	46		29	64	81	100	82	24	19
376	Castiadas (Colonia Penale)		45	66								
377	Villasimius		50	64	12	42	7	8	42	66	87	1
380	Corongiu (Acquedotto)					37	98	57	100	100	100	17
383	Sa Pira (Caserma)		50	88	99	52	72	67	100	53	100	19
384	Cagliari S.I. (V. Gallura)		40	54	22	5	72	93	100	59	100	19
387	Dolianova F.C.		83	7	100	100	38	96	83	99	99	10
391	Sestu (C.ra)			47	71	72	100	57	80	100	90	
393	Suaredda						7	100	100	100	100	18
395	Nuxis		19	94	48	1	28	87	90	100	85	
396	Sassari (Oss. Eco.)			59	3		14	2	85	100	66	
397	Bacu Abis	32	92	75	7	81	79	97	100	100	69	
398	Cuili Seu		48	100	100	100	81	99	100	100	100	18
399	Flumini di Quartu		50	100	100	91	56	77	100	100	100	19
400	La Corte		28	100	100	98	0	86	100	100	100	19
401	Monti Nieddu			37	21	72	61					
402	Nebida		50	97	74	63	84	45	70	54	68	
403	Pranu Antoni (Diga)		25	52	49		99	71	78	100	100	18
404	Romana			27	100	100	100	91	100	100	100	1
405	Valledoria		34	93	100	53	8	0		30	100	16
406	Arzachena		42	100	100	71	100	100	80	56	92	3
407	Putzuidu			4	4	3		4	22	100	100	10
408	S L.di Capoterra						43	76	96	36	96	15
410	S M Neapolis							41	100	99	69	
412	Benzone						43	100	100	99	65	
416	Pattada (Diga)			35	100	93	82	100	83	20	8	0
420	Paduledda								68	59	100	13
422	Golfo Aranci						89	100	100	98	99	16
425	San Priamo							8	62	92	53	
434	San Giovanni Suergiu								1	96	99	11
438	Saniera			48	100	77	84	100	100	100	100	18
439	Sarcidano (Colonia Penale)						73	82				

Tabella 2. 16: Tabelle delle consistenze costruite sugli anni di studio.

Allegato 2.6: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 15 minuti [mm]

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1			23,5						24,9
2			7,9				12,7	13,7	9,4
4						16,7	8,7	18,9	9,7
6			9,8	14,2	9,5		17,6	12,2	
7		24,8		27,2	31,0	18,6	18,0	14,1	6,4
8		9,3	11,2		19,8	20,7	9,7	39,3	23,2
9			9,9	18,0	7,7		13,6		
14							10,7	11,0	4,2
19			16,7	25,9			33,6	17,3	14,2
20			8,4	12,8	42,3				
24				13,1	22,2	155,8	23,6		
25							15,8	20,8	12,4
26		7,6	6,1	29,0	16,8	21,2	14,0	23,8	10,9
27			6,7	39,4	18,9	19,1		19,8	13,4
30							14,4		
31							11,1	20,8	9,5
32		5,1					17,4	11,7	
35						17,3		16,4	
38	23,4	8,5	7,8						9,0
42		26,9						10,6	50,3
43			15,6	18,1	20,3		19,1	17,2	
45		20,3	50,5	14,7			17,7	8,0	
48			12,9	28,5	11,2	12,1	15,9	16,4	
53		12,8	36,9	26,8	14,4	8,7	21,6	11,7	9,0
55						19,2	13,3	29,6	
57			10,4	43,0	18,7	9,7	11,6	13,9	
58		30,0	28,9	37,1		9,0			
59							15,7	16,1	6,3
60		17,4	17,1				31,2	10,8	
63						17,3	12,0	12,8	14,5
66			16,2	15,7	21,0			9,7	
67			37,6			27,3	24,6	25,1	
70		8,0	11,9					14,1	
72		7,5	17,2			9,6	14,9	8,8	
74			20,2	18,4			16,3	15,0	24,2
75			8,7	20,9	12,8	17,0	20,2	6,8	7,8
82		11,7	17,0	9,5	2,0	10,5	11,0	12,1	
85		8,6	16,0	9,1	16,3	21,8	18,8		9,2
88			9,1	15,7	22,8	8,6			
89								8,8	
90			11,8					17,8	
92			26,1	18,8		8,7		14,7	17,4
93		5,6	16,6	25,4	12,9	8,5	13,8	9,8	17,3
94			11,5			20,6	23,6	9,5	
95						13,1	27,5	9,8	
96			7,8			21,1			
100			18,6					4,5	
102								25,8	
104			12,4					15,8	
105						15,9	18,1		11,2
106			17,8						
107						22,9	10,8	21,7	10,8
108							44,2		
110		17,0				11,8		13,9	20,1
111		10,2	15,8			17,9	25,4	24,2	15,2
113									8,8
114						14,0	12,1	6,5	19,7
118		9,4	16,0			12,1	9,2		
120			24,3					14,0	15,8
121		10,0	8,3	12,3			10,6	17,9	11,5
123			13,2	19,5					
124								9,5	
126						15,6	9,9	10,8	
129								10,8	11,1
134								17,9	10,8
138			13,4	20,1	10,3			16,2	14,1
143			13,5	14,9	13,2	12,1	14,4	8,6	10,3
144						17,0	10,0		
146									11,3
147									24,4
148									15,3
151									8,1
153									17,7
154									13,1
155									23,4
156									23,4
158									8,8
159									14,0
160									5,8
163									6,0
164									16,4
166									10,6
167									16,4
169									10,6
170									16,2
171									16,3
172									18,5
174									9,8
176									12,9
177									24,6
179									12,1
180									
184									
186									
189									
191									
194									
196									
197									
198									
199									
200									
201									
204									
206									
208									
209									
210									
212									
215									
216									
221									
224									
227									
228									
232									
233									
234									
235									
236									
238									
241									
242									
244									
245									
246									
251									

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
252							15,4	11,3	6,4
254		8,8	9,3	16,3		11,8		15,5	7,5
255							12,4	9,7	19,1
256								11,0	7,3
257					27,6	15,2			26,6
260			17,6			11,6		14,8	12,1
262								12,9	8,8
263								21,2	57,0
265							15,8	10,0	10,3
266			34,5	11,0			18,2	6,2	7,8
267		19,5	29,8				24,4	14,5	14,4
268			18,5				10,7	6,8	15,5
271					22,7	21,0			
272		11,5	30,2	22,4	22,8			12,2	11,5
273		12,8			9,9			12,8	7,2
277				17,9	15,2	12,3	9,9	13,3	12,9
282			11,8	14,4	8,5	16,0	18,2	7,9	17,5
283				0,2	16,4	9,7	10,1	6,1	6,0
285		8,3	17,1		14,7		13,3	7,3	19,5
287		10,8	10,3			18,1	11,2	10,8	
288			29,7				13,2	8,9	
289			20,1	17,2	18,1	10,1	29,1	13,4	
290			7,3	17,2	8,5	9,9	8,4	12,6	
292		12,9	6,5					6,4	31,1
295		31,8	17,2					9,2	
297					3,9	9,8			
298		24,8	17,9		4,5	11,5	12,2	8,2	
300			50,2	15,6	15,5	13,0	15,5	10,4	
301			12,1			27,1		17,9	
303							6,5	11,5	13,9
304		14,7	9,5	8,0	12,5			6,9	16,3
306									21,4
311							19,3	11,9	13,5
312	18,7		22,1	13,4		15,5	12,2	11,8	13,5
315							14,3	16,2	11,2
317		17,3	33,4	28,4	9,5	24,8	20,6	18,5	25,0
319		10,0						10,6	39,7
321			20,9	20,5	10,5	13,0	14,9	18,0	
323				26,0			19,7	14,1	14,0
327		34,5	18,4	52,4	10,6				22,0
328			29,3	16,2	18,0	20,8	24,5	20,1	
329			20,0			10,9	21,4	23,8	
330						12,2	45,8	19,5	
332		11,3	12,6	18,3			12,2	14,2	9,9
333					16,2	12,6	19,1	12,0	
335			21,6			11,0	21,5	23,1	22,1
337		17,6	15,0			18,1		22,9	10,1
339		7,1	29,5			21,9	14,3	11,6	19,5
341								20,6	
342						24,3	18,6	36,5	
345			9,1	23,2					
351		11,0	12,0		6,3	12,0	13,2	20,4	10,1
352							37,4		8,9
353						16,4	13,0		8,7
354		9,9	18,0			14,6		14,8	25,5
355						15,9	12,7	36,8	41,3
356			12,4	19,0	12,5	14,3	13,0		
357				17,2		12,1		28,9	12,2
358		26,7		8,9		15,8	16,8	21,1	14,4
362			33,1			12,6		10,9	23,4
363				27,8		49,8	18,4	18,7	13,5
364		13,1	19,1			12,8		12,8	36,4
366									11,5
367			13,1	15,5	22,2	18,4		18,1	11,9

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
368			18,8	20,2					17,7
369		18,9	13,9				9,2	23,1	28,0
371		14,6	37,7					13,7	
374							21,1		
380					19,8		14,5	15,9	11,7
383			6,0				12,2		16,1
384						8,3	15,4		26,1
387			12,8	14,0		6,2		5,9	13,5
391					12,2			9,6	9,2
393						22,9	15,8	4,0	14,6
395		22,9					18,4	19,7	
396								12,8	
397	5,6					20,3	9,5	9,3	
398		4,8	12,7	13,3		7,8	16,5	15,5	7,6
399		14,3	13,8	19,1			56,8	9,6	16,4
400		10,4	8,3	10,2			22,5	15,7	21,4
402		18,2							
403					25,0			10,2	27,0
404			18,6	16,2	12,3	11,0	17,4	12,2	18,6
405		12,6	12,4						10,4
406		12,6	21,5		19,6	19,7			11,7
407								13,1	25,8
408							8,3		20,3
410							37,7	15,6	
412						11,7	8,9	16,4	
416			12,8	2,5		17,6			
420									14,6
422						16,9	10,5	9,0	22,4
425								12,5	
434								15,7	21,7
438			14,6			52,9	21,5	25,9	51,5

Tabella 2. 17: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 15 minuti.

Allegato 2.7: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 30 minuti [mm]

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1			23,5						33,2
2			10,3				19,1	15,6	13,7
4						28,0	15,1	29,0	15,0
6			12,4	24,7	15,4		28,7	13,8	
7		33,4		40,1	55,2	25,4	32,2	21,7	8,3
8		18,0	17,5		30,8	25,8	13,7	48,1	26,3
9			12,2	25,2	13,8		24,8		
14							13,9	19,8	6,8
19			20,7	29,0			55,2	23,8	21,8
20			15,1	17,8	47,5				
24				13,1	30,1	297,9	23,6		
25							16,8	26,2	15,1
26		11,8	8,0	53,5	25,8	28,0	25,8	35,8	14,0
27			10,8	45,9	27,8	37,0		32,9	16,7
30							26,3		
31							16,5	28,9	12,4
32		8,0					21,9	14,0	
35						23,4		24,5	
38	25,3	14,7	12,0						10,8
42		26,9						12,2	50,5
43			22,5	26,8	29,1		20,5	20,9	
45		20,3	64,5	26,4			21,0	12,2	
48			18,3	45,9	16,9	15,8	18,4	21,6	
53		14,2	60,7	41,3	17,5	13,0	41,8	17,9	13,7
55						30,4	16,8	29,6	
57			12,8	57,7	20,4	13,7	19,3	22,1	
58		48,9	46,5	47,3		16,5			
59							25,7	24,3	6,3
60		33,3	24,0				47,8	15,1	
63						18,5	17,7	20,7	21,4
66			20,1	17,5	24,5			12,7	
67			37,6			45,9	24,6	29,7	
70		11,6	20,4					19,1	
72		11,5	29,0			16,0	24,5	17,2	
74			25,8	30,9			23,9	19,2	35,9
75			13,0	29,5	22,1	29,0	35,7	9,3	10,5
82		16,1	25,3	16,8	2,0	16,6	15,4	15,3	
85		15,0	18,0	12,5	21,9	36,0	25,9		11,5
88			16,3	16,8	35,9	11,3			
89								13,6	
90			20,6					29,0	
92			51,6	35,4		15,4		15,1	22,7
93		8,9	32,8	36,9	18,7	13,3	23,1	18,2	17,6
94			12,0			32,3	32,7	12,1	
95						25,1	48,2	11,6	
96			10,0			30,6			
100			24,9					5,4	
102								46,0	
104			21,6					23,4	
105						20,7	35,7		18,6
106			32,2						
107						39,3	16,4	25,5	18,8
108							44,5		
110		17,0				17,2		25,1	22,5
111		19,0	23,2			20,6	49,4	41,5	18,6
113									11,7
114						19,6	18,4	11,6	27,5
118		16,2	27,3			20,9	15,2		
120			33,3					18,2	22,0
121		14,3	11,3	17,9			18,3	29,8	14,7
123			15,4	34,2					
124								12,1	
126						27,0	14,6	11,5	

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
129						13,5	16,7		
134			19,9	25,1	20,1	22,2	17,2	24,4	28,1
138		24,1	19,3	19,0	17,2	17,8	13,0	15,7	49,9
143			22,5	19,0					
144							15,8	28,4	16,3
146			48,1				11,4	31,9	21,7
147			19,8					39,7	
148							11,8	16,6	
151			18,1	27,4	19,7			61,2	24,2
153								11,5	12,9
154						23,7		48,6	36,5
156						41,0	18,3	25,7	14,9
158						24,1	15,9	18,7	19,2
159					38,6		53,8	15,6	12,0
160		9,7				9,6		9,8	8,2
163								16,4	16,5
164		29,5	13,4			24,9	30,5	10,5	18,9
166					28,0	15,7			
167			10,0	27,8	23,6	17,5	22,0	15,4	19,8
169			31,6	19,8					24,1
170				30,2	26,0	24,1	42,0	30,5	22,1
171						24,3	16,6	15,1	15,7
172		8,2	11,6	23,3				15,1	
174		12,9	22,7				11,6	20,8	11,3
176			15,1	24,2	26,5	25,1	36,2	12,3	
178		9,6	11,2	11,3	26,2		41,0	16,5	22,2
179			14,1	20,6			29,2	22,2	17,4
180				56,9	24,6	11,4	43,9	23,0	19,8
184						17,3	15,9		
186							21,9	25,1	29,6
189					25,9	22,5		38,4	18,8
191		19,1	21,4				14,5	27,8	
194		15,5		22,9		21,2		28,1	
196			14,8						16,4
197		38,9	15,5	16,7			14,3		20,7
198						20,4	15,8	19,9	31,4
199			18,9		30,1	23,1		30,4	
200		13,2	20,5	12,1			14,7		14,1
201		14,5	18,2			20,7	21,8	18,3	
204			10,2	11,5	0,0	29,6	12,9	13,4	16,5
206						10,5	14,7	27,2	11,2
208						16,8			
209		17,7				21,1	19,2	16,9	14,1
210								15,0	9,0
212			26,8	31,1	38,1	31,8	14,5	28,0	31,0
215			23,7					19,1	11,0
216			18,7	23,4			21,8	16,2	
221				15,8	18,1	27,3			18,3
224						10,3	21,6	8,4	7,2
227		17,7			24,5	38,1	15,3	26,5	15,1
228						13,4	9,8	27,1	27,5
232				57,7	64,1	15,2	22,7	17,7	22,2
233		17,2	46,1	12,8	38,8	17,0	19,4	35,8	
234							14,8	16,0	20,5
235			14,2			32,2	31,1	17,5	13,2
236						36,6	12,0	9,1	
238				16,6			13,7	16,4	30,1
241		13,1	26,6				17,3	19,3	19,5
242				38,8	19,6	11,5	18,7	11,7	45,1
244		34,2	42,9		22,0	17,4	28,9		
245				35,9	15,0		12,3	13,4	
246		26,7	45,1			27,1			
251				22,6			18,9		29,4

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
252							17,7	19,6	8,6
254		10,3	15,5	21,5		12,1		20,9	12,7
255							14,9	16,2	36,0
256								12,2	9,1
257					30,6	20,0			34,7
260			20,5			18,2		15,0	17,6
262								16,8	14,5
263								21,2	57,0
265							20,2	16,1	11,8
266			44,5	17,7			22,5	9,9	11,0
267		24,6	43,5				26,4	17,5	28,1
268			33,6				12,7	8,5	22,1
271					24,1	27,0			
272		12,5	35,7	31,7	28,2			16,4	13,5
273		16,6			12,3			17,4	14,3
277				22,1	29,9	13,7	17,3	20,1	21,6
282			17,3	20,7	13,2	16,5	29,4	11,0	31,2
283				0,2	25,4	16,7	18,3	11,6	10,5
285		12,3	25,0		27,6		17,3	9,5	31,5
287		16,0	13,8			21,6	15,5	12,0	
288			49,6				14,3	14,9	
289			26,5	25,9	26,2	17,5	39,9	15,6	
290			12,4	28,0	10,8	13,5	15,1	21,1	
292		24,0	9,5					11,4	53,9
295		36,1	21,7					13,8	
297					7,5	14,7			
298		43,9	28,9		6,2	16,2	17,9	10,1	
300			75,5	24,5	15,7	21,4	22,1	18,4	
301			12,1			33,9		34,8	
303							9,4	13,8	16,0
304		26,9	14,2	9,1	13,6			9,1	21,7
306									29,6
311							31,7	22,8	14,9
312	18,7		29,5	15,0		15,5	16,5	21,1	18,6
315							25,7	22,5	16,0
317		25,4	42,4	45,9	13,6	25,2	37,1	33,7	30,6
319		18,5						17,3	43,4
321			27,6	28,3	16,5	24,8	23,9	29,9	
323				34,8			30,8	28,1	15,5
327		34,5	25,2	53,5	14,1			34,1	
328			41,5	16,6	28,2	35,5	43,8	30,8	
329			26,5			18,6	34,0	37,9	
330						23,9	71,3	30,2	
332		15,8	19,7	20,4			21,6	21,5	16,0
333					22,9	24,7	32,7	23,1	
335			35,9			21,6	40,9	42,7	35,2
337		20,5	26,2			26,0		23,3	16,8
339		11,2	51,0			29,7	20,9	18,2	36,0
341								30,6	
342						24,3	33,0	36,5	
345			12,9	23,4					
351		19,2	21,6		8,7	22,7	22,2	26,2	13,1
352						37,4			13,2
353						19,4	21,0		16,4
354		14,9	33,6			21,0		18,4	50,2
355						23,6	20,5	50,4	49,1
356			21,3	30,5	20,5	16,2	15,0		
357				21,7		16,1		36,7	21,8
358		26,7		15,1		25,9	25,1	30,3	16,3
362			48,7			22,9		20,0	35,0
363				47,3		54,6	18,4	27,2	21,9
364		21,6	28,3			21,2		19,8	36,4
366									18,4
367			22,2	24,3	29,5	28,4		29,5	22,2

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
368			32,5	29,9					21,7
369		34,0	26,4				11,5	30,0	53,6
371		22,3	56,8					22,5	
374							36,2		
380					24,8		26,0	26,7	19,9
383			7,0				15,8		20,5
384						14,0	21,2		26,3
387			14,9	24,6		8,9		9,4	17,6
391					17,8			17,0	13,7
393						26,8	26,0	5,4	21,4
395		38,3					21,5	25,8	
396								18,1	
397	7,2					26,1	12,4	17,8	
398		8,5	18,5	25,3		11,8	20,1	26,2	13,1
399		15,3	21,1	30,2			93,4	18,5	22,3
400		20,2	10,6	14,2			27,7	15,7	25,1
402		22,9							
403						33,4			13,1
404			26,1	21,0	14,7	14,2	24,6	18,5	20,8
405		15,7	13,4						12,4
406		19,4	26,5			33,4	31,7		21,8
407								16,1	25,8
408							10,8		21,6
410							64,3	27,8	
412						19,1	12,3	17,1	
416			19,6	4,1		24,5			
420									19,8
422						31,0	16,0	17,4	22,5
425								22,5	
434								31,0	39,3
438			19,2			52,9	28,2	25,9	51,6

Tabella 2. 18: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 30 minuti.

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
252							19,1	19,9	9,2
254		10,7	17,0	21,8		12,4		23,6	17,4
255							18,1	21,6	39,5
256								18,5	11,9
257					32,7	27,3			34,7
260			23,2			20,4		15,7	19,0
262								24,0	20,2
263								21,2	57,0
265							22,9	20,0	14,8
266			49,0	26,4			34,1	13,0	13,0
267		26,7	49,4				27,7	17,5	36,9
268			46,5				16,1	10,7	23,6
271					33,1	27,3			
272		13,3	36,5	36,9	29,1			17,9	15,4
273		19,9			16,6			19,1	20,5
277				22,3	33,7	16,3	20,5	24,1	24,0
282			26,6	26,2	13,5	16,6	35,2	12,5	42,3
283				0,2	31,1	22,2	22,0	14,1	14,4
285		14,3	27,7		31,1		29,4	10,5	34,3
287		19,2	15,2			28,4	22,0	16,5	
288			58,7				14,9	15,5	
289			29,7	33,5	29,2	17,9	45,1	18,6	
290			14,2	29,8	11,8	18,4	18,9	24,1	
292		26,3	11,9					14,5	63,4
295		50,0	24,5					15,2	
297					10,0	18,6			
298		53,9	46,7		8,7	22,3	20,4	11,7	
300			81,4	24,5	15,7	25,3	26,4	25,3	
301			14,8			37,3		39,3	
303							12,3	18,4	18,3
304		30,4	15,8	9,5	14,3			15,2	25,3
306									36,1
311							43,5	24,5	15,9
312	20,2		33,4	17,0		18,3	18,7	26,0	21,7
315							32,9	22,7	18,2
317		27,5	52,9	46,7	14,3	25,3	45,2	46,2	30,9
319		26,0						19,8	43,4
321			30,8	33,2	18,7	27,8	29,9	31,8	
323				41,7			45,1	38,8	20,0
327		34,5	32,9	54,5	21,5			41,0	
328			44,2	19,0	44,7	51,5	68,2	39,1	
329			30,3			26,1	40,5	43,3	
330						24,3	85,6	32,4	
332		18,3	28,8	28,3			32,0	25,6	21,0
333					25,7	30,5	43,8	27,0	
335			50,1			29,4	53,9	55,6	46,8
337		23,1	31,2			29,1		25,4	22,8
339		13,0	66,0			32,4	26,8	22,2	55,2
341								35,7	
342						25,3	37,3	36,5	
345			19,1	23,4					
351		23,4	26,5		10,1	24,6	24,6	32,0	16,6
352						47,4			18,5
353						20,2	27,7		16,6
354		15,2	44,1			23,4		21,5	55,5
355						26,4	27,7	55,0	55,1
356			23,4	32,2	23,7	18,2	17,2		
357				30,5		22,7		41,6	25,9
358		26,7		18,3		31,9	28,0	32,3	21,7
362			51,6			28,6		21,6	38,3
363				51,7		56,2	18,4	29,9	23,4
364		29,9	32,0			22,7		20,6	36,4
366									25,6
367			24,4	31,3	36,1	36,6		38,0	25,2

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
368			40,1	41,1					23,9
369		45,8	32,8				12,0	32,1	56,8
371		24,2	66,6					27,4	
374							46,8		
380					32,8		27,6	28,0	23,0
383			9,3				22,1		25,5
384						17,5	26,5		26,3
387			20,1	26,2		11,7		10,0	18,9
391					20,2			24,6	18,0
393						29,4	32,1	6,5	25,7
395		46,8					24,6	31,3	
396								20,7	
397	10,1					28,5	13,5	18,0	
398		9,3	22,9	29,9		15,9	23,0	27,0	13,8
399		17,6	25,1	40,4			128,9	22,4	25,7
400		28,3	10,6	15,2			29,9	17,5	26,6
402		28,0							
403					34,6			14,7	27,0
404			27,0	26,5	16,8	15,6	28,4	20,6	21,8
405		16,7	13,4						14,1
406		24,9	31,0		34,5	41,4			27,1
407								22,2	25,8
408							11,9		23,4
410							83,1	36,9	
412						22,3	15,0	17,1	
416			20,6	4,4		26,0			
420									22,1
422						39,7	16,3	17,5	22,5
425								23,9	
434								37,1	53,3
438			22,8			52,9	28,6	25,9	51,7

Tabella 2. 19: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 45 minuti.

Allegato 2.9: Massime altezze di pioggia annue alla durata di 60 minuti [mm]

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1			23,5						42,4	124								14,5	
2			15,4				20,5	15,8	20,4	126						31,9	18,6	12,1	
4						30,4	17,4	46,0	19,7	129						17,4	27,2		
6			15,8	35,8	19,2		29,6	16,3		134			29,8	34,2	22,3	23,2	20,0	32,8	36,7
7		42,8		42,8	84,9	25,7	33,0	22,8	10,2	138		33,6	23,9	20,0	21,5	20,7	19,4	15,8	53,4
8		21,9	17,5		37,4	26,3	14,6	48,1	26,3	143			22,9	28,2					
9			20,3	34,5	20,1					144							26,5	29,5	21,2
14							15,1	20,4	7,4	146			48,1				20,3	36,1	30,9
19			35,2	29,8			95,4	44,2	26,7	147			34,8					40,5	
20			23,7	19,3	51,7					148							14,8	24,2	
24				13,1	33,0	342,6	23,6			151			26,3	28,7	23,6			80,3	29,6
25							18,7	30,0	17,2	153								18,9	18,9
26		12,3	10,3	74,4	28,9	30,4	36,3	63,7	17,8	154					36,2			51,0	36,5
27			13,2	64,1	36,6	40,2		33,2	20,8	156					41,2	26,2	39,1	15,2	
30							39,5			158					28,3	16,5	33,8	22,2	
31							22,7	30,2	13,7	159					60,2		53,8	17,0	16,1
32		15,4					36,3	14,9		160		13,7				13,5		12,1	11,5
35						26,4		26,4		163								20,0	24,8
38	25,3	14,9	17,5						11,0	164		29,5	14,9			34,1	40,6	13,1	19,8
42		30,0						12,6	50,6	166				28,6	17,9				
43			35,5	27,4	39,0		22,2	28,7		167			17,5	30,9	27,8	19,6	32,2	15,9	23,3
45		20,3	75,3	29,4			23,8	19,9		169			32,3	21,3					26,3
48			24,4	63,5	22,3	19,6	21,3	37,9		170				37,3	29,8	28,4	51,4	30,5	32,9
53		14,5	60,7	43,8	19,3	15,2	52,5	22,9	18,8	171						27,3	25,5	15,7	16,6
55						41,3	19,4	36,0		172		11,1	11,9	26,0				19,9	
57			13,1	80,0	25,4	14,2	21,7	31,1		174		23,8	23,3				19,3	20,8	17,0
58		48,9	68,5	66,7		17,9				176			20,0	26,6	33,8	27,4	43,8	12,4	
59							27,8	31,0	7,6	178		14,2	16,0	16,7	33,9		68,1	17,3	36,9
60		37,4	26,0				55,1	17,5		179			20,6	25,8			52,3	30,4	27,8
63						20,2	22,9	32,0	23,2	180				58,2	25,0	14,2	51,0	41,2	30,3
66			24,7	19,7	24,5			17,7		184						18,7	20,0		
67			37,6			46,0	30,1	32,6		186							38,4	32,6	35,7
70		15,1	26,1					23,6		189					32,0	24,7		51,9	29,6
72		14,6	38,6			22,4	29,7	18,2		191		23,2	22,3				16,2	35,5	
74			34,4	32,4			33,3	22,7	40,5	194		30,1		32,9		33,7		34,2	
75			21,6	34,4	26,7	33,4	36,6	12,7	12,9	196			19,0						23,6
82		16,2	30,5	18,1	2,1	26,4	20,1	16,2		197		44,9	22,2	22,2			27,4		22,9
85		22,7	20,3	14,2	22,6	53,6	27,7		12,9	198						35,9	27,6	23,6	35,8
88			21,4	17,4	42,2	17,0				199				30,4	40,8	26,0		37,6	
89								20,1		200		24,1	28,7	24,1			24,1		17,3
90			36,7					30,9		201		20,5	19,6			23,2	21,8	25,3	
92			56,7	49,6		17,3		20,4	24,0	204			11,5	12,0	0,0	35,6	13,1	20,0	29,3
93		9,9	38,8	43,4	21,2	14,4	36,9	29,8	17,7	206						13,9	15,7	28,9	14,8
94			18,1			47,3	38,4	13,4		208						19,9			
95						25,1	53,4	12,8		209		22,1				24,4	27,6	23,8	21,4
96			14,4			37,8				210								23,1	10,9
100			32,2					7,3		212			41,8	42,5	44,9	56,6	22,2	45,5	31,7
102								48,7		215			23,7					20,8	16,7
104			23,1					23,6		216			23,1	27,8			33,5	19,4	
105						27,2	40,9		18,6	221				16,4	24,7	27,5			22,4
106			38,3							224						13,4	35,3	10,3	11,5
107						61,5	22,2	41,7	31,1	227		19,9			30,8	38,4	15,9	35,6	22,7
108							44,5			228						16,7	14,7	33,4	39,1
110		17,8				18,6		40,3	22,7	232				57,7	66,5	24,1	37,7	22,2	29,5
111		31,0	34,6			23,4	84,7	56,6	19,7	233		24,8	51,3	14,5	40,4	19,0	23,3	36,2	
113									13,4	234							22,1	23,6	22,2
114						23,3	23,5	15,9	28,2	235			21,4			40,3	38,1	21,2	20,8
118		17,3	40,1			22,8	22,6			236						45,7	14,9	11,3	
120			36,2					18,6	26,9	238				17,4			17,9	18,9	31,1
121		17,2	16,6	22,0			25,0	45,3	19,7	241		15,6	33,1				20,9	20,2	19,5
123			22,8	38,4						242				42,2	33,7	12,7	21,2	11,9	59,6

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
244		34,2	53,4		23,3	20,9	39,4		
245				60,8	19,5		14,9	23,4	
246		30,3	46,5			34,5			
251				25,5			36,1		42,6
252							19,1	20,2	11,8
254		11,5	17,2	25,4		14,4		24,1	18,4
255							24,1	24,1	39,7
256								23,0	13,3
257					32,7	30,6			34,7
260			25,0			22,1		17,5	19,8
262								25,8	23,1
263								21,2	57,0
265							31,5	21,8	16,8
266			50,7	33,6			44,7	17,0	16,2
267		27,4	51,2				35,8	17,5	40,6
268			54,0				17,9	12,6	25,0
271					41,6	27,6			
272		14,6	36,8	38,0	29,9			19,2	17,4
273		23,7			18,3			19,8	23,7
277				22,3	34,8	19,4	23,4	28,0	24,0
282			27,4	29,9	18,3	16,6	35,9	13,4	44,1
283				0,2	31,2	25,7	23,5	16,2	17,4
285		14,9	27,8		31,6		33,4	11,8	36,9
287		20,2	17,6			34,6	26,4	17,7	
288			65,4				15,6	16,1	
289			30,2	36,2	31,6	18,2	45,3	19,7	
290			16,5	29,9	13,3	21,7	21,6	24,7	
292		27,4	14,7					17,1	65,6
295		50,1	24,5					17,1	
297					12,6	24,9			
298		66,5	52,3		12,2	27,0	21,5	13,4	
300			81,4	25,0	15,8	34,5	30,6	34,1	
301			16,2			40,2		42,9	
303							15,0	24,5	19,1
304		30,5	16,7	10,9	14,7			15,6	27,0
306									36,9
311							50,4	24,8	16,6
312	22,6		33,4	17,5		19,9	20,2	30,3	22,1
315							43,6	22,7	19,4
317		29,0	59,1	48,7	14,5	25,3	61,8	53,1	30,9
319		34,5						21,6	43,4
321			35,8	35,8	19,9	33,5	31,9	34,4	
323				48,5			56,0	49,9	26,5
327		34,5	39,7	55,9	26,7			44,2	
328			46,4	19,5	49,4	53,7	82,2	41,8	
329			36,7			31,9	53,8	46,5	
330						29,7	102,8	33,5	
332		24,0	34,1	36,0			35,5	27,7	26,4
333					31,5	34,6	50,0	29,3	
335			62,6			35,2	65,7	68,7	53,0
337		23,1	33,2			31,9		25,6	26,9
339		14,1	75,7			32,7	33,6	24,3	67,7
341								42,2	
342						26,7	39,6	36,5	
345			25,6	28,5					
351		23,6	27,6		11,7	25,6	24,6	34,0	16,8
352						49,6			18,9
353						22,1	32,0		17,2
354		18,0	51,2			23,4		21,6	59,9
355						27,1	28,4	55,8	59,0
356			24,3	32,2	25,7	21,3	20,2		
357				32,1		26,6		43,9	34,3
358		29,6		19,6		33,3	29,9	36,4	22,2
362			53,8			29,4		22,5	38,3

COD	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
363				53,8		56,8	18,4	30,9	24,6
364		38,3	35,3			22,9		22,5	36,4
366									30,4
367			30,7	43,4	36,7	37,4		38,3	26,0
368			41,1	44,4					26,2
369		51,2	32,9				13,4	33,6	56,8
371		28,4	73,0					28,1	
374							61,9		
380					37,4		28,2	28,7	27,1
383			10,3				26,4		26,4
384						18,7	31,1		26,3
387			22,2	27,7		14,2		10,4	26,0
391					21,8			25,9	19,1
393						30,4	37,2	8,6	27,0
395		49,6					26,4	34,0	
396								23,8	
397	11,3					40,0	16,9	19,0	
398		12,5	33,8	33,4		17,9	23,3	27,1	14,1
399		26,8	27,2	43,7			163,0	26,7	26,1
400		35,3	12,7	18,3			31,7	20,0	26,9
402		30,0							
403					35,1			15,7	27,0
404			27,1	26,6	18,8	16,4	31,0	21,2	22,3
405		19,8	13,4						14,1
406		29,8	37,5		35,0	45,0			29,5
407								23,2	25,8
408							12,3		25,1
410							115,3	36,9	
412						30,3	16,9	17,1	
416			20,7	5,3		26,3			
420									23,9
422						45,8	18,9	18,5	22,5
425								25,0	
434								38,6	63,2
438			23,3			52,9	28,6	25,9	51,7

Tabella 2. 20: Dati massimi annui di altezza pluviometrica costruiti ai 60 minuti.

Allegato 2.10: Disponibilità negli anni di studio, consistenza dei dati e frequenza delle serie storiche, per le durate a 30 e 45 minuti, con serie assemblate

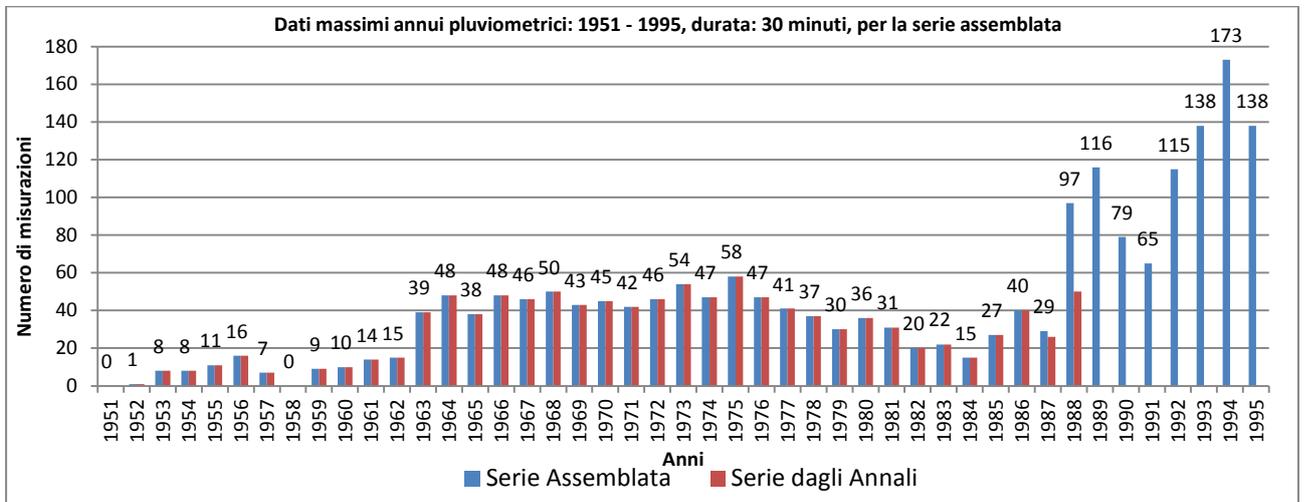


Grafico 2. 39: Disponibilità dati di precipitazione massimi annui per una durata pari a 30 minuti, per la serie assemblata.

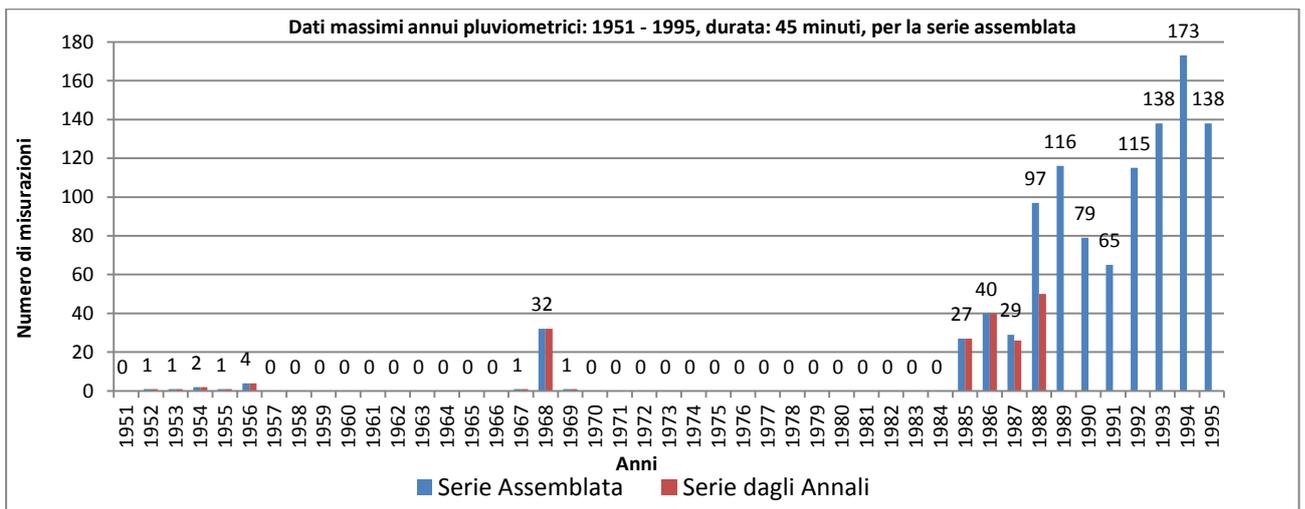


Grafico 2. 40: Disponibilità dati di precipitazione massimi annui per una durata pari a 45 minuti, per la serie assemblata.

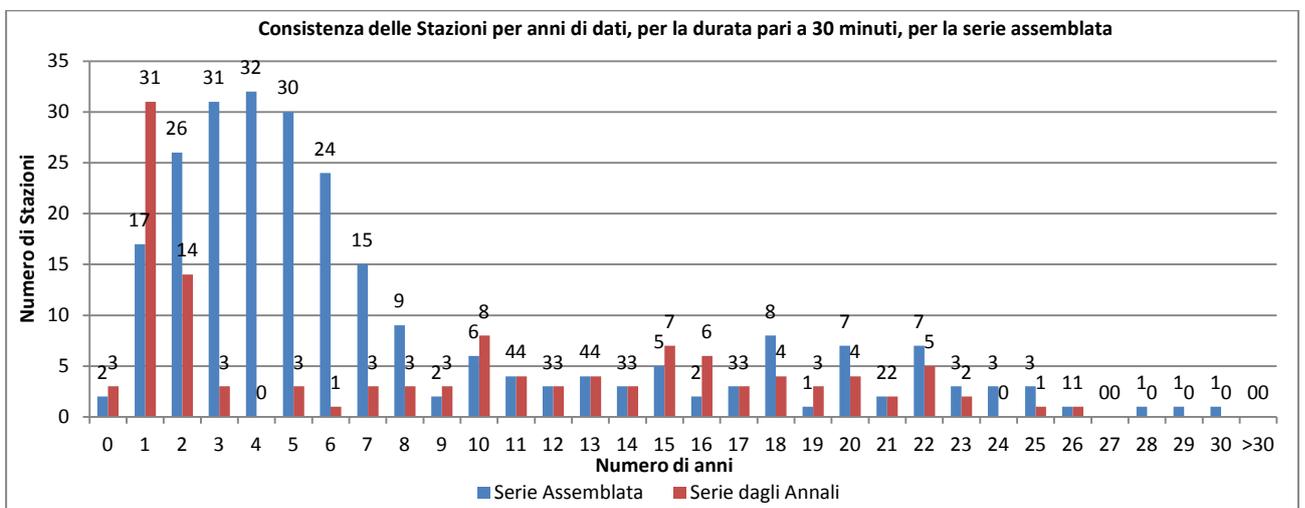


Grafico 2. 41: Istogramma consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata di 30 minuti, per la serie assemblata.

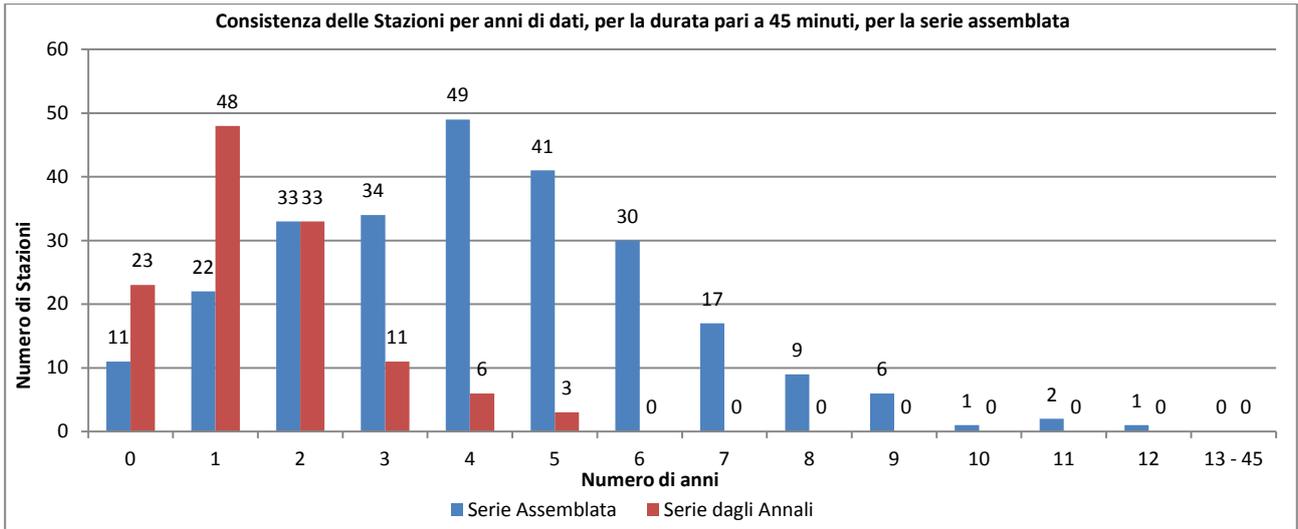


Grafico 2. 42: Istogramma consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata di 45 minuti, per la serie assemblata.

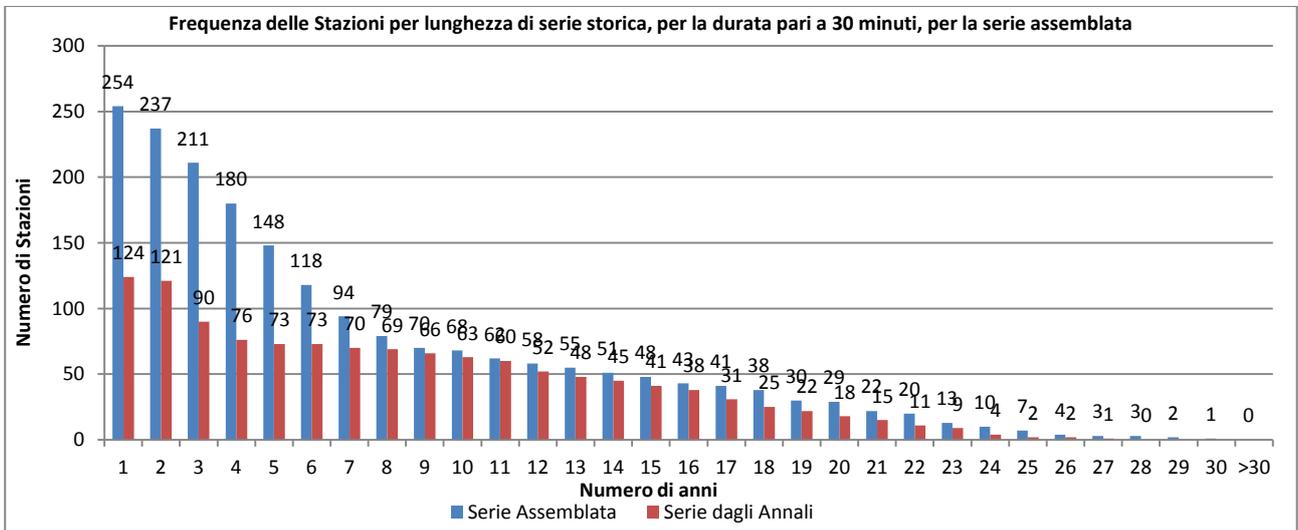


Grafico 2. 43: Istogramma frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata di 30 minuti, per la serie assemblata.

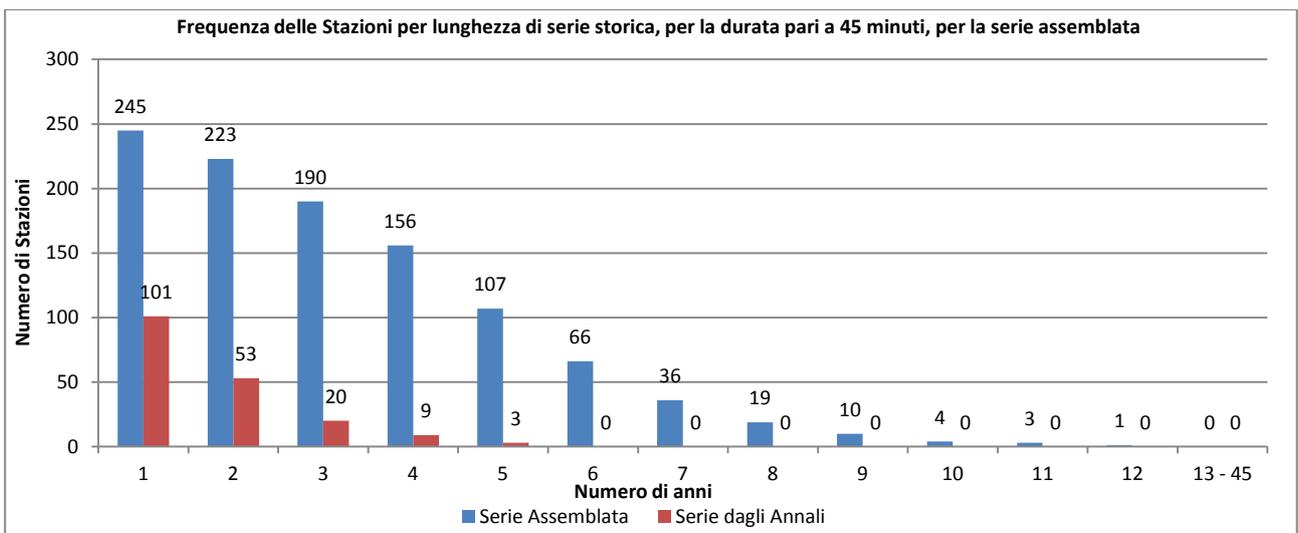


Grafico 2. 44: Istogramma frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata di 45 minuti, per la serie assemblata.

Allegato 2.11: Valori medi campionari di massimi annui di altezza di precipitazione [mm], per le durate sub-orarie

COD	h _{5m} [mm]	n° _{5m}	h _{10m} [mm]	n° _{10m}	h _{15m} [mm]	n° _{15m}	h _{20m} [mm]	n° _{20m}	h _{30m} [mm]	n° _{30m}	h _{40m} [mm]	n° _{40m}	h _{45m} [mm]	n° _{45m}	h _{50m} [mm]	n° _{50m}
1	5,0	2	8,6	12	12,8	19	7,2	3	17,1	18	10,0	1	25,6	6		
2					10,9	4			14,7	4			16,5	4		
3	13,8	1			25,8	1										
4					14,9	5			21,5	5			24,3	5		
6					12,6	5			19,0	5			22,2	5		
7					20,0	7			30,9	7			35,1	7		
8	7,4	4	12,0	22	14,6	28	11,3	7	19,2	29			24,2	11	26,0	1
9					12,3	4			19,0	4			22,2	4		
14	5,2	4	8,8	19	11,1	19	12,5	8	16,5	19	25,0	3	14,9	4	23,6	1
15			11,7	6	13,3	8			19,3	8			12,5	2		
16	5,2	2	7,9	11	10,7	12	7,0	1	14,0	15	14,0	2	18,0	2		
19					21,5	5			30,1	5			38,3	5		
20					21,2	3			26,8	3			29,2	3		
24					53,7	4			91,2	4			101,9	4		
25					16,3	3			19,3	3			20,3	3		
26					16,2	8			25,3	8			30,9	8		
27					19,6	6			28,5	6			32,9	6		
28	4,6	3	9,2	8	10,1	5	14,0	1	20,2	2			20,0	1		
29	14,5	2	10,6	2	9,1	2	8,8	3	18,2	2						
30					14,4	1			26,3	1			37,6	1		
31					13,8	3			19,2	3			20,8	3		
32					11,4	3			14,6	3			19,5	3		
35			8,0	12	10,9	17			14,8	17			22,1	4		
38	10,3	5	9,8	22	11,7	24	15,0	8	16,6	24	29,9	2	17,4	5		
42					29,3	3			29,9	3			30,5	3		
43					18,1	5			24,0	5			27,8	5		
45					22,2	5			28,9	5			30,8	5		
48					16,1	6			22,8	6			28,4	6		
50	5,8	11	9,9	26	14,0	21	14,9	7	20,9	23			31,4	2		
51	7,6	3	10,9	21	14,2	23	18,4	3	21,6	21	36,7	1	22,9	2	45,9	1
53	5,2	4	9,7	14	17,3	19	13,8	2	24,9	18	19,1	2	28,6	12		
55					20,7	3			25,6	3			30,1	3		
57					17,9	6			24,3	6			27,3	6		
58					26,3	4			39,8	4			45,9	4		
59					12,7	3			18,8	3			20,3	3		
60					19,3	4			27,5	4			30,6	4		
62	8,3	2	10,2	11	13,3	8	17,4	3	19,4	11			20,2	1	32,0	3
63	8,7	4	11,7	20	13,0	22	13,2	9	18,7	20	17,9	2	22,7	4	22,3	2
64	10,8	1	9,8	11	13,3	11	19,0	2	17,4	12			14,0	1	32,0	2
65	8,1	4	10,1	9	13,4	10	12,3	2	18,3	10	23,6	1			29,5	1
66					15,6	4			18,7	4			20,7	4		
67			10,0	1	22,7	6			28,0	6			33,4	5		
70					11,3	3			17,0	3			20,0	3		

COD	h _{5m} [mm]	n° _{5m}	h _{10m} [mm]	n° _{10m}	h _{15m} [mm]	n° _{15m}	h _{20m} [mm]	n° _{20m}	h _{30m} [mm]	n° _{30m}	h _{40m} [mm]	n° _{40m}	h _{45m} [mm]	n° _{45m}	h _{50m} [mm]	n° _{50m}
71	5,6	5	7,8	14	10,4	10	8,1	3	15,0	11	16,1	1			20,2	1
72					11,6	5			19,6	5			23,5	5		
74					18,8	5			27,1	5			30,8	5		
75					13,4	7			21,3	7			23,8	7		
82	7,0	8	9,5	22	11,6	25	15,3	5	16,0	23			18,4	9	20,0	2
85					13,8	9			18,6	9			20,6	9		
88					14,0	4			20,1	4			23,0	4		
89					8,8	1			13,6	1			15,4	1		
90					14,8	2			24,8	2			29,0	2		
92					17,1	5			28,0	5			31,8	5		
93			9,4	9	13,7	19			18,8	18			24,0	10	50,0	1
94					16,3	4			22,3	4			28,2	4		
95					16,8	3			28,3	3			29,6	3		
96					14,5	2			20,3	2			23,5	2		
100					11,6	2			15,1	2			16,8	2		
101			4,0	1	10,4	1	4,9	1								
102	4,9	4	8,1	16	10,0	17	12,3	3	13,0	15			19,6	1		
103	6,4	8	9,1	24	12,5	23	12,5	3	17,0	22	24,9	1	23,2	2	19,7	2
104					14,1	2			22,5	2			23,1	2		
105					17,2	5			25,0	5			27,5	5		
106	8,4	1	8,6	19	11,2	21	11,3	3	16,0	21			23,9	2	40,4	1
107					16,6	4			25,0	4			34,5	4		
108					44,2	1			44,5	1			44,5	1		
110			10,0	1	15,5	5			20,0	5			23,1	5		
111					18,1	6			28,7	6			36,4	6		
113					8,8	1			11,7	1			12,5	1		
114	7,6	1	8,2	13	11,2	19	13,3	1	16,2	20			21,4	6	42,0	1
118					13,5	5			20,5	5			24,4	5		
120					18,0	3			24,5	3			26,6	3		
121					11,7	6			17,7	6			22,4	6		
123					16,4	2			24,8	2			28,8	2		
124					12,7	2			18,0	2			22,3	2		
126					12,1	3			17,7	3			19,3	3		
129	6,1	5	11,5	19	12,7	18	13,0	4	16,3	22	19,8	3	20,7	4	24,8	2
130			10,0	1	15,0	1			20,0	1						
131	5,8	1	8,9	8	10,2	8	17,8	1	13,5	8	22,0	1				
132					21,0	1			27,0	1			29,0	1		
134					14,8	8			22,3	8			27,0	8		
137	7,5	2	9,5	8	11,4	5	18,0	1	16,5	7	16,2	1				
138					14,1	8			22,0	8			25,0	8		
143					13,5	2			20,8	2			24,7	2		
144			13,9	5	17,8	10			22,2	10			25,9	5		
146	7,1	7	8,3	24	11,9	23	9,3	6	17,3	22	12,4	1	26,0	6	15,5	1
147					18,8	2			29,7	2			33,3	2		
148	7,3	3	8,4	13	12,1	15	14,2	1	15,3	15	26,0	1	19,4	4		
151	6,0	6	9,6	24	12,1	26	11,8	6	17,5	24	17,2	1	26,2	5	16,0	1

COD	h _{5m} [mm]	n° _{5m}	h _{10m} [mm]	n° _{10m}	h _{15m} [mm]	n° _{15m}	h _{20m} [mm]	n° _{20m}	h _{30m} [mm]	n° _{30m}	h _{40m} [mm]	n° _{40m}	h _{45m} [mm]	n° _{45m}	h _{50m} [mm]	n° _{50m}
153	6,4	3	10,2	17	12,7	21	17,6	2	16,6	20			17,7	4	21,0	1
154					30,7	5			37,4	5			42,4	5		
156					15,8	4			25,0	4			28,3	4		
158			8,1	8	11,9	11			15,7	12			20,7	5		
159					21,7	4			30,0	4			35,7	4		
160					6,6	4			9,3	4			10,9	4		
163					13,5	2			16,4	2			19,8	2		
164	7,2	7	9,1	21	12,4	25	7,7	3	16,5	25			23,5	9		
166					18,4	2			21,8	2			22,7	2		
167					13,2	7			19,4	7			22,2	7		
169					16,0	4			23,9	4			27,3	4		
170					23,2	6			29,1	6			32,0	6		
171					13,5	4			17,9	4			20,8	4		
172					10,2	4			14,5	4			16,6	4		
174	9,3	4	9,7	13	11,9	20	12,3	3	15,8	18	19,2	1	20,1	7		
175	7,6	6	10,2	22	13,0	22	17,3	3	17,6	23			26,4	3	38,6	1
176					15,6	6			23,2	6			25,4	6		
178					13,7	7			19,7	7			25,0	7		
179					13,9	5			20,7	5			27,8	5		
180	7,7	5	9,0	19	13,3	23	13,4	3	20,6	20	13,3	1	30,9	7		
181	8,9	8	10,7	26	12,2	21	13,5	5	17,7	22	27,0	2	24,2	4	23,0	2
184					13,8	2			16,6	2			17,9	2		
186					14,5	3			25,5	3			31,9	3		
187	7,0	6	9,4	16	12,2	13			15,1	10					35,6	1
189					18,1	4			26,4	4			32,2	4		
191					13,6	4			20,7	4			23,2	4		
192	6,2	8	9,5	18	11,8	14	13,2	4	14,0	13	25,0	1	21,0	1		
194			10,0	1	12,4	5			20,1	5			26,4	4		
196					9,4	2			15,6	2			19,0	2		
197					13,8	5			15,8	5			19,8	5		
198					16,9	4			21,9	4			26,2	4		
199					16,8	4			25,6	4			29,1	4		
200					11,5	5			14,9	5			18,2	5		
201	8,2	5	8,7	11	14,1	9	10,9	3	15,0	13	15,2	1	20,6	5	16,1	2
204					9,4	6			13,5	6			15,7	6		
206			8,7	3	12,2	7			15,4	7			17,6	4		
208					13,8	3			22,3	3			28,6	3		
209			8,0	1	12,2	6			18,0	6			21,7	5		
210					9,1	2			12,0	2			13,2	2		
212					20,5	7			28,8	7			36,2	7		
215					13,4	3			17,9	3			20,0	3		
216	7,5	10	11,5	16	13,0	12	16,8	4	18,5	13			21,4	5		
217	9,0	6	10,3	13	11,7	12	6,0	1	16,5	10	12,0	1	12,2	1		
221					15,3	4			19,9	4			21,9	4		
224					8,8	4			11,9	4			14,7	4		
226					7,0	1			10,0	1						
227			5,0	1	17,8	7			21,9	7			24,4	7		

COD	h _{5m} [mm]	n° _{5m}	h _{10m} [mm]	n° _{10m}	h _{15m} [mm]	n° _{15m}	h _{20m} [mm]	n° _{20m}	h _{30m} [mm]	n° _{30m}	h _{40m} [mm]	n° _{40m}	h _{45m} [mm]	n° _{45m}	h _{50m} [mm]	n° _{50m}
228					14,4	4			19,5	4			22,0	4		
232					22,9	6			33,2	6			36,0	6		
233					14,1	23			20,6	26			28,8	9		
234					10,8	3			17,1	3			20,6	3		
235	7,7	10	10,0	21	11,2	14	15,1	4	15,6	15			23,1	6		
236					12,5	3			19,2	3			21,9	3		
238					15,2	4			19,2	4			21,0	4		
241	6,4	3	7,5	10	13,4	17			18,5	18			20,4	8	20,2	1
242	11,0	4	12,8	18	17,2	7	17,0	5	23,4	7	10,0	1	26,9	7		
244					21,7	5			29,1	5			32,1	5		
245					12,5	4			19,1	4			24,8	4		
246					14,6	12			19,6	8			29,5	4		
251					18,4	3			23,6	3			30,2	3		
252					11,0	3			15,3	3			16,1	3		
254	8,5	6	8,8	10	11,5	24	15,6	2	16,1	18			19,9	9		
255					13,7	3			22,4	3			26,4	3		
256					9,1	2			10,6	2			15,1	2		
257					23,1	3			28,4	3			31,6	3		
260					14,0	4			17,8	4			19,6	4		
262					10,9	2			15,7	2			22,1	2		
263					39,1	2			39,1	2			39,1	2		
264	5,0	2	10,0	14	12,7	19	7,2	4	18,4	22			26,6	3	30,0	1
265	6,9	6	9,8	20	11,6	12	11,1	7	14,2	13			20,7	6	42,0	1
266					15,5	5			21,1	5			27,0	5		
267					20,5	5			28,0	5			31,6	5		
268					12,9	4			19,2	4			24,2	4		
269			9,7	7	10,0	1			14,0	1			15,0	1		
271					21,8	2			25,6	2			30,2	2		
272					18,4	6			23,0	6			24,9	6		
273				0	11,2	16			14,4	16			20,4	5		
276			8,1	11	11,6	13			14,4	14						
277					13,6	6			20,8	6			23,5	6		
281	5,9	7	9,4	15	14,7	17	14,4	4	19,6	17			26,1	4	8,9	1
282					13,5	7			19,9	7			24,6	7		
283					8,1	6			13,8	6			17,3	6		
285					13,4	6			20,5	6			24,0	6		
287					12,2	5			15,8	5			20,3	5		
288					17,3	3			26,2	3			29,7	3		
289					18,0	6			25,3	6			29,0	6		
290			10,5	15	11,6	11			19,6	11			20,7	8	26,8	2
292			9,0	3	16,2	4			26,4	4			33,9	4		
295					15,0	3			20,4	3			26,1	3		
297					6,9	2			11,1	2			14,3	2		
298					12,0	7			19,0	7			26,7	6		
300			4,4	1	18,3	8			27,4	8			31,3	8		
301					19,3	4			26,4	4			29,6	4		
303					10,6	3			13,1	3			16,3	3		

COD	h _{5m} [mm]	n° _{5m}	h _{10m} [mm]	n° _{10m}	h _{15m} [mm]	n° _{15m}	h _{20m} [mm]	n° _{20m}	h _{30m} [mm]	n° _{30m}	h _{40m} [mm]	n° _{40m}	h _{45m} [mm]	n° _{45m}	h _{50m} [mm]	n° _{50m}
304					10,6	6			13,8	6			16,2	6		
306					21,4	1			29,6	1			36,1	1		
311					12,4	16			17,0	18			25,5	5		
312	6,3	6	9,5	20	14,3	10	16,3	7	20,6	9			21,5	8	23,9	1
314	7,0	4	11,9	7	12,0	1	16,0	5	17,0	1	22,7	1	21,0	1	17,0	1
315					13,9	3			21,4	3			24,6	3		
317					15,2	25			21,8	25			32,6	9		
318	8,1	3	10,0	18	13,6	13	14,1	8	17,9	15	23,9	1	24,1	4	26,8	1
319	7,6	3	10,4	14	14,5	20	14,5	3	21,8	20	19,4	1	21,8	7		
321	8,0	6	11,9	17	17,4	7	17,3	5	26,0	7	21,3	3	23,9	7	26,6	2
323					16,0	5			23,4	5			31,0	5		
327					24,1	5			30,2	5			45,3	5		
328					16,8	27			24,6	25			36,8	11		
329	7,7	5	11,5	20	13,9	29	13,7	3	19,2	30	19,4	1	28,7	8		
330	9,8	8	11,5	23	21,4	5	13,9	4	33,2	5	27,8	1	37,4	5	30,8	2
331					11,6	22			16,7	22			25,0	2		
332	8,5	4	10,2	19	13,1	6	11,5	7	19,1	6			25,7	6		
333					14,7	9			21,6	10			31,5	6		
335					19,9	5			35,3	5			47,1	5		
337			10,2	4	12,1	13			20,0	8			26,3	5		
338	6,2	1	6,8	5	25,4	1	13,6	4	30,0	1	27,1	1	33,0	1		
339					14,9	21			22,1	20			33,1	7		
341	9,0	5	10,5	20	14,3	12	20,9	2	17,3	10	18,1	2	25,9	1		
342					26,5	3			31,3	3			33,0	3		
345	10,3	4	11,0	15	11,6	8	13,5	4	16,6	5	27,0	1	21,3	2		
349	7,7	3	9,0	8	11,4	1	9,7	2	15,4	1	9,7	1	20,4	1		
351					11,2	22			16,8	22			21,8	8		
352					23,1	2			25,3	2			32,9	2		
353	6,9	6	9,3	17	14,9	23	18,2	3	18,6	24			21,1	4		
354	11,0	5	11,7	27	15,4	14	14,2	4	22,1	12	10,0	1	29,9	6		
355	7,6	5	11,4	13	24,5	5	15,1	3	34,3	5	13,7	2	39,6	5	17,1	2
356					14,2	5			20,7	5			22,9	5		
357					13,6	17			18,8	14			28,2	4		
358					17,3	6			23,2	6			26,5	6		
362					20,0	4			31,6	4			35,0	4		
363	9,2	5	9,0	16	23,5	6	10,6	3	30,7	6	21,2	1	32,9	6	22,0	1
364					18,8	5			25,4	5			28,3	5		
366					11,7	2			19,7	2			28,6	2		
367					16,5	6			26,0	6			31,9	6		
368					18,9	3			28,0	3			35,0	3		
369					16,4	14			23,6	14			35,4	7		
371			10,3	7	13,1	21			19,8	18			29,7	4		
374	8,6	5	9,6	21	14,3	16	15,4	4	20,6	16	17,3	2	30,9	4	21,0	1
376	7,8	1	9,9	13	12,3	11	13,3	1	14,7	11			17,5	2	30,0	1
377			9,4	10	11,3	22			16,2	17			23,5	3		
380					15,5	4			24,3	4			27,8	4		
383	5,5	7	9,1	25	13,3	8	12,2	5	17,5	8			25,0	5	25,0	2

COD	h _{5m} [mm]	n° _{5m}	h _{10m} [mm]	n° _{10m}	h _{15m} [mm]	n° _{15m}	h _{20m} [mm]	n° _{20m}	h _{30m} [mm]	n° _{30m}	h _{40m} [mm]	n° _{40m}	h _{45m} [mm]	n° _{45m}	h _{50m} [mm]	n° _{50m}
384			6,7	3	12,1	31			16,9	28			23,7	6		
387	6,9	12	9,3	32	11,9	6	10,9	5	18,7	6	21,8	4	21,8	6		
391					10,3	3			16,1	3			21,0	3		
393					14,3	4			19,9	4			23,4	4		
395		0		0	11,9	21		0	16,4	20		0	24,6	4		0
396					12,8	1			18,1	1			20,7	1		
397	7,8	8	9,6	20	11,5	5	9,2	5	15,9	5		0	17,6	5	30,0	1
398					11,2	7			17,6	7			20,3	7		
399					21,6	7			33,0	7			43,9	7		
400					14,8	6			18,9	6			21,4	6		
401					20,0	1			30,0	1			41,0	1		
402					18,1	1			22,9	1			28,0	1		
403					20,7	3			24,5	3			25,4	3		
404					15,2	7			20,0	7			22,4	7		
405					11,8	3			13,8	3			14,7	3		
406					17,0	5			26,6	5			31,8	5		
407					19,5	2			20,9	2			24,0	2		
408					14,3	2			16,2	2			17,6	2		
410					26,6	2			46,0	2			60,0	2		
412					12,3	3			16,2	3			18,1	3		
416					10,9	3			16,1	3			17,0	3		
420					14,6	1			19,8	1			22,1	1		
422					14,7	4			21,7	4			24,0	4		
425					12,5	1			22,5	1			23,8	1		
434					18,7	2			35,1	2			45,2	2		
438			7,0	1	29,1	6			31,5	6			36,4	5		

Tabella 2. 21: Medie per Stazione dei massimi delle altezze pluviometriche per le durate sub-orarie.

Allegato 2.12: Valori medi campionari di massimi annui di intensità di precipitazione [mm/h], per le durate sub-orarie

COD	i _{5m} [mm/h]	n° _{5m}	i _{10m} [mm/h]	n° _{10m}	i _{15m} [mm/h]	n° _{15m}	i _{20m} [mm/h]	n° _{20m}	i _{30m} [mm/h]	n° _{30m}	i _{40m} [mm/h]	n° _{40m}	i _{45m} [mm/h]	n° _{45m}	i _{50m} [mm/h]	n° _{50m}
1	60,0	2	51,5	12	51,3	19	21,5	3	34,2	18	15,0	1	34,2	6		
2					43,6	4			29,3	4			22,0	4		
3	165,6	1			103,2	1										
4					59,5	5			43,0	5			32,4	5		
6					50,5	5			38,0	5			29,5	5		
7					80,0	7			61,8	7			46,8	7		
8	88,2	4	72,0	22	58,4	28	33,9	7	38,4	29			32,2	11	31,2	1
9					49,2	4			38,0	4			29,6	4		
14	61,8	4	52,5	19	44,6	19	37,5	8	33,0	19	37,5	3	19,9	4	28,3	1
15			70,0	6	53,3	8			38,7	8			16,7	2		
16	62,4	2	47,6	11	42,9	12	21,0	1	28,1	15	21,0	2	24,0	2		
19					86,1	5			60,2	5			51,0	5		
20					84,6	3			53,6	3			38,9	3		
24					214,7	4			182,4	4			135,8	4		
25					65,2	3			38,7	3			27,1	3		
26					64,7	8			50,6	8			41,2	8		
27					78,2	6			57,0	6			43,9	6		
28	55,2	3	55,2	8	40,4	5	42,0	1	40,4	2			26,7	1		
29	174,0	2	63,6	2	36,4	2	26,4	3	36,4	2						
30					57,6	1			52,7	1			50,1	1		
31					55,1	3			38,5	3			27,8	3		
32					45,6	3			29,2	3			26,0	3		
35			48,0	12	43,7	17			29,7	17			29,5	4		
38	124,1	5	59,0	22	47,0	24	44,9	8	33,2	24	44,9	2	23,2	5		
42					117,0	3			59,8	3			40,6	3		
43					72,2	5			47,9	5			37,0	5		
45					88,9	5			57,8	5			41,1	5		
48					64,5	6			45,6	6			37,9	6		
50	69,2	11	59,2	26	56,1	21	44,8	7	41,9	23			41,9	2		
51	91,2	3	65,6	21	56,9	23	55,1	3	43,1	21	55,1	1	30,5	2	55,1	1
53	61,8	4	58,5	14	69,1	19	41,4	2	49,7	18	28,7	2	38,2	12		
55					82,7	3			51,2	3			40,2	3		
57					71,5	6			48,7	6			36,4	6		
58					105,0	4			79,6	4			61,2	4		
59					50,7	3			37,5	3			27,1	3		
60					77,1	4			54,9	4			40,8	4		
62	99,6	2	61,0	11	53,2	8	52,3	3	38,9	11			26,9	1	38,4	3
63	104,4	4	70,3	20	51,9	22	39,6	9	37,4	20	26,8	2	30,3	4	26,8	2
64	129,6	1	58,6	11	53,1	11	57,0	2	34,8	12			18,7	1	38,4	2
65	97,2	4	60,8	9	53,7	10	36,9	2	36,6	10	35,4	1			35,4	1
66					62,5	4			37,4	4			27,6	4		
67			60,0	1	90,8	6			55,9	6			44,6	5		
70					45,3	3			34,0	3			26,7	3		
71	67,2	5	46,6	14	41,6	10	24,2	3	29,9	11	24,2	1			24,2	1

COD	i _{5m} [mm/h]	n° _{5m}	i _{10m} [mm/h]	n° _{10m}	i _{15m} [mm/h]	n° _{15m}	i _{20m} [mm/h]	n° _{20m}	i _{30m} [mm/h]	n° _{30m}	i _{40m} [mm/h]	n° _{40m}	i _{45m} [mm/h]	n° _{45m}	i _{50m} [mm/h]	n° _{50m}
72					46,5	5			39,3	5			31,4	5		
74					75,3	5			54,3	5			41,0	5		
75					53,8	7			42,6	7			31,7	7		
82	83,4	8	56,7	22	46,5	25	45,8	5	32,0	23			24,5	9	24,0	2
85					55,2	9			37,3	9			27,5	9		
88					56,2	4			40,1	4			30,7	4		
89					35,4	1			27,1	1			20,5	1		
90					59,2	2			49,6	2			38,7	2		
92					68,6	5			56,1	5			42,4	5		
93			56,7	9	54,7	19			37,7	18			32,0	10	60,0	1
94					65,1	4			44,6	4			37,5	4		
95					67,3	3			56,6	3			39,5	3		
96					57,9	2			40,5	2			31,3	2		
100					46,2	2			30,3	2			22,5	2		
101			24,0	1	41,6	1	14,7	1								
102	58,8	4	48,4	16	40,0	17	36,9	3	26,1	15			26,1	1		
103	77,1	8	54,8	24	49,9	23	37,4	3	34,0	22	37,4	1	30,9	2	23,6	2
104					56,2	2			45,0	2			30,8	2		
105					68,9	5			50,0	5			36,7	5		
106	100,8	1	51,5	19	44,9	21	34,0	3	31,9	21			31,9	2	48,5	1
107					66,2	4			50,0	4			46,0	4		
108					176,9	1			89,0	1			59,3	1		
110			60,0	1	62,2	5			39,9	5			30,9	5		
111					72,5	6			57,4	6			48,6	6		
113					35,3	1			23,4	1			16,6	1		
114	91,2	1	49,5	13	44,6	19	40,0	1	32,5	20			28,5	6	50,4	1
118					53,8	5			40,9	5			32,5	5		
120					72,2	3			49,0	3			35,5	3		
121					47,0	6			35,4	6			29,9	6		
123					65,5	2			49,6	2			38,3	2		
124					50,9	2			36,1	2			29,8	2		
126					48,4	3			35,4	3			25,8	3		
129	73,4	5	69,1	19	50,8	18	39,0	4	32,6	22	29,7	3	27,5	4	29,7	2
130			60,0	1	60,0	1			40,0	1						
131	69,6	1	53,3	8	40,7	8	53,3	1	27,0	8	33,0	1				
132					84,0	1			54,0	1			38,7	1		
134					59,2	8			44,5	8			36,0	8		
137	90,0	2	56,9	8	45,4	5	54,0	1	33,0	7	24,3	1				
138					56,5	8			44,0	8			33,3	8		
143					53,9	2			41,5	2			32,9	2		
144			83,3	5	71,2	10			44,4	10			34,6	5		
146	85,2	7	49,9	24	47,5	23	27,8	6	34,6	22	18,6	1	34,6	6	18,6	1
147					75,4	2			59,5	2			44,4	2		
148	88,0	3	50,7	13	48,3	15	42,6	1	30,5	15	39,0	1	25,9	4		
151	72,0	6	57,8	24	48,3	26	35,3	6	35,0	24	25,8	1	35,0	5	19,2	1
153	76,8	3	61,4	17	50,6	21	52,8	2	33,1	20			23,6	4	25,2	1
154					122,9	5			74,7	5			56,6	5		

COD	i _{5m} [mm/h]	n° _{5m}	i _{10m} [mm/h]	n° _{10m}	i _{15m} [mm/h]	n° _{15m}	i _{20m} [mm/h]	n° _{20m}	i _{30m} [mm/h]	n° _{30m}	i _{40m} [mm/h]	n° _{40m}	i _{45m} [mm/h]	n° _{45m}	i _{50m} [mm/h]	n° _{50m}
156					63,1	4			50,0	4			37,7	4		
158			48,8	8	47,6	11			31,4	12			27,6	5		
159					86,6	4			60,0	4			47,6	4		
160					26,4	4			18,7	4			14,5	4		
163					53,9	2			32,9	2			26,4	2		
164	86,1	7	54,7	21	49,8	25	23,0	3	33,0	25			31,4	9		
166					73,4	2			43,7	2			30,2	2		
167					52,9	7			38,9	7			29,6	7		
169					64,1	4			47,7	4			36,4	4		
170					92,9	6			58,3	6			42,7	6		
171					53,9	4			35,8	4			27,7	4		
172					40,7	4			29,1	4			22,1	4		
174	111,6	4	58,2	13	47,8	20	37,0	3	31,6	18	28,8	1	26,8	7		
175	90,8	6	61,1	22	52,0	22	51,8	3	35,2	23			35,2	3	46,3	1
176					62,4	6			46,5	6			33,8	6		
178					54,7	7			39,4	7			33,3	7		
179					55,6	5			41,4	5			37,0	5		
180	92,6	5	54,2	19	53,1	23	40,2	3	41,2	20	20,0	1	41,2	7		
181	107,1	8	64,3	26	48,7	21	40,6	5	35,4	22	40,6	2	32,2	4	27,6	2
184					55,3	2			33,2	2			23,9	2		
186					57,9	3			51,1	3			42,6	3		
187	83,8	6	56,1	16	48,9	13			30,2	10					42,7	1
189					72,6	4			52,8	4			43,0	4		
191					54,6	4			41,4	4			30,9	4		
192	74,0	8	56,9	18	47,3	14	39,6	4	28,0	13	37,5	1	28,0	1		
194			60,0	1	49,4	5			40,2	5			35,3	4		
196					37,7	2			31,1	2			25,4	2		
197					55,2	5			31,7	5			26,4	5		
198					67,7	4			43,7	4			35,0	4		
199					67,1	4			51,2	4			38,9	4		
200					46,1	5			29,8	5			24,2	5		
201	98,4	5	52,3	11	56,4	9	32,8	3	30,0	13	22,8	1	27,5	5	19,3	2
204					37,7	6			26,9	6			20,9	6		
206			52,0	3	49,0	7			30,9	7			23,4	4		
208					55,4	3			44,5	3			38,2	3		
209			48,0	1	48,9	6			36,1	6			28,9	5		
210					36,4	2			23,9	2			17,7	2		
212					82,1	7			57,5	7			48,3	7		
215					53,6	3			35,9	3			26,6	3		
216	89,8	10	68,8	16	52,1	12	50,3	4	36,9	13			28,5	5		
217	107,6	6	61,6	13	46,7	12	18,0	1	33,1	10	18,0	1	16,3	1		
221					61,0	4			39,7	4			29,2	4		
224					35,3	4			23,8	4			19,6	4		
226					28,0	1			20,0	1						
227			30,0	1	71,0	7			43,9	7			32,5	7		
228					57,8	4			38,9	4			29,4	4		
232					91,7	6			66,5	6			48,0	6		

COD	i _{5m} [mm/h]	n° _{5m}	i _{10m} [mm/h]	n° _{10m}	i _{15m} [mm/h]	n° _{15m}	i _{20m} [mm/h]	n° _{20m}	i _{30m} [mm/h]	n° _{30m}	i _{40m} [mm/h]	n° _{40m}	i _{45m} [mm/h]	n° _{45m}	i _{50m} [mm/h]	n° _{50m}
233					56,3	23			41,3	26			38,4	9		
234					43,1	3			34,3	3			27,4	3		
235	92,2	10	60,0	21	44,8	14	45,3	4	31,1	15			30,7	6		
236					49,8	3			38,4	3			29,2	3		
238					60,9	4			38,3	4			28,0	4		
241	76,8	3	45,2	10	53,5	17			36,9	18			27,2	8	24,2	1
242	131,4	4	76,7	18	69,0	7	51,0	5	46,8	7	15,0	1	35,8	7		
244					87,0	5			58,1	5			42,7	5		
245					50,0	4			38,3	4			33,0	4		
246					58,5	12			39,3	8			39,3	4		
251					73,4	3			47,3	3			40,3	3		
252					44,1	3			30,6	3			21,4	3		
254	102,0	6	52,9	10	45,9	24	46,8	2	32,2	18			26,5	9		
255					54,9	3			44,7	3			35,2	3		
256					36,4	2			21,3	2			20,1	2		
257					92,4	3			56,8	3			42,1	3		
260					56,1	4			35,6	4			26,1	4		
262					43,5	2			31,3	2			29,5	2		
263					156,4	2			78,2	2			52,1	2		
264	60,0	2	60,0	14	50,9	19	21,6	4	36,7	22			35,5	3	36,0	1
265	82,6	6	58,7	20	46,4	12	33,3	7	28,4	13			27,6	6	50,4	1
266					62,2	5			42,2	5			36,0	5		
267					82,0	5			56,0	5			42,2	5		
268					51,5	4			38,4	4			32,3	4		
269			58,3	7	40,0	1			28,0	1			20,0	1		
271					87,4	2			51,1	2			40,3	2		
272					73,8	6			45,9	6			33,1	6		
273				0	44,7	16			28,8	16			27,2	5		
276			48,5	11	46,4	13			28,8	14						
277					54,4	6			41,5	6			31,3	6		
281	71,0	7	56,2	15	58,8	17	43,2	4	39,2	17			34,7	4	10,7	1
282					53,8	7			39,8	7			32,8	7		
283					32,3	6			27,6	6			23,1	6		
285					53,4	6			41,1	6			31,9	6		
287					48,9	5			31,6	5			27,0	5		
288					69,1	3			52,5	3			39,6	3		
289					72,0	6			50,5	6			38,7	6		
290			62,7	15	46,3	11			39,2	11			27,6	8	32,2	2
292			54,0	3	64,8	4			52,8	4			45,1	4		
295					59,9	3			40,7	3			34,7	3		
297					27,4	2			22,2	2			19,0	2		
298					48,0	7			38,1	7			35,7	6		
300			26,4	1	73,4	8			54,9	8			41,8	8		
301					77,1	4			52,9	4			39,5	4		
303					42,6	3			26,2	3			21,8	3		
304					42,5	6			27,6	6			21,7	6		
306					85,7	1			59,2	1			48,2	1		

COD	i _{5m} [mm/h]	n° _{5m}	i _{10m} [mm/h]	n° _{10m}	i _{15m} [mm/h]	n° _{15m}	i _{20m} [mm/h]	n° _{20m}	i _{30m} [mm/h]	n° _{30m}	i _{40m} [mm/h]	n° _{40m}	i _{45m} [mm/h]	n° _{45m}	i _{50m} [mm/h]	n° _{50m}
311					49,4	16			34,0	18			34,0	5		
312	75,2	6	57,2	20	57,2	10	48,9	7	41,2	9			28,7	8	28,7	1
314	84,0	4	71,1	7	48,0	1	48,0	5	34,0	1	34,0	1	28,0	1	20,4	1
315					55,5	3			42,8	3			32,8	3		
317					60,6	25			43,5	25			43,5	9		
318	96,8	3	59,7	18	54,4	13	42,2	8	35,9	15	35,9	1	32,2	4	32,2	1
319	91,2	3	62,5	14	58,1	20	43,6	3	43,6	20	29,1	1	29,1	7		
321	96,4	6	71,4	17	69,6	7	52,0	5	52,0	7	31,9	3	31,9	7	31,9	2
323					63,8	5			46,9	5			41,3	5		
327					96,4	5			60,4	5			60,4	5		
328					67,0	27			49,1	25			49,1	11		
329	92,2	5	68,9	20	55,5	29	41,0	3	38,3	30	29,1	1	38,3	8		
330	117,9	8	69,1	23	85,7	5	41,8	4	66,5	5	41,8	1	49,8	5	37,0	2
331					46,5	22			33,4	22			33,4	2		
332	101,4	4	61,1	19	52,3	6	34,6	7	38,3	6			34,2	6		
333					58,6	9			43,2	10			42,0	6		
335					79,5	5			70,5	5			62,8	5		
337			61,2	4	48,5	13			40,0	8			35,1	5		
338	74,4	1	40,7	5	101,6	1	40,7	4	60,0	1	40,7	1	44,0	1		
339					59,8	21			44,1	20			44,1	7		
341	108,0	5	62,8	20	57,1	12	62,8	2	34,6	10	27,2	2	34,6	1		
342					105,9	3			62,5	3			44,1	3		
345	123,0	4	66,2	15	46,6	8	40,6	4	33,2	5	40,6	1	28,3	2		
349	92,8	3	54,0	8	45,6	1	29,0	2	30,8	1	14,6	1	27,2	1		
351					45,0	22			33,7	22			29,1	8		
352					92,6	2			50,6	2			43,9	2		
353	83,2	6	55,6	17	59,8	23	54,5	3	37,3	24			28,1	4		
354	131,5	5	70,0	27	61,5	14	42,5	4	44,3	12	15,0	1	39,9	6		
355	91,7	5	68,4	13	98,2	5	45,2	3	68,6	5	20,6	2	52,8	5	20,6	2
356					56,8	5			41,4	5			30,6	5		
357					54,4	17			37,6	14			37,6	4		
358					69,1	6			46,4	6			35,3	6		
362					80,1	4			63,3	4			46,7	4		
363	110,9	5	54,1	16	94,1	6	31,7	3	61,4	6	31,7	1	43,9	6	26,4	1
364					75,3	5			50,9	5			37,8	5		
366					46,6	2			39,4	2			38,1	2		
367					66,1	6			52,0	6			42,5	6		
368					75,6	3			56,0	3			46,7	3		
369					65,8	14			47,2	14			47,2	7		
371			62,1	7	52,6	21			39,6	18			39,6	4		
374	103,7	5	57,4	21	57,0	16	46,3	4	41,2	16	25,9	2	41,2	4	25,2	1
376	93,6	1	59,2	13	49,2	11	40,0	1	29,4	11			23,3	2	36,0	1
377			56,4	10	45,3	22			32,4	17			31,4	3		
380					61,9	4			48,7	4			37,1	4		
383	66,3	7	54,8	25	53,1	8	36,6	5	35,0	8			33,4	5	30,0	2
384			40,0	3	48,4	31			33,9	28			31,6	6		
387	83,1	12	55,6	32	47,6	6	32,7	5	37,5	6	32,7	4	29,1	6		

COD	i _{5m} [mm/h]	n° _{5m}	i _{10m} [mm/h]	n° _{10m}	i _{15m} [mm/h]	n° _{15m}	i _{20m} [mm/h]	n° _{20m}	i _{30m} [mm/h]	n° _{30m}	i _{40m} [mm/h]	n° _{40m}	i _{45m} [mm/h]	n° _{45m}	i _{50m} [mm/h]	n° _{50m}
391					41,3	3			32,3	3			27,9	3		
393					57,2	4			39,8	4			31,2	4		
395					47,6	21			32,8	20			32,8	4		
396					51,4	1			36,2	1			27,6	1		
397	93,6	8	57,8	20	46,1	5	27,6	5	31,8	5			23,5	5	36,0	1
398					44,7	7			35,2	7			27,0	7		
399					86,4	7			66,0	7			58,6	7		
400					59,0	6			37,8	6			28,5	6		
401					80,0	1			60,0	1			54,7	1		
402					72,6	1			45,8	1			37,3	1		
403					82,9	3			48,9	3			33,9	3		
404					60,8	7			40,0	7			29,8	7		
405					47,1	3			27,7	3			19,7	3		
406					68,0	5			53,1	5			42,4	5		
407					77,9	2			41,9	2			32,0	2		
408					57,2	2			32,4	2			23,5	2		
410					106,5	2			92,1	2			80,0	2		
412					49,3	3			32,4	3			24,2	3		
416					43,8	3			32,2	3			22,7	3		
420					58,5	1			39,6	1			29,4	1		
422					58,8	4			43,5	4			32,0	4		
425					49,9	1			44,9	1			31,8	1		
434					74,8	2			70,3	2			60,2	2		
438			42,0	1	116,3	6			62,9	6			48,5	5		

Tabella 2. 22: Medie per Stazione degli estremi delle intensità pluviometriche per le durate sub-orarie.

Allegato 2.13: Rappresentazioni spaziali dei valori medi campionari degli estremi di altezza di precipitazione per le durate sub-orarie.

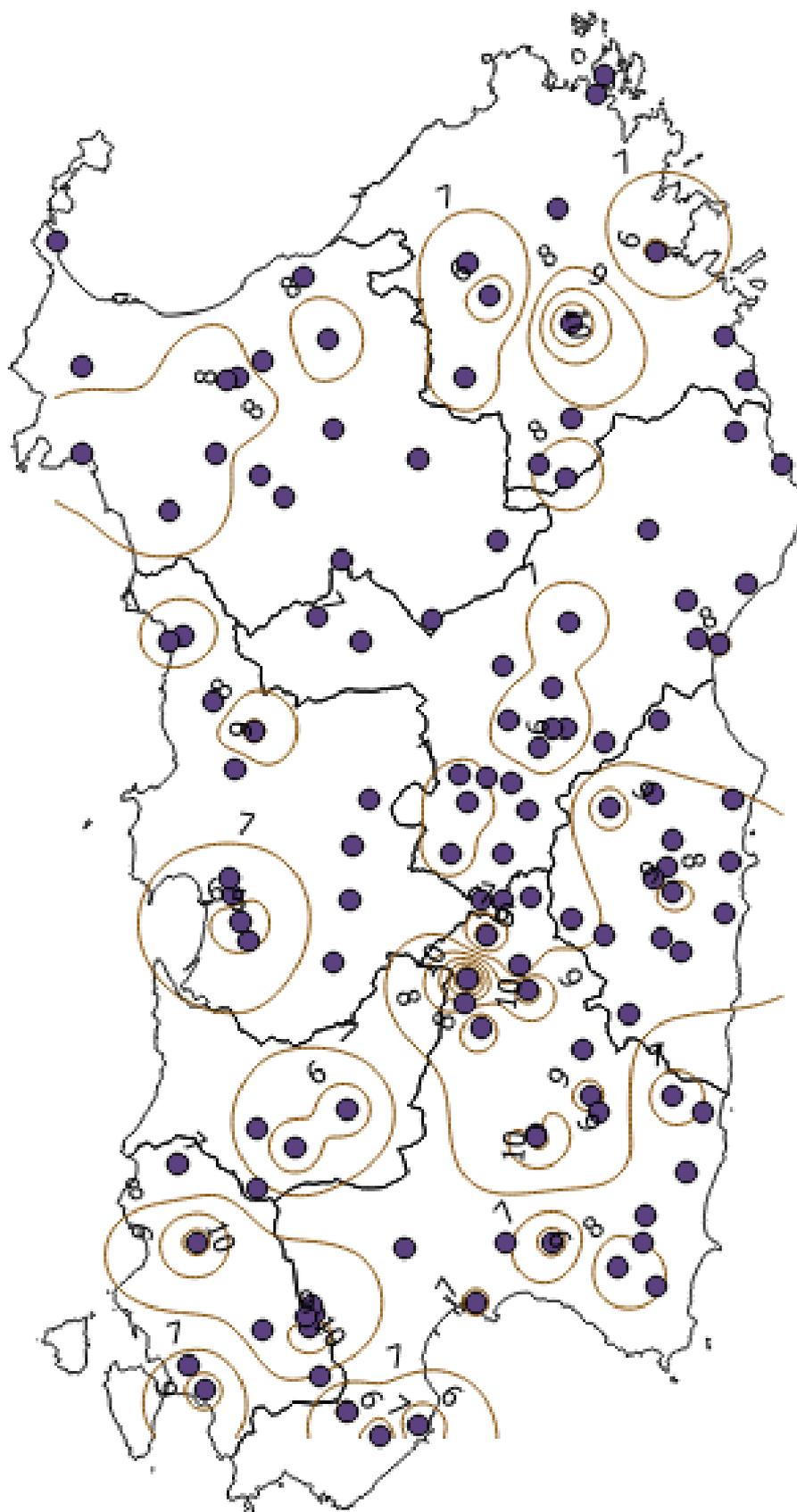


Immagine 2. 12: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 5 minuti.

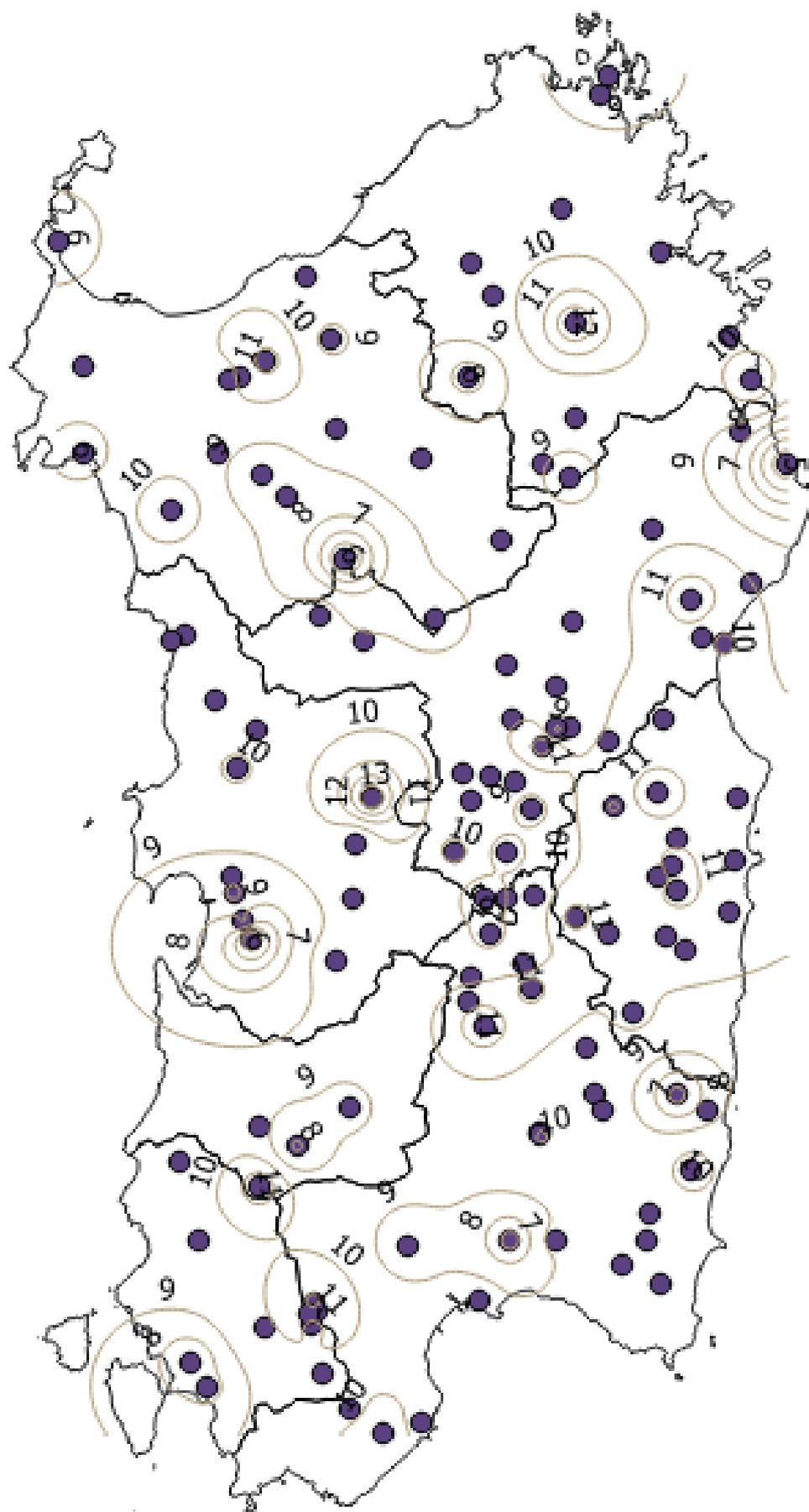


Immagine 2. 13: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 10 minuti.

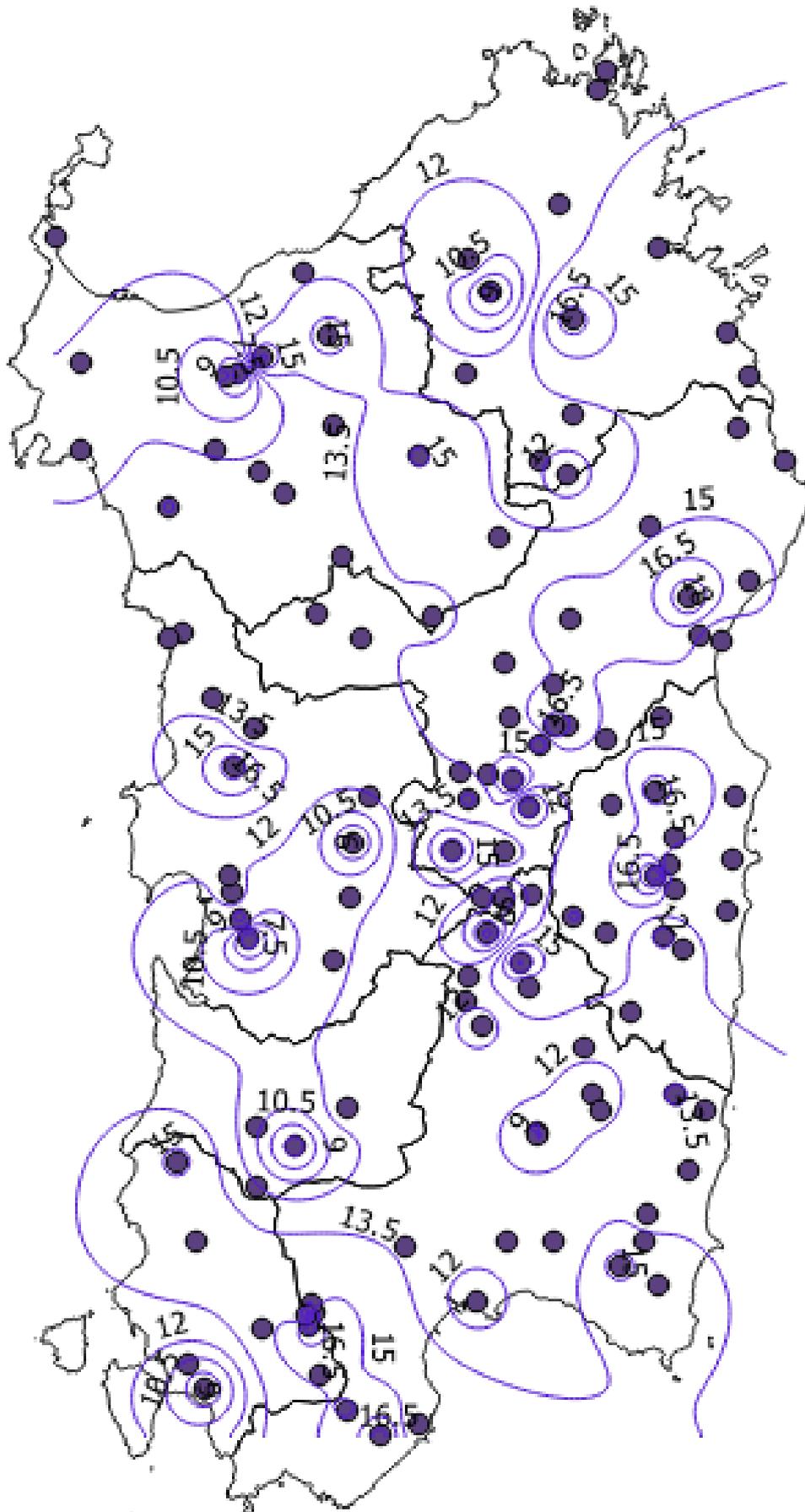


Immagine 2. 14: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 20 minuti.



Immagine 2. 15: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 30 minuti.

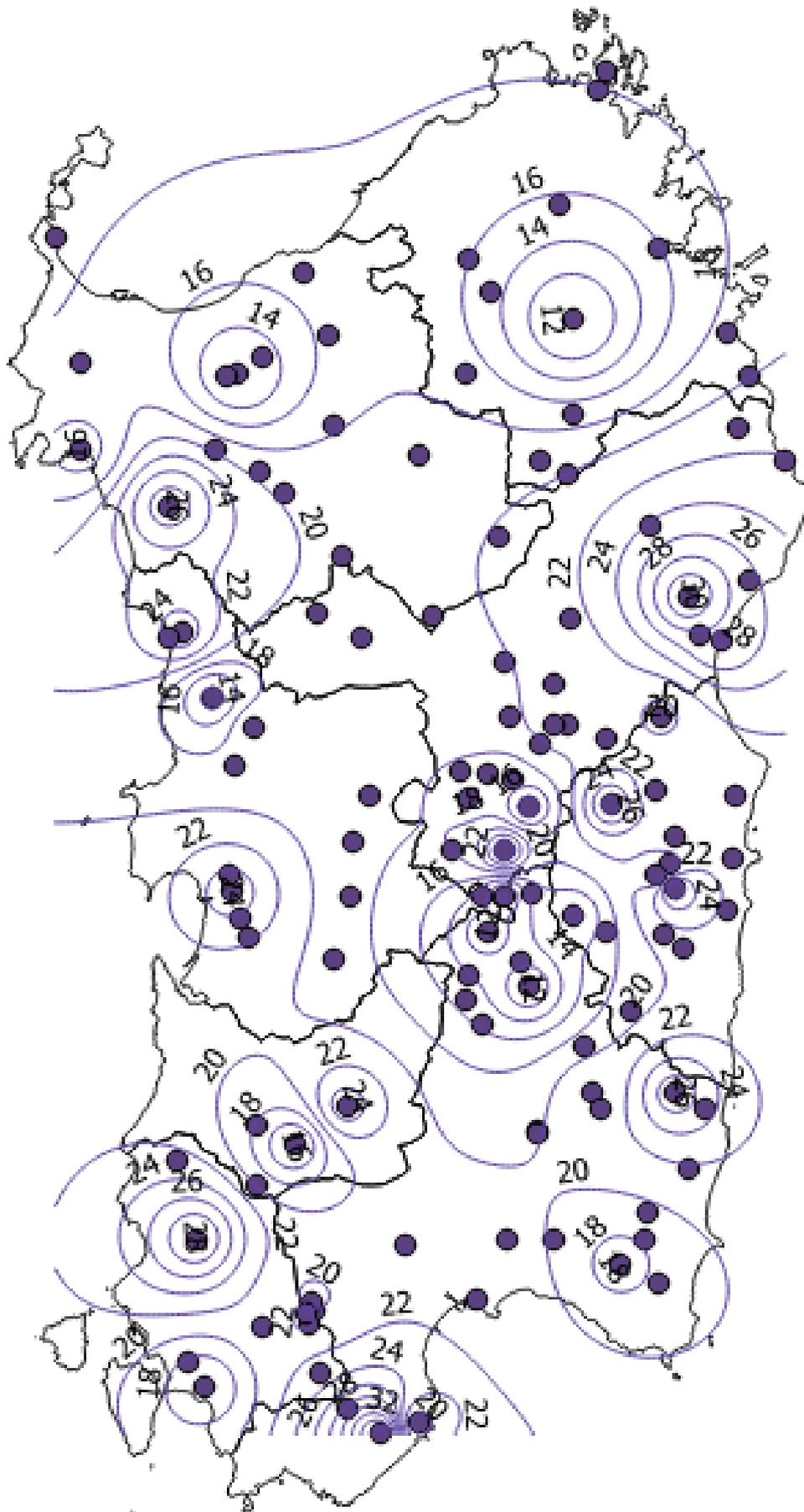


Immagine 2. 16: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 40 minuti.

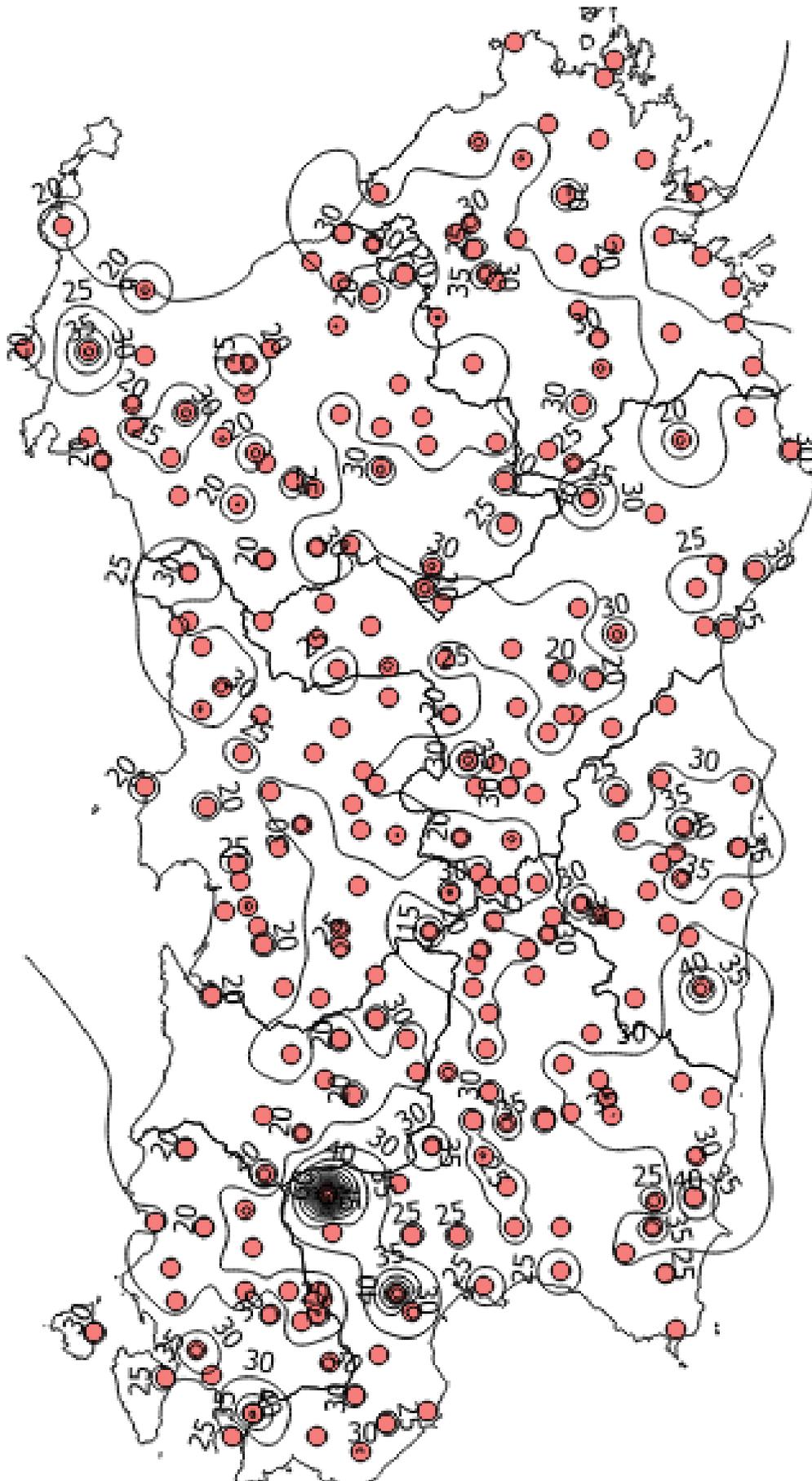


Immagine 2. 17: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 45 minuti.

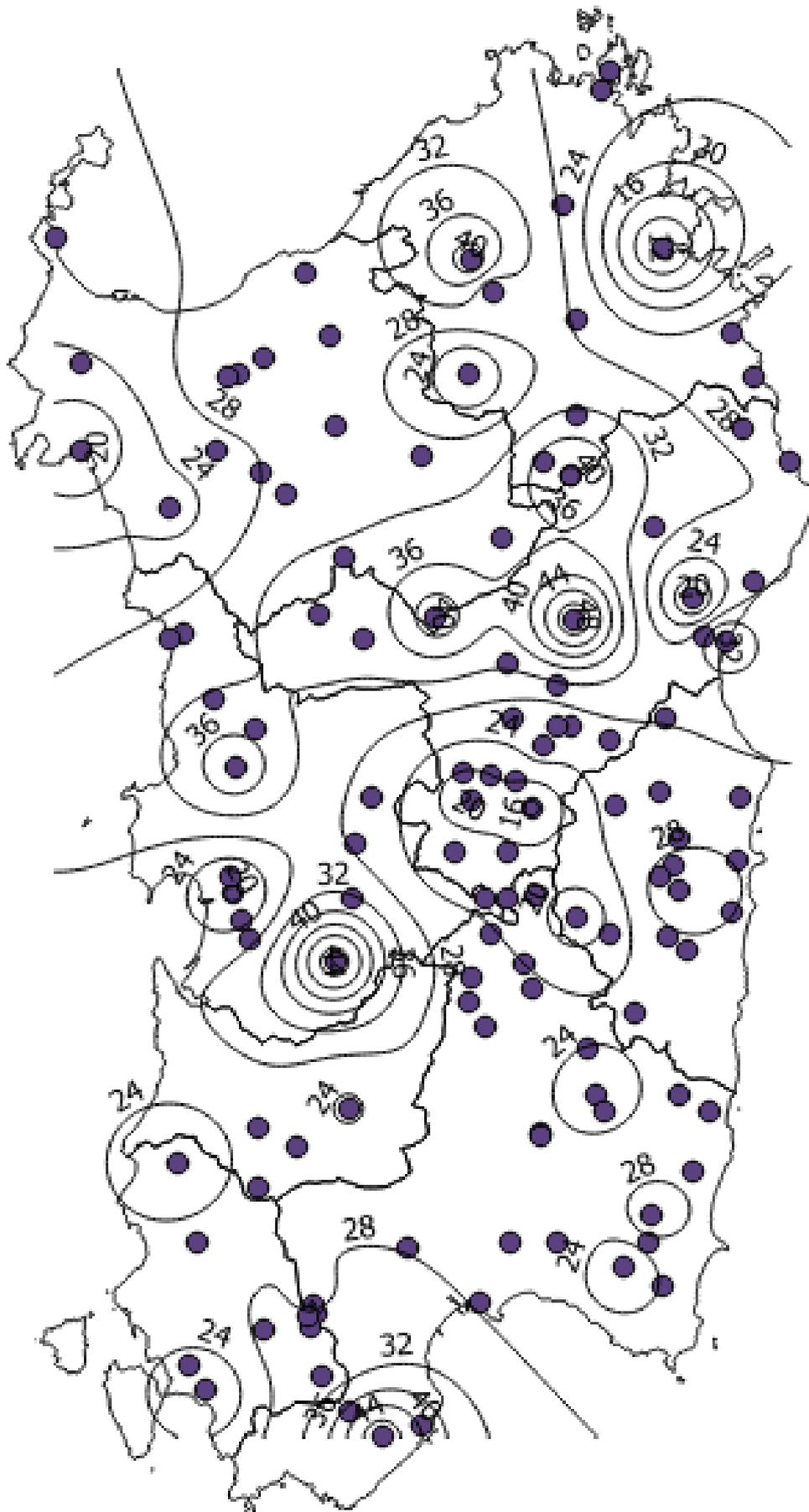


Immagine 2. 18: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 50 minuti.

Allegato 2.14: Disponibilità dei rilevamenti negli anni di studio, consistenza dei dati e frequenza delle serie storiche, per le durate a 3, 6, 12 e 24 ore.

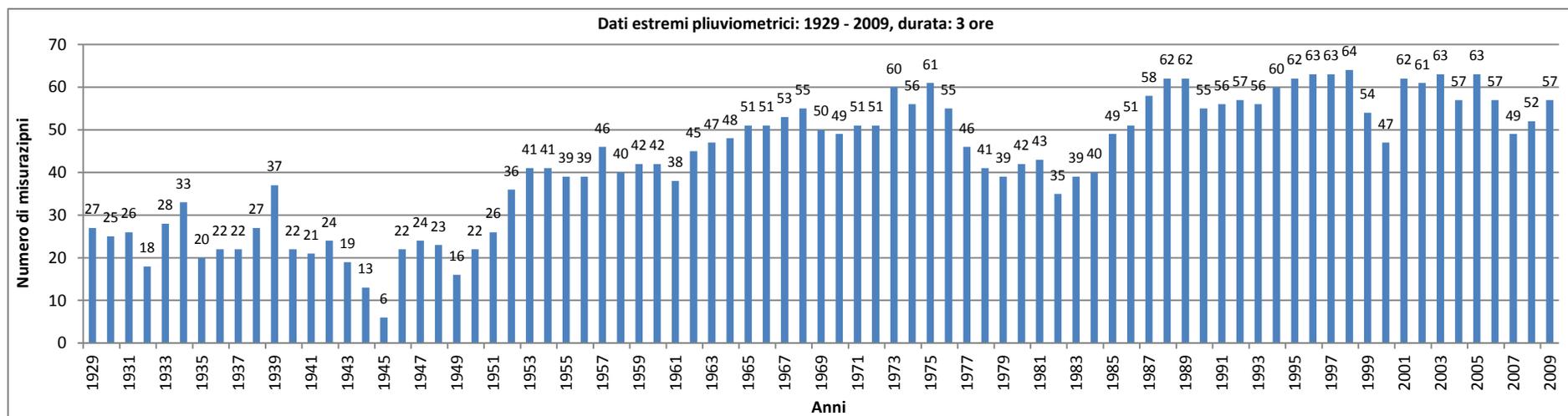


Grafico 2. 45: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 3 ore, dal dataset CUBIST.

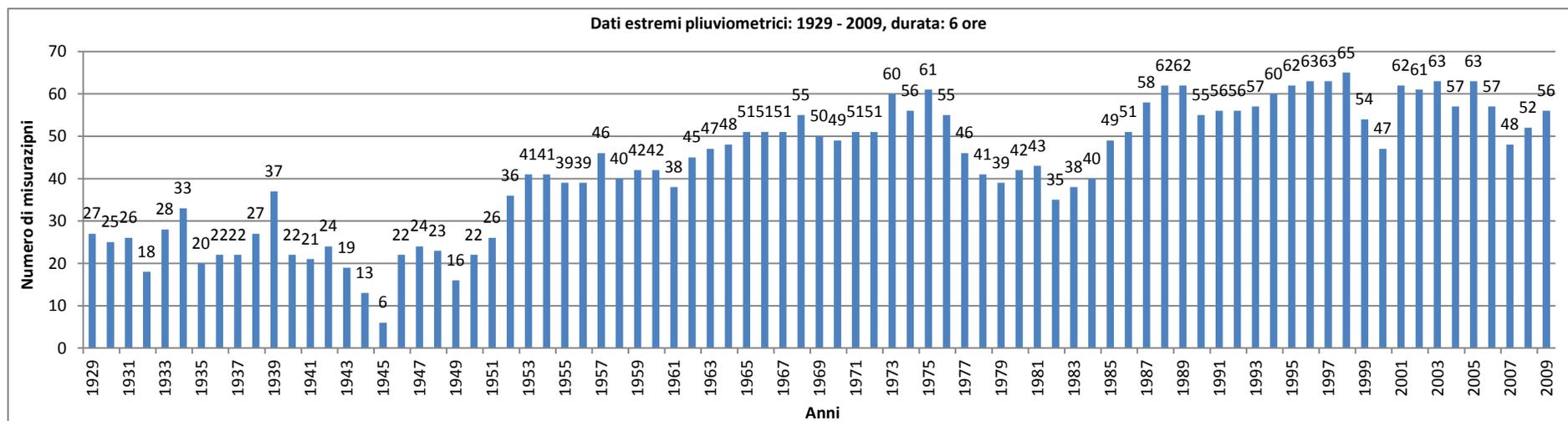


Grafico 2. 46: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 6 ore, dal dataset CUBIST.

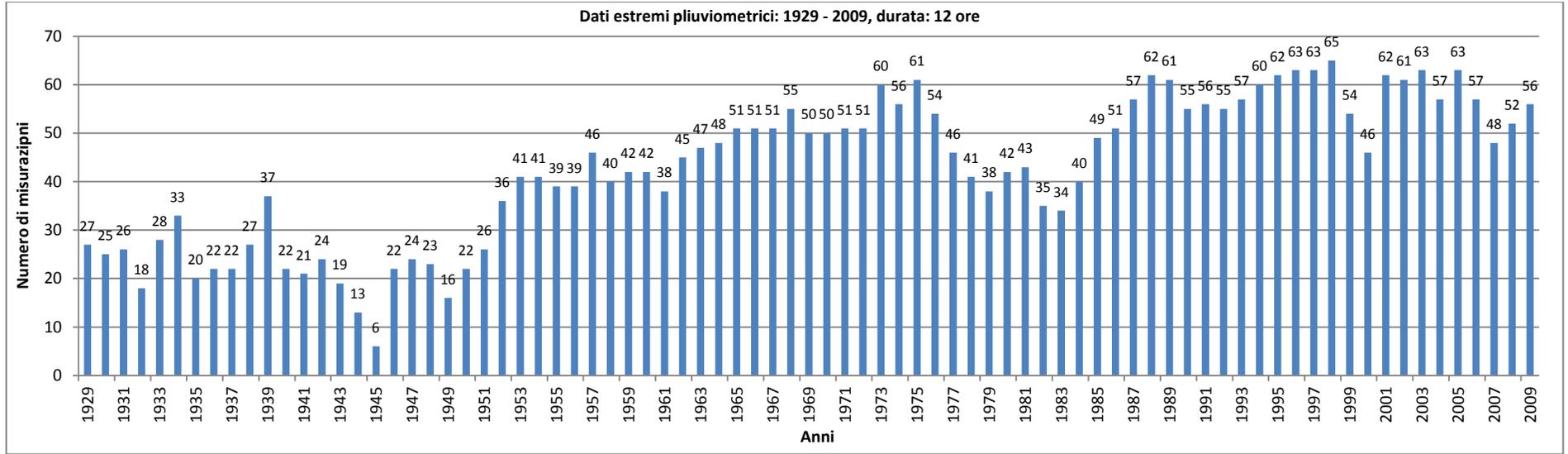


Grafico 2. 47: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 12 ore, dal dataset CUBIST.

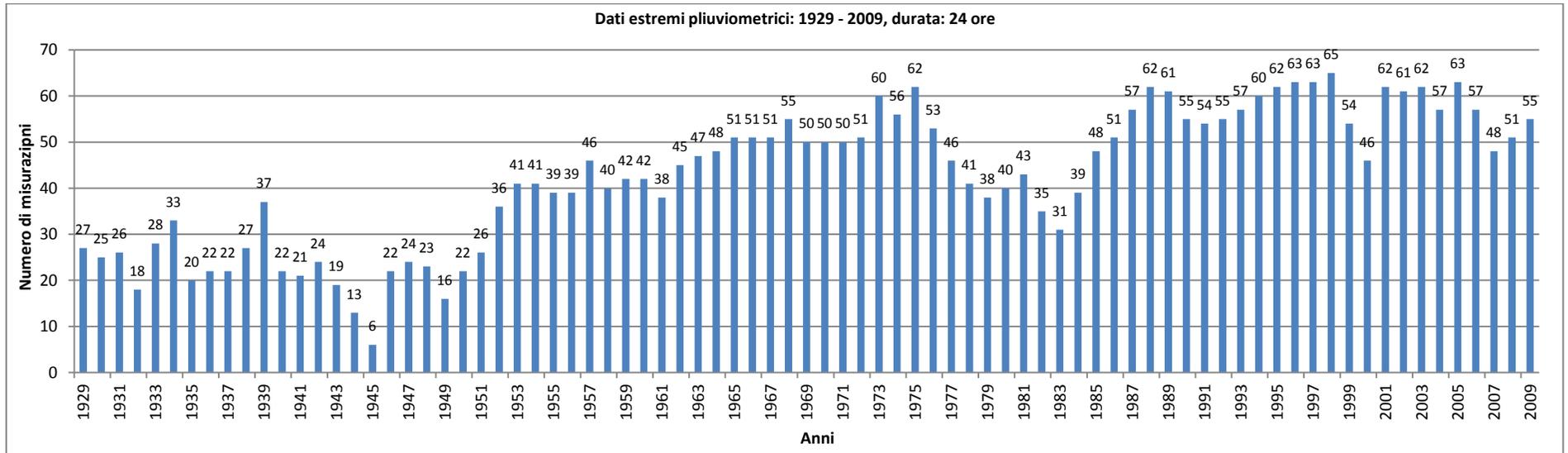


Grafico 2. 48: Disponibilità dati di precipitazione massima annui per la durata pari a 24 ore, dal dataset CUBIST.

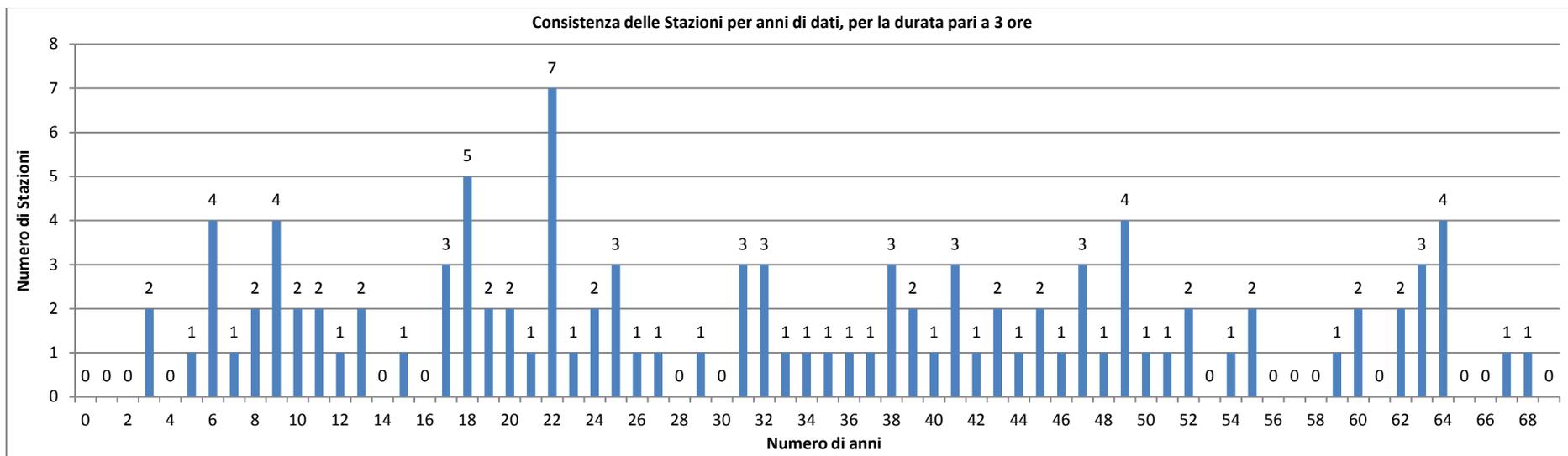


Grafico 2. 49: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 3 ore, dal dataset CUBIST.

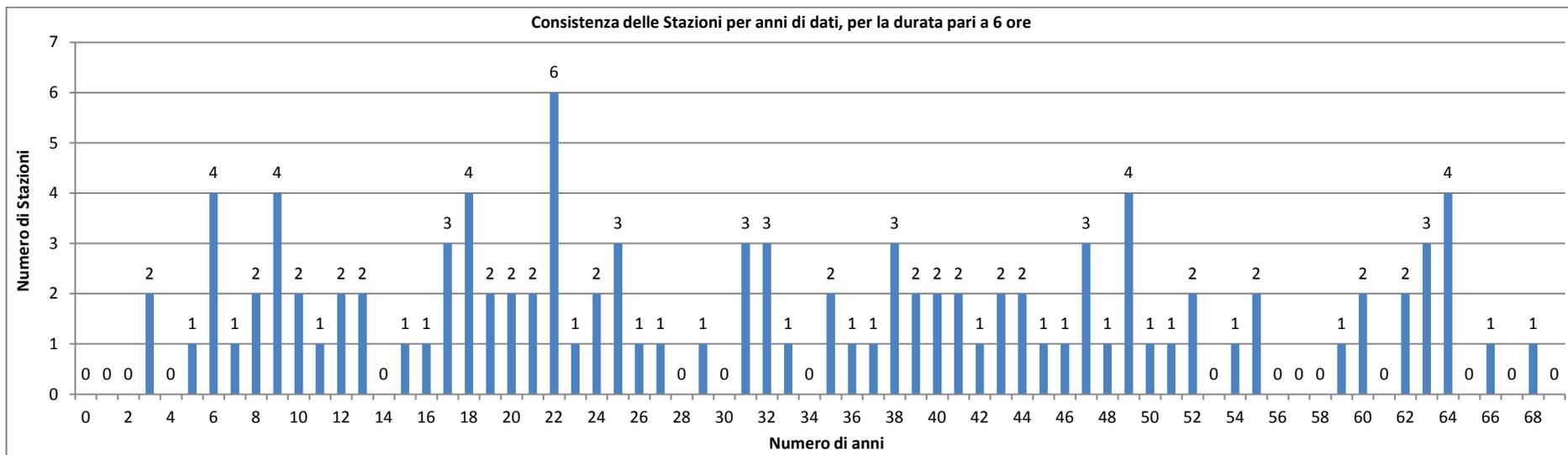


Grafico 2. 50: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 6 ore, dal dataset CUBIST.

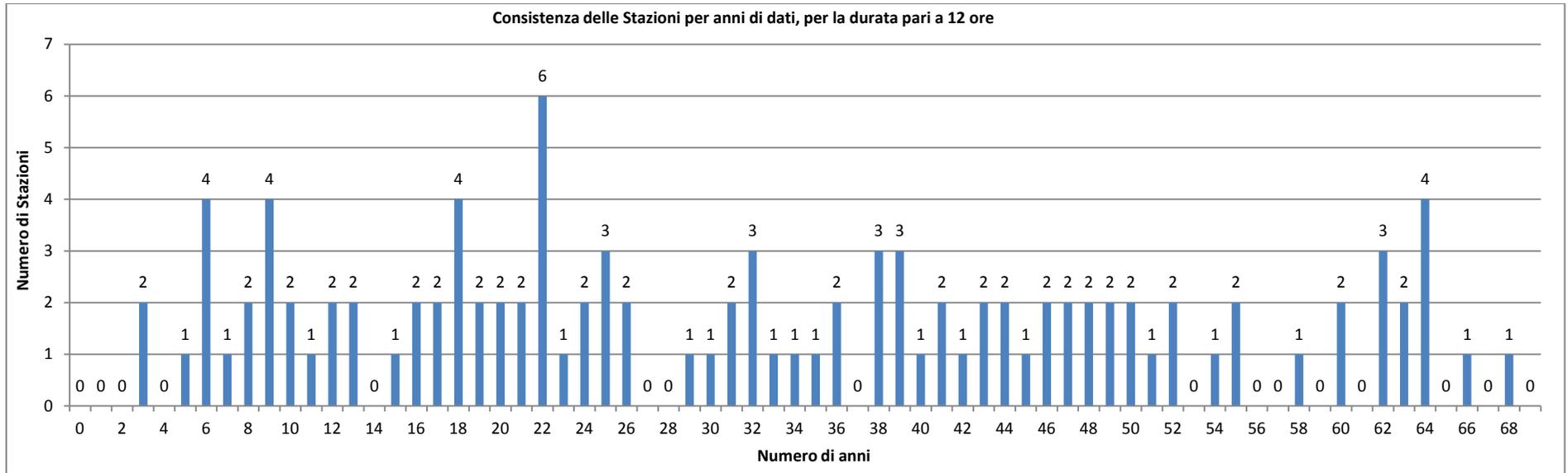


Grafico 2. 51: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 12 ore, dal dataset CUBIST.

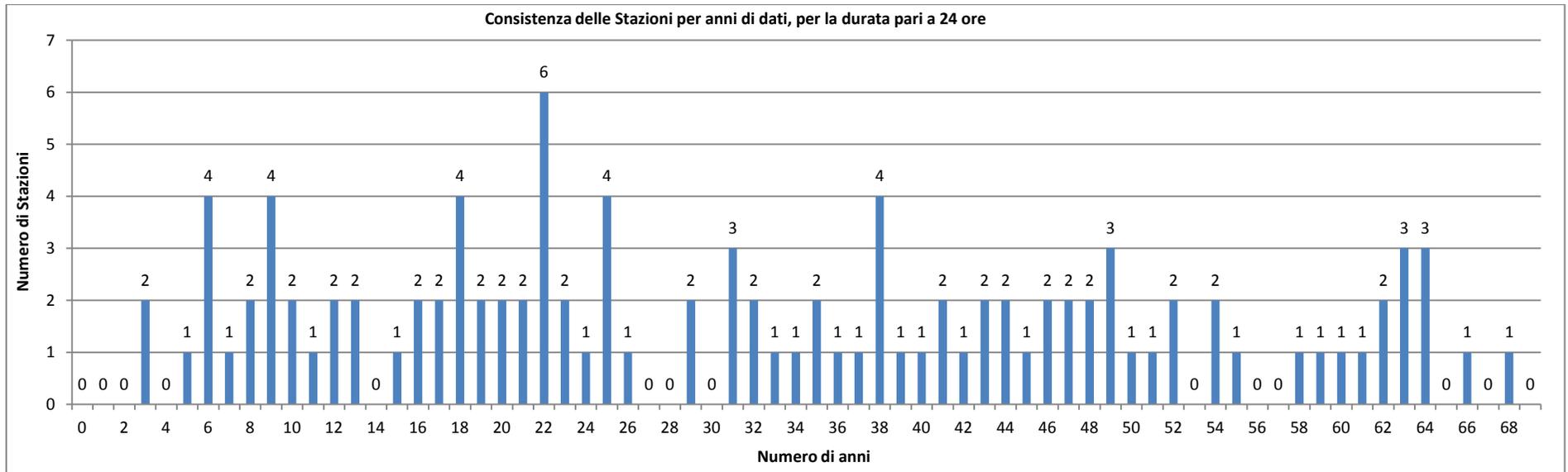


Grafico 2. 52: Istogramma delle consistenze delle Stazioni per anni di dati, per la durata pari a 24 ore, dal dataset CUBIST.

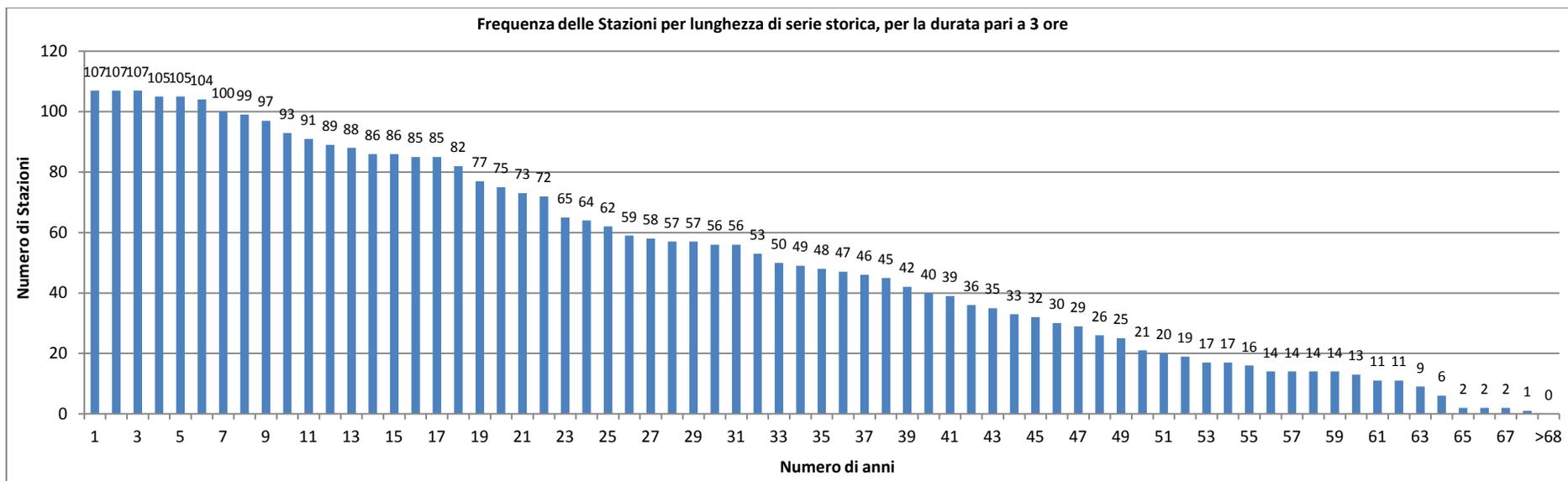


Grafico 2. 53: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 3 ore, dal dataset CUBIST.

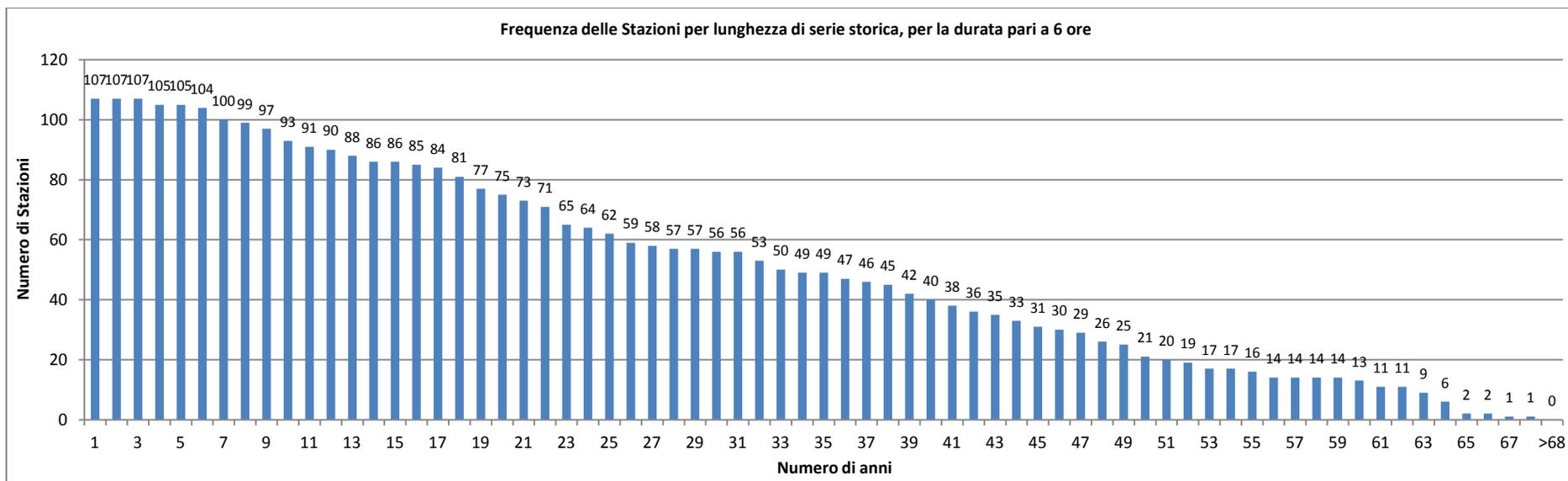


Grafico 2. 54: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 6 ore, dal dataset CUBIST.

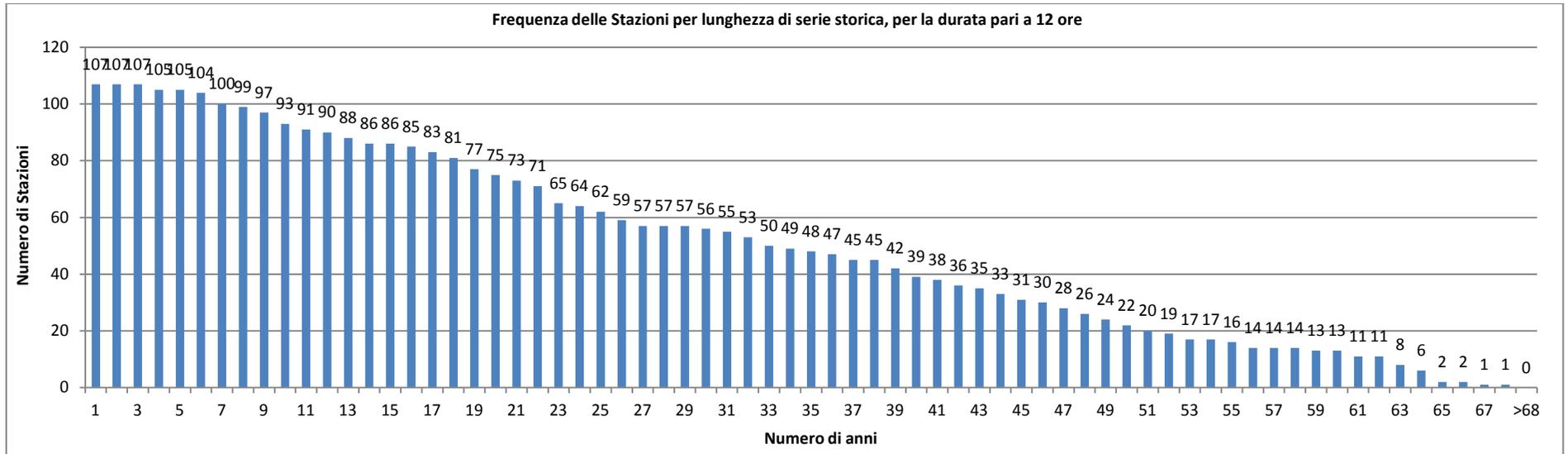


Grafico 2. 55: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 12 ore, dal dataset CUBIST.

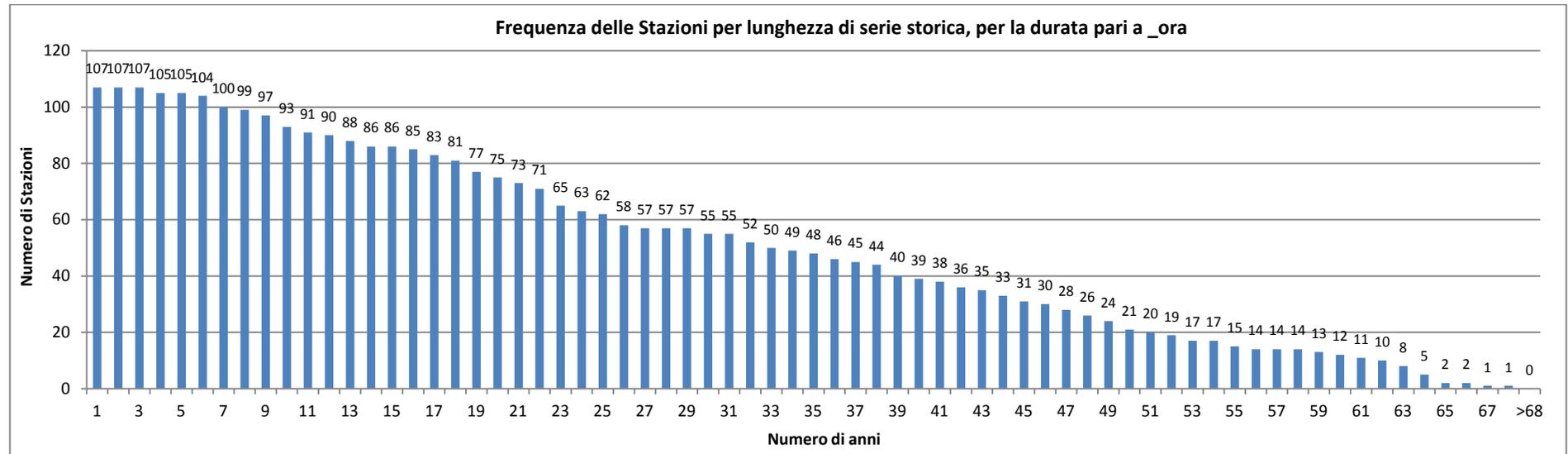


Grafico 2. 56: Istogramma di frequenza delle Stazioni per serie storiche, per la durata pari a 24 ore, dal dataset CUBIST.

Allegato 2.15: Valori medi campionari dei massimi annui di altezza di precipitazione [mm], per le durate orarie

COD	h _{1h} [mm]	n° _{1h}	h _{3h} [mm]	n° _{3h}	h _{6h} [mm]	n° _{6h}	h _{12h} [mm]	n° _{12h}	h _{24h} [mm]	n° _{24h}
1	22,8	54	30,1	47	35,5	47	41,8	47	51,9	47
7	24,8	22	31,6	22	36,8	22	41,3	22	49,3	22
8	22,1	49	28,4	49	34,2	49	41,5	48	49,7	48
12	24,1	14	37,0	12	39,6	12	42,5	12	44,5	12
14	19,0	51	25,1	49	30,6	49	35,1	49	43,2	49
15	23,4	26	36,7	26	47,9	26	61,3	26	77,4	25
16	21,5	35	30,9	35	38,5	35	46,6	35	57,4	35
19	29,5	20	43,7	20	49,3	20	54,0	20	63,3	20
27	24,1	33	29,0	33	34,2	33	39,0	33	45,7	33
28	22,5	22	30,4	19	37,3	19	49,8	19	65,6	19
35	24,7	38	40,2	38	49,7	38	58,5	38	66,1	38
38	21,1	65	29,8	63	37,5	63	47,1	63	57,8	63
48	30,0	18	53,8	18	67,0	18	77,3	18	88,8	18
50	29,2	60	45,5	60	60,5	60	81,7	60	104,2	59
51	28,2	52	43,6	52	56,2	52	68,7	52	83,9	52
53	21,7	57	31,0	52	38,3	52	45,1	52	52,7	52
62	27,5	13	44,8	13	65,3	13	78,7	13	96,0	13
63	22,4	41	33,3	41	45,0	41	56,7	41	71,2	41
64	25,6	10	41,4	10	56,8	10	72,4	10	89,4	10
65	22,0	11	30,8	11	43,6	11	54,0	11	63,5	11
67	23,0	38	31,8	38	39,4	38	47,0	38	55,5	37
71	20,2	48	27,4	48	32,4	48	37,5	48	43,0	48
82	20,3	67	28,2	64	36,4	64	45,4	64	54,2	63
85	19,4	25	28,8	25	35,9	25	43,9	25	57,3	25
93	21,8	37	29,5	37	36,6	37	45,5	36	53,0	35
99	21,4	5	24,5	5	31,6	5	41,0	5	49,6	5
102	18,6	44	24,3	45	28,5	44	32,8	44	37,8	44
103	20,7	73	27,5	68	32,2	68	37,6	68	44,0	68
106	19,0	41	28,6	42	38,1	42	51,2	42	64,7	42
110	18,7	18	26,1	18	32,2	18	40,8	18	51,4	18
114	20,8	32	28,3	32	34,4	32	41,9	32	51,6	32
129	22,3	65	31,3	62	38,6	62	49,9	62	59,8	61
131	17,4	9	31,2	9	41,9	9	54,6	9	65,0	9
132	28,0	9	34,9	9	40,8	9	46,4	9	58,0	9
137	25,6	8	34,9	8	43,4	8	50,1	8	59,9	8
144	22,2	32	28,9	32	35,3	32	41,8	32	51,9	31
146	20,2	51	30,3	51	40,1	51	54,8	51	72,4	51
148	20,3	17	26,8	17	33,8	17	43,4	17	55,1	17
151	19,4	44	27,6	38	36,4	38	47,9	38	59,5	38
153	22,5	39	31,0	39	36,0	39	44,2	39	52,2	39
158	15,9	10	24,8	10	34,2	10	48,3	10	59,9	10
164	19,2	64	25,6	59	31,3	59	38,1	58	49,5	58
174	22,7	39	35,4	39	49,0	39	66,0	39	88,0	38
175	22,3	70	34,1	63	42,3	63	55,1	62	69,3	62
180	22,1	50	31,4	49	40,1	49	48,8	50	59,0	49
181	23,6	69	32,4	64	41,2	64	51,9	64	65,0	64
187	20,0	33	26,9	31	35,1	31	44,3	31	56,0	31
192	23,0	59	32,2	54	38,2	54	46,3	54	55,0	54
201	21,0	43	26,1	43	32,4	43	40,5	43	47,9	43
206	20,6	27	27,3	27	31,2	27	37,7	26	44,0	26
209	19,6	22	27,5	22	34,7	22	42,3	22	53,3	22
210	20,3	8	26,8	8	34,5	8	47,9	8	66,1	8

COD	h _{1h} [mm]	n° _{1h}	h _{3h} [mm]	n° _{3h}	h _{6h} [mm]	n° _{6h}	h _{12h} [mm]	n° _{12h}	h _{24h} [mm]	n° _{24h}
216	22,7	42	30,5	41	38,0	41	47,3	41	57,5	41
217	20,8	27	29,6	25	35,5	25	43,8	25	54,4	25
218	22,4	28	28,3	25	33,6	25	40,9	25	48,5	25
224	24,2	18	31,8	18	35,8	18	43,1	18	49,3	18
227	19,8	24	25,6	24	31,9	24	39,5	24	50,2	23
230	31,9	6	40,0	6	46,1	6	57,4	6	62,5	6
235	23,6	67	30,5	67	35,1	66	40,9	66	47,7	66
241	17,5	35	23,0	34	29,0	35	36,6	34	44,6	34
242	26,8	60	37,9	60	49,6	60	65,5	60	81,7	60
246	32,2	15	37,9	15	43,9	15	54,3	15	72,5	15
251	34,4	3	39,0	3	41,5	3	43,1	3	47,1	3
254	18,8	51	29,4	43	37,5	43	45,3	43	55,0	43
265	22,4	65	33,0	64	42,6	64	54,9	64	69,8	64
269	19,0	20	27,3	20	33,8	20	45,7	20	61,8	20
276	17,7	18	24,1	18	30,3	17	38,7	17	49,3	17
281	20,9	50	30,0	50	37,1	50	47,1	50	58,5	50
287	28,5	17	44,3	17	54,8	17	69,8	16	90,0	16
290	25,3	41	39,6	41	52,6	40	61,7	39	74,9	38
292	23,1	24	35,6	24	48,3	24	66,1	24	87,0	24
293	19,0	9	35,7	9	47,6	9	63,3	9	75,0	9
295	31,0	21	43,1	21	52,4	21	71,5	21	92,8	21
297	21,6	19	35,2	19	47,5	19	66,3	19	95,9	19
301	22,9	22	36,4	22	50,4	22	71,3	22	94,6	22
312	22,3	63	32,0	62	40,2	62	52,9	62	68,8	62
313	17,5	17	25,1	17	37,2	16	50,1	16	62,3	16
314	30,7	6	48,5	6	67,0	6	82,7	6	101,5	6
318	26,2	23	41,2	23	57,7	23	78,0	23	96,4	23
319	27,6	31	52,9	31	74,2	31	103,1	30	144,7	29
321	33,5	67	55,9	63	79,4	63	111,9	63	147,6	63
329	30,0	47	52,9	46	76,4	46	108,8	46	145,0	46
330	31,3	43	56,3	44	81,0	44	111,6	44	144,3	44
332	25,2	49	42,5	49	58,4	49	77,0	49	104,6	49
337	22,7	22	34,2	22	45,0	22	57,9	22	77,4	22
338	27,9	9	49,3	9	59,4	9	85,9	9	103,5	9
341	31,1	35	61,9	29	90,5	29	133,3	29	192,5	29
345	24,7	34	39,0	32	56,0	32	78,8	32	104,3	32
348	29,8	3	47,2	3	51,7	3	61,0	3	71,7	3
349	20,8	24	31,1	18	39,0	18	51,5	18	66,4	18
353	19,9	22	28,1	22	32,8	22	40,4	22	50,6	22
354	24,2	55	32,3	55	38,1	55	44,0	55	52,5	54
355	27,2	52	36,0	47	46,8	47	62,0	46	83,8	46
363	26,2	58	39,2	55	50,5	55	64,3	55	83,1	55
371	31,0	31	46,1	31	58,3	31	70,3	31	89,7	31
373	29,3	6	36,8	6	48,9	6	64,6	6	74,7	6
374	25,1	47	40,3	47	54,0	47	71,5	47	92,9	47
376	31,0	22	48,1	22	64,1	21	87,2	21	105,6	21
377	21,9	40	35,3	40	46,1	40	59,4	40	73,5	40
383	20,5	64	27,6	64	34,3	64	41,7	64	54,0	64
384	21,0	36	28,0	36	32,2	36	38,1	36	46,0	36
386	27,1	7	38,8	7	44,4	7	52,7	7	59,5	7
387	21,2	45	29,5	45	36,2	45	41,8	45	50,0	45
388	25,5	6	33,3	6	40,4	6	52,0	6	60,7	6
390	18,8	13	27,1	13	33,8	13	41,7	13	50,4	13
397	21,4	22	29,0	22	35,0	22	43,6	22	52,3	22
437	18,9	11	26,6	11	28,7	12	33,1	12	37,6	12

Tabella 2. 23: Medie per Stazione dei massimi annui delle altezze pluviometriche per le durate orarie.

Allegato 2.16: Valori medi campionari di estremi di intensità di precipitazione [mm/h], per le durate orarie

COD	i _{1h} [mm/h]	n° _{1h}	i _{3h} [mm/h]	n° _{3h}	i _{6h} [mm/h]	n° _{6h}	i _{12h} [mm/h]	n° _{12h}	i _{24h} [mm/h]	n° _{24h}
1	22,8	54	10,0	47	5,9	47	3,5	47	2,2	47
7	24,8	22	10,5	22	6,1	22	3,4	22	2,1	22
8	22,1	49	9,5	49	5,7	49	3,5	48	2,1	48
12	24,1	14	12,3	12	6,6	12	3,5	12	1,9	12
14	19,0	51	8,4	49	5,1	49	2,9	49	1,8	49
15	23,4	26	12,2	26	8,0	26	5,1	26	3,2	25
16	21,5	35	10,3	35	6,4	35	3,9	35	2,4	35
19	29,5	20	14,6	20	8,2	20	4,5	20	2,6	20
27	24,1	33	9,7	33	5,7	33	3,2	33	1,9	33
28	22,5	22	10,1	19	6,2	19	4,2	19	2,7	19
35	24,7	38	13,4	38	8,3	38	4,9	38	2,8	38
38	21,1	65	9,9	63	6,2	63	3,9	63	2,4	63
48	30,0	18	17,9	18	11,2	18	6,4	18	3,7	18
50	29,2	60	15,2	60	10,1	60	6,8	60	4,3	59
51	28,2	52	14,5	52	9,4	52	5,7	52	3,5	52
53	21,7	57	10,3	52	6,4	52	3,8	52	2,2	52
62	27,5	13	14,9	13	10,9	13	6,6	13	4,0	13
63	22,4	41	11,1	41	7,5	41	4,7	41	3,0	41
64	25,6	10	13,8	10	9,5	10	6,0	10	3,7	10
65	22,0	11	10,3	11	7,3	11	4,5	11	2,6	11
67	23,0	38	10,6	38	6,6	38	3,9	38	2,3	37
71	20,2	48	9,1	48	5,4	48	3,1	48	1,8	48
82	20,3	67	9,4	64	6,1	64	3,8	64	2,3	63
85	19,4	25	9,6	25	6,0	25	3,7	25	2,4	25
93	21,8	37	9,8	37	6,1	37	3,8	36	2,2	35
99	21,4	5	8,2	5	5,3	5	3,4	5	2,1	5
102	18,6	44	8,1	45	4,7	44	2,7	44	1,6	44
103	20,7	73	9,2	68	5,4	68	3,1	68	1,8	68
106	19,0	41	9,5	42	6,3	42	4,3	42	2,7	42
110	18,7	18	8,7	18	5,4	18	3,4	18	2,1	18
114	20,8	32	9,4	32	5,7	32	3,5	32	2,1	32
129	22,3	65	10,4	62	6,4	62	4,2	62	2,5	61
131	17,4	9	10,4	9	7,0	9	4,6	9	2,7	9
132	28,0	9	11,6	9	6,8	9	3,9	9	2,4	9
137	25,6	8	11,6	8	7,2	8	4,2	8	2,5	8
144	22,2	32	9,6	32	5,9	32	3,5	32	2,2	31
146	20,2	51	10,1	51	6,7	51	4,6	51	3,0	51
148	20,3	17	8,9	17	5,6	17	3,6	17	2,3	17
151	19,4	44	9,2	38	6,1	38	4,0	38	2,5	38
153	22,5	39	10,3	39	6,0	39	3,7	39	2,2	39
158	15,9	10	8,3	10	5,7	10	4,0	10	2,5	10
164	19,2	64	8,5	59	5,2	59	3,2	58	2,1	58
174	22,7	39	11,8	39	8,2	39	5,5	39	3,7	38
175	22,3	70	11,4	63	7,0	63	4,6	62	2,9	62
180	22,1	50	10,5	49	6,7	49	4,1	50	2,5	49
181	23,6	69	10,8	64	6,9	64	4,3	64	2,7	64
187	20,0	33	9,0	31	5,9	31	3,7	31	2,3	31
192	23,0	59	10,7	54	6,4	54	3,9	54	2,3	54
201	21,0	43	8,7	43	5,4	43	3,4	43	2,0	43
206	20,6	27	9,1	27	5,2	27	3,1	26	1,8	26
209	19,6	22	9,2	22	5,8	22	3,5	22	2,2	22
210	20,3	8	8,9	8	5,8	8	4,0	8	2,8	8
216	22,7	42	10,2	41	6,3	41	3,9	41	2,4	41

COD	i _{1h} [mm/h]	n° _{1h}	i _{3h} [mm/h]	n° _{3h}	i _{6h} [mm/h]	n° _{6h}	i _{12h} [mm/h]	n° _{12h}	i _{24h} [mm/h]	n° _{24h}
217	20,8	27	9,9	25	5,9	25	3,7	25	2,3	25
218	22,4	28	9,4	25	5,6	25	3,4	25	2,0	25
224	24,2	18	10,6	18	6,0	18	3,6	18	2,1	18
227	19,8	24	8,5	24	5,3	24	3,3	24	2,1	23
230	31,9	6	13,3	6	7,7	6	4,8	6	2,6	6
235	23,6	67	10,2	67	5,9	66	3,4	66	2,0	66
241	17,5	35	7,7	34	4,8	35	3,1	34	1,9	34
242	26,8	60	12,6	60	8,3	60	5,5	60	3,4	60
246	32,2	15	12,6	15	7,3	15	4,5	15	3,0	15
251	34,4	3	13,0	3	6,9	3	3,6	3	2,0	3
254	18,8	51	9,8	43	6,3	43	3,8	43	2,3	43
265	22,4	65	11,0	64	7,1	64	4,6	64	2,9	64
269	19,0	20	9,1	20	5,6	20	3,8	20	2,6	20
276	17,7	18	8,0	18	5,1	17	3,2	17	2,1	17
281	20,9	50	10,0	50	6,2	50	3,9	50	2,4	50
287	28,5	17	14,8	17	9,1	17	5,8	16	3,7	16
290	25,3	41	13,2	41	8,8	40	5,1	39	3,1	38
292	23,1	24	11,9	24	8,0	24	5,5	24	3,6	24
293	19,0	9	11,9	9	7,9	9	5,3	9	3,1	9
295	31,0	21	14,4	21	8,7	21	6,0	21	3,9	21
297	21,6	19	11,7	19	7,9	19	5,5	19	4,0	19
301	22,9	22	12,1	22	8,4	22	5,9	22	3,9	22
312	22,3	63	10,7	62	6,7	62	4,4	62	2,9	62
313	17,5	17	8,4	17	6,2	16	4,2	16	2,6	16
314	30,7	6	16,2	6	11,2	6	6,9	6	4,2	6
318	26,2	23	13,7	23	9,6	23	6,5	23	4,0	23
319	27,6	31	17,6	31	12,4	31	8,6	30	6,0	29
321	33,5	67	18,6	63	13,2	63	9,3	63	6,1	63
329	30,0	47	17,6	46	12,7	46	9,1	46	6,0	46
330	31,3	43	18,8	44	13,5	44	9,3	44	6,0	44
332	25,2	49	14,2	49	9,7	49	6,4	49	4,4	49
337	22,7	22	11,4	22	7,5	22	4,8	22	3,2	22
338	27,9	9	16,4	9	9,9	9	7,2	9	4,3	9
341	31,1	35	20,6	29	15,1	29	11,1	29	8,0	29
345	24,7	34	13,0	32	9,3	32	6,6	32	4,3	32
348	29,8	3	15,7	3	8,6	3	5,1	3	3,0	3
349	20,8	24	10,4	18	6,5	18	4,3	18	2,8	18
353	19,9	22	9,4	22	5,5	22	3,4	22	2,1	22
354	24,2	55	10,8	55	6,3	55	3,7	55	2,2	54
355	27,2	52	12,0	47	7,8	47	5,2	46	3,5	46
363	26,2	58	13,1	55	8,4	55	5,4	55	3,5	55
371	31,0	31	15,4	31	9,7	31	5,9	31	3,7	31
373	29,3	6	12,3	6	8,2	6	5,4	6	3,1	6
374	25,1	47	13,4	47	9,0	47	6,0	47	3,9	47
376	31,0	22	16,0	22	10,7	21	7,3	21	4,4	21
377	21,9	40	11,8	40	7,7	40	5,0	40	3,1	40
383	20,5	64	9,2	64	5,7	64	3,5	64	2,3	64
384	21,0	36	9,3	36	5,4	36	3,2	36	1,9	36
386	27,1	7	12,9	7	7,4	7	4,4	7	2,5	7
387	21,2	45	9,8	45	6,0	45	3,5	45	2,1	45
388	25,5	6	11,1	6	6,7	6	4,3	6	2,5	6
390	18,8	13	9,0	13	5,6	13	3,5	13	2,1	13
397	21,4	22	9,7	22	5,8	22	3,6	22	2,2	22
437	18,9	11	8,9	11	4,8	12	2,8	12	1,6	12

Tabella 2. 24: Medie per Stazione dei massimi annui delle intensità pluviometriche per le durate orarie.

Allegato 2.17: Rappresentazioni spaziali dei valori medi campionari degli estremi di altezza di precipitazione per le durate orarie

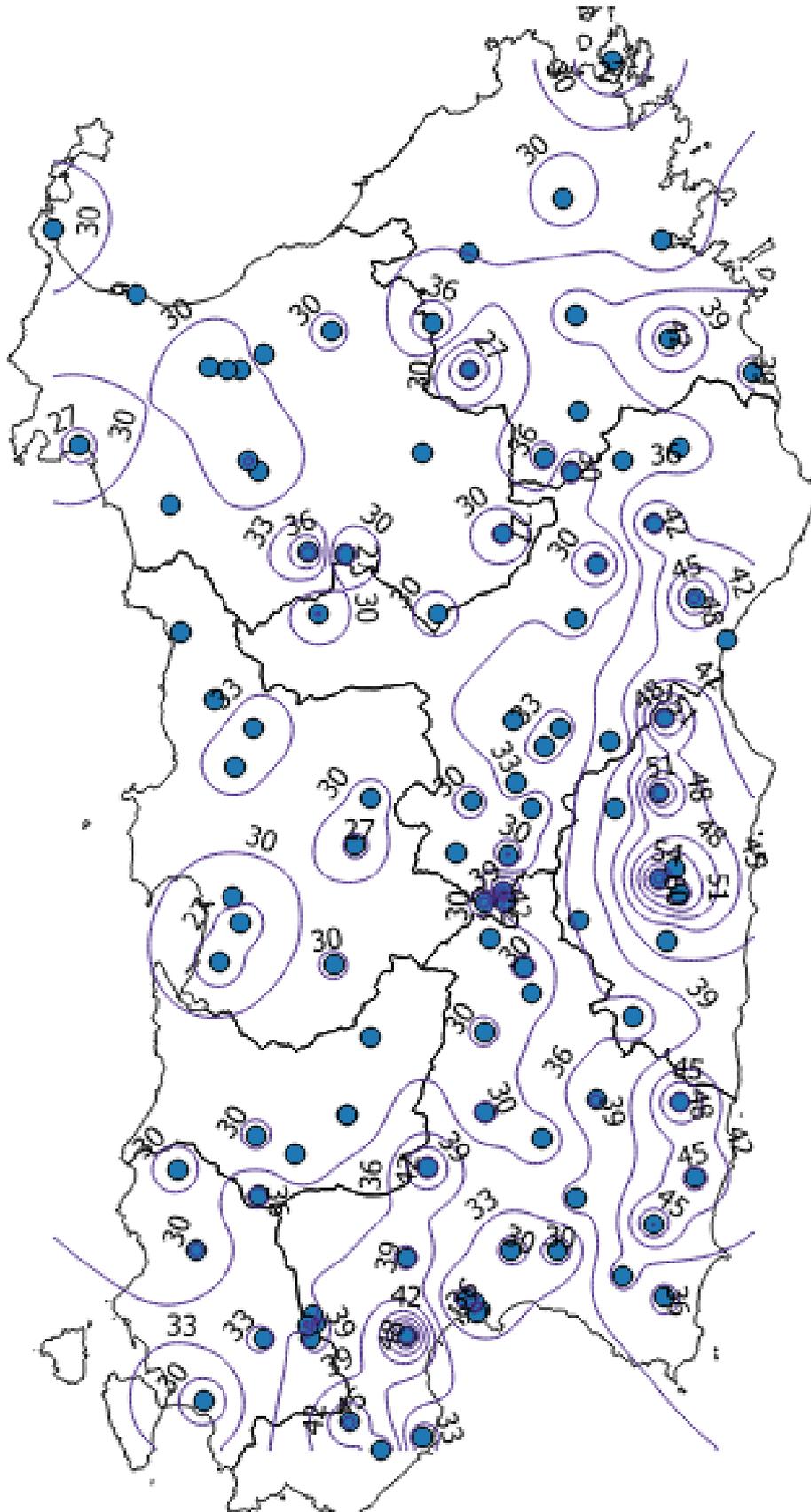


Immagine 2. 19: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 3ore.

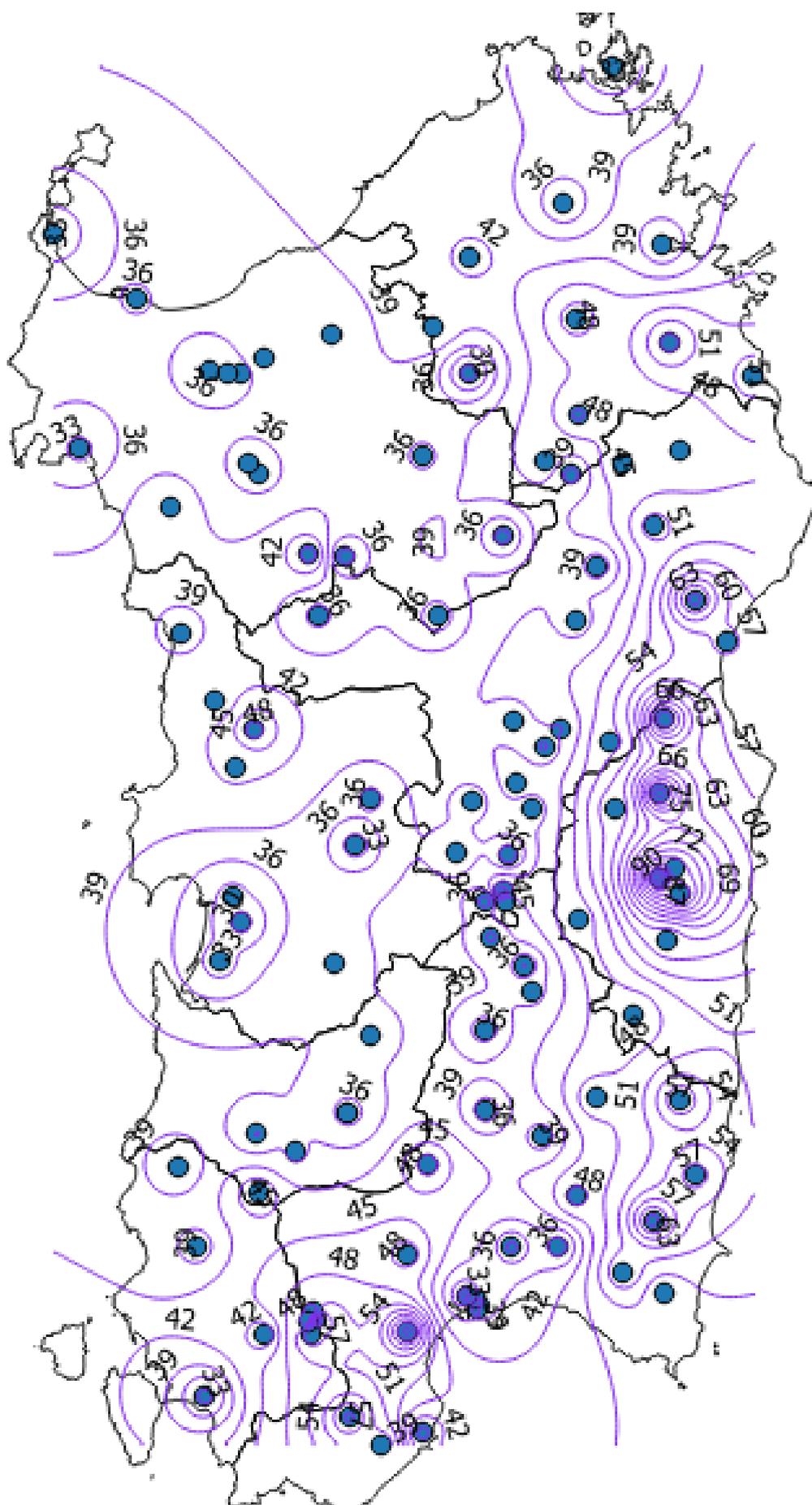


Immagine 2. 20: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 6 ore.

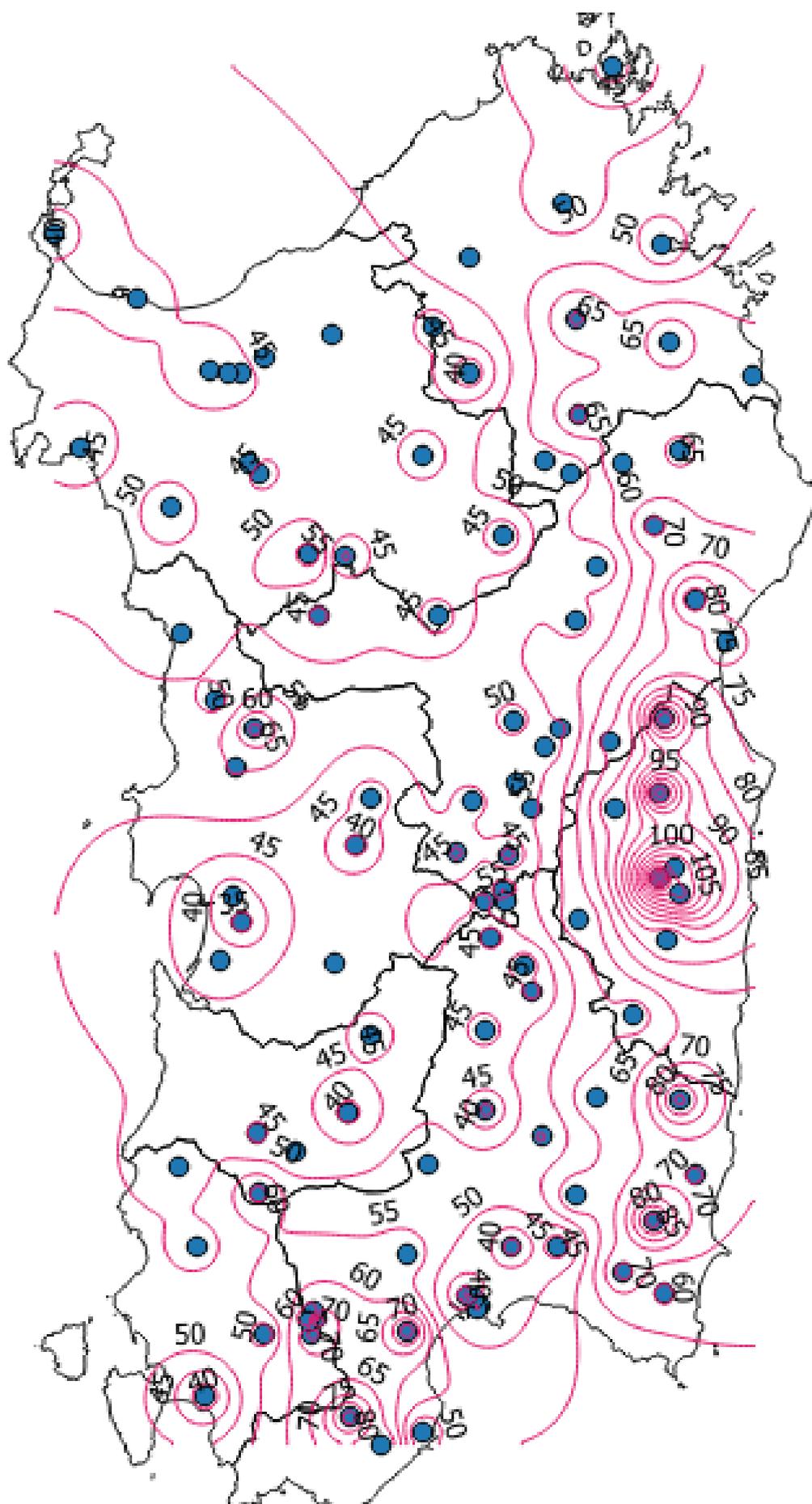


Immagine 2. 21: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 12 ore.

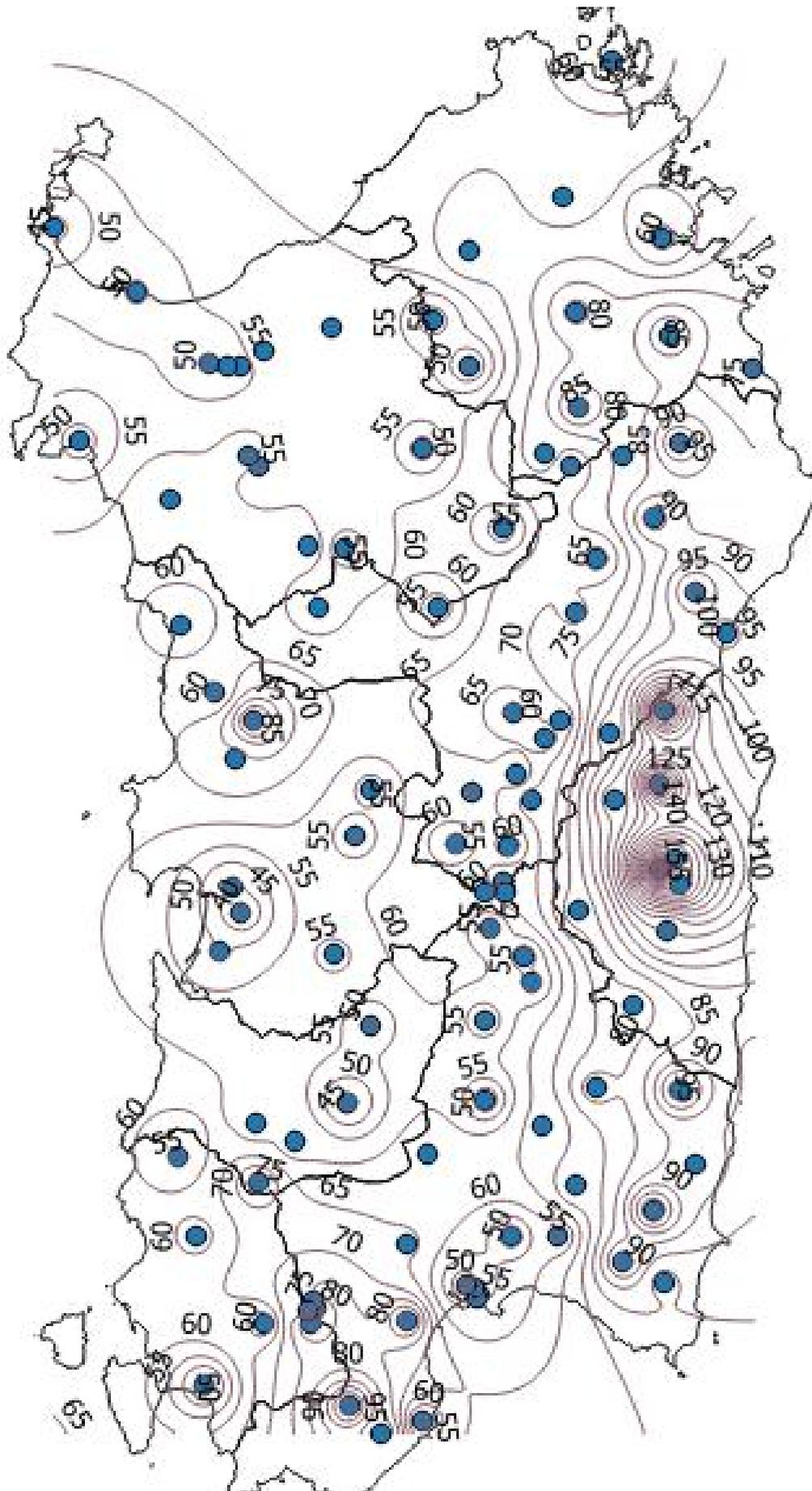


Immagine 2. 22: Rappresentazione spaziale degli estremi di altezza di precipitazione media, per la durata di 24 ore.

Allegato 2.18: Selezione, per stazione, dei valori medi campionari di estremo di precipitazione, espressi come altezze [mm] e come intensità [mm/h]

COD	h _{5m} [mm]	C	h _{10m} [mm]	C	h _{15m} [mm]	C	h _{20m} [mm]	C	h _{30m} [mm]	C	h _{45m} [mm]	C	h _{1h} [mm]	h _{3h} [mm]	h _{6h} [mm]	h _{12h} [mm]	h _{24h} [mm]
1	-	2	8,6	12	12,8	19	-	3	17,1	18	-	6	22,8	30,1	35,5	41,8	51,9
8	-	4	12,0	22	14,6	28	-	7	19,2	29	24,2	11	22,1	28,4	34,2	41,5	49,6
14	-	4	8,8	19	11,1	19	12,5	8	16,5	19	-	4	19,0	25,1	30,6	35,1	42,6
15			-	6	13,3	8			19,3	8	-	2	23,4	36,7	47,9	61,3	77,4
16	-	2	7,9	11	10,7	12	-	1	14,0	15	-	2	21,5	30,9	38,5	46,6	56,9
26					16,2	8			25,3	8	30,9	8	34,3	38,9	41,6	47,9	57,5
28	-	3	9,2	8	-	5	-	1	-	2	-	1	22,5	30,4	37,8	49,8	65,6
35			8,0	12	10,9	17			14,8	17	-	4	24,7	40,2	49,7	58,5	66,1
38	-	5	9,8	22	11,7	24	15,0	8	16,6	24	-	5	21,1	29,8	37,5	47,1	57,8
50	5,8	11	9,9	26	14,0	21	-	7	20,9	23	-	2	29,2	45,5	60,5	81,7	104,1
51	-	3	10,9	21	14,2	23	-	3	21,6	21	-	2	28,2	43,6	56,2	68,7	82,8
53	-	4	9,7	14	17,3	19	-	2	24,9	18	28,6	12	21,7	31,0	38,3	45,1	52,1
62	-	2	10,2	11	13,3	8	-	3	19,4	11	-	1	27,5	44,8	65,3	78,7	96,0
63	-	4	11,7	20	13,0	22	13,2	9	18,7	20	-	4	22,4	33,3	45,0	56,7	70,0
64	-	1	9,8	11	13,3	11	-	2	17,4	12	-	1	25,6	41,4	56,8	72,4	89,4
65	-	4	10,1	9	13,4	10	-	2	18,3	10			22,0	30,8	43,6	54,0	63,5
71	-	5	7,8	14	10,4	10	-	3	15,0	11			20,2	27,4	32,4	37,5	43,0
82	7,0	8	9,5	22	11,6	25	-	5	16,0	23	18,4	9	20,3	28,2	36,4	45,4	54,1
85					13,8	9			18,6	9	20,6	9	19,4	28,8	35,9	43,9	57,3
93			9,4	9	13,7	19			18,8	18	24,0	10	21,8	29,5	36,6	45,5	53,0
102	-	4	8,1	16	10,0	17	-	3	13,0	15	-	1	18,6	24,3	28,5	32,8	37,7
103	6,4	8	9,1	24	12,5	23	-	3	17,0	22	-	2	20,7	27,5	32,0	37,6	43,7
106	-	1	8,6	19	11,2	21	-	3	16,0	21	-	2	19,0	28,6	38,1	51,2	65,4
114	-	1	8,2	13	11,2	19	-	1	16,2	20	-	6	20,8	28,3	34,4	41,9	51,6
129	-	5	11,5	19	12,7	18	-	4	16,3	22	-	4	22,3	31,3	38,5	49,9	59,7
131	-	1	8,9	8	10,2	8	-	1	13,5	8			17,4	31,2	41,9	54,6	65,0
134					14,8	8			22,3	8	27,0	8	28,4	40,5	45,4	52,0	67,2
137	-	2	9,5	8	-	5	-	1	-	7			25,6	34,9	43,4	50,1	59,9
138					14,1	8			22,0	8	25,0	8	26,0	31,3	37,2	41,2	50,0
144			-	5	17,8	10			22,2	10	-	5	22,2	28,9	35,3	41,8	51,9
146	-	7	8,3	24	11,9	23	-	6	17,3	22	-	6	20,2	30,3	40,6	54,8	72,9
148	-	3	8,4	13	12,1	15	-	1	15,3	15	-	4	20,3	26,8	33,8	43,4	55,1
151	-	6	9,6	24	12,1	26	-	6	17,5	24	-	5	19,4	27,6	36,6	47,9	59,3
153	-	3	10,2	17	12,7	21	-	2	16,6	20	-	4	22,5	31,0	36,0	44,2	52,2

COD	h _{5m} [mm]	C	h _{10m} [mm]	C	h _{15m} [mm]	C	h _{20m} [mm]	C	h _{30m} [mm]	C	h _{45m} [mm]	C	h _{1h} [mm]	h _{3h} [mm]	h _{6h} [mm]	h _{12h} [mm]	h _{24h} [mm]
158			8,1	8	11,9	11			15,7	12	-	5	15,9	24,8	34,2	48,3	59,9
164	-	7	9,1	21	12,4	25	-	3	16,5	25	23,5	9	19,2	25,6	31,3	38,1	49,2
174	-	4	9,7	13	11,9	20	-	3	15,8	18	-	7	22,7	35,4	49,0	66,0	87,4
175	-	6	10,2	22	13,0	22	-	3	17,6	23	-	3	22,3	34,1	42,2	55,1	69,3
180	-	5	9,0	19	13,3	23	-	3	20,6	20	-	7	22,1	31,4	40,1	48,8	59,2
181	8,9	8	10,7	26	12,2	21	-	5	17,7	22	-	4	23,6	32,4	41,3	51,9	65,1
187	-	6	9,4	16	12,2	13			15,1	10			20,0	26,9	35,1	44,3	55,4
192	6,2	8	9,5	18	11,8	14	-	4	14,0	13	-	1	23,0	32,2	38,3	46,3	54,7
201	-	5	8,7	11	14,1	9	-	3	15,0	13	-	5	21,0	26,1	32,4	40,5	47,9
216	7,5	10	11,5	16	13,0	12	-	4	18,5	13	-	5	22,7	30,5	38,0	47,3	57,7
217	-	6	10,3	13	11,7	12	-	1	16,5	10	-	1	20,8	29,6	35,5	43,8	55,2
233					14,1	23			20,6	26	28,8	9	29,9	33,9	40,1	49,7	61,1
235	7,7	10	10,0	21	11,2	14	-	4	15,6	15	-	6	23,6	30,5	35,5	40,9	47,5
241	-	3	7,5	10	13,4	17			18,5	18	20,4	8	17,5	23,0	29,0	36,6	44,6
242	-	4	12,8	18	-	7	-	5	-	7	-	7	26,8	37,9	49,6	65,5	82,8
246					14,6	12			19,6	8	-	4	32,2	37,9	45,5	54,3	72,5
254	-	6	8,8	10	11,5	24	-	2	16,1	18	19,9	9	18,8	29,4	37,5	45,3	55,0
265	-	6	9,8	20	11,6	12	-	7	14,2	13	-	6	22,4	33,0	42,8	54,9	70,3
273					11,2	16			14,4	16	-	5	21,4	34,2	45,4	53,5	63,5
276			8,1	11	11,6	13			14,4	14			17,7	24,1	30,3	38,7	49,3
281	-	7	9,4	15	14,7	17	-	4	19,6	17	-	4	20,9	30,0	37,1	47,1	58,7
290			10,5	15	11,6	11			19,6	11	20,7	8	25,3	39,6	52,6	61,7	74,9
300			-	1	18,3	8			27,4	8	31,3	8	36,9	51,8	61,2	73,3	83,4
311					12,4	16			17,0	18	-	5	30,6	56,9	78,1	95,1	125,9
312	-	6	9,5	20	15,7	10	-	7	20,6	9	21,5	8	22,3	32,0	40,2	52,9	69,7
317					15,2	25			21,8	25	32,6	9	40,3	54,7	66,6	74,6	98,6
318	-	3	10,0	18	13,6	13	14,1	8	17,9	15	-	4	26,2	41,2	57,7	78,0	98,3
319	-	3	10,4	14	14,5	20	-	3	23,0	20	-	7	27,6	52,9	74,2	103,1	147,5
321	-	6	11,9	17	-	7	-	5	-	7	-	7	33,5	55,9	80,8	111,9	148,9
328					16,8	27			24,6	25	36,8	11	48,8	83,2	113,8	132,0	153,5
329	-	5	11,5	20	13,9	29	-	3	19,2	30	28,7	8	30,0	52,9	78,1	108,8	148,3
330	9,8	8	11,5	23	-	5	-	4	-	5	-	5	31,3	56,3	82,4	111,6	144,9
332	-	4	10,2	19	-	6	-	7	-	6	-	6	25,2	42,5	58,4	77,0	105,3
333					14,7	9			21,6	10	-	6	36,3	74,9	116,0	161,7	184,9
337			-	4	12,1	13			20,0	8	-	5	22,7	34,2	45,0	57,9	77,4
339					14,9	21			22,1	20	-	7	41,4	62,6	85,4	109,8	130,4
341	-	5	10,5	20	14,3	12	-	2	17,3	10	-	1	31,1	61,9	90,5	133,3	197,1
345	-	4	11,0	15	11,6	8	-	4	-	5	-	2	24,7	39,0	58,7	78,8	106,0
349	-	3	9,0	8	-	1	-	2	-	1	-	1	20,8	31,1	39,0	51,5	63,9

COD	h _{5m} [mm]	C	h _{10m} [mm]	C	h _{15m} [mm]	C	h _{20m} [mm]	C	h _{30m} [mm]	C	h _{45m} [mm]	C	h _{1h} [mm]	h _{3h} [mm]	h _{6h} [mm]	h _{12h} [mm]	h _{24h} [mm]
351					11,2	22			16,8	22	21,8	8	23,4	27,4	31,8	43,2	51,4
353	-	6	9,3	17	14,9	23	-	3	18,6	24	-	4	19,9	28,1	32,8	40,4	50,1
354	-	5	11,7	27	15,4	14	-	4	22,1	12	-	6	24,2	32,3	38,1	44,0	51,8
355	-	5	11,4	13	-	5	-	3	-	5	-	5	27,2	36,0	46,7	62,0	83,8
357					13,6	17			18,8	14	-	4	34,2	47,2	59,9	83,6	105,6
363	-	5	9,0	16	-	6	-	3	-	6	-	6	26,2	39,2	50,2	64,3	83,0
369					16,4	14			23,6	14	-	7	37,6	45,4	53,6	60,8	72,4
371			-	7	13,1	21			19,8	18	-	4	31,0	46,1	58,3	70,3	89,7
374	-	5	9,6	21	14,3	16	-	4	20,6	16	-	4	25,1	40,3	54,0	71,5	92,0
376	-	1	9,9	13	12,3	11	-	1	14,7	11	-	2	31,0	48,1	64,1	87,2	105,6
377			9,4	10	11,3	22			16,2	17	-	3	21,9	35,3	46,1	59,4	73,5
383	-	7	9,1	25	13,3	8	-	5	17,5	8	-	5	20,5	27,6	34,3	41,7	53,9
384			-	3	12,1	31			16,9	28	-	6	21,0	28,0	32,2	38,1	46,0
387	6,9	12	9,3	32	-	6	-	5	-	6	-	6	21,2	29,5	36,2	41,8	50,1
395					11,9	21			16,4	20	-	4	36,7	42,4	44,2	52,2	67,3
397	7,8	8	9,6	20	-	5	-	5	-	5	-	5	21,4	29,0	35,0	43,6	52,3

Tabella 2. 25: Tabella dei valori medi campionari di altezza di precipitazione, associato al numero di anni su cui è costruito.

COD	i _{5m} [mm/h]	C	i _{10m} [mm/h]	C	i _{15m} [mm/h]	C	i _{20m} [mm/h]	C	i _{30m} [mm/h]	C	i _{45m} [mm/h]	C	i _{1h} [mm/h]	i _{3h} [mm/h]	i _{6h} [mm/h]	i _{12h} [mm/h]	i _{24h} [mm/h]
1	-	2	51,5	12	51,3	19	-	3	34,2	18	-	6	22,8	10,0	5,9	3,5	2,2
8	-	4	72,0	22	58,4	28	-	7	38,4	29	32,2	11	22,1	9,5	5,7	3,5	2,1
14	-	4	52,5	19	44,6	19	37,5	8	33,0	19	-	4	19,0	8,4	5,1	2,9	1,8
15			-	6	53,3	8			38,7	8	-	2	23,4	12,2	8,0	5,1	3,2
16	-	2	47,6	11	42,9	12	-	1	28,1	15	-	2	21,5	10,3	6,4	3,9	2,4
26					64,7	8			50,6	8	41,2	8	34,3	13,0	6,9	4,0	2,4
28	-	3	55,2	8	-	5	-	1	-	2	-	1	22,5	10,1	6,3	4,2	2,7
35			48,0	12	43,7	17			29,7	17	-	4	24,7	13,4	8,3	4,9	2,8
38	-	5	59,0	22	47,0	24	44,9	8	33,2	24	-	5	21,1	9,9	6,3	3,9	2,4
50	69,2	11	59,2	26	56,1	21	-	7	41,9	23	-	2	29,2	15,2	10,1	6,8	4,3
51	-	3	65,6	21	56,9	23	-	3	43,1	21	-	2	28,2	14,5	9,4	5,7	3,5
53	-	4	58,5	14	69,1	19	-	2	49,7	18	38,2	12	21,7	10,3	6,4	3,8	2,2
62	-	2	61,0	11	53,2	8	-	3	38,9	11	-	1	27,5	14,9	10,9	6,6	4,0
63	-	4	70,3	20	51,9	22	39,6	9	37,4	20	-	4	22,4	11,1	7,5	4,7	2,9
64	-	1	58,6	11	53,1	11	-	2	34,8	12	-	1	25,6	13,8	9,5	6,0	3,7
65	-	4	60,8	9	53,7	10	-	2	36,6	10			22,0	10,3	7,3	4,5	2,6
71	-	5	46,6	14	41,6	10	-	3	29,9	11			20,2	9,1	5,4	3,1	1,8
82	83,4	8	56,7	22	46,5	25	-	5	32,0	23	24,5	9	20,3	9,4	6,1	3,8	2,3
85					55,2	9			37,3	9	27,5	9	19,4	9,6	6,0	3,7	2,4
93			56,7	9	54,7	19			37,7	18	32,0	10	21,8	9,8	6,1	3,8	2,2
102	-	4	48,4	16	40,0	17	-	3	26,1	15	-	1	18,6	8,1	4,8	2,7	1,6
103	77,1	8	54,8	24	49,9	23	-	3	34,0	22	-	2	20,7	9,2	5,3	3,1	1,8
106	-	1	51,5	19	44,9	21	-	3	31,9	21	-	2	19,0	9,5	6,4	4,3	2,7
114	-	1	49,5	13	44,6	19	-	1	32,5	20	-	6	20,8	9,4	5,7	3,5	2,2
129	-	5	69,1	19	50,8	18	-	4	32,6	22	-	4	22,3	10,4	6,4	4,2	2,5
131	-	1	53,3	8	40,7	8	-	1	27,0	8			17,4	10,4	7,0	4,6	2,7
134					59,2	8			44,5	8	36,0	8	28,4	13,5	7,6	4,3	2,8
137	-	2	56,9	8	-	5	-	1	-	7			25,6	11,6	7,2	4,2	2,5
138					56,5	8			44,0	8	33,3	8	26,0	10,4	6,2	3,4	2,1
144			-	5	71,2	10			44,4	10	-	5	22,2	9,6	5,9	3,5	2,2
146	-	7	49,9	24	47,5	23	-	6	34,6	22	-	6	20,2	10,1	6,8	4,6	3,0
148	-	3	50,7	13	48,3	15	-	1	30,5	15	-	4	20,3	8,9	5,6	3,6	2,3
151	-	6	57,8	24	48,3	26	-	6	35,0	24	-	5	19,4	9,2	6,1	4,0	2,5
153	-	3	61,4	17	50,6	21	-	2	33,1	20	-	4	22,5	10,3	6,0	3,7	2,2
158			48,8	8	47,6	11			31,4	12	-	5	15,9	8,3	5,7	4,0	2,5
164	-	7	54,7	21	49,8	25	-	3	33,0	25	31,4	9	19,2	8,5	5,2	3,2	2,1
174	-	4	58,2	13	47,8	20	-	3	31,6	18	-	7	22,7	11,8	8,2	5,5	3,6
175	-	6	61,1	22	52,0	22	-	3	35,2	23	-	3	22,3	11,4	7,0	4,6	2,9
180	-	5	54,2	19	53,1	23	-	3	41,2	20	-	7	22,1	10,5	6,7	4,1	2,5

COD	i _{5m} [mm/h]	C	i _{10m} [mm/h]	C	i _{15m} [mm/h]	C	i _{20m} [mm/h]	C	i _{30m} [mm/h]	C	i _{45m} [mm/h]	C	i _{1h} [mm/h]	i _{3h} [mm/h]	i _{6h} [mm/h]	i _{12h} [mm/h]	i _{24h} [mm/h]
181	107,1	8	64,3	26	48,7	21	-	5	35,4	22	-	4	23,6	10,8	6,9	4,3	2,7
187	-	6	56,1	16	48,9	13			30,2	10			20,0	9,0	5,9	3,7	2,3
192	74,0	8	56,9	18	47,3	14	-	4	28,0	13	-	1	23,0	10,7	6,4	3,9	2,3
201	-	5	52,3	11	56,4	9	-	3	30,0	13	-	5	21,0	8,7	5,4	3,4	2,0
216	89,8	10	68,8	16	52,1	12	-	4	36,9	13	-	5	22,7	10,2	6,3	3,9	2,4
217	-	6	61,6	13	46,7	12	-	1	33,1	10	-	1	20,8	9,9	5,9	3,7	2,3
233					56,3	23			41,3	26	38,4	9	29,9	11,3	6,7	4,1	2,5
235	92,2	10	60,0	21	44,8	14	-	4	31,1	15	-	6	23,6	10,2	5,9	3,4	2,0
241	-	3	45,2	10	53,5	17			36,9	18	27,2	8	17,5	7,7	4,8	3,1	1,9
242	-	4	76,7	18	-	7	-	5	-	7	-	7	26,8	12,6	8,3	5,5	3,5
246					58,5	12			39,3	8	-	4	32,2	12,6	7,6	4,5	3,0
254	-	6	52,9	10	45,9	24	-	2	32,2	18	26,5	9	18,8	9,8	6,3	3,8	2,3
265	-	6	58,7	20	46,4	12	-	7	28,4	13	-	6	22,4	11,0	7,1	4,6	2,9
273					44,7	16			28,8	16	-	5	21,4	11,4	7,6	4,5	2,6
276			48,5	11	46,4	13			28,8	14			17,7	8,0	5,1	3,2	2,1
281	-	7	56,2	15	58,8	17	-	4	39,2	17	-	4	20,9	10,0	6,2	3,9	2,4
290			62,7	15	46,3	11			39,2	11	27,6	8	25,3	13,2	8,8	5,1	3,1
300			-	1	73,4	8			54,9	8	41,8	8	36,9	17,3	10,2	6,1	3,5
311					49,4	16			34,0	18	-	5	30,6	19,0	13,0	7,9	5,2
312	-	6	57,2	20	62,8	10	-	7	41,2	9	28,7	8	22,3	10,7	6,7	4,4	2,9
317					60,6	25			43,5	25	43,5	9	40,3	18,2	11,1	6,2	4,1
318	-	3	59,7	18	54,4	13	42,2	8	35,9	15	-	4	26,2	13,7	9,6	6,5	4,1
319	-	3	62,5	14	58,1	20	-	3	45,9	20	-	7	27,6	17,6	12,4	8,6	6,1
321	-	6	71,4	17	-	7	-	5	-	7	-	7	33,5	18,6	13,5	9,3	6,2
328					67,0	27			49,1	25	49,1	11	48,8	27,7	19,0	11,0	6,4
329	-	5	68,9	20	55,5	29	-	3	38,3	30	38,3	8	30,0	17,6	13,0	9,1	6,2
330	117,9	8	69,1	23	-	5	-	4	-	5	-	5	31,3	18,8	13,7	9,3	6,0
332	-	4	61,1	19	-	6	-	7	-	6	-	6	25,2	14,2	9,7	6,4	4,4
333					58,6	9			43,2	10	-	6	36,3	25,0	19,3	13,5	7,7
337			-	4	48,5	13			40,0	8	-	5	22,7	11,4	7,5	4,8	3,2
339					59,8	21			44,1	20	-	7	41,4	20,9	14,2	9,2	5,4
341	-	5	62,8	20	57,1	12	-	2	34,6	10	-	1	31,1	20,6	15,1	11,1	8,2
345	-	4	66,2	15	46,6	8	-	4	-	5	-	2	24,7	13,0	9,8	6,6	4,4
349	-	3	54,0	8	-	1	-	2	-	1	-	1	20,8	10,4	6,5	4,3	2,7
351					45,0	22			33,7	22	29,1	8	23,4	9,1	5,3	3,6	2,1
353	-	6	55,6	17	59,8	23	-	3	37,3	24	-	4	19,9	9,4	5,5	3,4	2,1
354	-	5	70,0	27	61,5	14	-	4	44,3	12	-	6	24,2	10,8	6,4	3,7	2,2
355	-	5	68,4	13	-	5	-	3	-	5	-	5	27,2	12,0	7,8	5,2	3,5
357					54,4	17			37,6	14	-	4	34,2	15,7	10,0	7,0	4,4

COD	i_{5m} [mm/h]	C	i_{10m} [mm/h]	C	i_{15m} [mm/h]	C	i_{20m} [mm/h]	C	i_{30m} [mm/h]	C	i_{45m} [mm/h]	C	i_{1h} [mm/h]	i_{3h} [mm/h]	i_{6h} [mm/h]	i_{12h} [mm/h]	i_{24h} [mm/h]
363	-	5	54,1	16	-	6	-	3	-	6	-	6	26,2	13,1	8,4	5,4	3,5
369					65,8	14			47,2	14	-	7	37,6	15,1	8,9	5,1	3,0
371			-	7	52,6	21			39,6	18	-	4	31,0	15,4	9,7	5,9	3,7
374	-	5	57,4	21	57,0	16	-	4	41,2	16	-	4	25,1	13,4	9,0	6,0	3,8
376	-	1	59,2	13	49,2	11	-	1	29,4	11	-	2	31,0	16,0	10,7	7,3	4,4
377			56,4	10	45,3	22			32,4	17	-	3	21,9	11,8	7,7	5,0	3,1
383	-	7	54,8	25	53,1	8	-	5	35,0	8	-	5	20,5	9,2	5,7	3,5	2,2
384			-	3	48,4	31			33,9	28	-	6	21,0	9,3	5,4	3,2	1,9
387	83,1	12	55,6	32	-	6	-	5	-	6	-	6	21,2	9,8	6,0	3,5	2,1
395					47,6	21			32,8	20	-	4	36,7	14,1	7,4	4,3	2,8
397	93,6	8	57,8	20	-	5	-	5	-	5	-	5	21,4	9,7	5,8	3,6	2,2

Tabella 2. 26: Tabella dei valori medi campionari di intensità di precipitazione, associato al numero di anni su cui è costruito.

Allegato 2.19: Tabella dei risultati per stazione per i parametri a, n, i₀, B e β, nonché del valore della funzione F_B

COD	a	n	B	i ₀	β	F _B
1	22,675	0,255	14,5	150,0	-0,721	5,0
8	21,792	0,257	9,0	150,0	-0,806	5,0
14	19,073	0,252	38,0	250,7	-0,720	5,2
15	23,885	0,377	26,5	200,0	-0,637	4,4
16	21,837	0,306	24,1	150,0	-0,640	5,0
26	33,076	0,158	8,4	200,0	-0,838	4,4
28	21,620	0,337	19,9	150,0	-0,653	4,5
35	26,718	0,309	25,5	150,0	-0,595	5,0
38	21,095	0,319	27,2	200,0	-0,679	5,2
50	29,287	0,404	3,1	78,0	-0,677	6,1
51	29,271	0,340	3,4	87,7	-0,732	4,9
53	22,414	0,277	2,0	87,4	-0,988	5,1
62	28,846	0,399	9,3	114,9	-0,610	5,1
63	22,626	0,364	409,8	139,7	-0,345	3,0
64	26,463	0,398	13,5	123,9	-0,596	5,0
65	22,063	0,347	5,3	91,7	-0,732	4,9
71	20,691	0,238	2,5	65,6	-0,899	5,1
82	20,321	0,315	5,2	86,2	-0,761	5,9
85	19,578	0,335	215,7	121,6	-0,390	2,8
93	21,812	0,286	2,6	77,9	-0,885	5,0
102	18,850	0,222	3,7	67,4	-0,839	4,9
103	20,948	0,234	3,9	86,2	-0,857	6,0
106	18,858	0,394	10,1	97,4	-0,656	4,9
114	20,723	0,285	3,8	71,8	-0,787	4,9
129	22,238	0,314	4,0	83,4	-0,781	4,9
131	18,658	0,418	5,6	68,8	-0,655	4,9
134	28,994	0,256	455,7	55,9	-0,209	2,2
137	25,973	0,267	2,5	72,0	-0,828	4,5
138	25,615	0,203	418,1	54,0	-0,232	2,1
144	21,909	0,266	7,0	142,3	-0,836	4,3
146	19,827	0,407	4,8	73,1	-0,685	4,9
148	19,619	0,318	4,4	73,7	-0,760	4,9
151	19,163	0,359	4,7	78,0	-0,742	4,8
153	22,724	0,264	3,8	82,1	-0,811	4,9
158	15,846	0,429	5,6	72,4	-0,701	4,9
164	18,811	0,293	4,0	82,0	-0,829	4,9
174	22,549	0,428	21,4	137,6	-0,582	5,0
175	22,561	0,356	4,8	85,3	-0,721	4,9
180	22,337	0,312	3,4	79,3	-0,796	4,9
181	23,255	0,322	37,3	157,0	-0,566	5,1
187	19,547	0,326	4,6	77,3	-0,759	4,9
192	23,399	0,272	4,3	80,1	-0,769	6,0
201	20,360	0,267	4,0	79,0	-0,816	4,9
216	22,427	0,297	4,2	92,0	-0,805	5,9
217	20,869	0,303	7,7	114,7	-0,763	5,1
233	28,098	0,229	260,6	49,1	-0,219	2,3
235	23,787	0,219	4,3	89,8	-0,824	5,9
241	17,106	0,300	3,0	68,5	-0,869	4,9
242	26,269	0,361	5,7	105,6	-0,705	4,4
246	30,278	0,251	240,1	99,2	-0,328	2,9
254	19,620	0,336	5,1	80,7	-0,745	4,9

COD	a	n	B	i_0	β	F_B
265	22,344	0,361	4,0	69,9	-0,703	4,9
273	22,668	0,343	1,7	42,6	-0,726	4,1
276	17,286	0,324	3,1	59,2	-0,803	4,8
281	20,902	0,325	2,7	70,4	-0,829	4,8
290	26,534	0,341	2,3	65,1	-0,760	4,9
300	37,961	0,258	1,5	58,6	-0,744	3,9
311	32,918	0,437	1,0	48,3	-0,700	4,3
312	21,833	0,358	3,5	79,9	-0,772	4,9
317	40,292	0,271	332,8	52,8	-0,172	2,4
318	26,334	0,424	88,4	121,8	-0,390	3,9
319	28,560	0,527	30,6	108,7	-0,409	4,3
321	33,664	0,475	621,9	101,2	-0,240	3,4
328	53,158	0,362	569,0	57,5	-0,123	2,6
329	30,444	0,507	76,4	113,9	-0,342	3,9
330	32,526	0,487	7,9	120,6	-0,569	5,5
332	25,623	0,447	308,6	94,3	-0,297	3,5
333	40,110	0,527	354,1	53,4	-0,133	3,1
337	22,561	0,384	2,7	64,2	-0,733	4,3
339	42,142	0,371	424,6	57,5	-0,165	2,8
341	31,831	0,578	10,9	91,7	-0,433	4,9
345	24,455	0,466	22,6	142,3	-0,551	4,9
349	20,884	0,355	3,6	64,9	-0,722	4,4
351	21,891	0,257	1,8	41,0	-0,764	3,9
353	20,024	0,286	2,7	72,8	-0,872	4,8
354	24,539	0,238	10,5	169,6	-0,790	5,0
355	25,716	0,357	34,7	96,7	-0,461	3,8
357	32,908	0,362	89,0	46,1	-0,217	2,9
363	26,245	0,362	100,0	314,1	-0,569	4,5
369	37,002	0,206	558,2	59,4	-0,206	2,4
371	31,532	0,330	2,1	69,3	-0,754	4,3
374	25,467	0,411	426,8	139,3	-0,327	3,3
376	31,333	0,395	5,1	79,0	-0,586	5,0
377	22,610	0,382	3,6	68,2	-0,697	4,9
383	20,130	0,302	3,8	77,6	-0,806	4,9
384	21,083	0,243	3,0	70,3	-0,857	4,3
387	21,652	0,269	4,8	90,3	-0,799	5,5
395	34,889	0,180	1,5	55,6	-0,843	4,3
397	21,310	0,283	5,0	93,6	-0,796	5,5

Tabella 2. 27: Tabella dei coefficienti calcolati per la definizione della curva parabolica a tre parametri.

Allegato 3.1: Tabella del vettore delle intersezioni

N° Intersezione	Codice Strada	Provincia	Est	Nord
1	SS 131	Sassari	1454644.54	4515685.83
2	SS 131	Sassari	1456611.75	4513664.69
3	SS 131	Sassari	1457571.76	4512535.15
4	SS 131	Sassari	1460056.87	4507222.92
5	SS 131	Sassari	1462614.01	4505684.70
6	SS 131	Sassari	1465484.83	4505574.70
7	SS 131	Sassari	1466646.20	4505714.66
8	SS 131	Sassari	1466855.11	4505705.27
9	SS 131	Sassari	1467724.45	4505034.86
10	SS 131	Sassari	1467985.00	4504705.24
11	SS 131	Sassari	1469704.92	4503205.30
12	SS 131	Sassari	1471945.16	4501582.56
13	SS 131	Sassari	1472144.60	4501355.43
14	SS 131	Sassari	1472385.02	4501135.52
15	SS 131	Sassari	1472335.53	4500695.71
16	SS 131	Sassari	1472404.87	4500465.02
17	SS 131	Sassari	1472554.49	4500104.67
18	SS 131	Sassari	1474156.02	4496904.99
19	SS 131	Sassari	1474995.08	4495625.32
20	SS 131	Sassari	1477555.71	4493434.30
21	SS 131	Sassari	1478187.35	4492925.70
22	SS 131	Sassari	1479145.21	4491915.60
23	SS 131	Sassari	1479205.14	4491855.42
24	SS 131	Sassari	1480494.60	4490047.42
25	SS 131	Sassari	1480655.43	4489915.12
26	SS 131	Sassari	1480875.26	4489745.58
27	SS 131	Sassari	1481064.96	4489186.08
28	SS 131	Sassari	1481479.54	4488124.40
29	SS 131	Sassari	1481295.38	4485974.95
30	SS 131	Sassari	1481494.19	4484714.24
31	SS 131	Sassari	1479770.40	4482705.42
32	SS 131	Sassari	1479344.86	4482404.89
33	SS 131	Sassari	1478845.31	4481225.07
34	SS 131	Sassari	1478540.51	4480205.23
35	SS 131	Sassari	1478174.39	4479875.38
36	SS 131	Sassari	1479612.83	4474784.91
37	SS 131	Sassari	1480665.01	4471794.99
38	SS 131	Sassari	1481045.76	4470095.16
39	SS 131	Nuoro	1481715.31	4467195.30
40	SS 131	Nuoro	1481808.79	4466804.35
41	SS 131	Nuoro	1482083.70	4465534.57
42	SS 131	Nuoro	1481904.52	4464214.36
43	SS 131	Nuoro	1481615.23	4463625.58
44	SS 131	Nuoro	1480775.11	4458335.27
45	SS 131	Nuoro	1483635.00	4458335.20
46	SS 131	Nuoro	1483575.19	4457644.67
47	SS 131	Nuoro	1483785.56	4456844.75
48	SS 131	Nuoro	1483175.98	4455855.60
49	SS 131	Nuoro	1482346.17	4454685.08
50	SS 131	Oristano	1482364.31	4447873.69
51	SS 131	Oristano	1483705.49	4444724.56
52	SS 131	Oristano	1483813.17	4444264.43
53	SS 131	Oristano	1482454.27	4440115.95
54	SS 131	Oristano	1482174.97	4439612.06

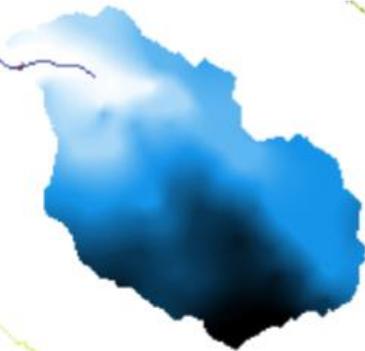
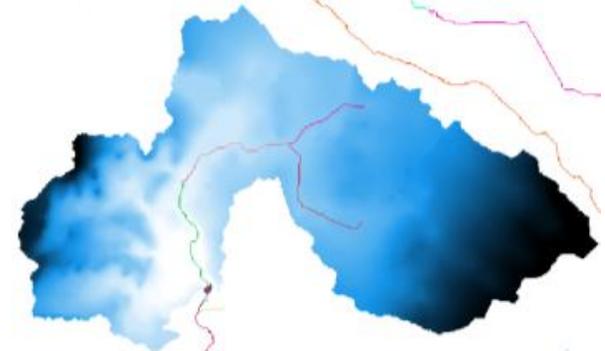
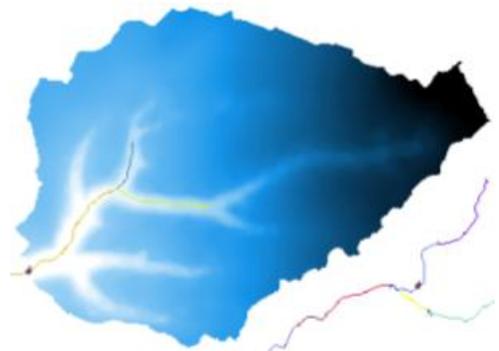
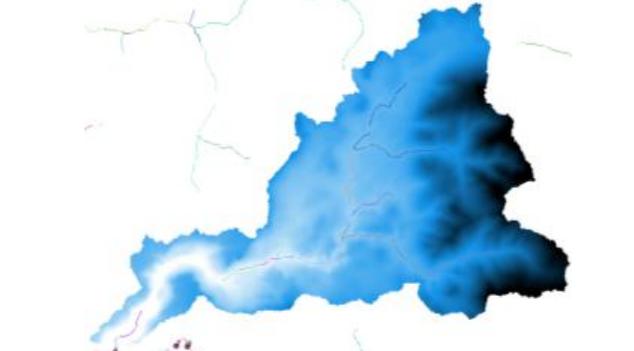
N° Intersezione	Codice Strada	Provincia	Est	Nord
55	SS 131	Oristano	1481904.47	4439305.20
56	SS 131	Oristano	1481165.61	4438489.64
57	SS 131	Oristano	1478922.37	4437054.88
58	SS 131	Oristano	1475815.57	4434111.16
59	SS 131	Oristano	1475174.99	4433654.49
60	SS 131	Oristano	1474985.09	4432544.70
61	SS 131	Oristano	1474495.71	4432304.94
62	SS 131	Oristano	1472634.25	4431954.64
63	SS 131	Oristano	1471415.34	4429805.21
64	SS 131	Oristano	1471414.76	4429504.74
65	SS 131	Oristano	1470803.99	4427684.91
66	SS 131	Oristano	1469605.44	4426505.42
67	SS 131	Oristano	1468534.40	4425084.32
68	SS 131	Oristano	1467504.95	4422544.63
69	SS 131	Oristano	1467815.30	4421825.06
70	SS 131	Oristano	1468082.13	4420684.44
71	SS 131	Oristano	1468525.01	4417644.66
72	SS 131	Oristano	1467817.09	4415655.61
73	SS 131	Oristano	1466855.95	4413255.14
74	SS 131	Oristano	1467175.60	4411855.10
75	SS 131	Oristano	1468484.35	4408884.84
76	SS 131	Oristano	1468538.77	4408504.26
77	SS 131	Oristano	1469034.30	4407383.90
78	SS 131	Oristano	1469249.58	4406904.90
79	SS 131	Oristano	1469925.74	4405105.05
80	SS 131	Oristano	1470783.52	4402854.25
81	SS 131	Oristano	1471239.11	4402074.93
82	SS 131	Oristano	1471445.01	4401574.53
83	SS 131	Oristano	1472275.61	4399244.03
84	SS 131	Oristano	1472465.96	4398934.18
85	SS 131	Oristano	1473015.28	4397875.20
86	SS 131	Oristano	1473675.08	4396035.11
87	SS 131	Oristano	1474435.73	4395234.72
88	SS 131	Oristano	1474854.74	4394844.48
89	SS 131	Oristano	1476134.83	4392095.18
90	SS 131	Oristano	1476454.33	4391624.55
91	SS 131	Oristano	1477905.41	4389734.30
92	SS 131	Medio Campidano	1481272.53	4387144.73
93	SS 131	Medio Campidano	1485156.19	4384314.59
94	SS 131	Medio Campidano	1485775.25	4383433.15
95	SS 131	Medio Campidano	1486595.73	4382793.17
96	SS 131	Medio Campidano	1488265.00	4381193.94
97	SS 131	Medio Campidano	1489695.20	4379924.97
98	SS 131	Medio Campidano	1490705.26	4378985.22
99	SS 131	Medio Campidano	1492884.92	4377276.37
100	SS 131	Medio Campidano	1494008.64	4375794.30
101	SS 131	Medio Campidano	1495805.54	4374105.34
102	SS 131	Medio Campidano	1497371.19	4372414.54
103	SS 131	Cagliari	1499624.97	4368591.38
104	SS 131	Cagliari	1501015.00	4365275.09
105	SS 131	Cagliari	1503685.36	4360364.90
106	SS 131	Cagliari	1504474.99	4355094.13
107	SS 131	Cagliari	1504635.03	4354135.23
108	SS 131	Cagliari	1504810.31	4352955.06
109	SS 131	Cagliari	1505165.02	4350535.11
110	SS 131	Cagliari	1506281.35	4347614.74

N° Intersezione	Codice Strada	Provincia	Est	Nord
111	SS 131	Cagliari	1507496.42	4345697.07
112	SS 131 DCN	Oristano	1483456.31	4440395.47
113	SS 131 DCN	Oristano	1487526.41	4441865.01
114	SS 131 DCN	Oristano	1489088.23	4443342.42
115	SS 131 DCN	Oristano	1489687.38	4443975.23
116	SS 131 DCN	Oristano	1491235.17	4444879.74
117	SS 131 DCN	Oristano	1493245.32	4445974.64
118	SS 131 DCN	Oristano	1496737.46	4447887.78
119	SS 131 DCN	Oristano	1497352.15	4448404.62
120	SS 131 DCN	Oristano	1498816.78	4449250.34
121	SS 131 DCN	Oristano	1499570.03	4450444.57
122	SS 131 DCN	Nuoro	1501745.49	4452455.22
123	SS 131 DCN	Nuoro	1502545.32	4453175.47
124	SS 131 DCN	Nuoro	1507127.30	4455507.59
125	SS 131 DCN	Nuoro	1507878.16	4456077.86
126	SS 131 DCN	Nuoro	1508455.45	4456595.19
127	SS 131 DCN	Nuoro	1510315.36	4457344.57
128	SS 131 DCN	Nuoro	1512417.41	4459327.93
129	SS 131 DCN	Nuoro	1512585.09	4459399.36
130	SS 131 DCN	Nuoro	1513294.60	4459676.87
131	SS 131 DCN	Nuoro	1513696.35	4459736.27
132	SS 131 DCN	Nuoro	1514015.07	4459804.65
133	SS 131 DCN	Nuoro	1515975.03	4460775.04
134	SS 131 DCN	Nuoro	1516805.27	4461985.34
135	SS 131 DCN	Nuoro	1517501.42	4462284.99
136	SS 131 DCN	Nuoro	1518367.58	4462482.59
137	SS 131 DCN	Nuoro	1519365.18	4462884.61
138	SS 131 DCN	Nuoro	1520414.99	4462545.14
139	SS 131 DCN	Nuoro	1520645.01	4462604.73
140	SS 131 DCN	Nuoro	1521685.66	4462974.99
141	SS 131 DCN	Nuoro	1521795.29	4463004.73
142	SS 131 DCN	Nuoro	1525877.28	4465498.16
143	SS 131 DCN	Nuoro	1526906.06	4465937.46
144	SS 131 DCN	Nuoro	1530905.18	4468265.35
145	SS 131 DCN	Nuoro	1534095.34	4469354.84
146	SS 131 DCN	Nuoro	1536775.34	4470115.02
147	SS 131 DCN	Nuoro	1537015.07	4470284.88
148	SS 131 DCN	Nuoro	1538085.23	4470754.95
149	SS 131 DCN	Nuoro	1539114.74	4471224.6
150	SS 131 DCN	Nuoro	1540845.55	4471904.46
151	SS 131 DCN	Nuoro	1541675.29	4472524.68
152	SS 131 DCN	Nuoro	1542910.28	4473645.00
153	SS 131 DCN	Nuoro	1543745.28	4474401.50
154	SS 131 DCN	Nuoro	1545343.22	4475674.90
155	SS 131 DCN	Nuoro	1545685.21	4476105.00
156	SS 131 DCN	Nuoro	1546310.68	4476546.02
157	SS 131 DCN	Nuoro	1547186.37	4477605.19
158	SS 131 DCN	Nuoro	1547455.30	4477842.43
159	SS 131 DCN	Nuoro	1547555.45	4477990.74
160	SS 131 DCN	Nuoro	1547857.05	4478437.46
161	SS 131 DCN	Nuoro	1547995.42	4478575.24
162	SS 131 DCN	Nuoro	1548767.20	4479415.11
163	SS 131 DCN	Nuoro	1551156.13	4482124.37
164	SS 131 DCN	Nuoro	1551736.93	4482584.72
165	SS 131 DCN	Nuoro	1552045.37	4483023.61
166	SS 131 DCN	Nuoro	1552455.09	4483874.68

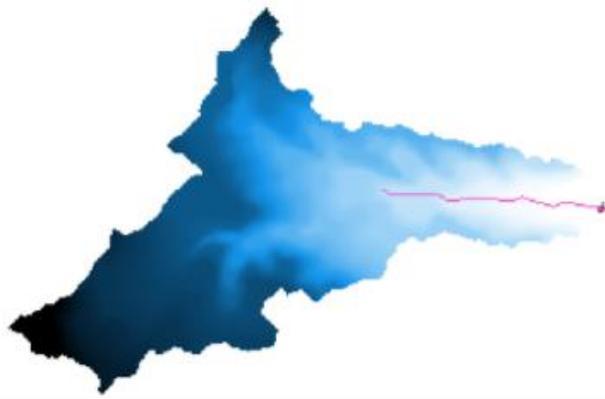
N° Intersezione	Codice Strada	Provincia	Est	Nord
167	SS 131 DCN	Nuoro	1552885.59	4484274.21
168	SS 131 DCN	Nuoro	1554131.27	4486664.59
169	SS 131 DCN	Nuoro	1554464.86	4486914.57
170	SS 131 DCN	Nuoro	1555916.24	4488044.18
171	SS 131 DCN	Nuoro	1557746.24	4491204.29
172	SS 131 DCN	Nuoro	1558455.78	4492534.72
173	SS 131 DCN	Nuoro	1558668.85	4493614.33
174	SS 131 DCN	Nuoro	1559535.24	4498884.67
175	SS 131 DCN	Nuoro	1559797.97	4499355.81
176	SS 131 DCN	Nuoro	1560779.85	4501357.67
177	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1559313.66	4504184.35
178	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1557929.62	4506944.10
179	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1556374.03	4507734.44
180	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1554855.75	4509104.44
181	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1554087.91	4510368.82
182	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1554016.91	4511935.28
183	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1554889.17	4512372.58
184	SS 131 DCN	Olbia-Tempio	1555305.65	4512415.45

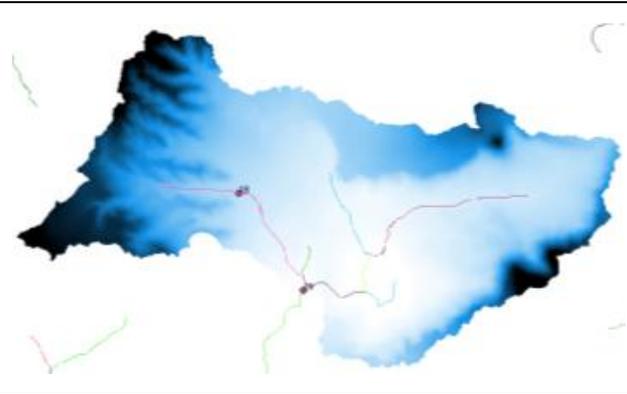
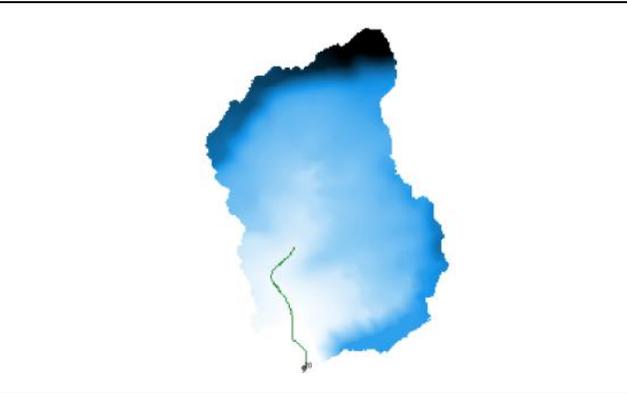
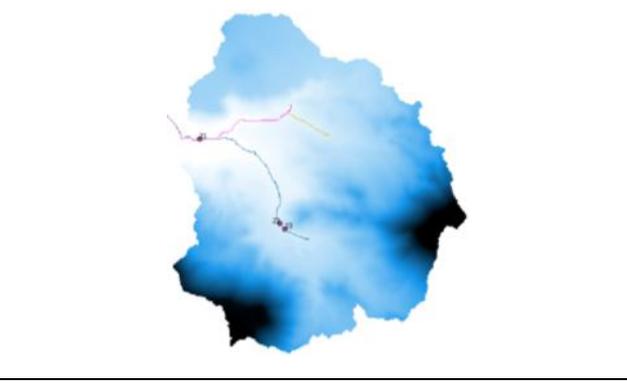
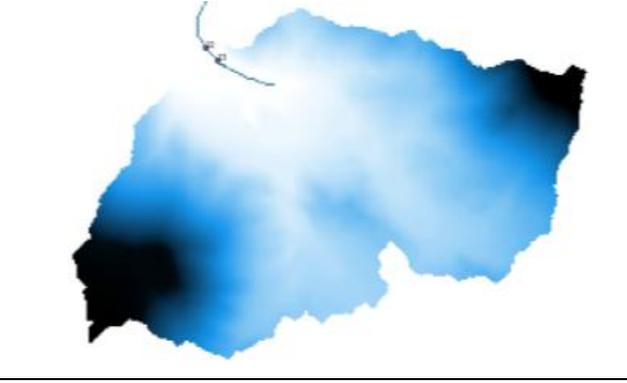
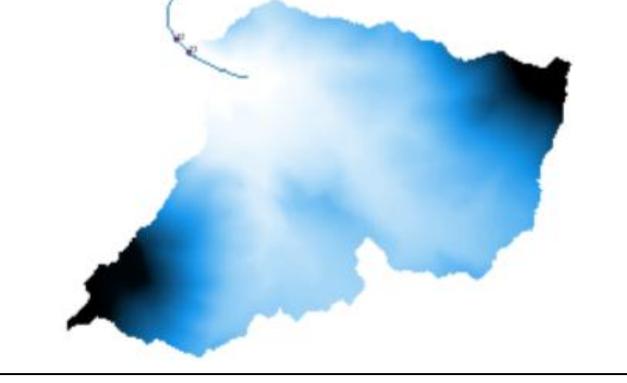
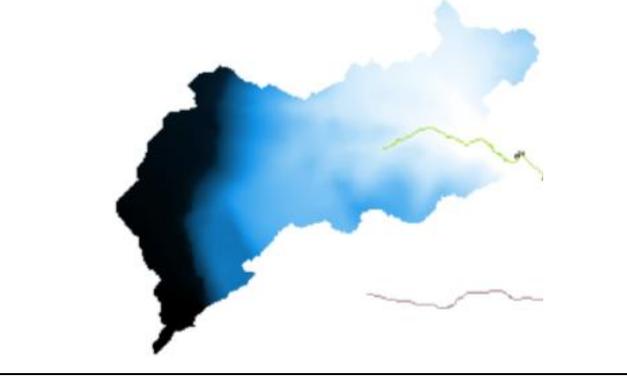
Tabella 3. 5: Dati dei nodi idrografici individuati sulla SS131 e SS131DCN.

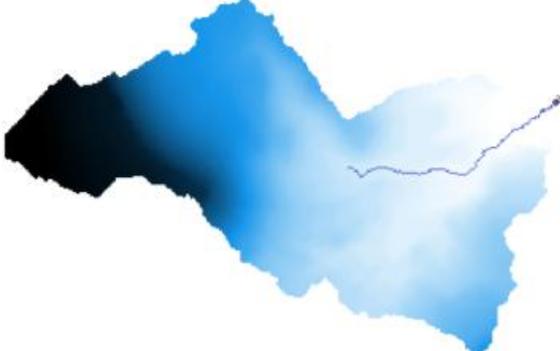
Allegato 3.2: Tabella dei DTM e dei parametri geometrici, morfometrici ed altimetrici dei bacini

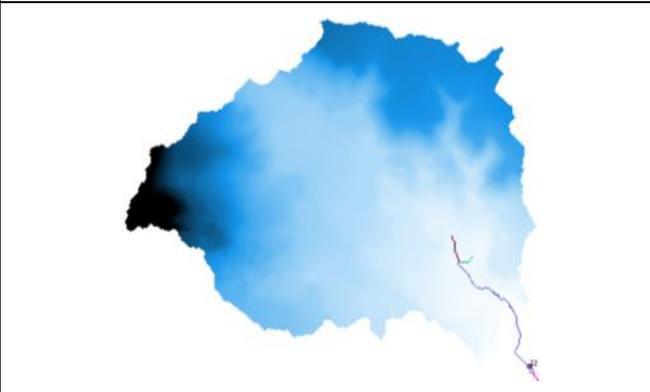
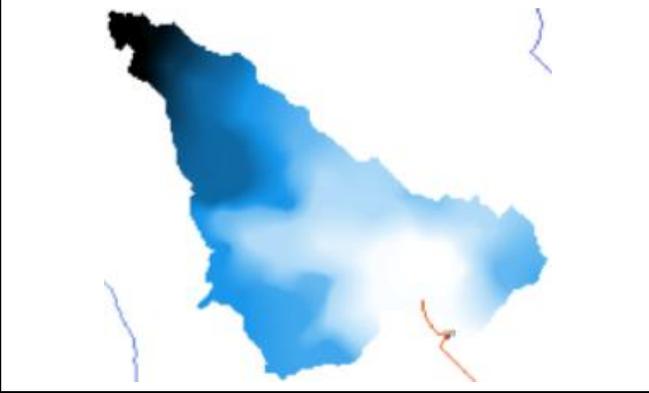
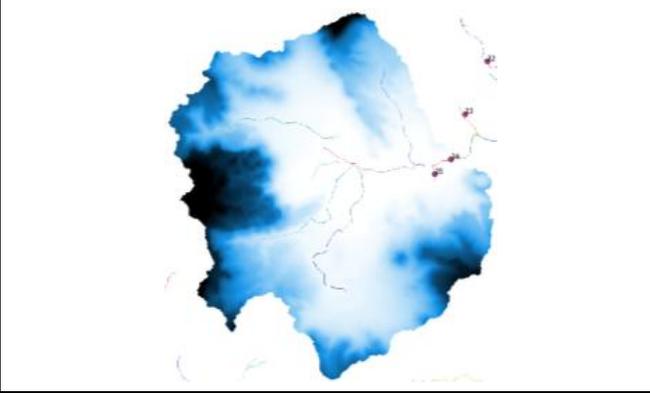
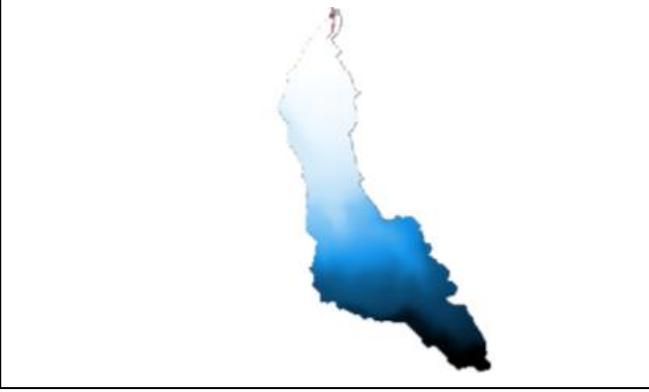
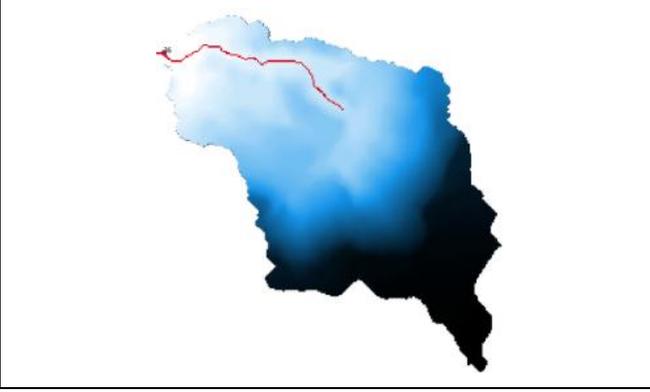
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
1		A= 4,13[km ²]	2		A= 53,51[km ²]
		L= 3768[m]			L= 20401[m]
		L= 3,77[km]			L= 20,40[km]
		H _{min} = 55,7[m]			H _{min} = 64,4[m]
		H _{max} = 96,6[m]			H _{max} = 504,2[m]
		H _{media} = 75,9[m]			H _{media} = 263,2[m]
		I= 2,01%			I= 7,14%
S= 2,87 %	S= 14,81%				
3		A= 1,47 [km ²]	4		A= 9,03[km ²]
		L= 2013 [m]			L= 6270[m]
		L= 2,01[km]			L= 6,27[km]
		H _{min} = 91,9[m]			H _{min} = 110[m]
		H _{max} = 129,5[m]			H _{max} = 241,2[m]
		H _{media} = 110,0[m]			H _{media} = 164,5[m]
		I= 2,15%			I= 2,10%
S= 3,30%	S= 6,48%				
5		A= 5,66[km ²]	6		A= 24,89[km ²]
		L= 3892[m]			L= 13097[m]
		L= 3,89[km]			L= 13,10[km]
		H _{min} = 143,4[m]			H _{min} = 129,9[m]
		H _{max} = 361,9[m]			H _{max} = 747,9[m]
		H _{media} = 244,2[m]			H _{media} = 407,9[m]
		I= 4,92%			I= 8,67%
S= 10,95%	S= 24,90%				

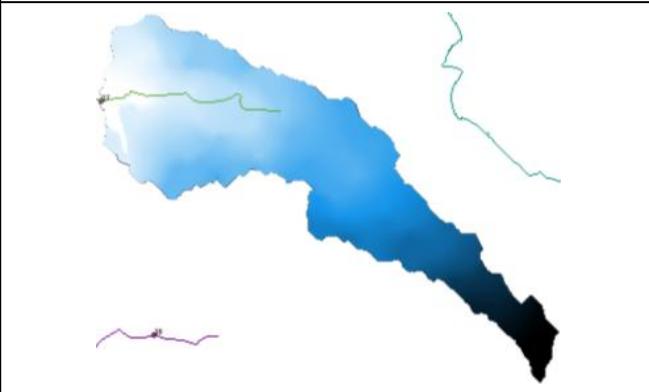
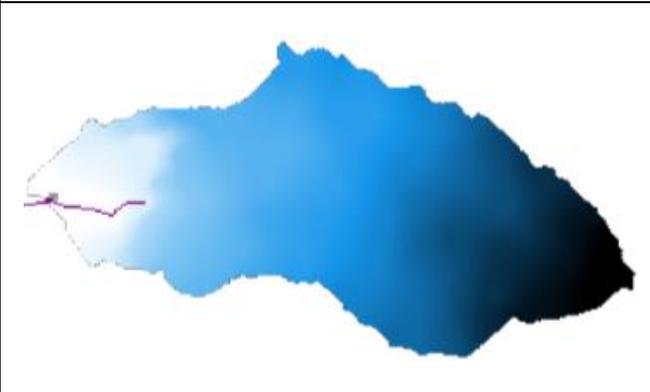
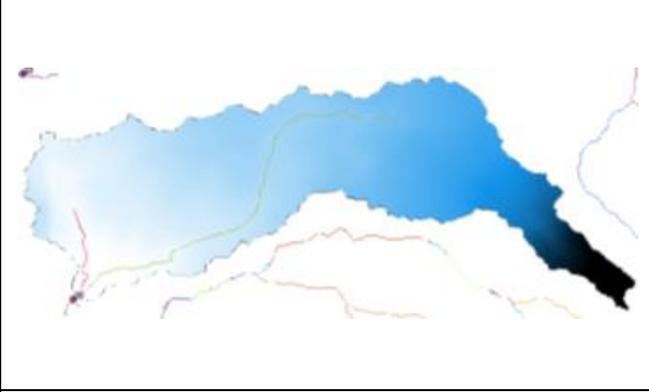
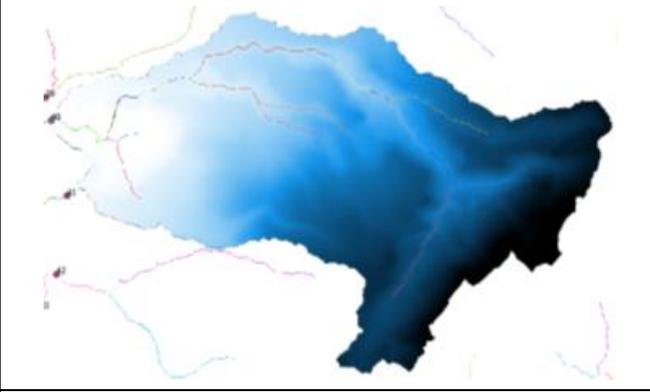
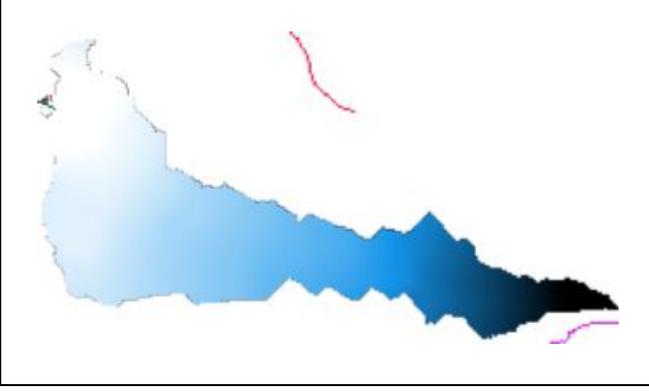
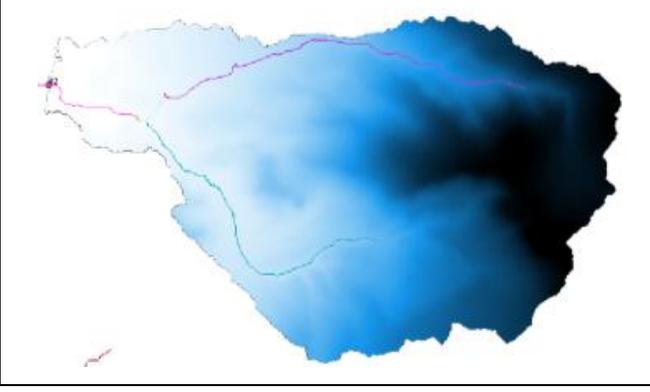
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
7		A= 89,98[km ²]	8		A= 89,36[km ²]
		L= 17040[m]			L=16611 [m]
		L= 17,04[km]			L= 16,61[km]
		H _{min} = 139,3[m]			H _{min} = 140[m]
		H _{max} = 683,8[m]			H _{max} =683,8 [m]
		H _{media} = 340,4[m]			H _{media} = 340,8[m]
		I= 11,02%			I= 10,98%
		S=17,94%			S=17,76%
9		A= 88,01[km ²]	10		A= 1,33[km ²]
		L= 15405[m]			L= 1742[m]
		L= 15,41[km]			L= 1,74[km]
		H _{min} = 145,0[m]			H _{min} = 160,9[m]
		H _{max} = 683,8[m]			H _{max} = 447,5[m]
		H _{media} = 342,4[m]			H _{media} = 288,7[m]
		I= 10,95%			I=18,92%
		S= 17,54%			S= 26,92%
11		A= 16,62[km ²]	12		A= 4,22[km ²]
		L= 10284[m]			L= 3364[m]
		L= 10,28[km]			L= 3,36[km]
		H _{min} = 165,0[m]			H _{min} = 217,7[m]
		H _{max} = 521,9[m]			H _{max} = 494,9[m]
		H _{media} = 387,5[m]			H _{media} = 345,7[m]
		I= 4,21%			I= 14,53%
		S= 18,12%			S= 25,30%

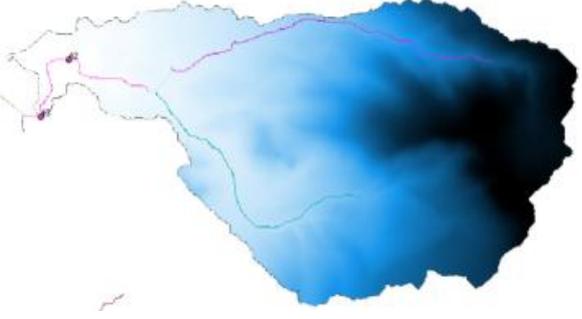
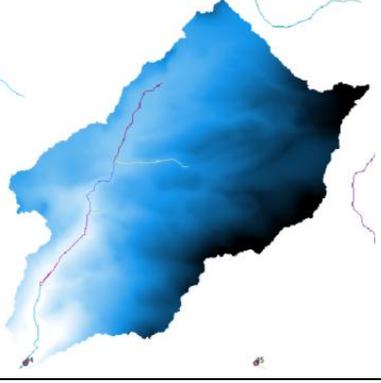
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
13		A= 3,45[km ²]	14		A= 3,27[km ²]
		L= 2921[m]			L= 2577[m]
		L= 2,92[km]			L= 2,58[km]
		H _{min} = 230,8[m]			H _{min} = 240[m]
		H _{max} = 494,9[m]			H _{max} = 494,9[m]
		H _{media} = 349,2[m]			H _{media} = 353,5[m]
		I= 14,31%			I= 14,27%
		S= 24,22%			S= 23,97%
15		A= 2,30[km ²]	16		A= 1,81[km ²]
		L= 2086[m]			L= 1792[m]
		L= 2,09[km]			L= 1,79[km]
		H _{min} = 260,0[m]			H _{min} = 270,0[m]
		H _{max} = 494,9[m]			H _{max} = 494,9[m]
		H _{media} =361,1 [m]			H _{media} = 364,6[m]
		I= 14,07%			I= 13,98%
		S= 22,38%			S= 21,60%
17		A= 1,55[km ²]	18		A= 1,92[km ²]
		L= 1369[m]			L= 3104[m]
		L= 1,37[km]			L= 3,10[km]
		H _{min} =281,5 [m]			H _{min} =337,1 [m]
		H _{max} = 494,9[m]			H _{max} = 510,8[m]
		H _{media} = 370,1[m]			H _{media} = 408,3[m]
		I= 13,91%			I= 5,71%
		S= 20,53%			S= 10,96%

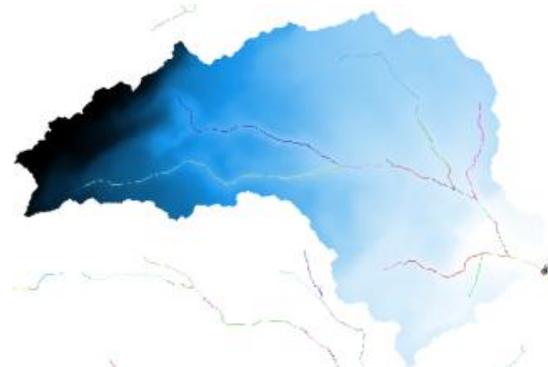
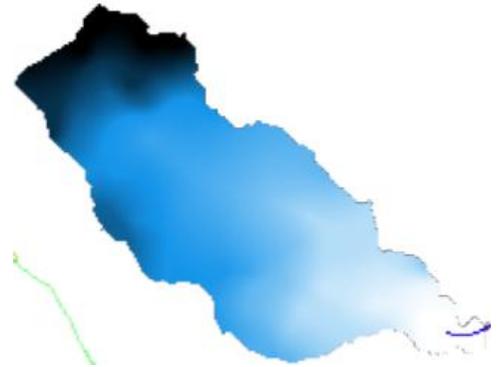
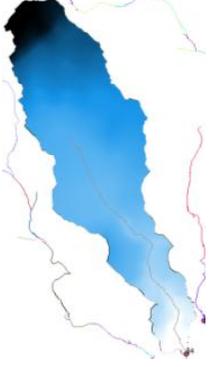
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
19		A= 17,29 [km ²]	20		A= 2,27 [km ²]
		L= 6202 [m]			L= 2575 [m]
		L= 6,21 [km]			L= 2,58 [km]
		H _{min} = 314,0 [m]			H _{min} = 250 [m]
		H _{max} = 532,0 [m]			H _{max} = 532,3 [m]
		H _{media} = 358,7 [m]			H _{media} = 317,6[m]
		I= 5,83%			I= 11,03%
		S= 9,06%			S= 15,13%
21		A= 9,49 [km ²]	22		A= 2,87 [km ²]
		L= 4410[m]			L=2556 [m]
		L= 4,41 [km]			L= 2,56[km]
		H _{min} =259,5 [m]			H _{min} =291,3 [m]
		H _{max} = 733,3[m]			H _{max} =720,2 [m]
		H _{media} =372,4 [m]			H _{media} =415,5 [m]
		I= 13,15%			I= 18,21%
		S= 20,31%			S= 27,44%
23		A=2,38 [km ²]	24		A=2,17 [km ²]
		L=2472 [m]			L=2900 [m]
		L=2,47 [km]			L=2,9 [km]
		H _{min} =300,0 [m]			H _{min} =347,1 [m]
		H _{max} =720,2 [m]			H _{max} = 654,3[m]
		H _{media} =408,4 [m]			H _{media} =478,3 [m]
		I= 18,15%			I= 10,72%
		S= 27,11%			S= 19,85%

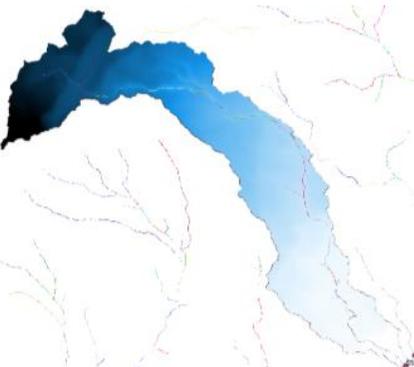
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
25		A=2,40 [km ²]	26		A=2,53 [km ²]
		L=3149 [m]			L=3460 [m]
		L=3,15 [km]			L= 3,46[km]
		H _{min} =340,0 [m]			H _{min} =335,0 [m]
		H _{max} = 654,3[m]			H _{max} =654,3 [m]
		H _{media} =468,1 [m]			H _{media} =461,8 [m]
		I= 10,78%			I= 9,70%
S= 19,31%	S= 18,79%				
27		A=2,22 [km ²]	28		A=3,00 [km ²]
		L=3165 [m]			L=3452 [m]
		L=3,17 [km]			L=3,45 [km]
		H _{min} =325,0 [m]			H _{min} =320,0 [m]
		H _{max} =670,0 [m]			H _{max} =692,3 [m]
		H _{media} =472,7 [m]			H _{media} =449,6 [m]
		I= 11,34%			I= 11,42%
S= 17,80%	S= 18,57%				
29		A=8,55 [km ²]	30		A=1,08 [km ²]
		L=6877 [m]			L= 2127[m]
		L=6,88 [km]			L= 2,13[km]
		H _{min} =352,6 [m]			H _{min} =382,3 [m]
		H _{max} =715,6 [m]			H _{max} =521,6 [m]
		H _{media} =473,6 [m]			H _{media} = 425,5 [m]
		I= 6,75%			I= 7,09%
S= 16,66%	S= 11,49%				

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
31		A=1,28 [km ²]	32		A=5,56 [km ²]
		L=2401 [m]			L=4214 [m]
		L= 2,40[km]			L=4,21 [km]
		H _{min} =385,0 [m]			H _{min} =388,3 [m]
		H _{max} =521,0 [m]			H _{max} =677,1 [m]
		H _{media} =433,6 [m]			H _{media} =458,6 [m]
		I= 6,20%			I= 8,98%
S= 9,50%	S= 11,02%				
33		A=1,45 [km ²]	34		A=37,36 [km ²]
		L=2653 [m]			L=8125 [m]
		L=2,65 [km]			L=8,13 [km]
		H _{min} =385,9 [m]			H _{min} =406,2 [m]
		H _{max} =456,8 [m]			H _{max} =712,5 [m]
		H _{media} =410,8 [m]			H _{media} =470,6 [m]
		I= 4,05%			I= 7,67%
S= 5,76%	S= 11,26%				
35		A= 1,05[km ²]	36		A= 2,51[km ²]
		L=2711 [m]			L= 3155[m]
		L=2,71 [km]			L= 3,16[km]
		H _{min} =408,9 [m]			H _{min} =419,9 [m]
		H _{max} = 635,1[m]			H _{max} =655,7 [m]
		H _{media} = 499,2[m]			H _{media} =542,8 [m]
		I= 8,55%			I= 9,15%
S= 14,39%	S= 16,50%				

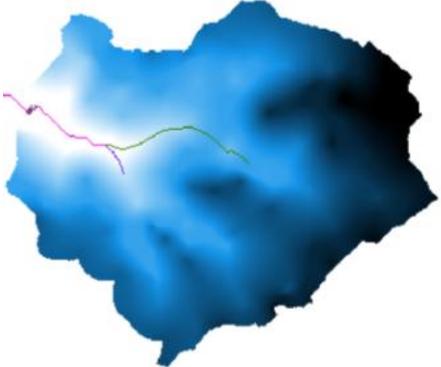
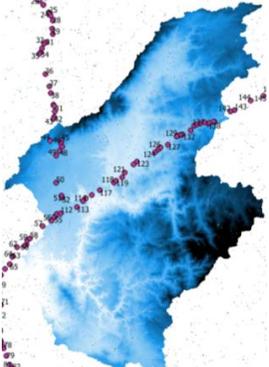
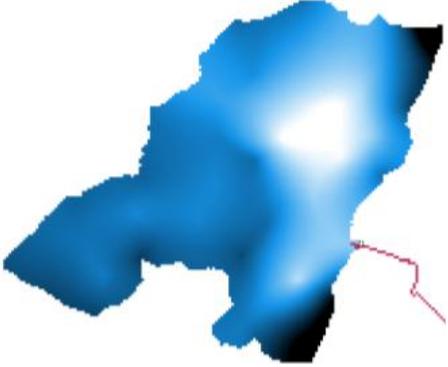
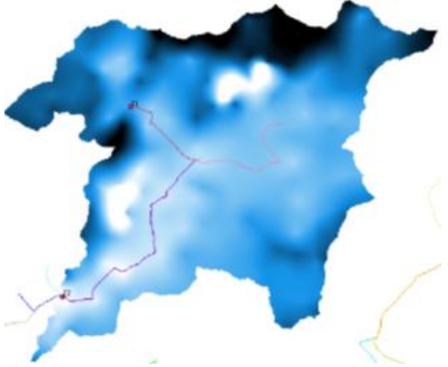
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
37		A= 2,57[km ²]	38		A= 2,42[km ²]
		L= 4193[m]			L= 2875[m]
		L= 4,19[km]			L= 2,88[km]
		H _{min} = 624,3[m]			H _{min} = 654,7[m]
		H _{max} = 711,6[m]			H _{max} = 712,7[m]
		H _{media} = 667,7[m]			H _{media} =682,4 [m]
		I= 2,84%			I= 2,15%
S= 2,85%	S= 2,30%				
39		A= 11,55[km ²]	40		A= 29,60[km ²]
		L= 9541[m]			L= 14434[m]
		L= 9,54[km]			L= 14,43[km]
		H _{min} = 645,9[m]			H _{min} = 642,8[m]
		H _{max} = 967,0[m]			H _{max} = 1113,5[m]
		H _{media} = 720,8[m]			H _{media} = 851,2[m]
		I= 3,38%			I= 3,29%
S= 3,42%	S= 11,60%				
41		A= 0,97[km ²]	42		A= 11,10[km ²]
		L= 2505[m]			L= 7178[m]
		L= 2,51[km]			L= 7,18[km]
		H _{min} =650,0 [m]			H _{min} = 653,7[m]
		H _{max} = 743,9[m]			H _{max} = 1026,4[m]
		H _{media} = 677,4[m]			H _{media} =820,9 [m]
		I= 2,74%			I= 7,46%
S= 2,99%	S= 13,99%				

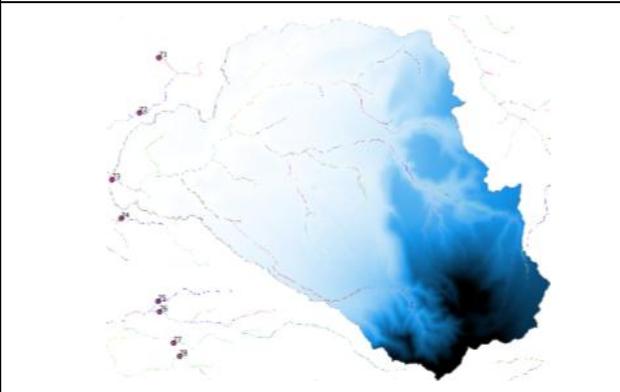
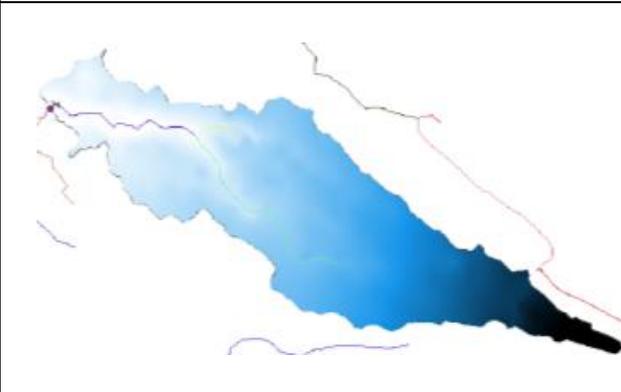
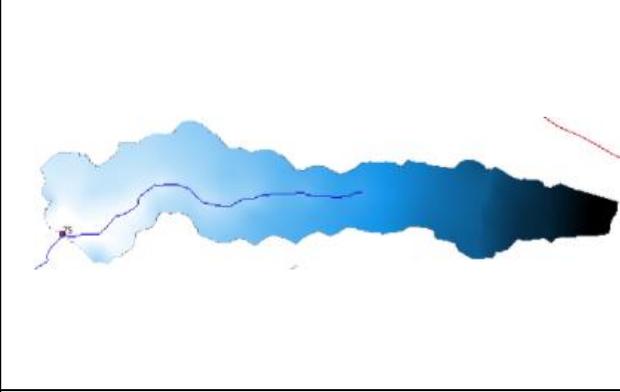
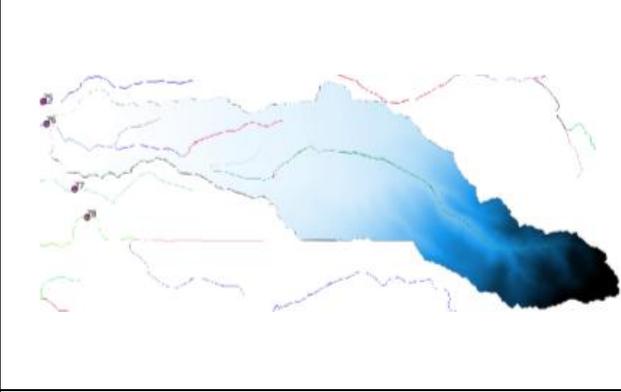
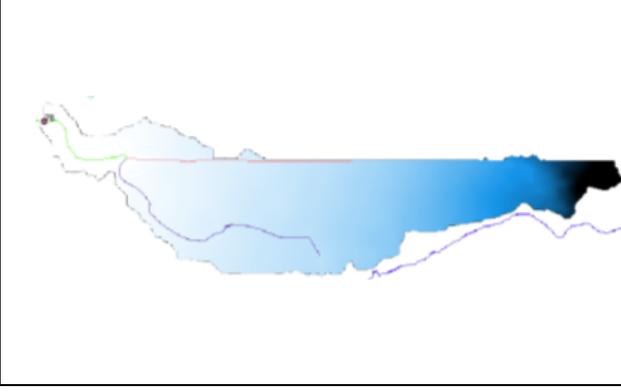
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
43		A= 11,39 [km ²]	44		A=10,38 [km ²]
		L= 8114 [m]			L=7178 [m]
		L= 8,11[km]			L= 7,18[km]
		H _{min} =650,0 [m]			H _{min} =550,0 [m]
		H _{max} =1026,4 [m]			H _{max} =866,5 [m]
		H _{media} =816,7 [m]			H _{media} =700,1 [m]
		I= 7,41%			I= 7,31%
S= 13,70%	S= 12,95%				
45		A=1,23 [km ²]	46		A=3,08 [km ²]
		L= 1495[m]			L=3288 [m]
		L=1,50 [km]			L=3,29 [km]
		H _{min} = 516,3[m]			H _{min} =489,6 [m]
		H _{max} = 866,8[m]			H _{max} =866,8 [m]
		H _{media} =677,8 [m]			H _{media} =652,1 [m]
		I= 24,02%			I= 12,36%
S= 28,01%	S= 23,01%				
47		A= 3,84[km ²]	48		A=19,94 [km ²]
		L=4449 [m]			L=11480 [m]
		L=4,45 [km]			L= 11,48[km]
		H _{min} = 433,5[m]			H _{min} =402,9 [m]
		H _{max} = 866,8[m]			H _{max} =866,5 [m]
		H _{media} =625,1 [m]			H _{media} = 646,9[m]
		I= 9,85%			I= 7,31%
S= 20,69%	S= 14,01%				

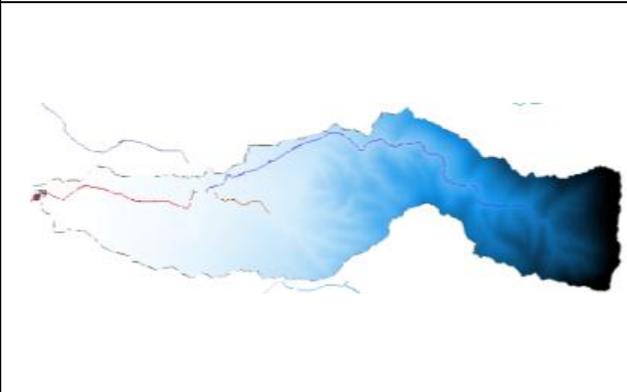
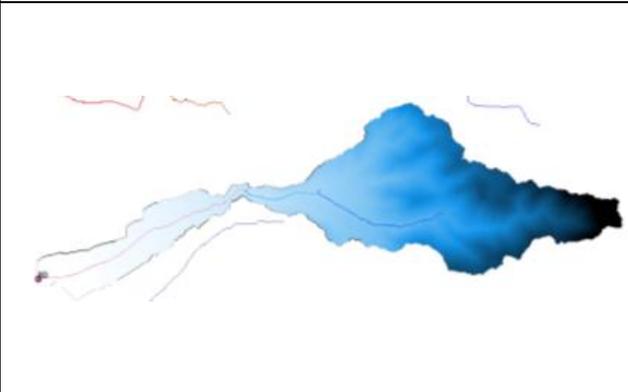
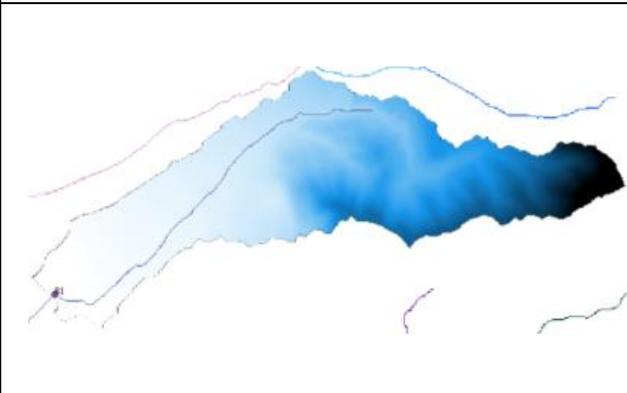
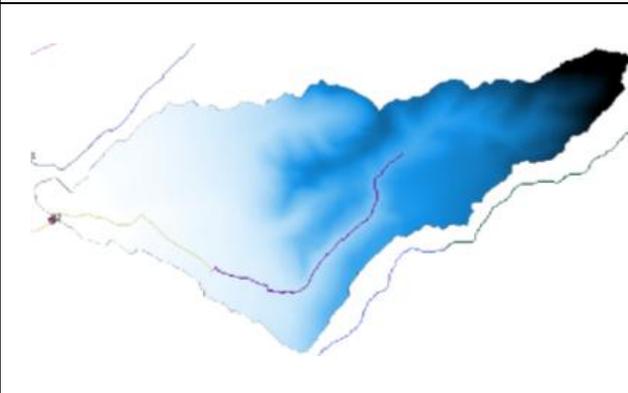
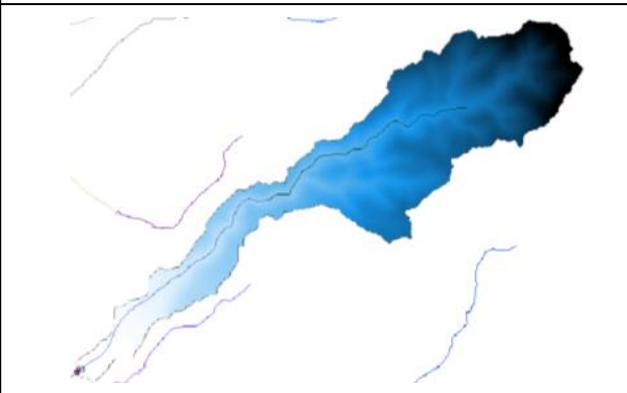
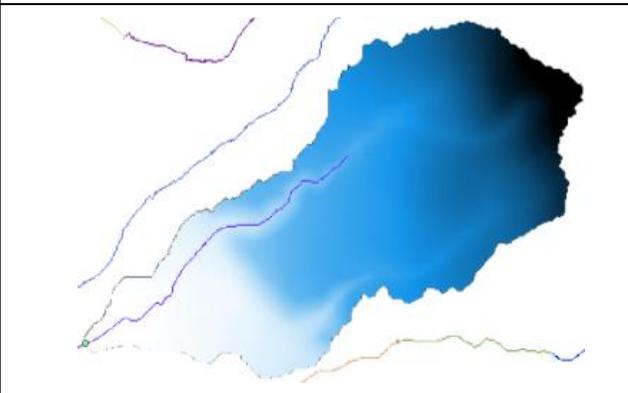
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
49		A=41,34 [km ²]	50		A=32,14 [km ²]
		L=13169 [m]			L=12097 [m]
		L=13,17 [km]			L= 12,10[km]
		H _{min} =394,6 [m]			H _{min} =350,0 [m]
		H _{max} =802,2 [m]			H _{max} =763,5 [m]
		H _{media} =566,3 [m]			H _{media} =478,1 [m]
		I= 5,48%			I= 3,72%
		S= 8,92%			S= 5,82%
51		A=1,26 [km ²]	52		A=14,81 [km ²]
		L=2422 [m]			L=12108 [m]
		L=2,42 [km]			L= 12,11[km]
		H _{min} =326,8 [m]			H _{min} =325,0 [m]
		H _{max} =360,5 [m]			H _{max} =585,7 [m]
		H _{media} =342,9 [m]			H _{media} =399,9 [m]
		I= 1,51%			I= 2,27%
		S= 2,24%			S= 3,38%
53		A= 4,49[km ²]	54		A=6,21 [km ²]
		L=4779 [m]			L=6822 [m]
		L=4,78 [km]			L=6,82 [km]
		H _{min} =297,2 [m]			H _{min} = 282,4[m]
		H _{max} =340,8 [m]			H _{max} =392,8 [m]
		H _{media} = 325,3[m]			H _{media} =335,4 [m]
		I= 0,98%			I= 1,82%
		S= 1,25%			S= 2,35%

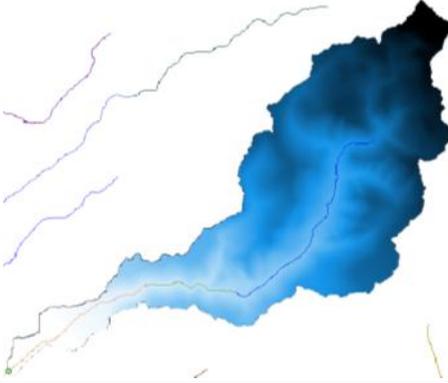
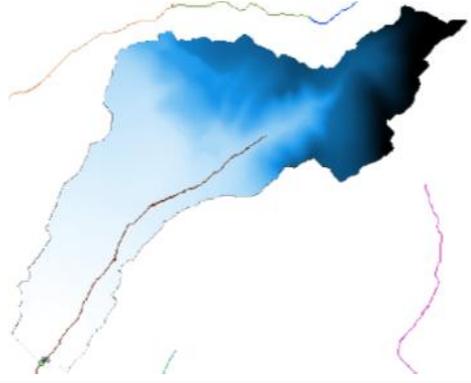
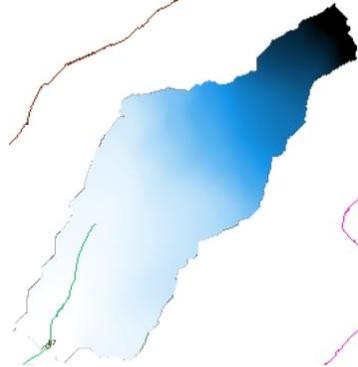
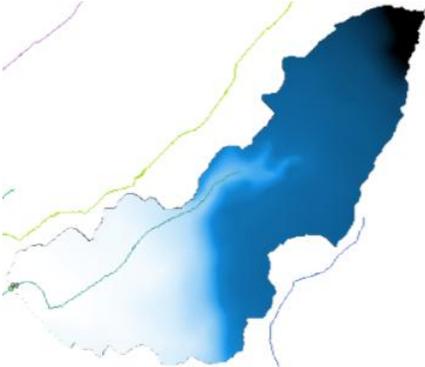
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
55		A=32,36 [km ²]	56		A=1,80 [km ²]
		L=22295 [m]			L=2195 [m]
		L= 22,30[km]			L=2,20 [km]
		H _{min} =280,0 [m]			H _{min} =275,0 [m]
		H _{max} = 915,0[m]			H _{max} =325,1 [m]
		H _{media} =501,0 [m]			H _{media} =303,6 [m]
		I= 3,17%			I= 2,31%
S= 5,86%	S= 3,92%				
57		A= 13,22[km ²]	58		A=10,26 [km ²]
		L= 10556[m]			L= 8940[m]
		L= 10,56[km]			L= 8,94[km]
		H _{min} = 260,0[m]			H _{min} =150,0 [m]
		H _{max} =530,7 [m]			H _{max} =368,8 [m]
		H _{media} = 339,6[m]			H _{media} =284,1 [m]
		I= 2,90%			I= 3,15%
S= 3,44%	S= 4,53%				
59		A= 10,80[km ²]	60		A= 25,08%[km ²]
		L=9823 [m]			L= 18228[m]
		L= 9,82[km]			L=18,23 [km]
		H _{min} = 107,8[m]			H _{min} = 84,3[m]
		H _{max} = 368,8[m]			H _{max} = 530,7[m]
		H _{media} =278,0 [m]			H _{media} = 289,0[m]
		I= 3,23%			I= 3,59%
S= 5,20%	S= 4,93%				

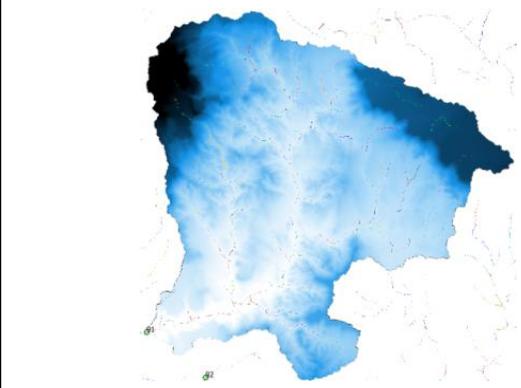
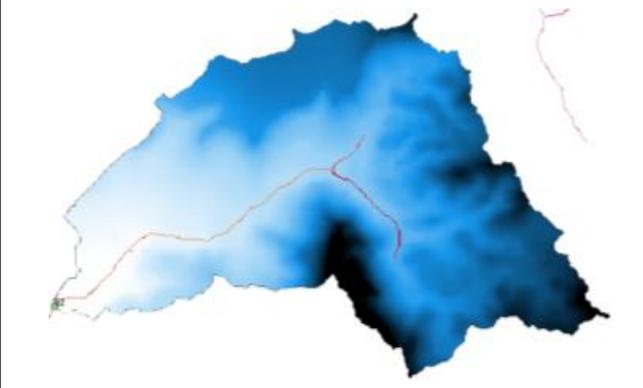
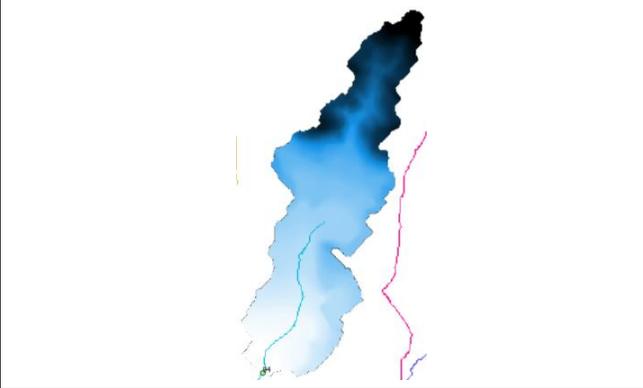
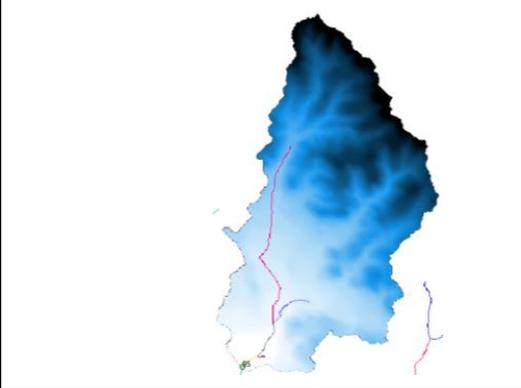
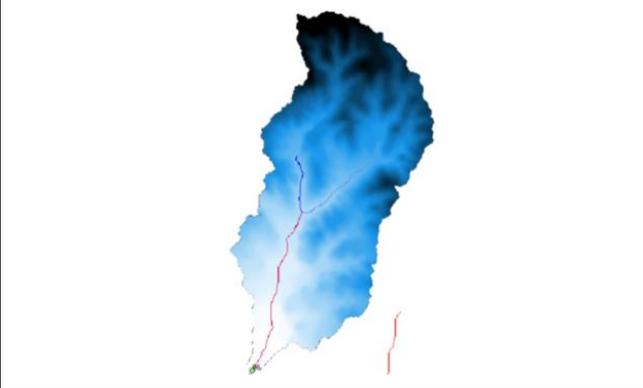
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
61		A=1,86 [km ²]	62		A=47,84 [km ²]
		L=2865 [m]			L=20410 [m]
		L=2,87 [km]			L= 20,41[km]
		H _{min} =76,9 [m]			H _{min} =47,4 [m]
		H _{max} =202,0 [m]			H _{max} =530,7 [m]
		H _{media} =164,5 [m]			H _{media} =250,9 [m]
		I= 4,56%			I= 3,68%
S= 5,86%	S= 6,63%				
63		A= 117,88[km ²]	64		A=1,40 [km ²]
		L= 24512[m]			L=2782 [m]
		L= 24,51[km]			L=2,78 [km]
		H _{min} = 21,6[m]			H _{min} =20,8 [m]
		H _{max} = 963,6[m]			H _{max} =205,4 [m]
		H _{media} = 305,8[m]			H _{media} =97,9 [m]
		I= 4,05%			I= 7,30%
S= 8,27%	S= 13,64%				
65		A=9,86 [km ²]	66		A= 9,86[km ²]
		L= 5160[m]			L=5160 [m]
		L=5,16 [km]			L= 5,16[km]
		H _{min} =11,7 [m]			H _{min} =14,6 [m]
		H _{max} =202,6 [m]			H _{max} =46,1 [m]
		H _{media} =64,8 [m]			H _{media} =33,1 [m]
		I= 3,98%			I= 1,71%
S= 4,72%	S= 2,55%				

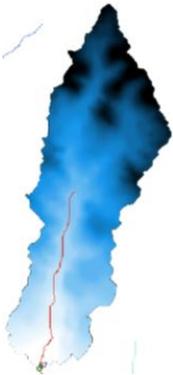
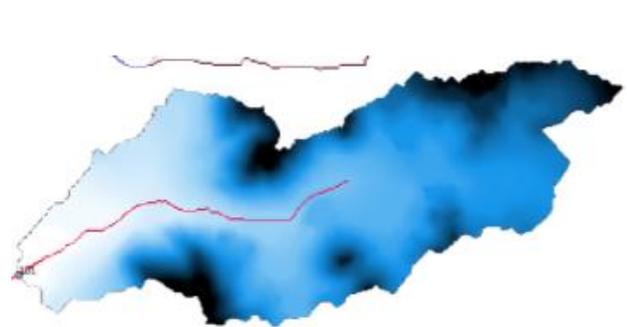
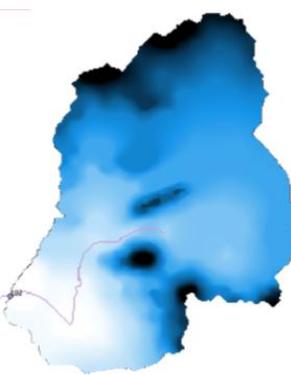
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
67		A=4,73 [km ²]	68		A=2,13 [km ²]
		L=3242 [m]			L=2637 [m]
		L=3,24 [km]			L=2,64 [km]
		H _{min} =18,3 [m]			H _{min} =20 [m]
		H _{max} =46,1 [m]			H _{max} =38,2 [m]
		H _{media} =33,0 [m]			H _{media} =30,5 [m]
		I= 0,91%			I= 0,75%
S= 1,94%	S= 1,07%				
69		A=3307,82 [km ²]	70		A=0,95 [km ²]
		L=146126 [m]			L=2058 [m]
		L=146,13 [km]			L=2,06 [km]
		H _{min} =-4,4 [m]			H _{min} =5,6 [m]
		H _{max} =1827,3 [m]			H _{max} =11,9 [m]
		H _{media} =485,4 [m]			H _{media} = 7,6[m]
		I= 2,16%			I= 0,32%
S= 18,78%	S= 0,45%				
71		A=1,09 [km ²]	72		A=8,84% [km ²]
		L=1672 [m]			L=6304 [m]
		L=1,67 [km]			L=6,30 [km]
		H _{min} =10,2 [m]			H _{min} =4,4 [m]
		H _{max} =19,6 [m]			H _{max} =19,6 [m]
		H _{media} =13,4 [m]			H _{media} =12,0 [m]
		I= 0,59%			I= 0,30%
S= 0,88%	S= 0,85%				

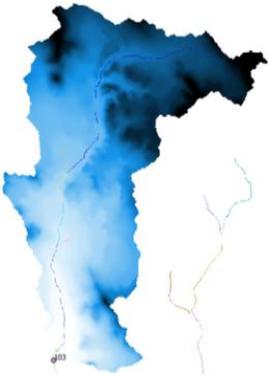
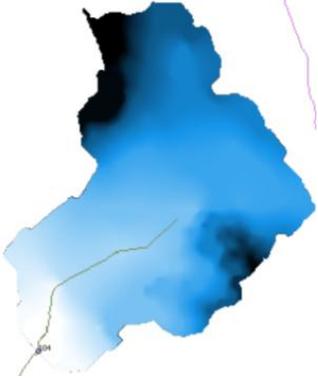
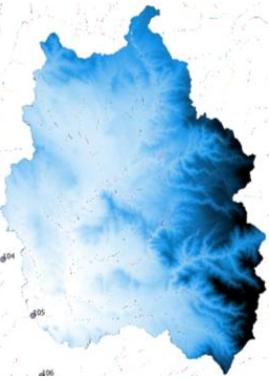
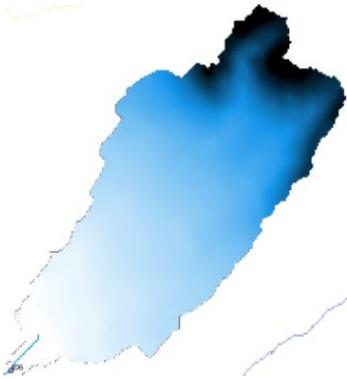
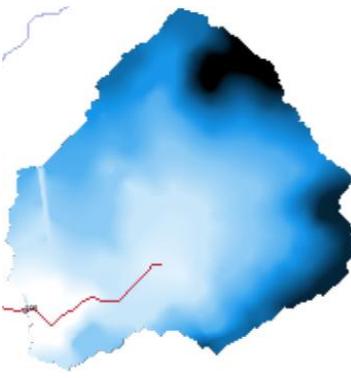
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
73		A=114,21 [km ²]	74		A=7,06 [km ²]
		L=25410 [m]			L=7201 [m]
		L=25,41 [km]			L=7,20 [km]
		H _{min} =2,2 [m]			H _{min} =3,5 [m]
		H _{max} =737,5 [m]			H _{max} =61,1 [m]
		H _{media} =140,7 [m]			H _{media} =19,1 [m]
		I= 5,02%			I= 1,01%
S= 9,34%	S= 1,17%				
75		A=3,30 [km ²]	76		A=15,70 [km ²]
		L=5208 [m]			L=12785 [m]
		L=5,21 [km]			L= 12,79[km]
		H _{min} =4,2 [m]			H _{min} =6,0 [m]
		H _{max} =59,8 [m]			H _{max} =791,0 [m]
		H _{media} =25,7 [m]			H _{media} =184,8 [m]
		I= 1,30%			I= 7,19%
S= 1,46%	S= 13,03%				
77		A= 3,17 [km ²]	78		A= 4,64 [km ²]
		L= 4440 [m]			L= 6647 [m]
		L= 4,44 [km]			L= 6,65 [km]
		H _{min} = 8,0 [m]			H _{min} = 15,4 [m]
		H _{max} = 77,6 [m]			H _{max} = 323,8 [m]
		H _{media} = 29,2 [m]			H _{media} = 64,5 [m]
		I= 1,66%			I= 4,16%
S= 2,05%	S= 4,17%				

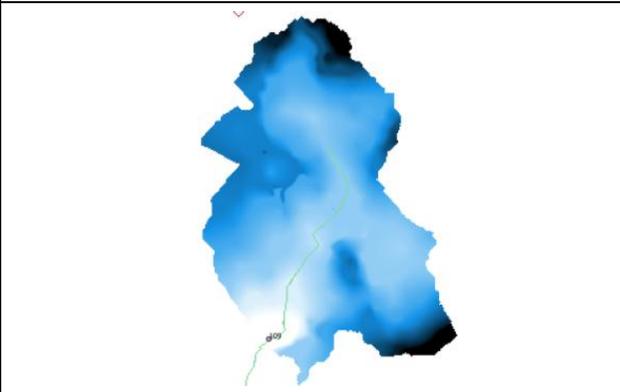
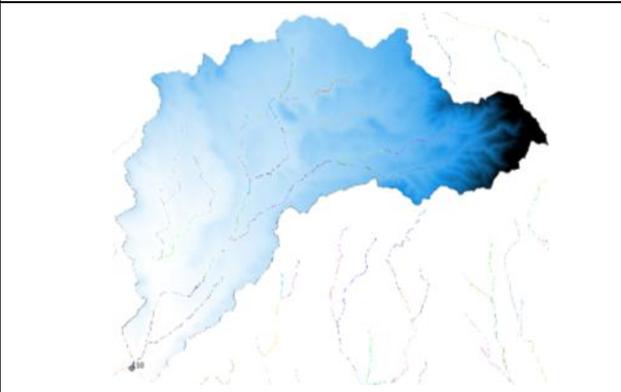
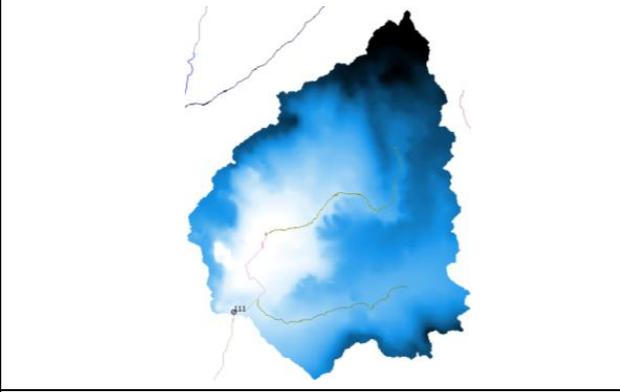
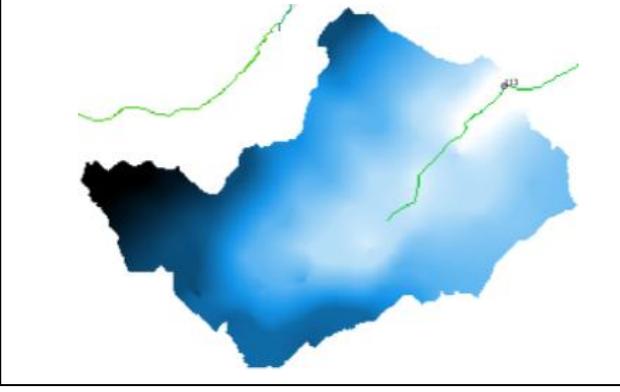
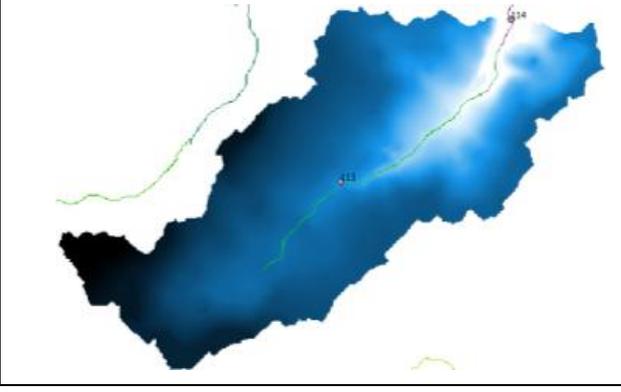
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
79		A=11,09 [km ²]	80		A=5,63 [km ²]
		L=10919 [m]			L=8309 [m]
		L=10,92 [km]			L=8,31 [km]
		H _{min} =23,3 [m]			H _{min} =34,2 [m]
		H _{max} =791,3 [m]			H _{max} =792,0 [m]
		H _{media} =262,1 [m]			H _{media} =330,3 [m]
		I= 13,11%			I= 11,26%
S= 22,09%	S= 30,03%				
81		A=3,83 [km ²]	82		A=5,29 [km ²]
		L=5721 [m]			L=6236 [m]
		L=5,72 [km]			L=6,24 [km]
		H _{min} =37,1 [m]			H _{min} =40,3 [m]
		H _{max} =572,1 [m]			H _{max} =803,4 [m]
		H _{media} =161,2 [m]			H _{media} =416,6 [m]
		I= 9,37%			I= 9,55%
S= 20,43%	S= 23,82%				
83		A=6,01 [km ²]	84		A=4,72 [km ²]
		L=8457 [m]			L=4450 [m]
		L=8,46 [km]			L=4,45 [km]
		H _{min} =40,3 [m]			H _{min} =41,4 [m]
		H _{max} =803,4 [m]			H _{max} =500,5 [m]
		H _{media} =416,6 [m]			H _{media} =220,7 [m]
		I= 12,34%			I= 10,75%
S= 33,56%	S= 15,96%				

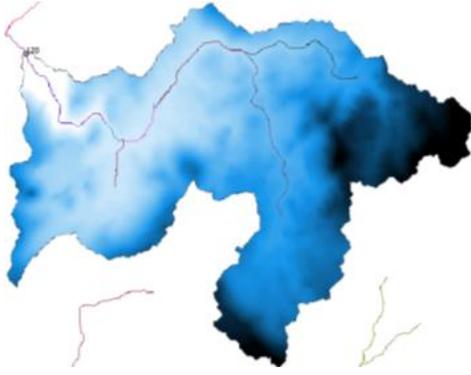
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
85		A= 8,70[km ²]	86		A=4,06 [km ²]
		L=9140 [m]			L=4851 [m]
		L=9,14 [km]			L=4,85 [km]
		H _{min} =44,7 [m]			H _{min} =22,7 [m]
		H _{max} =777,4 [m]			H _{max} =403,3 [m]
		H _{media} =394,4 [m]			H _{media} =143,1 [m]
		I= 11,44%			I= 9,18%
S= 30,36%	S= 17,02%				
87		A= 2,66[km ²]	88		A=7,12 [km ²]
		L=3460 [m]			L=7394 [m]
		L=3,46 [km]			L=7,39 [km]
		H _{min} =19,5 [m]			H _{min} =28,2 [m]
		H _{max} =376,8 [m]			H _{max} =491,5 [m]
		H _{media} =97,5 [m]			H _{media} =196,4 [m]
		I= 9,01%			I= 9,66%
S= 9,99%	S= 12,65%				
89		A=17,38 [km ²]	90		A=4,60 [km ²]
		L=10948 [m]			L=4902 [m]
		L=10,95 [km]			L=4,90 [km]
		H _{min} =34,7 [m]			H _{min} =34,1 [m]
		H _{max} =610,0 [m]			H _{max} =236,9 [m]
		H _{media} =196,7 [m]			H _{media} =99,7 [m]
		I= 8,66%			I= 5,32%
S= 14,13%	S= 6,16%				

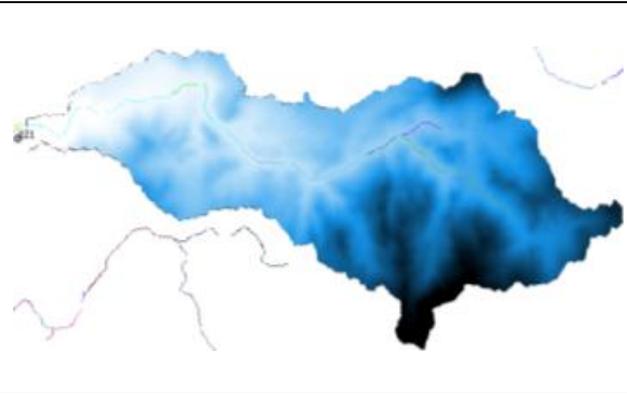
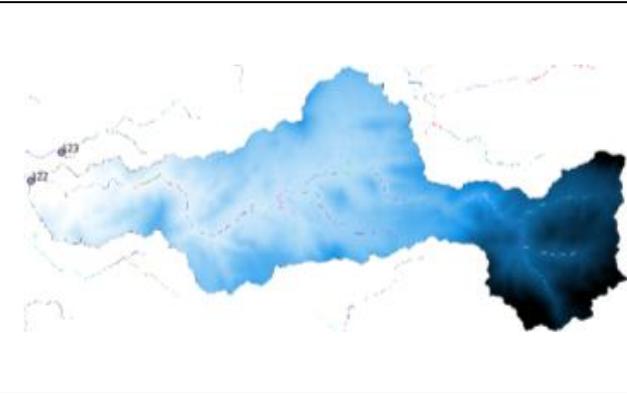
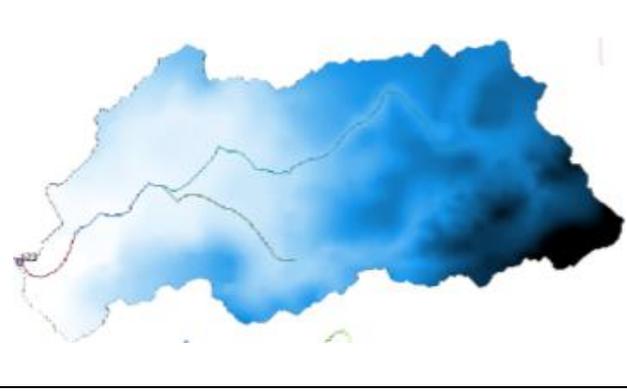
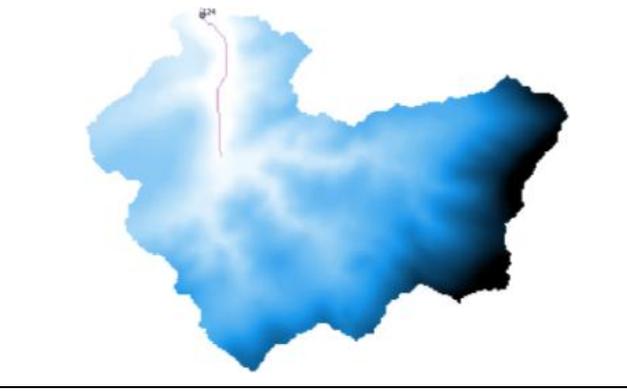
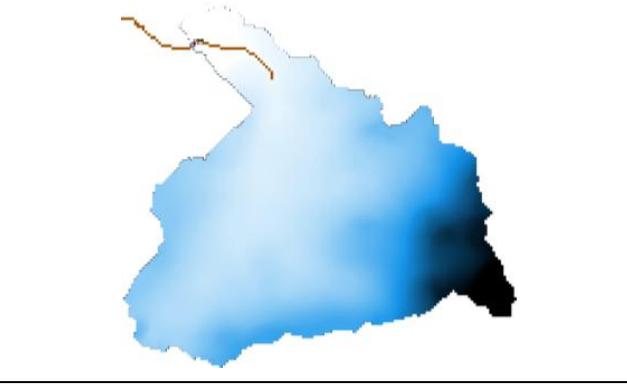
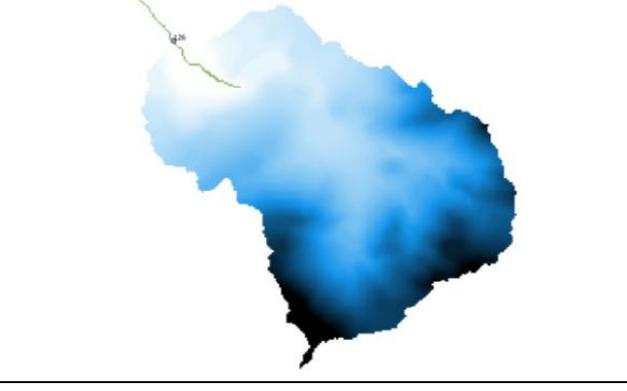
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
91		A= 262,97[km ²]	92		A=10,71 [km ²]
		L= 35148[m]			L=7402 [m]
		L=35,15 [km]			L=7,40 [km]
		H _{min} =37,3 [m]			H _{min} =109,0 [m]
		H _{max} = 802,8[m]			H _{max} =370,7 [m]
		H _{media} = 268,5[m]			H _{media} =206,8 [m]
		I= 4,18%			I= 5,49%
S= 13,34%	S= 13,39%				
93		A= 3,53[km ²]	94		A= 2,14[km ²]
		L= 3963[m]			L= 3567[m]
		L= 3,69[km]			L= 3,60[km]
		H _{min} = 137,3[m]			H _{min} = 130,0[m]
		H _{max} =382,8 [m]			H _{max} = 341,4[m]
		H _{media} = 234,0[m]			H _{media} = 193,2[m]
		I= 8,38%			I= 6,26%
S= 15,80%	S= 11,64%				
95		A=6,90 [km ²]	96		A=6,31 [km ²]
		L=5113 [m]			L=5423 [m]
		L= 5,11[km]			L=5,42 [km]
		H _{min} =130,8 [m]			H _{min} =136,0 [m]
		H _{max} =393,7 [m]			H _{max} =371,8 [m]
		H _{media} =235,4 [m]			H _{media} =226,7 [m]
		I= 6,02%			I= 4,95%
S= 16,84%	S= 14,51%				

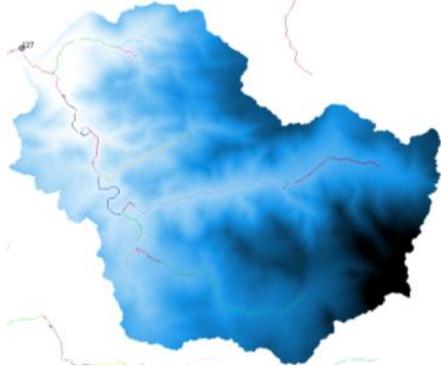
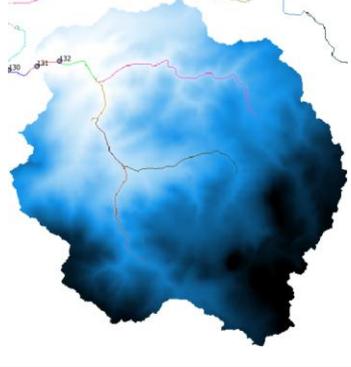
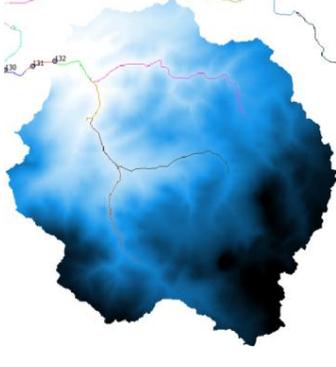
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
97		A= 3,72[km ²]	98		A=2,45 [km ²]
		L=4475 [m]			L=3789 [m]
		L= 4,48[km]			L= 3,79[km]
		H _{min} =133,4 [m]			H _{min} = 125,4[m]
		H _{max} = 294,5[m]			H _{max} = 274,2[m]
		H _{media} = 209,6[m]			H _{media} =188,6 [m]
		I= 3,79%			I= 4,34%
		S= 11,93%			S= 8,32%
99		A=5,98 [km ²]	100		A=528,03 [km ²]
		L=6179 [m]			L=62402 [m]
		L=6,18 [km]			L=62,40 [km]
		H _{min} =90,0 [m]			H _{min} =70,0 [m]
		H _{max} =263,0 [m]			H _{max} =890,5 [m]
		H _{media} =159,8 [m]			H _{media} =322,8 [m]
		I= 3,33%			I= 2,48%
		S= 7,29%			S= 11,84%
101		A=3,51 [km ²]	102		A=3,30 [km ²]
		L=4603 [m]			L=3636 [m]
		L=4,60 [km]			L=3,64 [km]
		H _{min} =109,2 [m]			H _{min} =120,0 [m]
		H _{max} =304,0 [m]			H _{max} = 260,6[m]
		H _{media} =181,6 [m]			H _{media} =160,0 [m]
		I= 5,02%			I= 3,89%
		S= 17,50%			S= 8,64%

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
103		A=18,58 [km ²]	104		A=3,39 [km ²]
		L=11040 [m]			L= 3372[m]
		L= 11,04[km]			L=3,37 [km]
		H _{min} =97,9 [m]			H _{min} =74,7 [m]
		H _{max} =318,9 [m]			H _{max} =205,6 [m]
		H _{media} =183,6 [m]			H _{media} =111,0 [m]
		I= 3,14%			I= 4,05%
S= 9,12%	S= 4,86%				
105		A=485,95 [km ²]	106		A=1,75 [km ²]
		L=41499 [m]			L=2546 [m]
		L=41,50 [km]			L=2,55 [km]
		H _{min} =68,7 [m]			H _{min} =58,1 [m]
		H _{max} =960,0 [m]			H _{max} =174,6 [m]
		H _{media} =293,1 [m]			H _{media} =93,4 [m]
		I= 2,98%			I= 4,86%
S= 15,60%	S= 7,34%				
107		A=3,46 [km ²]	108		A=2,01 [km ²]
		L=5374 [m]			L= 2549[m]
		L= 5,37[km]			L=2,55 [km]
		H _{min} =52,2 [m]			H _{min} =54,2 [m]
		H _{max} =205,4 [m]			H _{max} =100,0 [m]
		H _{media} =109,5 [m]			H _{media} =69,5 [m]
		I= 3,23%			I= 2,06%
S= 9,88%	S= 4,57%				

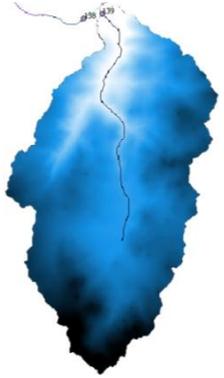
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
109		A=3,01 [km ²]	110		A=82,92 [km ²]
		L=2951 [m]			L=20738 [m]
		L=2,95 [km]			L=20,74 [km]
		H _{min} =33,5 [m]			H _{min} =17,8 [m]
		H _{max} =84,5 [m]			H _{max} =674,0 [m]
		H _{media} =50,0 [m]			H _{media} =145,4 [m]
		I= 1,89%			I= 4,47%
S= 3,42%	S= 8,69%				
111		A=11,82 [km ²]	112		A=1,58 [km ²]
		L=6866 [m]			L=2512 [m]
		L=6,87 [km]			L=2,51 [km]
		H _{min} =2,9 [m]			H _{min} =305,8 [m]
		H _{max} =80,3 [m]			H _{max} =330,3 [m]
		H _{media} =33,9 [m]			H _{media} =316,9 [m]
		I= 1,67%			I= 1,01%
S= 4,00%	S= 1,39%				
113		A=3,32 [km ²]	114		A=7,45 [km ²]
		L=3012 [m]			L=5633 [m]
		L=3,01 [km]			L= 5,63[km]
		H _{min} =250,0 [m]			H _{min} =160,0 [m]
		H _{max} =318,5 [m]			H _{max} =318,5 [m]
		H _{media} =282,4 [m]			H _{media} =265,3 [m]
		I= 2,76%			I= 3,05%
S= 3,56%	S= 6,99%				

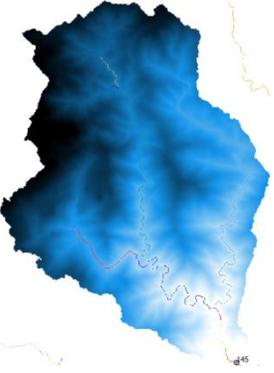
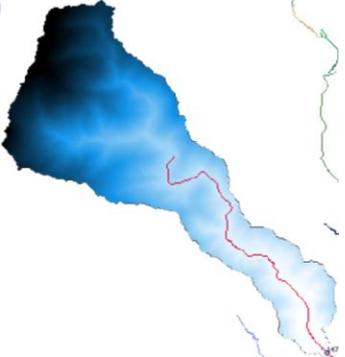
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
115		A=122,97 [km ²]	116		A=9,68 [km ²]
		L=24130 [m]			L=6984 [m]
		L=24,13 [km]			L=6,98 [km]
		H _{min} =100,0 [m]			H _{min} =133,4 [m]
		H _{max} =763,5 [m]			H _{max} =351,8 [m]
		H _{media} =366,1 [m]			H _{media} =298,2 [m]
		I= 3,18%			I= 3,75%
		S= 6,14%			S= 6,20%
117		A=1,64 [km ²]	118		A=1297,67 [km ²]
		L=1939 [m]			L=83355 [m]
		L=1,94 [km]			L=83,36 [km]
		H _{min} =187,4 [m]			H _{min} = 134,0[m]
		H _{max} =301,0 [m]			H _{max} =1257,0 [m]
		H _{media} =273,4 [m]			H _{media} = 488,9[m]
		I= 6,08%			I= 2,16%
		S= 8,23%			S= 16,14
119		A= 1,26[km ²]	120		A= 12,07[km ²]
		L= 2966[m]			L=9122 [m]
		L=2,97 [km]			L=9,12 [km]
		H _{min} =142,4 [m]			H _{min} =141,8 [m]
		H _{max} =374,8 [m]			H _{max} =511,2 [m]
		H _{media} =286,3 [m]			H _{media} =284,4 [m]
		I= 7,91%			I= 5,95%
		S= 17,82%			S= 15,97%

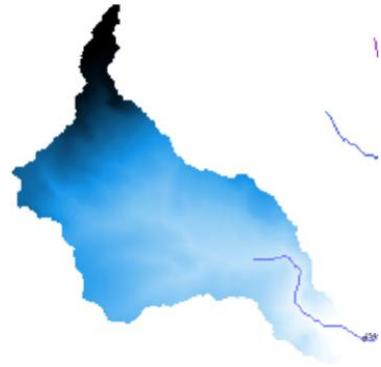
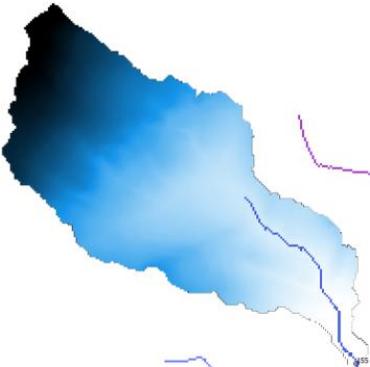
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
121		A=11,56 [km ²]	122		A=45,51 [km ²]
		L=10069 [m]			L=22611 [m]
		L=10,07 [km]			L= 22,61[km]
		H _{min} =144,6 [m]			H _{min} =160,0 [m]
		H _{max} =558,4 [m]			H _{max} =1080,7 [m]
		H _{media} =293,8 [m]			H _{media} =458,7 [m]
		I= 10,97%			I= 10,60%
S= 21,49%	S= 20,01%				
123		A=7,23 [km ²]	124		A=3,09 [km ²]
		L= 6526[m]			L=3862 [m]
		L= 6,53[km]			L=3,86 [km]
		H _{min} = 170,0[m]			H _{min} =228,3 [m]
		H _{max} =430,3 [m]			H _{max} =536,0 [m]
		H _{media} = 249,0[m]			H _{media} =335,1 [m]
		I= 5,91%			I= 11,96%
S= 11,10%	S= 23,54%				
125		A=1,10 [km ²]	126		A=2,18 [km ²]
		L=1663 [m]			L=2523 [m]
		L=1,66 [km]			L= 2,52[km]
		H _{min} =260,0 [m]			H _{min} =240,0 [m]
		H _{max} =480,0 [m]			H _{max} =496,9 [m]
		H _{media} =315,5 [m]			H _{media} =329,5 [m]
		I= 13,63%			I= 13,13%
S= 16,19%	S=20,60%				

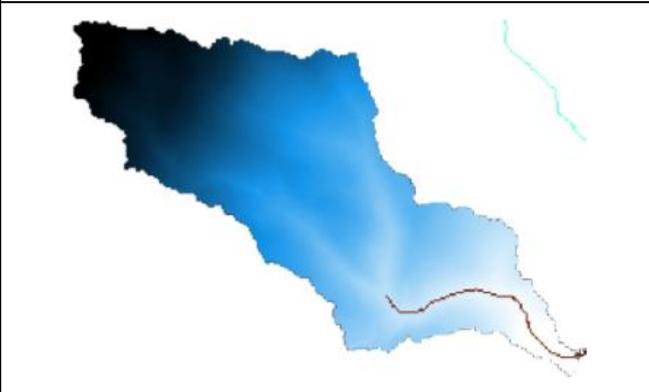
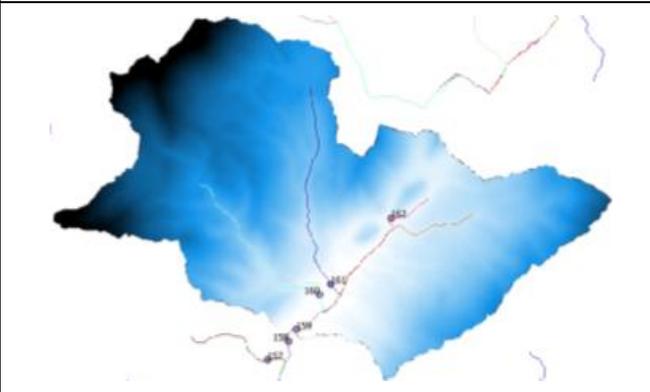
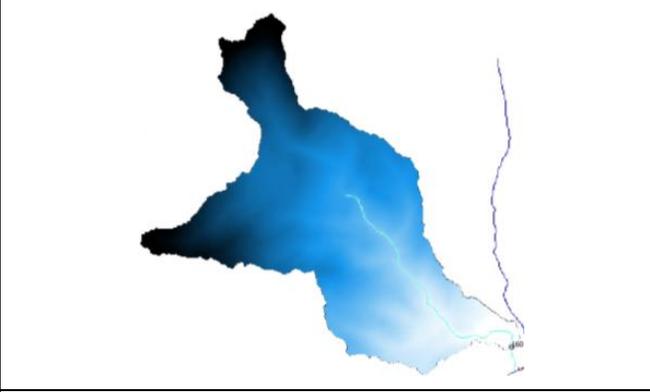
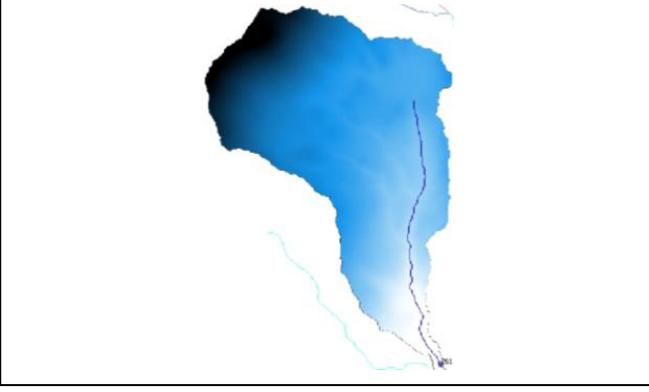
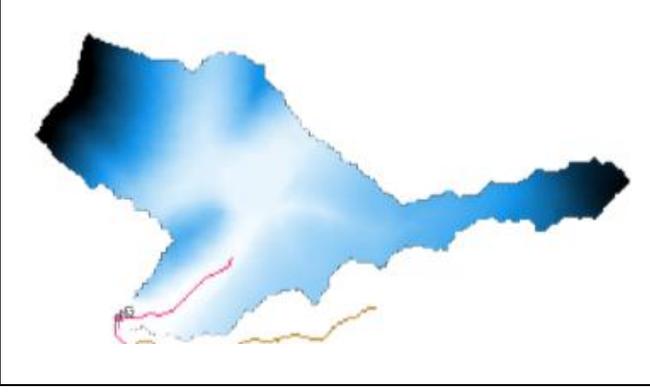
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
127		A=27,78 [km ²]	128		A=125,51 [km ²]
		L=11711 [m]			L=27230 [m]
		L=11,71 [km]			L=27,23 [km]
		H _{min} =260,0 [m]			H _{min} =280,0 [m]
		H _{max} =1029,8 [m]			H _{max} =826,1 [m]
		H _{media} =536,5 [m]			H _{media} =550,2 [m]
		I= 8,21%			I= 2,35%
S= 26,69%	S= 17,35%				
129		A=123,73 [km ²]	130		A=16,69 [km ²]
		L=26700 [m]			L=7414 [m]
		L=26,7 [km]			L=7,41 [km]
		H _{min} =290,0 [m]			H _{min} =300,0 [m]
		H _{max} =826,1 [m]			H _{max} =755,1 [m]
		H _{media} =552,5 [m]			H _{media} =524,7 [m]
		I= 4,81%			I= 9,02%
S= 17,25%	S= 20,99%				
131		A= 16,19[km ²]	132		A=15,91 [km ²]
		L= 6902[m]			L=6538 [m]
		L=6,90 [km]			L= 6,54[km]
		H _{min} =310,0 [m]			H _{min} =314,1 [m]
		H _{max} = 755,1[m]			H _{max} =755,1 [m]
		H _{media} =529,2 [m]			H _{media} =532,5 [m]
		I= 8,76%			I= 8,63%
S= 20,88%	S= 20,95%				

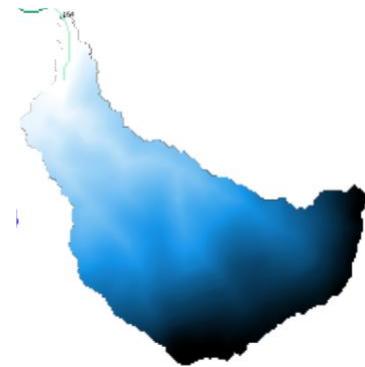
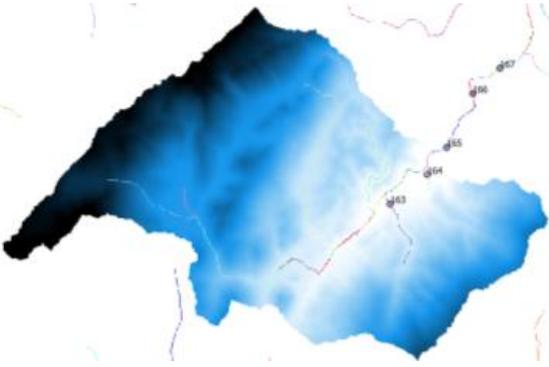
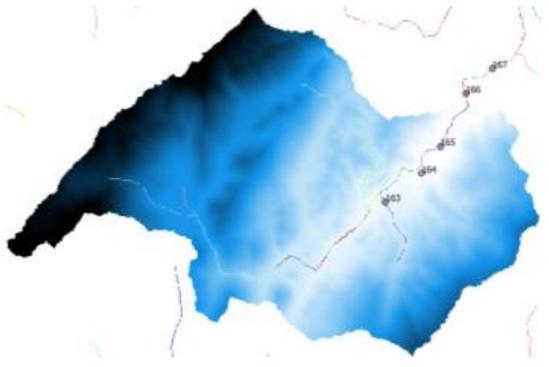
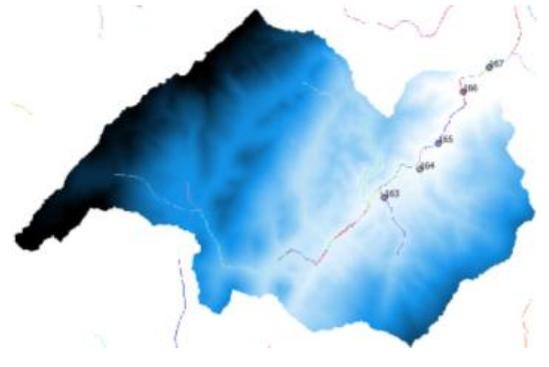
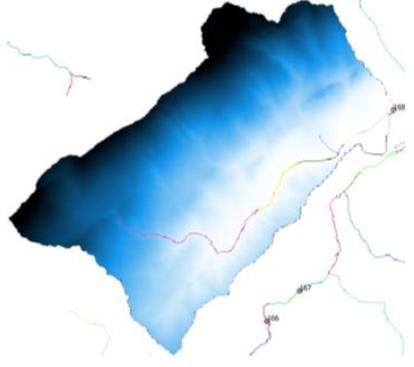
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
133		A=12,00 [km ²]	134		A= 53,97[km ²]
		L=8622 [m]			L= 18363[m]
		L= 8,62[km]			L= 18,36[km]
		H _{min} =374,0 [m]			H _{min} =362,2 [m]
		H _{max} =758,2 [m]			H _{max} =826,1 [m]
		H _{media} =597,5 [m]			H _{media} =568,8 [m]
		I= 8,62%			I= 4,95%
		S= 18,05%			S=17,12%
135		A=52,36 [km ²]	136		A=47,70 [km ²]
		L=17379 [m]			L=16214 [m]
		L= 17,38[km]			L=16,21 [km]
		H _{min} =365,0 [m]			H _{min} =374,5 [m]
		H _{max} =826,1 [m]			H _{max} =826,1 [m]
		H _{media} =574,0 [m]			H _{media} =584,1 [m]
		I= 4,71%			I= 4,33%
		S= 17,12%			S= 16,98%
137		A=35,65 [km ²]	138		A=34,92 [km ²]
		L=14783 [m]			L=13250 [m]
		L= 14,78[km]			L=13,25 [km]
		H _{min} =395,0 [m]			H _{min} =401,3 [m]
		H _{max} =826,1 [m]			H _{max} =826,1 [m]
		H _{media} =590,4 [m]			H _{media} =595,7 [m]
		I= 2,39%			I= 3,29%
		S= 16,62%			S= 16,49%

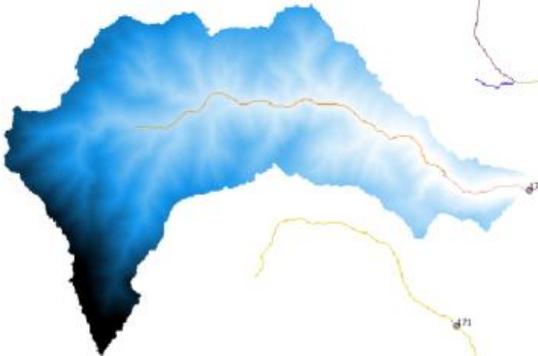
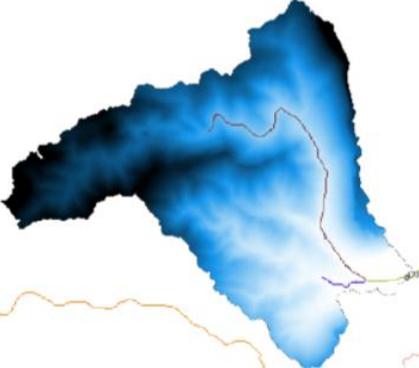
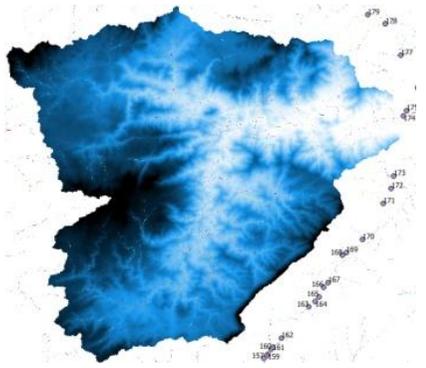
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
139		A=7,19 [km ²]	140		A=15,85 [km ²]
		L=5019 [m]			L=11444 [m]
		L=5,02 [km]			L=11,44 [km]
		H _{min} =410,0 [m]			H _{min} =420,0 [m]
		H _{max} =746,4[m]			H _{max} =825,6 [m]
		H _{media} =591,5 [m]			H _{media} =580,0 [m]
		I=12,49%			I=6,67%
		S=18,33%			S=16,18%
141		A=15,39 [km ²]	142		A=6,07 [km ²]
		L=11281 [m]			L=5534 [m]
		L=11,28 [km]			L=5,53 [km]
		H _{min} =424,7 [m]			H _{min} =310,0 [m]
		H _{max} =825,6 [m]			H _{max} =753,4 [m]
		H _{media} =581,2 [m]			H _{media} =599,6[m]
		I=7,13%			I=9,66%
		S=15,93%			S=17,58%
143		A=18,16 [km ²]	144		A=17,84 [km ²]
		L=12003 [m]			L=8789 [m]
		L=12,00 [km]			L=8,79 [km]
		H _{min} =261,0 [m]			H _{min} =160,0[m]
		H _{max} =912,0 [m]			H _{max} =901,3 [m]
		H _{media} =678,9 [m]			H _{media} =560,2 [m]
		I=7,84%			I=11,02%
		S=21,73%			S=28,72%

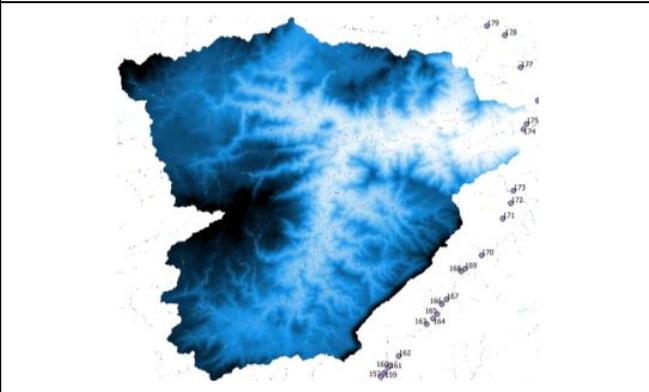
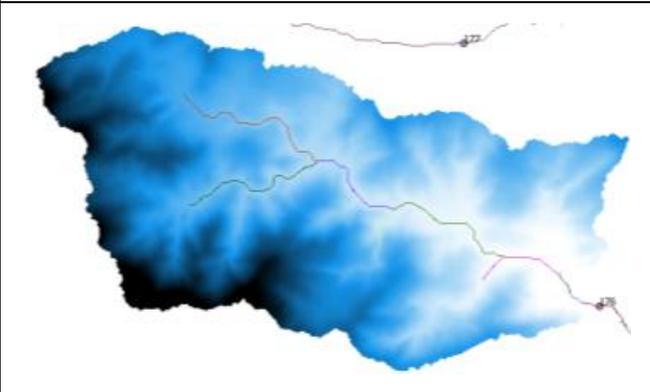
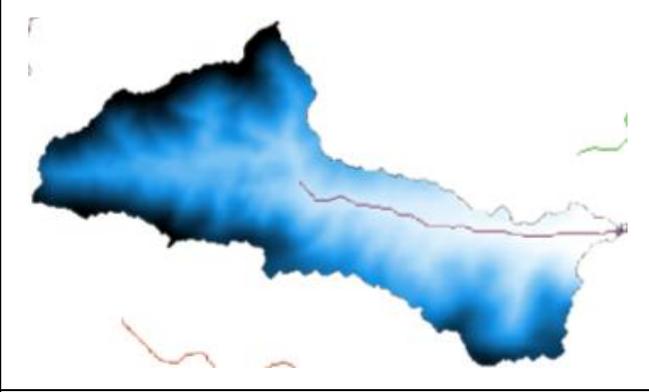
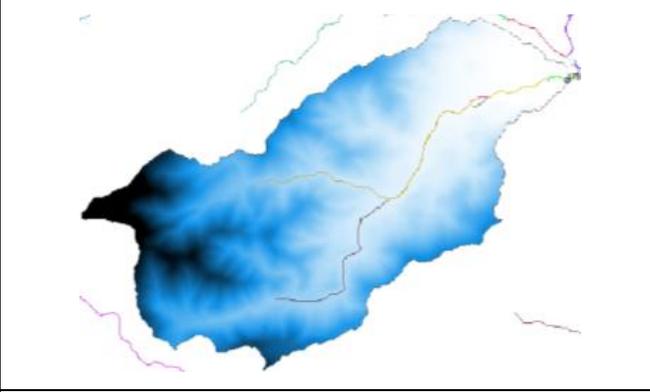
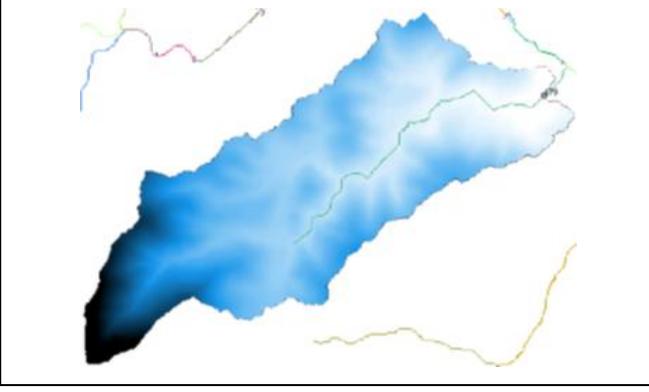
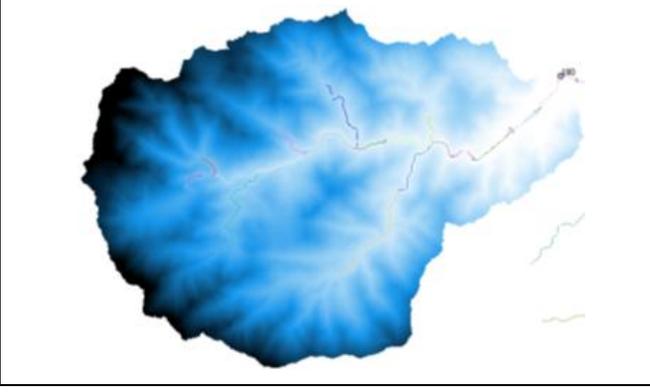
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
145		A=24,71 [km ²]	146		A=1,28 [km ²]
		L=13314 [m]			L=3130 [m]
		L=13,31 [km]			L=3,13 [km]
		H _{min} =115,0 [m]			H _{min} =95,0 [m]
		H _{max} =904,5 [m]			H _{max} =457,1 [m]
		H _{media} =550,4 [m]			H _{media} =206,7 [m]
		I= 14,14%			I= 15,05%
S= 38,16%	S= 33,70%				
147		A= 2,49[km ²]	148		A=37,31 [km ²]
		L= 4539[m]			L=15714 [m]
		L= 4,54[km]			L= 15,71[km]
		H _{min} =94,7 [m]			H _{min} =80,0 [m]
		H _{max} =524,4 [m]			H _{max} =851,8 [m]
		H _{media} =282,0 [m]			H _{media} =407,0 [m]
		I= 13,14%			I= 11,24%
S= 37,02%	S= 35,95%				
149		A=1,69 [km ²]	150		A=20,99 [km ²]
		L=2809 [m]			L=15155 [m]
		L=2,81 [km]			L=15,16 [km]
		H _{min} =75,0 [m]			H _{min} =61,9 [m]
		H _{max} =332,9 [m]			H _{max} =1062,0 [m]
		H _{media} =168,7 [m]			H _{media} =355,1 [m]
		I= 10,16%			I= 17,06%
S= 33,33%	S= 37,11%				

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
151		A=3,79 [km ²]	152		A=2,14 [km ²]
		L=5477 [m]			L=3405 [m]
		L=5,48 [km]			L=3,41 [km]
		H _{min} =86,5 [m]			H _{min} =105,0 [m]
		H _{max} =599,8 [m]			H _{max} =641,7 [m]
		H _{media} =234,1 [m]			H _{media} =289,6 [m]
		I= 11,21%			I= 17,89%
S= 33,17%	S= 40,66%				
153		A=1,60 [km ²]	154		A=1,43 [km ²]
		L=2496 [m]			L=2642 [m]
		L=2,50 [km]			L=2,64 [km]
		H _{min} =140,0 [m]			H _{min} =177,5 [m]
		H _{max} =502,2 [m]			H _{max} =951,7 [m]
		H _{media} =271,5 [m]			H _{media} =452,9 [m]
		I= 16,76%			I= 30,15%
S= 33,70%	S= 52,08%				
155		A=1,49 [km ²]	156		A=2,68 [km ²]
		L=2631 [m]			L=3777 [m]
		L=2,63 [km]			L=3,78 [km]
		H _{min} =166,4 [m]			H _{min} =146,4 [m]
		H _{max} =971,2 [m]			H _{max} =1123,7 [m]
		H _{media} =487,7 [m]			H _{media} =592,7 [m]
		I= 31,60%			I= 26,88%
S= 58,90%	S= 46,98%				

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
157		A=158,6 [km ²]	158		A=15,70 [km ²]
		L=3376 [m]			L=6227 [m]
		L=3,38 [km]			L=6,23 [km]
		H _{min} =158,6 [m]			H _{min} =151,8 [m]
		H _{max} =1090,9 [m]			H _{max} =1124,8[m]
		H _{media} =622,0 [m]			H _{media} =508,3 [m]
		I= 29,99%			I= 17,82%
		S= 50,48%			S= 37,95%
159		A=15,54 [km ²]	160		A=4,12 [km ²]
		L= 5981[m]			L=4446 [m]
		L=5,98 [km]			L=4,45 [km]
		H _{min} =154,6 [m]			H _{min} =165,0 [m]
		H _{max} =1125,0 [m]			H _{max} =1125,0 [m]
		H _{media} =511,3 [m]			H _{media} =652,1 [m]
		I= 18,16%			I= 22,02%
		S= 37,95%			S= 41,14%
161		A=4,31 [km ²]	162		A=1,26 [km ²]
		L=4951[m]			L=2449 [m]
		L=4,95 [km]			L=2,45 [km]
		H _{min} =170,0 [m]			H _{min} =195,8 [m]
		H _{max} =1100,8 [m]			H _{max} =644,2 [m]
		H _{media} =628,7 [m]			H _{media} =330,8 [m]
		I= 18,94%			I= 23,73%
		S= 38,28%			S= 43,52%

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
163		A=1,85 [km ²]	164		A=1,50 [km ²]
		L= 2922[m]			L=2378 [m]
		L=2,92[km]			L=2,38 [km]
		H _{min} =172,0 [m]			H _{min} =150,0 [m]
		H _{max} =821,3 [m]			H _{max} =716,3 [m]
		H _{media} = 508,3[m]			H _{media} =443,7 [m]
		I= 26,44%			I= 24,62%
S= 43,79%	S= 40,93%				
165		A=23,30 [km ²]	166		A=25,23 [km ²]
		L=10257 [m]			L=11405 [m]
		L=10,26 [km]			L=11,41 [km]
		H _{min} =130,1 [m]			H _{min} =105,8 [m]
		H _{max} =1125,8 [m]			H _{max} =1125,8 [m]
		H _{media} =532,2 [m]			H _{media} =509,4 [m]
		I= 10,15%			I= 9,98%
S= 38,51%	S= 37,96%				
167		A=26,06 [km ²]	168		A= 11,20[km ²]
		L=12222 [m]			L=6654 [m]
		L= 12,22[km]			L=6,65 [km]
		H _{min} =94,2 [m]			H _{min} =60,0 [m]
		H _{max} =1125,8 [m]			H _{max} =1055,3 [m]
		H _{media} =498,6 [m]			H _{media} =448,0 [m]
		I= 9,95%			I= 16,49%
S= 37,77%	S= 48,54%				

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
169		A=1,96 [km ²]	170		A=2,76% [km ²]
		L=3655 [m]			L=4319 [m]
		L=3,66 [km]			L=4,32 [km]
		H _{min} =66,4 [m]			H _{min} =65,9 [m]
		H _{max} =1029,2 [m]			H _{max} =1041,9 [m]
		H _{media} =767,2 [m]			H _{media} =735,0 [m]
		I= 27,05%			I= 23,24%
S= 41,06%	S= 58,58%				
171		A=4,80 [km ²]	172		A=7,38 [km ²]
		L=4874 [m]			L=6936 [m]
		L=4,87 [km]			L=6,94 [km]
		H _{min} =70,0 [m]			H _{min} =57,8 [m]
		H _{max} =1027,9 [m]			H _{max} =1010,4 [m]
		H _{media} =404,0 [m]			H _{media} =340,2 [m]
		I= 21,26%			I= 15,05%
S= 49,16%	S= 48,47%				
173		A=5,04 [km ²]	174		A= 665,25[km ²]
		L=5951 [m]			L= 84844[m]
		L=5,95 [km]			L= 84,84[km]
		H _{min} =45,0 [m]			H _{min} =3,8 [m]
		H _{max} =496,6 [m]			H _{max} = 1124,4[m]
		H _{media} =220,8 [m]			H _{media} =488,5 [m]
		I= 8,16%			I= 2,29%
S= 40,84%	S= 29,53%				

Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
175		A=667,58 [km ²]	176		A=14,63 [km ²]
		L=85901 [m]			L=8385 [m]
		L=85,90 [km]			L=8,39 [km]
		H _{min} =3,6 [m]			H _{min} =10 [m]
		H _{max} =1124,4 [m]			H _{max} =511,6 [m]
		H _{media} =486,9 [m]			H _{media} =166,9 [m]
		I= 2,18%			I= 6,69%
S= 29,48%	S= 25,35%				
177		A=2,85 [km ²]	178		A=9,44 [km ²]
		L=3975 [m]			L=7215 [m]
		L=3,98 [km]			L=7,22 [km]
		H _{min} =25,0 [m]			H _{min} =20,0 [m]
		H _{max} =240,5 [m]			H _{max} =623,7 [m]
		H _{media} =118,8 [m]			H _{media} =153,2 [m]
		I= 7,31%			I= 8,82%
S= 27,60%	S= 28,83%				
179		A=4,10 [km ²]	180		A=20,56 [km ²]
		L=4817 [m]			L=8800 [m]
		L=4,82 [km]			L=8,80 [km]
		H _{min} = 45,0[m]			H _{min} =76,4 [m]
		H _{max} =594,9 [m]			H _{max} =964,3 [m]
		H _{media} =183,1 [m]			H _{media} =356,6 [m]
		I= 12,02%			I= 10,64%
S= 31,34%	S= 44,86%				

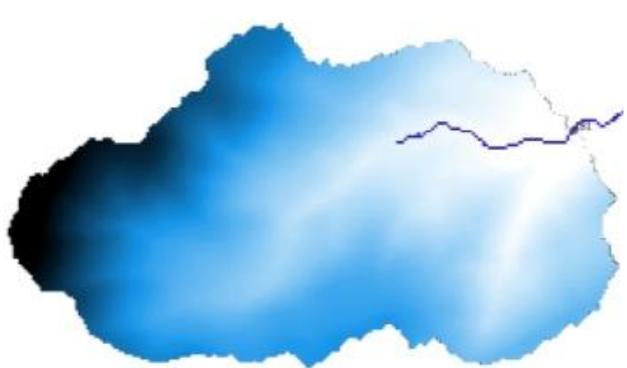
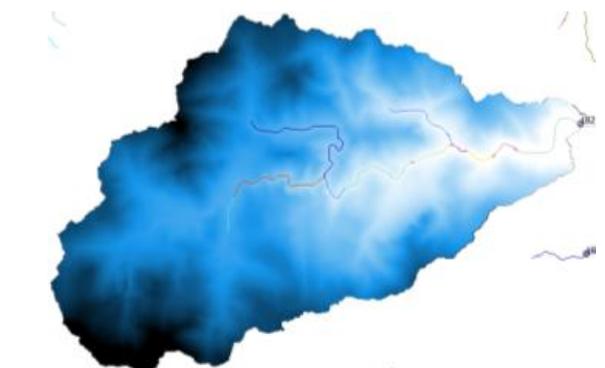
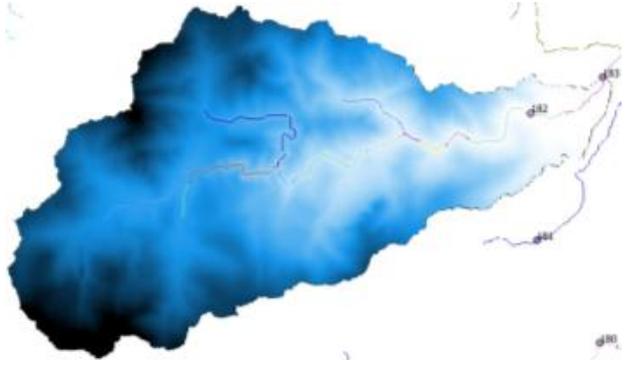
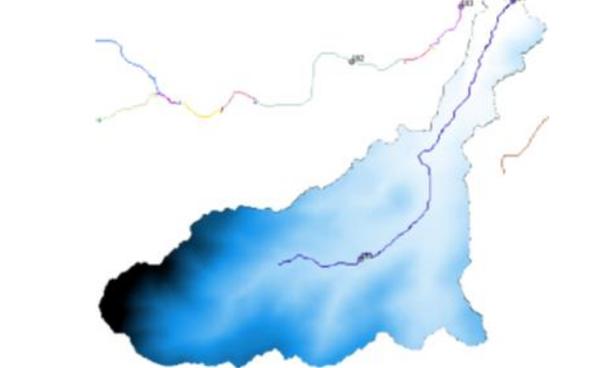
Bacino	Immagine Bacino	Parametri	Bacino	Immagine Bacino	Parametri
181		A=2,00 [km ²]	182		A=16,10 [km ²]
		L=2574 [m]			L= 8743[m]
		L=2,57 [km]			L=8,74 [km]
		H _{min} =100,0 [m]			H _{min} =50 [m]
		H _{max} =604,4 [m]			H _{max} =969,2 [m]
		H _{media} =256,4 [m]			H _{media} =418,0 [m]
		I= 21,21%			I= 12,36%
S= 33,57%	S= 43,97%				
183		A=17,32 [km ²]	184		A= 4,09[km ²]
		L=9995 [m]			L=5345 [m]
		L=10,00 [km]			L=5,35 [km]
		H _{min} =35,0 [m]			H _{min} = 30,0[m]
		H _{max} =969,2 [m]			H _{max} = 604,4[m]
		H _{media} =395,7 [m]			H _{media} =175,1 [m]
		I= 12,09%			I= 11,03%
S= 42,13%	S= 28,64%				

Tabella 3. 6: DTM, e dati geometrici, morfometrici e altimetrici dei bacini che hanno come sezione di chiusura l'intersezione tra la SS131 e la SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna.

Allegato 3.3: Tabella parametri geometrici, morfometrici e altimetrici dei bacini.

N.	L [m]	L [km]	A [km ²]	H _{min} [m]	H _{max} [m]	H _{media} [m]	I [-]	S [-]
1	3768	3,77	4,13	55,7	96,6	75,9	2,01%	2,87%
2	20401	20,40	53,51	64,4	504,2	263,2	7,14%	14,81%
3	2013	2,01	1,47	91,9	129,5	110,0	2,15%	3,30%
4	6270	6,27	9,03	110,0	243,8	164,5	2,10%	6,48%
5	3892	3,89	5,66	143,4	361,9	244,2	4,92%	10,95%
6	13097	13,10	24,89	129,9	747,9	407,9	8,67%	24,90%
7	17040	17,04	89,98	139,3	683,8	340,4	11,02%	17,94%
8	16611	16,61	89,36	140,0	683,8	340,8	10,98%	17,76%
9	15405	15,41	88,01	145,0	683,8	342,4	10,95%	17,54%
10	1742	1,74	1,33	160,9	447,5	288,7	18,92%	26,92%
11	10284	10,28	16,62	165,0	521,9	387,5	4,21%	18,12%
12	3364	3,36	4,22	217,7	494,9	345,7	14,53%	25,30%
13	2921	2,92	3,45	230,8	494,9	349,2	14,31%	24,22%
14	2577	2,58	3,27	240,0	494,9	353,5	14,27%	23,97%
15	2086	2,09	2,30	260,0	494,9	361,1	14,07%	22,38%
16	1792	1,79	1,81	270,0	494,9	364,6	13,98%	21,60%
17	1369	1,37	1,55	281,5	494,9	370,1	13,91%	20,53%
18	3104	3,10	1,92	337,1	510,8	408,3	5,71%	10,96%
19	6209	6,21	17,29	314,0	532,0	358,7	5,83%	9,06%
20	2575	2,58	2,27	250,0	532,3	317,6	11,03%	15,13%
21	4410	4,41	9,49	259,5	733,3	372,4	13,15%	20,31%
22	2556	2,56	2,87	291,3	720,2	415,5	18,21%	27,44%
23	2472	2,47	2,38	300,0	720,2	408,4	18,15%	27,11%
24	2900	2,90	2,17	347,1	654,3	478,3	10,72%	19,85%
25	3149	3,15	2,40	340,0	654,3	468,1	10,78%	19,31%
26	3460	3,46	2,53	335,0	654,3	461,8	9,70%	18,79%
27	3165	3,17	2,22	325,0	670,0	472,7	11,34%	17,80%
28	3452	3,45	3,00	320,0	692,3	449,6	11,42%	18,57%
29	6877	6,88	8,55	352,6	715,6	473,6	6,75%	16,66%
30	2127	2,13	1,08	382,3	521,6	425,5	7,09%	11,49%
31	2401	2,40	1,28	385,0	521,0	433,6	6,20%	9,50%
32	4214	4,21	5,56	388,3	677,1	458,6	8,98%	11,02%
33	2653	2,65	1,45	385,9	456,8	410,8	4,05%	5,76%
34	8125	8,13	37,36	406,2	712,5	470,6	7,67%	11,26%
35	2711	2,71	1,05	408,9	635,1	499,2	8,55%	14,39%
36	3155	3,16	2,51	419,9	655,7	542,8	9,15%	16,50%
37	4193	4,19	2,57	624,3	711,6	667,7	2,84%	2,85%
38	2875	2,88	2,42	654,7	712,7	682,4	2,15%	2,30%
39	9541	9,54	11,55	645,9	967,0	720,8	3,38%	3,42%
40	14434	14,43	29,60	642,8	1113,5	851,2	3,29%	11,60%
41	2505	2,51	0,97	650,0	743,9	677,4	2,74%	2,99%
42	7178	7,18	11,10	653,7	1026,4	820,9	7,46%	13,99%
43	8114	8,11	11,39	650,0	1026,4	816,7	7,41%	13,70%
44	7178	7,18	10,38	550,0	866,5	700,1	7,31%	12,95%
45	1495	1,50	1,23	516,3	866,8	677,8	24,02%	28,01%
46	3288	3,29	3,08	489,6	866,8	652,1	12,36%	23,01%
47	4449	4,45	3,84	433,5	866,8	625,5	9,85%	20,69%
48	11480	11,48	19,94	402,9	866,5	646,9	7,31%	14,01%
49	13169	13,17	41,34	394,6	802,2	566,3	5,48%	8,92%
50	12097	12,10	32,14	350,0	763,5	478,1	3,72%	5,82%
51	2422	2,42	1,26	326,8	360,5	342,9	1,51%	2,24%
52	12108	12,11	14,81	325,0	585,7	399,9	2,27%	3,83%
53	4779	4,78	4,49	297,2	340,8	325,3	0,98%	1,25%
54	6822	6,82	6,21	282,4	392,8	335,4	1,82%	2,35%

N.	L [m]	L [km]	A [km ²]	H _{min} [m]	H _{max} [m]	H _{media} [m]	I [-]	S [-]
55	22295	22,30	32,36	280,0	915,0	501,0	3,17%	5,86%
56	2195	2,20	1,80	275,0	325,1	303,6	2,31%	3,92%
57	10556	10,56	13,22	260,0	530,7	339,6	2,90%	3,44%
58	8940	8,94	10,26	150,0	368,8	284,1	3,15%	4,53%
59	9823	9,82	10,80	107,8	368,8	278,0	3,23%	5,20%
60	18228	18,23	25,08	84,3	530,7	289,0	3,59%	4,93%
61	2865	2,87	1,86	76,9	202,0	164,5	4,56%	5,86%
62	20410	20,41	47,84	47,4	530,7	250,9	3,68%	6,63%
63	24512	24,51	117,88	21,6	963,6	305,8	4,05%	8,27%
64	2782	2,78	1,40	20,8	205,4	97,9	7,30%	13,64%
65	5160	5,16	9,86	11,7	202,6	64,8	3,98%	4,72%
66	2174	2,17	1,43	14,6	46,1	33,1	1,71%	2,55%
67	3242	3,24	4,73	18,3	46,1	33,0	0,91%	1,94%
68	2637	2,64	2,13	20,0	38,2	30,5	0,75%	1,07%
69	146126	146,13	3307,82	-4,4	1827,3	485,4	2,16%	18,78%
70	2058	2,06	0,95	5,6	11,9	7,6	0,32%	0,45%
71	1672	1,67	1,09	10,2	19,6	13,4	0,59%	0,88%
72	6304	6,30	8,84	4,4	19,6	12,0	0,30%	0,85%
73	25410	25,41	114,21	2,2	737,5	140,7	5,02%	9,34%
74	7201	7,20	7,06	3,5	61,1	19,1	1,01%	1,17%
75	5208	5,21	3,30	4,2	59,8	25,7	1,30%	1,46%
76	12785	12,79	15,70	6,0	791,0	184,8	7,19%	13,03%
77	4440	4,44	3,17	8,0	77,6	29,2	1,66%	2,05%
78	6647	6,65	4,64	15,4	323,8	64,5	4,16%	4,17%
79	10919	10,92	11,09	23,3	791,3	262,1	13,11%	22,09%
80	8309	8,31	5,63	34,2	792,0	330,3	11,26%	30,03%
81	5721	5,72	3,83	37,1	572,1	161,2	9,37%	20,43%
82	6236	6,24	5,29	31,7	572,8	181,4	9,55%	23,82%
83	8457	8,46	6,01	40,3	803,4	416,6	12,34%	33,56%
84	4450	4,45	4,72	41,4	500,5	220,7	10,75%	15,96%
85	9140	9,14	8,70	44,7	777,4	394,4	11,44%	30,36%
86	4851	4,85	4,06	22,7	403,3	143,1	9,18%	17,02%
87	3460	3,46	2,66	19,5	376,8	97,5	9,01%	9,99%
88	7394	7,39	7,12	28,2	491,5	196,4	9,66%	12,65%
89	10948	10,95	17,38	34,7	610,0	196,7	8,66%	14,13%
90	4902	4,90	4,60	34,1	236,9	99,7	5,32%	6,16%
91	35148	35,15	262,97	37,3	802,8	268,5	4,18%	13,34%
92	7402	7,40	10,71	109,0	370,7	206,8	5,49%	13,39%
93	3963	3,96	3,53	137,3	382,8	234,0	8,38%	15,80%
94	3597	3,60	2,14	130,0	341,4	193,2	6,26%	11,64%
95	5113	5,11	6,90	130,8	393,7	235,4	6,02%	16,84%
96	5423	5,42	6,31	136,0	371,8	226,7	4,95%	14,51%
97	4475	4,48	3,72	133,4	294,5	209,6	3,79%	11,93%
98	3789	3,79	2,45	125,4	274,2	188,6	4,34%	8,32%
99	6179	6,18	5,98	90,0	263,0	159,8	3,33%	7,29%
100	62402	62,40	528,03	70,0	890,5	322,8	2,48%	11,84%
101	4603	4,60	3,51	109,2	304,0	181,6	5,02%	17,50%
102	3636	3,64	3,30	120,0	260,6	160,0	3,89%	8,64%
103	11040	11,04	18,58	97,9	318,9	183,6	3,14%	9,12%
104	3372	3,37	3,39	74,7	205,6	111,0	4,05%	4,86%
105	41499	41,50	485,95	68,7	960,0	293,1	2,98%	15,60%
106	2546	2,55	1,75	58,1	174,6	93,4	4,86%	7,34%
107	5374	5,37	3,46	52,2	205,4	109,5	3,23%	9,88%
108	2549	2,55	2,01	54,2	100,0	69,5	2,06%	4,57%
109	2951	2,95	3,01	33,5	84,5	50,0	1,89%	3,42%
110	20738	20,74	82,92	17,8	674,0	145,4	4,47%	8,69%

N.	L [m]	L [km]	A [km ²]	H _{min} [m]	H _{max} [m]	H _{media} [m]	I [-]	S [-]
111	6866	6,87	11,82	2,9	80,3	33,9	1,67%	4,00%
112	2512	2,51	1,58	305,8	330,3	316,9	1,01%	1,39%
113	3012	3,01	3,32	250,0	318,5	282,4	2,76%	3,56%
114	5633	5,63	7,45	160,0	318,5	265,3	3,05%	6,99%
115	24130	24,13	122,97	100,0	763,5	366,1	3,18%	6,14%
116	6984	6,98	9,68	133,4	351,8	298,2	3,75%	6,20%
117	1939	1,94	1,64	187,4	301,0	273,4	6,08%	8,23%
118	83355	83,36	1297,67	134,0	1257,0	488,9	2,16%	16,14%
119	2966	2,97	1,26	142,4	374,8	286,3	7,91%	17,82%
120	9122	9,12	12,07	141,8	511,2	284,4	5,95%	15,97%
121	10069	10,07	11,56	144,6	558,4	293,8	10,97%	21,49%
122	22611	22,61	45,51	160,0	1080,7	458,7	10,60%	20,01%
123	6526	6,53	7,23	170,0	430,3	249,0	5,91%	11,10%
124	3864	3,86	3,09	228,3	536,0	335,1	11,96%	23,54%
125	1663	1,66	1,10	260,0	480,0	315,5	13,63%	16,19%
126	2523	2,52	2,18	240,0	496,9	329,5	13,13%	20,60%
127	11711	11,71	27,78	260,0	1029,8	536,5	8,21%	26,69%
128	27233	27,23	125,51	280,0	826,1	550,2	2,35%	17,35%
129	26700	26,70	123,73	290,0	826,1	552,5	4,81%	17,25%
130	7414	7,41	16,69	300,0	755,1	524,7	9,02%	20,99%
131	6902	6,90	16,19	310,0	755,1	529,2	8,76%	20,88%
132	6538	6,54	15,91	314,1	755,1	532,5	8,63%	20,95%
133	8622	8,62	12,00	374,0	758,2	597,5	8,62%	18,05%
134	18363	18,36	53,97	362,2	826,1	568,8	4,95%	17,12%
135	17379	17,38	52,36	365,0	826,1	574,0	4,71%	17,12%
136	16214	16,21	47,70	374,5	826,1	584,1	4,33%	16,98%
137	14781	14,78	35,65	395,0	826,1	590,4	2,39%	16,62%
138	13250	13,25	34,42	401,3	826,1	595,7	3,29%	16,49%
139	5019	5,02	7,19	410,0	746,4	591,5	12,49%	18,33%
140	11444	11,44	15,85	420,0	825,6	580,0	6,67%	16,18%
141	11281	11,28	15,39	424,7	825,6	581,2	7,13%	15,93%
142	5534	5,53	6,07	310,0	753,4	599,6	9,66%	17,58%
143	12003	12,00	18,16	261,0	912,0	678,9	7,84%	21,73%
144	8789	8,79	17,84	160,0	901,3	560,2	11,02%	28,72%
145	13314	13,31	24,71	115,0	904,5	550,4	14,14%	38,16%
146	3130	3,13	1,28	95,0	457,1	206,7	15,05%	33,70%
147	4539	4,54	2,49	94,7	524,4	282,0	13,14%	37,02%
148	15714	15,71	37,31	80,0	851,8	407,0	11,24%	35,95%
149	2809	2,81	1,69	75,0	332,9	168,7	10,16%	33,33%
150	15155	15,16	20,99	61,9	1062,0	355,1	17,06%	37,11%
151	5477	5,48	3,79	86,5	599,8	234,1	11,21%	33,17%
152	3405	3,41	2,14	105,0	641,7	289,6	17,89%	40,66%
153	2496	2,50	1,60	140,0	502,2	271,5	16,76%	33,70%
154	2642	2,64	1,43	177,5	951,7	452,9	30,15%	52,08%
155	2631	2,63	1,49	166,4	971,2	487,7	31,60%	58,90%
156	3777	3,78	2,68	146,4	1123,7	592,7	26,88%	46,98%
157	3376	3,38	1,98	158,6	1090,9	622,0	29,99%	50,48%
158	6227	6,23	15,70	151,8	1124,8	508,3	17,82%	37,95%
159	5981	5,98	15,54	154,6	1125,0	511,3	18,16%	37,95%
160	4446	4,45	4,12	165,0	1125,0	652,1	22,02%	41,14%
161	4951	4,95	4,31	170,0	1100,8	628,7	18,94%	38,28%
162	2449	2,45	1,26	195,8	644,2	330,8	23,73%	43,52%
163	2922	2,92	1,85	172,0	821,3	508,3	26,44%	43,79%
164	2378	2,38	1,50	150,0	716,3	443,7	24,62%	40,93%
165	10257	10,26	23,30	130,1	1125,8	532,2	10,15%	38,51%
166	11405	11,41	25,23	105,8	1125,8	509,4	9,98%	37,96%

N.	L [m]	L [km]	A [km ²]	H _{min} [m]	H _{max} [m]	H _{media} [m]	I [-]	S [-]
167	12222	12,22	26,06	94,2	1125,8	498,6	9,95%	37,77%
168	6654	6,65	11,20	60,0	1055,3	448,0	16,49%	48,54%
169	3655	3,66	1,96	66,4	1029,2	767,2	27,05%	41,06%
170	4319	4,32	2,76	65,9	1041,9	735,0	23,24%	58,58%
171	4874	4,87	4,80	70,0	1027,9	404,0	21,26%	49,16%
172	6936	6,94	7,38	57,8	1010,4	340,2	15,05%	48,47%
173	5951	5,95	5,04	45,0	496,6	220,8	8,16%	40,84%
174	84844	84,84	665,25	3,8	1124,4	488,5	2,29%	29,53%
175	85901	85,90	667,58	3,6	1124,4	486,9	2,18%	29,48%
176	8385	8,39	14,63	10,0	511,6	166,9	6,69%	25,35%
177	3975	3,98	2,85	25,0	240,5	118,8	7,31%	27,60%
178	7215	7,22	9,44	20,0	623,7	153,2	8,82%	28,83%
179	4817	4,82	4,10	45,0	594,9	183,1	12,02%	31,34%
180	8800	8,80	20,56	76,4	964,3	356,6	10,64%	44,86%
181	2574	2,57	2,00	100,0	604,4	256,4	21,21%	33,57%
182	8743	8,74	16,10	50,0	969,2	418,0	12,36%	43,97%
183	9995	10,00	17,32	35,0	969,2	395,7	12,09%	42,13%
184	5345	5,35	4,09	30,0	604,4	175,1	11,03%	28,64%

Tabella 3. 7: Dati geometrici, morfometrici e altimetrici dei bacini che hanno come sezione di chiusura l'intersezione tra la SS131 e la SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna.

Allegato 3.4: Tabella dei tempi di corrivazione.

Bacino	t _{c,Giandotti} [ore]	t _{c,Viparelli} [ore]	t _{c,Pezzoli} [ore]	t _{c,Puglisi} [ore]	t _{c,Ventura} [ore]	t _{c,Kirpich} [ore]	t _{c,Tournon} [ore]	Media E	t _{c_1}		t _{c_2}	
1	3,83	0,87	1,46	4,22	1,82	0,72	3,05	2,21	1,82	tc,Vent	1,46	tc,Pezz
2	5,31	4,72	4,20	5,89	3,48	1,41	3,45	4,23	4,20	tc,Pezz	4,72	tc,Vip
3	2,31	0,47	0,76	2,86	1,05	0,42	2,13	1,34	1,05	tc,Vent	0,76	tc,Pezz
4	3,63	1,45	2,38	3,99	2,63	0,78	3,98	2,81	2,63	tc,Vent	2,38	tc,Pezz
5	1,91	0,90	0,97	2,46	1,36	0,44	2,69	1,52	1,36	tc,Vent	1,91	tc,Giand
6	2,97	3,03	2,45	3,91	2,15	0,82	2,41	2,60	2,45	tc,Pezz	2,41	tc,Tourn
7	5,60	3,94	2,82	4,87	3,63	1,14	4,70	3,99	3,94	tc,Vip	3,63	tc,Vent
8	5,53	3,85	2,76	4,79	3,62	1,12	4,80	3,96	3,85	tc,Vip	3,62	tc,Vent
9	5,39	3,57	2,56	4,56	3,60	1,07	5,05	3,87	3,60	tc,Vent	3,57	tc,Vip
10	0,80	0,40	0,22	1,32	0,34	0,17	0,74	0,50	0,40	tc,Vip	0,34	tc,Vent
11	2,66	2,38	2,76	4,00	2,52	0,77	2,89	2,64	2,66	tc,Giand	2,76	tc,Pezz
12	1,47	0,78	0,49	2,07	0,68	0,29	1,15	0,91	0,78	tc,Vip	0,68	tc,Vent
13	1,36	0,68	0,42	1,91	0,62	0,26	1,12	0,84	0,68	tc,Vip	0,62	tc,Vent
14	1,30	0,60	0,38	1,78	0,61	0,24	1,18	0,81	0,61	tc,Vent	0,60	tc,Vip
15	1,14	0,48	0,31	1,59	0,51	0,21	1,09	0,71	0,51	tc,Vent	0,48	tc,Vip
16	1,04	0,41	0,26	1,46	0,46	0,19	1,03	0,64	0,46	tc,Vent	0,41	tc,Vip
17	0,93	0,32	0,20	1,24	0,42	0,16	1,15	0,60	0,42	tc,Vent	0,32	tc,Vip
18	1,51	0,72	0,71	2,29	0,74	0,37	1,27	0,99	0,74	tc,Vent	0,72	tc,Vip
19	4,85	1,44	1,41	3,37	2,19	0,68	4,06	2,49	2,19	tc,Vent	3,37	tc,Pugl
20	1,50	0,60	0,43	1,72	0,58	0,28	1,26	0,87	0,60	tc,Vip	0,58	tc,Vent
21	2,23	1,02	0,67	2,07	1,08	0,38	2,28	1,41	1,08	tc,Vent	1,02	tc,Vip
22	1,19	0,59	0,33	1,49	0,50	0,22	1,10	0,74	0,59	tc,Vip	0,50	tc,Vent
23	1,19	0,57	0,32	1,46	0,46	0,22	0,99	0,71	0,57	tc,Vip	0,46	tc,Vent
24	1,12	0,67	0,49	1,81	0,57	0,28	1,05	0,78	0,67	tc,Vip	0,57	tc,Vent
25	1,21	0,73	0,53	1,90	0,60	0,30	1,08	0,83	0,73	tc,Vip	0,60	tc,Vent
26	1,28	0,80	0,61	2,01	0,65	0,33	1,11	0,89	0,80	tc,Vip	1,11	tc,Tourn
27	1,10	0,73	0,52	1,84	0,56	0,31	1,05	0,79	0,73	tc,Vip	0,56	tc,Vent
28	1,33	0,80	0,56	1,90	0,65	0,33	1,23	0,91	0,80	tc,Vip	0,65	tc,Vent
29	2,50	1,59	1,46	3,04	1,43	0,58	2,02	1,80	1,59	tc,Vip	2,02	tc,Tourn

Bacino	t _{c, Giandotti} [ore]	t _{c, Viparelli} [ore]	t _{c, Pezzoli} [ore]	t _{c, Puglisi} [ore]	t _{c, Ventura} [ore]	t _{c, Kirpich} [ore]	t _{c, Tournon} [ore]	Media [E]	t _{c_1}		t _{c_2}	
30	1,40	0,49	0,44	1,91	0,50	0,27	0,92	0,75	0,92	tc, Tourn	0,50	tc, Vent
31	1,46	0,56	0,53	2,09	0,58	0,32	1,08	0,84	1,08	tc, Tourn	0,58	tc, Vent
32	2,35	0,98	0,77	2,37	1,00	0,47	2,03	1,43	1,00	tc, Vent	0,98	tc, Vip
33	2,21	0,61	0,73	2,78	0,76	0,42	1,27	1,12	1,27	tc, Tourn	0,76	tc, Vent
34	5,71	1,88	1,61	3,60	2,80	0,77	5,20	3,02	2,80	tc, Vent	3,60	tc, Pugl
35	1,07	0,63	0,51	1,91	0,44	0,30	0,74	0,68	0,63	tc, Vip	0,74	tc, Tourn
36	1,25	0,73	0,57	2,09	0,67	0,32	1,15	0,87	0,73	tc, Vip	0,67	tc, Vent
37	2,41	0,97	1,37	3,52	1,21	0,79	2,20	1,63	1,37	tc, Pezz	1,21	tc, Vent
38	2,50	0,67	1,08	3,13	1,35	0,64	3,05	1,73	1,35	tc, Vent	1,08	tc, Pezz
39	4,03	2,21	2,85	3,94	2,35	1,38	4,62	3,08	2,85	tc, Pezz	2,35	tc, Vent
40	3,76	3,34	4,38	4,57	3,81	1,19	4,90	3,97	3,81	tc, Vent	3,76	tc, Giand
41	1,84	0,58	0,83	2,43	0,75	0,52	1,69	1,14	0,83	tc, Pezz	0,75	tc, Vent
42	2,33	1,66	1,45	3,10	1,55	0,65	2,41	1,88	1,66	tc, Vip	1,55	tc, Vent
43	2,49	1,88	1,64	3,36	1,57	0,72	2,26	1,97	1,88	tc, Vip	2,26	tc, Tourn
44	2,41	1,66	1,46	3,28	1,51	0,66	2,25	1,86	1,66	tc, Vip	1,51	tc, Vent
45	0,66	0,35	0,17	1,11	0,29	0,15	0,74	0,44	0,35	tc, Vip	0,29	tc, Vent
46	1,17	0,76	0,51	1,84	0,63	0,29	1,17	0,85	0,76	tc, Vip	0,63	tc, Vent
47	1,31	1,03	0,78	2,14	0,79	0,38	1,31	1,05	1,03	tc, Vip	0,79	tc, Vent
48	2,81	2,66	2,34	3,95	2,10	0,93	2,76	2,53	2,66	tc, Vip	2,34	tc, Pezz
49	4,34	3,05	3,09	4,51	3,49	1,22	5,42	3,70	3,49	tc, Vent	3,09	tc, Pezz
50	4,51	2,80	3,45	4,24	3,73	1,35	6,88	3,75	3,73	tc, Vent	3,45	tc, Pezz
51	2,53	0,56	1,08	3,35	1,16	0,57	2,17	1,50	1,16	tc, Vent	1,08	tc, Pezz
52	4,85	2,80	4,42	4,95	3,24	1,59	4,96	4,05	4,42	tc, Pezz	4,85	tc, Giand
53	3,69	1,11	2,66	4,84	2,72	1,20	5,30	3,02	2,72	tc, Vent	2,66	tc, Pezz
54	3,47	1,58	2,78	4,50	2,35	1,23	4,10	2,86	2,78	tc, Pezz	2,35	tc, Vent
55	4,73	5,16	6,89	5,53	4,06	2,16	5,35	4,96	5,16	tc, Vip	4,73	tc, Giand
56	2,02	0,51	0,79	2,75	1,12	0,42	2,32	1,35	1,12	tc, Vent	0,79	tc, Pezz
57	4,26	2,44	3,41	4,46	2,71	1,49	4,76	3,46	3,41	tc, Pezz	2,71	tc, Vent
58	2,83	2,07	2,77	4,29	2,29	1,18	3,64	2,72	2,77	tc, Pezz	2,83	tc, Giand
59	2,67	2,27	3,01	4,31	2,32	1,20	3,51	2,76	2,67	tc, Giand	3,01	tc, Pezz
60	4,14	4,22	5,29	5,44	3,36	1,98	4,61	4,32	4,22	tc, Vip	4,14	tc, Giand

Bacino	t _{c, Giandotti} [ore]	t _{c, Viparelli} [ore]	t _{c, Pezzoli} [ore]	t _{c, Puglisi} [ore]	t _{c, Ventura} [ore]	t _{c, Kirpich} [ore]	t _{c, Tournon} [ore]	Media E	t _{c_1}		t _{c_2}	
61	1,30	0,66	0,74	2,42	0,81	0,44	1,64	1,03	0,81	tc, Vent	1,30	tc, Giand
62	5,11	4,72	5,85	5,71	4,58	1,92	6,12	5,19	5,11	tc, Giand	4,72	tc, Vip
63	5,95	5,67	6,70	5,16	6,85	2,03	11,33	6,07	5,95	tc, Giand	5,67	tc, Vip
64	1,27	0,64	0,57	2,08	0,56	0,31	0,92	0,79	0,92	tc, Tourn	0,64	tc, Vip
65	3,48	1,19	1,42	3,11	2,00	0,76	4,59	2,24	2,00	tc, Vent	1,42	tc, Pezz
66	2,34	0,50	0,91	3,19	1,16	0,50	2,27	1,44	1,16	tc, Vent	0,91	tc, Pezz
67	4,42	0,75	1,87	4,34	2,89	0,75	5,64	2,86	2,89	tc, Vent	1,87	tc, Pezz
68	3,78	0,61	1,67	4,35	2,14	0,80	4,39	2,55	2,14	tc, Vent	1,67	tc, Pezz
69	25,37	33,83	54,68	13,60	49,70	5,87	38,80	32,26	33,83	tc, Vip	38,80	tc, Tourn
70	6,18	0,48	2,00	5,26	2,18	0,93	4,26	2,93	2,18	tc, Vent	2,00	tc, Pezz
71	4,70	0,39	1,20	4,01	1,73	0,61	3,72	2,25	1,73	tc, Vent	1,20	tc, Pezz
72	9,66	1,46	6,33	8,27	6,89	1,72	9,80	6,58	6,33	tc, Pezz	6,89	tc, Vent
73	8,59	5,88	6,24	5,75	6,06	2,00	8,46	6,48	6,24	tc, Pezz	6,06	tc, Vent
74	6,77	1,67	3,94	5,79	3,36	1,68	5,89	4,13	3,94	tc, Pezz	3,36	tc, Vent
75	4,06	1,21	2,51	4,72	2,02	1,20	3,55	2,67	2,51	tc, Pezz	2,02	tc, Vent
76	3,27	2,96	2,62	3,56	1,88	1,03	2,67	2,68	2,67	tc, Tourn	2,62	tc, Pezz
77	3,74	1,03	1,90	3,94	1,75	0,93	3,32	2,35	1,90	tc, Pezz	1,75	tc, Vent
78	3,31	1,54	1,79	3,14	1,34	0,97	2,65	2,09	1,79	tc, Pezz	1,54	tc, Vip
79	2,40	2,53	1,66	3,22	1,17	0,75	1,43	1,84	1,66	tc, Pezz	1,43	tc, Tourn
80	1,59	1,92	1,36	2,70	0,90	0,54	1,05	1,37	1,36	tc, Pezz	1,59	tc, Giand
81	1,84	1,32	1,03	2,36	0,81	0,47	1,19	1,24	1,19	tc, Tourn	1,32	tc, Vip
82	1,90	1,44	1,11	2,49	0,95	0,47	1,32	1,34	1,32	tc, Tourn	1,44	tc, Vip
83	1,45	1,96	1,32	2,73	0,89	0,52	1,00	1,32	1,32	tc, Pezz	1,45	tc, Giand
84	1,43	1,03	0,75	2,10	0,84	0,42	1,64	1,14	1,03	tc, Vip	0,84	tc, Vent
85	1,71	2,12	1,49	2,91	1,11	0,58	1,30	1,54	1,49	tc, Pezz	1,71	tc, Giand
86	1,75	1,12	0,88	2,37	0,84	0,44	1,35	1,19	1,12	tc, Vip	1,35	tc, Tourn
87	1,66	0,80	0,63	1,93	0,69	0,42	1,57	1,07	0,80	tc, Vip	0,69	tc, Vent
88	2,10	1,71	1,31	2,94	1,09	0,69	1,69	1,58	1,69	tc, Tourn	1,71	tc, Vip
89	3,25	2,53	2,05	3,56	1,80	0,89	2,57	2,44	2,53	tc, Vip	2,57	tc, Tourn
90	2,46	1,13	1,17	2,95	1,18	0,66	2,22	1,63	1,18	tc, Vent	1,17	tc, Pezz
91	9,67	8,14	9,46	7,04	10,07	2,23	11,64	8,87	9,46	tc, Pezz	8,14	tc, Vip

Bacino	t _{c, Giandotti} [ore]	t _{c, Viparelli} [ore]	t _{c, Pezzoli} [ore]	t _{c, Puglisi} [ore]	t _{c, Ventura} [ore]	t _{c, Kirpich} [ore]	t _{c, Tournon} [ore]	Media [E]	t _{c_1}		t _{c_2}	
92	3,06	1,71	1,74	3,56	1,77	0,67	2,39	2,14	2,39	tc, Tourn	1,77	tc, Vent
93	1,71	0,92	0,75	2,40	0,82	0,39	1,32	1,11	0,92	tc, Vip	1,32	tc, Tourn
94	1,77	0,83	0,79	2,36	0,74	0,41	1,22	1,07	1,22	tc, Tourn	0,83	tc, Vip
95	2,22	1,18	1,15	2,78	1,36	0,46	2,06	1,60	1,36	tc, Vent	1,18	tc, Vip
96	2,39	1,26	1,34	3,00	1,43	0,51	2,07	1,70	1,43	tc, Vent	1,34	tc, Pezz
97	2,07	1,04	1,26	2,99	1,26	0,48	1,76	1,48	1,26	tc, Pezz	1,26	tc, Vent
98	1,88	0,88	1,00	2,75	0,95	0,48	1,54	1,25	1,00	tc, Pezz	1,54	tc, Tourn
99	2,85	1,43	1,86	3,63	1,70	0,74	2,50	2,07	1,86	tc, Pezz	1,70	tc, Vent
100	14,59	14,44	21,79	10,08	18,53	3,64	16,88	14,90	14,59	tc, Giand	14,44	tc, Vip
101	2,12	1,07	1,13	2,86	1,06	0,42	1,34	1,34	1,34	tc, Tourn	1,13	tc, Pezz
102	2,51	0,84	1,01	2,73	1,17	0,46	2,01	1,51	1,17	tc, Vent	1,01	tc, Pezz
103	4,56	2,56	3,43	4,92	3,09	1,06	3,69	3,46	3,43	tc, Pezz	3,69	tc, Tourn
104	2,58	0,78	0,92	2,66	1,16	0,54	2,56	1,60	1,16	tc, Vent	0,92	tc, Pezz
105	12,55	9,61	13,22	7,47	16,22	2,39	18,75	11,81	12,55	tc, Giand	13,22	tc, Pezz
106	1,92	0,59	0,64	2,29	0,76	0,37	1,51	1,08	0,76	tc, Vent	1,51	tc, Tourn
107	2,56	1,24	1,64	3,44	1,31	0,59	1,64	1,68	1,64	tc, Pezz	1,64	tc, Tourn
108	3,03	0,59	0,98	3,13	1,26	0,45	2,16	1,60	1,26	tc, Vent	2,16	tc, Tourn
109	3,49	0,68	1,18	3,33	1,60	0,56	3,10	1,98	1,60	tc, Vent	1,18	tc, Pezz
110	7,47	4,80	5,39	5,21	5,47	1,75	8,25	5,67	5,47	tc, Vent	5,39	tc, Pezz
111	5,40	1,59	2,92	5,09	3,38	1,01	4,93	3,58	3,38	tc, Vent	2,92	tc, Pezz
112	3,31	0,58	1,37	3,82	1,59	0,70	3,21	2,04	1,59	tc, Vent	1,37	tc, Pezz
113	2,59	0,70	1,00	3,06	1,39	0,56	2,96	1,73	1,39	tc, Vent	1,00	tc, Pezz
114	2,36	1,30	1,77	3,51	1,99	0,70	3,24	2,13	1,99	tc, Vent	2,36	tc, Giand
115	6,17	5,59	7,44	5,74	7,90	2,25	13,10	6,57	6,17	tc, Giand	5,74	tc, Pugl
116	2,23	1,62	1,98	3,64	2,04	0,86	3,48	2,27	2,23	tc, Giand	2,04	tc, Vent
117	1,08	0,45	0,43	1,93	0,66	0,29	1,52	0,83	0,66	tc, Vent	1,08	tc, Giand
118	17,86	19,30	31,19	11,01	31,13	4,04	27,45	21,35	19,30	tc, Vip	17,86	tc, Giand
119	0,93	0,69	0,58	2,01	0,51	0,30	0,76	0,69	0,69	tc, Vip	0,76	tc, Tourn
120	2,89	2,11	2,06	3,65	1,81	0,74	2,25	2,22	2,25	tc, Tourn	2,11	tc, Vip
121	2,94	2,33	1,67	3,75	1,30	0,71	1,39	1,93	1,67	tc, Pezz	2,33	tc, Vip
122	4,41	5,23	3,82	4,93	2,63	1,36	2,72	3,70	3,82	tc, Pezz	4,41	tc, Giand

Bacino	t _{c, Giandotti} [ore]	t _{c, Viparelli} [ore]	t _{c, Pezzoli} [ore]	t _{c, Puglisi} [ore]	t _{c, Ventura} [ore]	t _{c, Kirpich} [ore]	t _{c, Tournon} [ore]	Media [E]	t _{c_1}		t _{c_2}	
123	2,89	1,51	1,48	3,28	1,40	0,66	2,05	1,87	2,05	tc, Tourn	1,51	tc, Vip
124	1,39	0,69	0,47	1,83	0,65	0,27	1,19	0,88	0,69	tc, Vip	0,65	tc, Vent
125	1,12	0,38	0,25	1,40	0,36	0,20	0,85	0,59	0,38	tc, Vip	0,36	tc, Vent
126	1,28	0,58	0,38	1,75	0,52	0,25	0,99	0,75	0,58	tc, Vip	0,52	tc, Vent
127	2,91	2,71	2,25	3,38	2,34	0,73	3,10	2,66	2,71	tc, Vip	2,91	tc, Giand
128	6,51	6,30	9,77	6,64	9,28	1,66	9,00	7,55	6,64	tc, Pugl	6,51	tc, Giand
129	6,52	6,18	6,70	6,60	6,44	1,64	6,30	6,41	6,44	tc, Vent	6,30	tc, Tourn
130	2,29	1,72	1,36	2,97	1,73	0,57	2,66	1,95	1,73	tc, Vent	1,72	tc, Vip
131	2,23	1,60	1,28	2,85	1,73	0,54	2,78	1,92	1,73	tc, Vent	2,23	tc, Giand
132	2,18	1,51	1,22	2,76	1,72	0,51	2,88	1,88	1,72	tc, Vent	2,18	tc, Giand
133	2,24	2,00	1,62	3,47	1,50	0,67	1,89	1,85	1,89	tc, Tourn	2,00	tc, Vip
134	4,95	4,25	4,54	5,39	4,19	1,23	4,39	4,46	4,54	tc, Pezz	4,39	tc, Tourn
135	4,76	4,02	4,40	5,21	4,23	1,18	4,59	4,40	4,40	tc, Pezz	4,23	tc, Vent
136	4,49	3,75	4,29	5,01	4,22	1,12	4,71	4,29	4,29	tc, Pezz	4,22	tc, Vent
137	4,12	3,42	5,26	4,78	4,90	1,05	5,49	4,50	4,78	tc, Pugl	4,12	tc, Giand
138	3,89	3,07	4,02	4,47	4,11	0,97	4,96	3,91	3,89	tc, Giand	4,02	tc, Pezz
139	1,69	1,16	0,78	2,53	0,96	0,44	1,59	1,24	1,16	tc, Vip	0,96	tc, Vent
140	3,27	2,65	2,44	4,12	1,96	0,87	2,22	2,51	2,44	tc, Pezz	2,65	tc, Vip
141	3,26	2,61	2,32	4,09	1,87	0,87	2,13	2,44	2,32	tc, Pezz	2,61	tc, Vip
142	1,33	1,28	0,98	2,46	1,01	0,48	1,66	1,25	1,28	tc, Vip	1,33	tc, Giand
143	2,14	2,78	2,36	3,63	1,93	0,81	2,32	2,31	2,32	tc, Tourn	2,36	tc, Pezz
144	1,88	2,03	1,46	2,82	1,62	0,57	2,35	1,87	1,88	tc, Giand	2,03	tc, Vip
145	2,39	3,08	1,95	3,65	1,68	0,71	1,74	2,17	1,95	tc, Pezz	2,39	tc, Giand
146	1,09	0,72	0,44	1,80	0,37	0,24	0,50	0,63	0,72	tc, Vip	0,50	tc, Tourn
147	1,20	1,05	0,69	2,18	0,55	0,31	0,66	0,83	0,69	tc, Pezz	0,66	tc, Tourn
148	3,32	3,64	2,58	4,10	2,31	0,82	2,32	2,83	2,58	tc, Pezz	3,32	tc, Giand
149	1,21	0,65	0,48	1,88	0,52	0,22	0,72	0,72	0,72	tc, Tourn	0,65	tc, Vip
150	3,00	3,51	2,02	3,67	1,41	0,79	1,39	2,27	2,02	tc, Pezz	3,00	tc, Giand
151	1,65	1,27	0,90	2,33	0,74	0,38	0,93	1,10	0,93	tc, Tourn	1,27	tc, Vip
152	1,01	0,79	0,44	1,67	0,44	0,24	0,67	0,67	0,67	tc, Tourn	0,79	tc, Vip
153	0,96	0,58	0,34	1,55	0,39	0,20	0,67	0,59	0,58	tc, Vip	0,67	tc, Tourn

Bacino	t _{c, Giandotti} [ore]	t _{c, Viparelli} [ore]	t _{c, Pezzoli} [ore]	t _{c, Puglisi} [ore]	t _{c, Ventura} [ore]	t _{c, Kirpich} [ore]	t _{c, Tournon} [ore]	Media E	t _{c_1}		t _{c_2}	
154	0,66	0,61	0,26	1,25	0,28	0,18	0,49	0,46	0,49	tc, Tourn	0,61	tc, Vip
155	0,62	0,61	0,26	1,23	0,28	0,17	0,48	0,45	0,48	tc, Tourn	0,61	tc, Vip
156	0,72	0,87	0,40	1,47	0,40	0,25	0,70	0,62	0,70	tc, Tourn	0,72	tc, Giand
157	0,62	0,78	0,34	1,38	0,33	0,22	0,56	0,53	0,56	tc, Tourn	0,62	tc, Giand
158	1,67	1,44	0,81	2,05	1,19	0,39	2,21	1,43	1,44	tc, Vip	1,67	tc, Giand
159	1,64	1,38	0,77	2,00	1,17	0,38	2,25	1,39	1,38	tc, Vip	1,17	tc, Vent
160	0,84	1,03	0,52	1,64	0,55	0,29	0,96	0,78	0,84	tc, Giand	0,96	tc, Tourn
161	0,92	1,15	0,63	1,79	0,61	0,33	1,00	0,86	0,92	tc, Giand	1,00	tc, Tourn
162	0,88	0,57	0,28	1,42	0,29	0,18	0,47	0,50	0,47	tc, Tourn	0,57	tc, Vip
163	0,67	0,68	0,31	1,42	0,34	0,21	0,59	0,52	0,59	tc, Tourn	0,67	tc, Giand
164	0,62	0,55	0,26	1,29	0,31	0,18	0,60	0,47	0,55	tc, Vip	0,60	tc, Tourn
165	2,16	2,37	1,77	2,84	1,92	0,58	2,62	2,17	2,16	tc, Giand	2,37	tc, Vip
166	2,31	2,64	1,99	3,02	2,02	0,63	2,61	2,31	2,31	tc, Giand	2,02	tc, Vent
167	2,41	2,83	2,13	3,15	2,06	0,66	2,54	2,39	2,41	tc, Giand	2,54	tc, Tourn
168	1,48	1,54	0,90	2,13	1,05	0,38	1,58	1,31	1,48	tc, Giand	1,54	tc, Vip
169	0,52	0,85	0,39	1,44	0,34	0,25	0,60	0,54	0,52	tc, Giand	0,60	tc, Tourn
170	0,63	1,00	0,49	1,60	0,44	0,25	0,64	0,64	0,64	tc, Tourn	0,63	tc, Giand
171	1,10	1,13	0,58	1,75	0,60	0,30	0,95	0,87	0,95	tc, Tourn	1,10	tc, Giand
172	1,58	1,61	0,98	2,22	0,89	0,39	1,17	1,25	1,17	tc, Tourn	0,98	tc, Pezz
173	1,69	1,38	1,15	2,57	1,00	0,37	1,11	1,26	1,38	tc, Vip	1,15	tc, Pezz
174	13,08	19,64	30,84	11,15	21,65	3,24	13,06	15,72	13,08	tc, Giand	13,06	tc, Tourn
175	13,20	19,88	32,00	11,25	22,22	3,28	13,30	15,97	13,30	tc, Tourn	13,20	tc, Giand
176	2,78	1,94	1,78	3,12	1,88	0,58	2,47	2,17	1,94	tc, Vip	1,88	tc, Vent
177	1,64	0,92	0,81	2,51	0,79	0,32	0,95	1,02	0,95	tc, Tourn	0,92	tc, Vip
178	2,50	1,67	1,34	2,65	1,31	0,49	1,80	1,73	1,67	tc, Vip	1,80	tc, Tourn
179	1,63	1,12	0,76	2,09	0,74	0,35	1,10	1,07	1,10	tc, Tourn	1,12	tc, Vip
180	2,34	2,04	1,48	2,66	1,77	0,48	2,40	2,01	2,04	tc, Vip	1,77	tc, Vent
181	0,95	0,60	0,31	1,42	0,39	0,21	0,77	0,60	0,60	tc, Vip	0,77	tc, Tourn
182	1,90	2,02	1,37	2,62	1,45	0,48	1,92	1,73	1,90	tc, Giand	1,92	tc, Tourn
183	2,08	2,31	1,58	2,85	1,52	0,54	1,87	1,87	1,87	tc, Tourn	2,08	tc, Giand
184	1,67	1,24	0,89	2,21	0,77	0,39	1,10	1,13	1,10	tc, Tourn	1,24	tc, Vip

Tabella 3. 8: Tempi di Corrivazione e t_c selezionati dei bacini che hanno come sezione di chiusura l'intersezione tra la SS131 e la SS131DCN con la rete idrologica della regione Sardegna.

Allegato 4.1: Validazione dati aste principali per i nodi idrografici scelti

Nodo Idrografico 12					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
30	0,08	3,26	0,00%	0,00	0,00
32	0,46	3,54	4,50%	0,02	9,99
34	0,13	3,68	8,12%	0,08	10,04
36	0,04	3,68	4,71%	0,03	1,53
37	0,05	4,20	0,00%	-0,04	-2,33
Somma Len (km)	0,768				

Tabella 4. 10: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 12.

Nodo idrografico 12						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
30	0,00	240,45	0,00			
	10,00	240,00	10,00	4,53%		
	14,14	240,00	24,14	0,00%		
	14,14	240,00	38,28	0,00%		
	14,14	240,00	52,43	0,00%		
	10,00	240,00	62,43	0,00%	0,73%	0,00%
32	14,14	239,99	76,57	0,07%		
	14,14	239,67	90,71	2,26%		
	14,14	239,34	104,85	2,33%		
	10,00	238,50	114,85	8,45%		
	10,00	237,82	124,85	6,80%		
	14,14	237,26	138,99	3,96%		
	14,14	237,90	153,14	-4,56%		
	14,14	238,75	167,28	-6,01%		
	14,14	239,29	181,42	-3,82%		
	14,14	239,64	195,56	-2,47%		
	14,14	239,86	209,71	-1,56%		
	14,14	239,97	223,85	-0,78%		
	14,14	240,00	237,99	-0,21%		
	14,14	239,85	252,13	1,06%		
	14,14	239,41	266,27	3,11%		
	14,14	239,11	280,42	2,12%		
	14,14	237,58	294,56	10,82%		
	14,14	236,09	308,70	10,54%		
	10,00	234,82	318,70	12,70%		
	14,14	232,79	332,84	14,35%		
	10,00	232,33	342,84	4,60%		
	14,14	234,56	356,98	-15,77%		
	14,14	237,64	371,13	-21,78%		
	14,14	239,53	385,27	-13,36%		
	14,14	240,00	399,41	-3,32%		
	10,00	240,00	409,41	0,00%		
	10,00	240,00	419,41	0,00%		
	10,00	240,00	429,41	0,00%		
	14,14	238,52	443,55	10,47%		
	14,14	230,00	457,69	60,25%		
	14,14	230,00	471,84	0,00%		
	10,00	230,00	481,84	0,00%		
	14,14	230,00	495,98	0,00%		
	10,00	230,00	505,98	0,00%		
	14,14	230,00	520,12	0,00%	2,18%	4,50%
34	14,14	230,00	534,26	0,00%		
	14,14	229,67	548,41	2,33%		
	10,00	228,95	558,41	7,20%		
	14,14	227,50	572,55	10,25%		

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	14,14	225,51	586,69	14,07%		
	14,14	222,94	600,83	18,17%		
	14,14	220,00	614,97	20,79%		
	14,14	220,00	629,12	0,00%		
	10,00	220,00	639,12	0,00%		
	14,14	219,96	653,26	0,28%	7,54%	8,12%
36	10,00	219,79	663,26	1,70%		
	14,14	219,40	677,40	2,76%		
	10,00	219,40	687,40	0,00%		
	10,00	218,26	697,40	11,40%		
	10,00	217,67	707,40	5,90%		
	10,00	217,67	717,40	0,00%	3,57%	4,71%
37	10,00	218,33	727,40	-6,60%		
	10,00	218,33	737,40	0,00%		
	10,00	219,09	747,40	-7,60%		
	10,00	219,69	757,40	-6,00%		
	10,00	220,00	767,40	-3,10%	-4,66%	0,00%

Tabella 4. 11: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “r.stream.stats”, per il nodo 12.

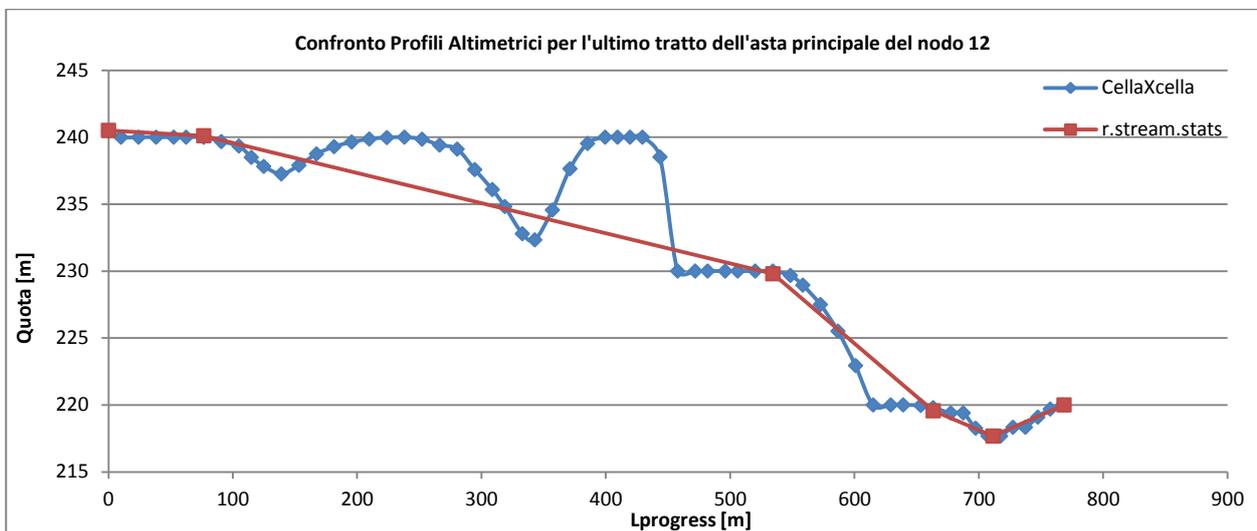


Grafico 4. 6: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 12.

Nodo Idrografico 20					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
9	0,03	1,50	2,17%	0,02	0,52
10	0,13	1,54	3,13%	0,03	3,90
11	0,38	2,22	2,98%	0,03	10,00
Somma Len (km)	0,552				

Tabella 4. 12: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 20.

Nodo idrografico 20						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
9	0,00	264,75	0,00			
	14,14	264,48	14,14	1,91%		
10	10,00	264,28	24,14	2,00%	1,95%	2,17%
	10,00	264,04	34,14	2,40%		
	14,14	263,61	48,28	3,04%		
	14,14	263,30	62,43	2,19%		
	10,00	261,76	72,43	15,40%		
	10,00	262,60	82,43	-8,40%		
	14,14	261,74	96,57	6,08%		
	10,00	261,27	106,57	4,70%		
	14,14	260,61	120,71	4,67%		
	14,14	260,22	134,85	2,76%		
11	14,14	260,00	148,99	1,56%		
	10,00	260,00	158,99	0,00%	3,17%	3,13%
	10,00	260,00	168,99	0,00%		
	10,00	260,00	178,99	0,00%		
	10,00	260,00	188,99	0,00%		
	10,00	260,00	198,99	0,00%		
	10,00	259,98	208,99	0,20%		
	10,00	259,78	218,99	2,00%		
	10,00	259,42	228,99	3,60%		
	10,00	258,98	238,99	4,40%		
	10,00	258,46	248,99	5,20%		
	10,00	257,90	258,99	5,60%		
	10,00	257,31	268,99	5,90%		
	10,00	256,76	278,99	5,50%		
	10,00	256,32	288,99	4,40%		
	10,00	255,75	298,99	5,70%		
	10,00	255,64	308,99	1,10%		
	10,00	255,19	318,99	4,50%		
	14,14	255,00	333,14	1,34%		
	10,00	255,00	343,14	0,00%		
	14,14	255,03	357,28	-0,21%		
	14,14	255,17	371,42	-0,99%		
	14,14	255,24	385,56	-0,49%		
	14,14	255,33	399,71	-0,64%		
	14,14	255,35	413,85	-0,14%		
	14,14	255,29	427,99	0,42%		
	14,14	255,17	442,13	0,85%		
	10,00	255,26	452,13	-0,90%		
	10,00	254,98	462,13	2,80%		
	10,00	254,58	472,13	4,00%		
	10,00	253,49	482,13	10,90%		
	10,00	252,84	492,13	6,50%		
	10,00	252,65	502,13	1,90%		
	10,00	252,00	512,13	6,50%		
	10,00	251,32	522,13	6,80%		
	10,00	250,64	532,13	6,80%		
	10,00	250,09	542,13	5,50%		
	10,00	250,00	552,13	0,90%	2,54%	2,98%

Tabella 4. 13: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando "r.stream.stats", per il nodo 12.

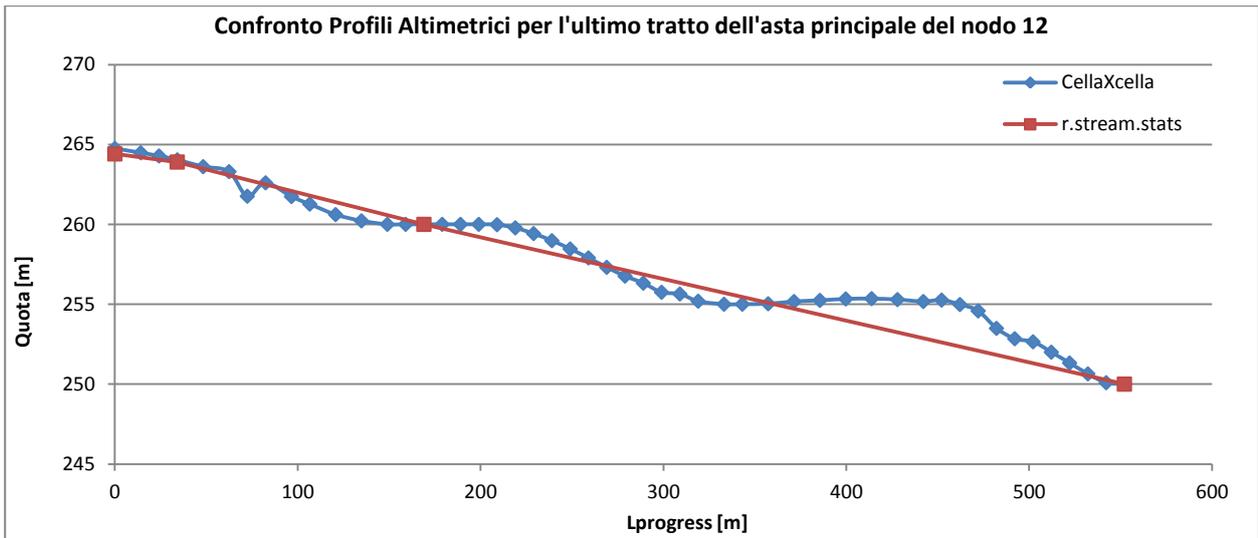


Grafico 4. 7: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 20.

Nodo Idrografico 50					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
225	0,04	24,01	11,46%	0,08	3,24
226	0,17	31,44	0,00%	-0,03	-5,41
229	0,55	31,99	1,99%	0,02	9,98
Somma Len (km)	0,755				

Tabella 4. 14: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 50.

Nodo idrografico 50						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
225	0,00	358,55	0,00			
	10,00	358,00	10,00	5,50%		
	10,00	357,53	20,00	4,70%	7,67%	11,46%
	14,14	355,93	34,14	11,31%		
226	10,00	355,68	44,14	2,50%		
	10,00	356,13	54,14	-4,50%		
	10,00	356,87	64,14	-7,40%		
	10,00	357,57	74,14	-7,00%		
	10,00	358,18	84,14	-6,10%		
	14,14	358,17	98,28	0,07%		
	10,00	359,28	108,28	-11,10%		
	10,00	359,39	118,28	-1,10%		
	14,14	359,60	132,43	-1,48%		
	14,14	359,78	146,57	-1,27%		
	14,14	359,90	160,71	-0,85%		
	14,14	359,98	174,85	-0,57%		
	14,14	360,00	188,99	-0,14%		
	10,00	360,00	198,99	0,00%		
	10,00	360,00	208,99	0,00%	-2,33%	0,00%
	229	10,00	359,97	218,99	0,30%	
10,00		359,89	228,99	0,80%		
10,00		359,73	238,99	1,60%		
10,00		359,91	248,99	-1,80%		
10,00		359,21	258,99	7,00%		
10,00		358,85	268,99	3,60%		
10,00		358,84	278,99	0,10%		
14,14		357,82	293,14	7,21%		
10,00		357,22	303,14	6,00%		
10,00		356,52	313,14	7,00%		
14,14		355,26	327,28	8,91%		
10,00		354,03	337,28	12,30%		
10,00		352,62	347,28	14,10%		
14,14		350,17	361,42	17,32%		
10,00		350,00	371,42	1,70%		
10,00		350,04	381,42	-0,40%		
10,00		350,19	391,42	-1,50%		
14,14		350,00	405,56	1,34%		
10,00		350,00	415,56	0,00%		
10,00		350,00	425,56	0,00%		
14,14	350,00	439,71	0,00%			
10,00	350,00	449,71	0,00%			
10,00	350,00	459,71	0,00%			
14,14	350,00	473,85	0,00%			
10,00	350,00	483,85	0,00%			
14,14	350,00	497,99	0,00%			
10,00	350,00	507,99	0,00%			
14,14	350,00	522,13	0,00%			
10,00	350,00	532,13	0,00%			
14,14	350,00	546,27	0,00%			

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	14,14	350,00	560,42	0,00%		
	10,00	350,00	570,42	0,00%		
	14,14	350,00	584,56	0,00%		
	10,00	350,00	594,56	0,00%		
	14,14	350,00	608,70	0,00%		
	14,14	350,00	622,84	0,00%		
	10,00	350,00	632,84	0,00%		
	14,14	350,00	646,98	0,00%		
	10,00	350,00	656,98	0,00%		
	14,14	350,00	671,13	0,00%		
	14,14	350,00	685,27	0,00%		
	14,14	350,00	699,41	0,00%		
	14,14	350,00	713,55	0,00%		
	14,14	350,00	727,69	0,00%		
	14,14	350,00	741,84	0,00%		
	14,14	350,00	755,98	0,00%	1,83%	1,99%

Tabella 4. 15: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “*r.stream.stats*”, per il nodo 50.

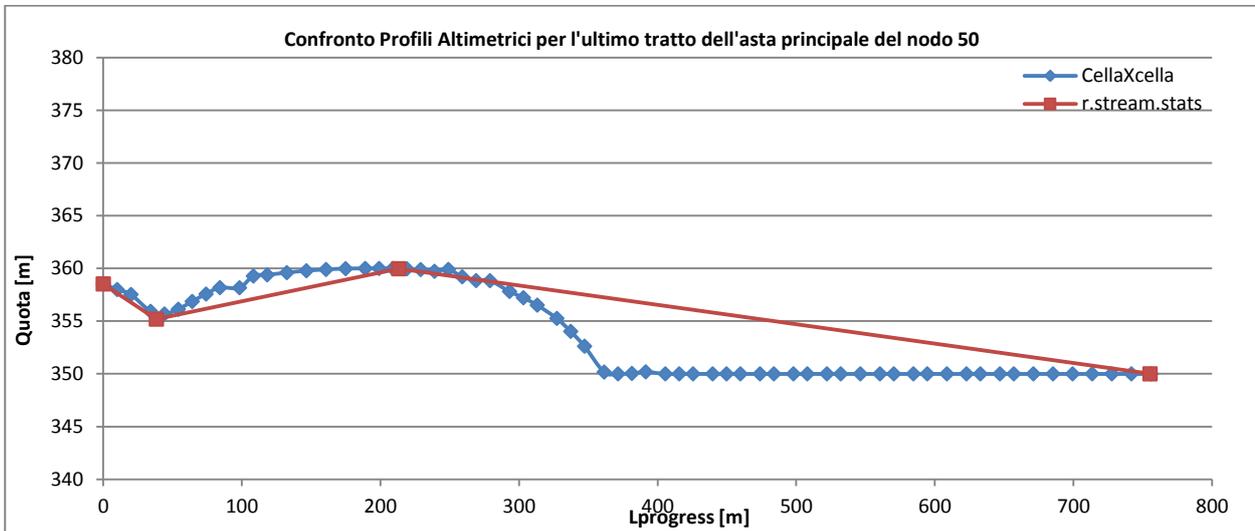


Grafico 4. 8: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all’asta principale del nodo 50.

Nodo Idrografico 61					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad. (m/m)	Avg,el,dif (m)
3	0,88	1,82	7,23%	0,07	61,19
Somma Len (km)	0,880				

Tabella 4. 16: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 61.

Nodo idrografico 61						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
3	0,00	140,00	0,00			
	10,00	140,00	10,00	0,00		
	10,00	140,00	20,00	0,00		
	10,00	140,00	30,00	0,00		
	10,00	140,00	40,00	0,00		
	10,00	139,92	50,00	0,01		
	10,00	139,67	60,00	0,03		
	10,00	139,37	70,00	0,03		
	10,00	139,03	80,00	0,03		
	10,00	138,62	90,00	0,04		
	10,00	138,14	100,00	0,05		
	10,00	137,59	110,00	0,05		
	10,00	136,91	120,00	0,07		
	10,00	136,14	130,00	0,08		
	10,00	135,93	140,00	0,02		
	14,14	136,01	154,14	-0,01		
	14,14	136,04	168,28	0,00		
	10,00	135,86	178,28	0,02		
	14,14	135,47	192,43	0,03		
	10,00	135,05	202,43	0,04		
	14,14	134,25	216,57	0,06		
	14,14	133,24	230,71	0,07		
	10,00	133,22	240,71	0,00		
	10,00	131,10	250,71	0,21		
	14,14	130,00	264,85	0,08		
	10,00	130,00	274,85	0,00		
	10,00	130,00	284,85	0,00		
	14,14	130,00	298,99	0,00		
	10,00	130,00	308,99	0,00		
	14,14	130,00	323,14	0,00		
	14,14	129,99	337,28	0,00		
	10,00	129,17	347,28	0,08		
	10,00	127,02	357,28	0,21		
	10,00	123,50	367,28	0,35		
	10,00	120,00	377,28	0,35		
	10,00	120,00	387,28	0,00		
	14,14	120,00	401,42	0,00		
	14,14	120,00	415,56	0,00		
	10,00	120,00	425,56	0,00		
	14,14	119,78	439,71	0,02		
	14,14	117,73	453,85	0,14		
	14,14	114,47	467,99	0,23		
	10,00	111,07	477,99	0,34		
	10,00	110,00	487,99	0,11		
	14,14	110,00	502,13	0,00		
	14,14	110,00	516,27	0,00		
	10,00	110,00	526,27	0,00		
	14,14	110,00	540,42	0,00		
	10,00	110,00	550,42	0,00		
	14,14	110,00	564,56	0,00		
	10,00	110,00	574,56	0,00		

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	14,14	109,97	588,70	0,00		
	10,00	109,29	598,70	0,07		
	10,00	107,41	608,70	0,19		
	10,00	103,75	618,70	0,37		
	10,00	100,00	628,70	0,38		
	10,00	100,00	638,70	0,00		
	10,00	100,00	648,70	0,00		
	14,14	99,99	662,84	0,00		
	14,14	98,88	676,98	0,08		
	14,14	96,19	691,13	0,19		
	10,00	93,23	701,13	0,30		
	10,00	90,31	711,13	0,29		
	14,14	90,00	725,27	0,02		
	10,00	90,00	735,27	0,00		
	14,14	90,00	749,41	0,00		
	10,00	90,00	759,41	0,00		
	14,14	89,67	773,55	0,02		
	14,14	88,61	787,69	0,07		
	10,00	87,51	797,69	0,11		
	10,00	86,22	807,69	0,13		
	14,14	84,15	821,84	0,15		
	10,00	82,27	831,84	0,19		
	14,14	80,00	845,98	0,16		
	10,00	79,94	855,98	0,01		
	14,14	79,42	870,12	0,04		
	10,00	78,81	880,12	0,06	6,95%	7,23%

Tabella 4. 17: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “*r.stream.stats*”, per il nodo 61.

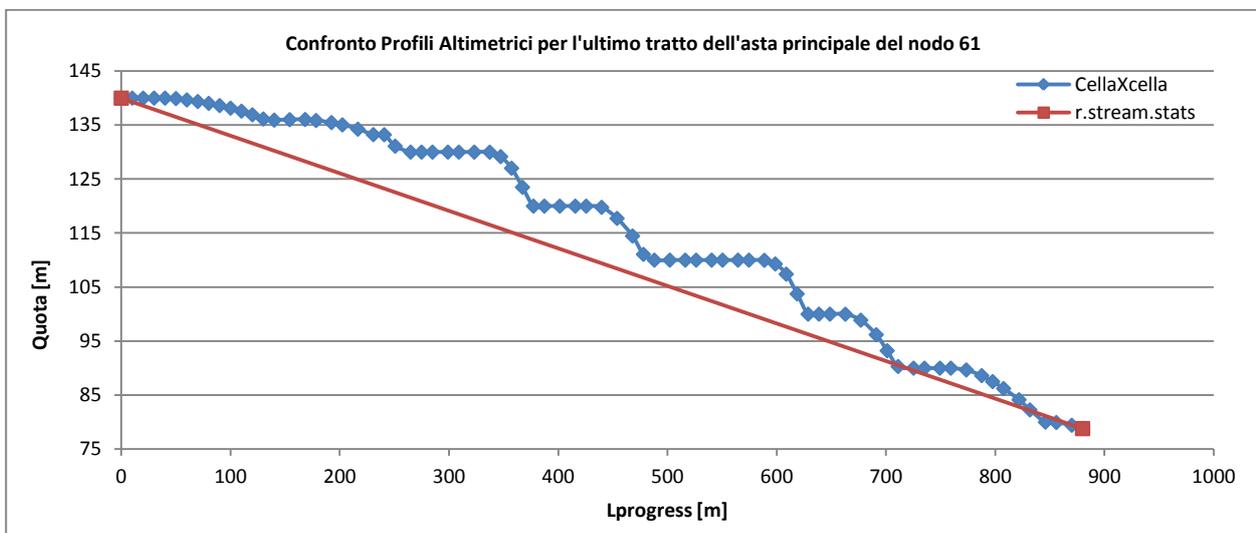


Grafico 4. 9: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all’asta principale del nodo 61.

Nodo Idrografico 115					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg.grad, (m/m)	Avg.el,dif (m)
802	0,50	87,85	2,18%	0,02	9,67
822	0,03	95,62	0,00%	0,00	0,00
830	0,02	95,72	0,29%	0,00	0,03
832	0,10	95,74	1,30%	0,01	1,24
833	0,22	122,46	3,75%	0,04	7,68
Somma Len (km)	0,868				

Tabella 4. 18: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 115.

Nodo idrografico 115						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
802	0,00	119,66	0,00			
	10	119,34	10,00	3,20%		
	10	118,93	20,00	4,10%		
	10	118,48	30,00	4,50%		
	10	117,97	40,00	5,10%		
	10	117,43	50,00	5,40%		
	10	116,83	60,00	6,00%		
	10	116,21	70,00	6,20%		
	14,14	115,46	84,14	5,30%		
	10,00	114,77	94,14	6,90%		
	10,00	114,05	104,14	7,20%		
	10,00	113,30	114,14	7,50%		
	10,00	112,52	124,14	7,80%		
	10,00	111,72	134,14	8,00%		
	10,00	110,95	144,14	7,70%		
	14,14	110,12	158,28	5,87%		
	14,14	110,00	172,43	0,85%		
	14,14	110,00	186,57	0,00%		
	10,00	110,00	196,57	0,00%		
	10,00	110,00	206,57	0,00%		
	14,14	110,00	220,71	0,00%		
	14,14	110,00	234,85	0,00%		
	14,14	110,00	248,99	0,00%		
	10,00	110,00	258,99	0,00%		
	10,00	110,00	268,99	0,00%		
	10,00	110,00	278,99	0,00%		
	10,00	110,00	288,99	0,00%		
	10,00	110,00	298,99	0,00%		
	10,00	110,00	308,99	0,00%		
	10,00	110,00	318,99	0,00%		
	14,14	110,00	333,14	0,00%		
	10,00	110,00	343,14	0,00%		
	14,14	110,00	357,28	0,00%		
	10,00	110,00	367,28	0,00%		
	14,14	110,00	381,42	0,00%		
	14,14	110,00	395,56	0,00%		
	14,14	110,00	409,71	0,00%		
	10,00	110,00	419,71	0,00%		
	14,14	110,00	433,85	0,00%		
	14,14	110,00	447,99	0,00%		
	10,00	110,00	457,99	0,00%		
	10,00	110,00	467,99	0,00%		
	14,14	110,00	482,13	0,00%		
	14,14	110,00	496,27	0,00%	1,95%	2,18%
822	10,00	110,00	506,27	0,00%		

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	10,00	110,00	516,27	0,00%		
	10,00	109,99	526,27	0,10%	0,03%	0,00%
830	10,00	109,96	536,27	0,30%		
	10,00	109,91	546,27	0,50%	0,40%	0,29%
832	10,00	109,85	556,27	0,60%		
	10,00	109,76	566,27	0,90%		
	10,00	109,67	576,27	0,90%		
	14,14	109,52	590,42	1,06%		
	10,00	109,38	600,42	1,40%		
	14,14	109,16	614,56	1,56%		
	10,00	108,98	624,56	1,80%		
	14,14	108,67	638,70	2,19%		
	10,00	108,42	648,70	2,50%	1,45%	1,30%
832	14,14	108,00	662,84	2,97%		
	10,00	107,66	672,84	3,40%		
	14,14	107,05	686,98	4,31%		
	14,14	106,26	701,13	5,59%		
	10,00	105,61	711,13	6,50%		
	14,14	104,24	725,27	9,69%		
	14,14	102,80	739,41	10,18%		
	10,00	102,40	749,41	4,00%		
	10,00	101,97	759,41	4,30%		
	10,00	101,51	769,41	4,60%		
	10,00	101,07	779,41	4,40%		
	10,00	100,64	789,41	4,30%		
	14,14	100,19	803,55	3,18%		
	10,00	100,19	813,55	0,00%		
	10,00	100,22	823,55	-0,30%		
	10,00	100,32	833,55	-1,00%		
	10,00	100,55	843,55	-2,30%		
	14,14	100,74	857,69	-1,34%	3,67%	3,75%

Tabella 4. 19: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “r.stream.stats”, per il nodo 115.

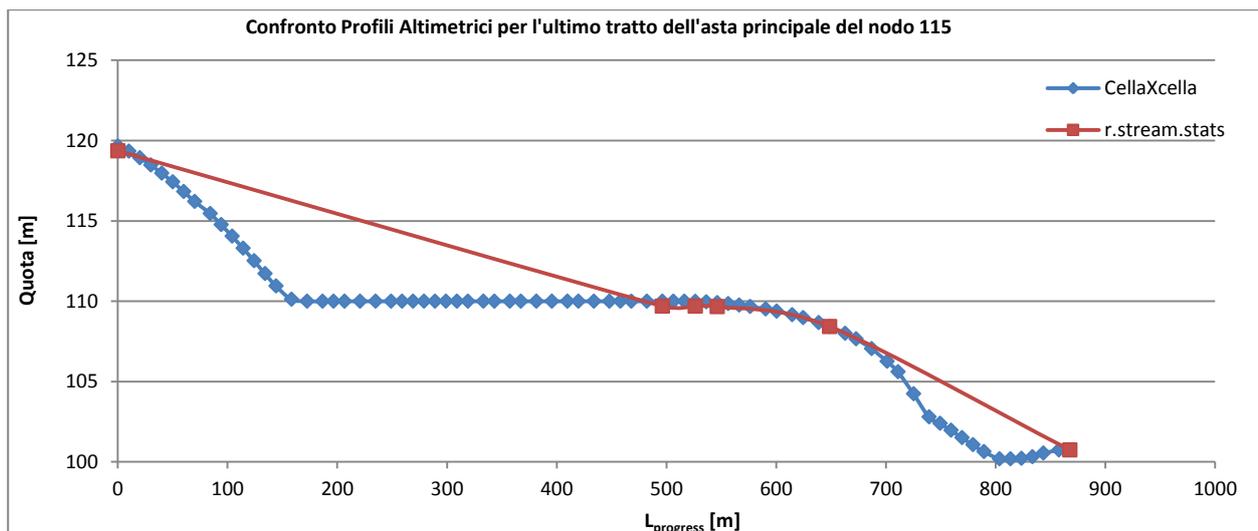


Grafico 4. 10: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 115.

Nodo Idrografico 117					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
5	0,03	1,18	2,42%	0,01	0,34
7	0,20	1,63	6,39%	0,05	10,83
Somma Len (km)	0,239				

Tabella 4. 20: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 117.

Nodo idrografico 117						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	Tratto	L [m]
5	0,00	200,00	0,00			
	14,14	199,91	14,14	0,64%		
	14,14	199,42	28,28	3,46%	2,05%	2,42%
7	14,14	198,59	42,43	5,87%		
	10,00	197,65	52,43	9,40%		
	14,14	196,12	66,57	10,82%		
	10,00	194,48	76,57	16,40%		
	10,00	192,43	86,57	20,50%		
	10,00	190,22	96,57	22,10%		
	10,00	190,00	106,57	2,20%		
	14,14	190,00	120,71	0,00%		
	14,14	190,49	134,85	-3,46%		
	14,14	190,00	148,99	3,46%		
	14,14	189,99	163,14	0,07%		
	10,00	189,81	173,14	1,80%		
	10,00	189,47	183,14	3,40%		
	14,14	188,84	197,28	4,45%		
	10,00	188,05	207,28	7,90%		
	10,00	187,40	217,28	6,50%	6,36%	6,39%

Tabella 4. 21: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando "r.stream.stats", per il nodo 117.

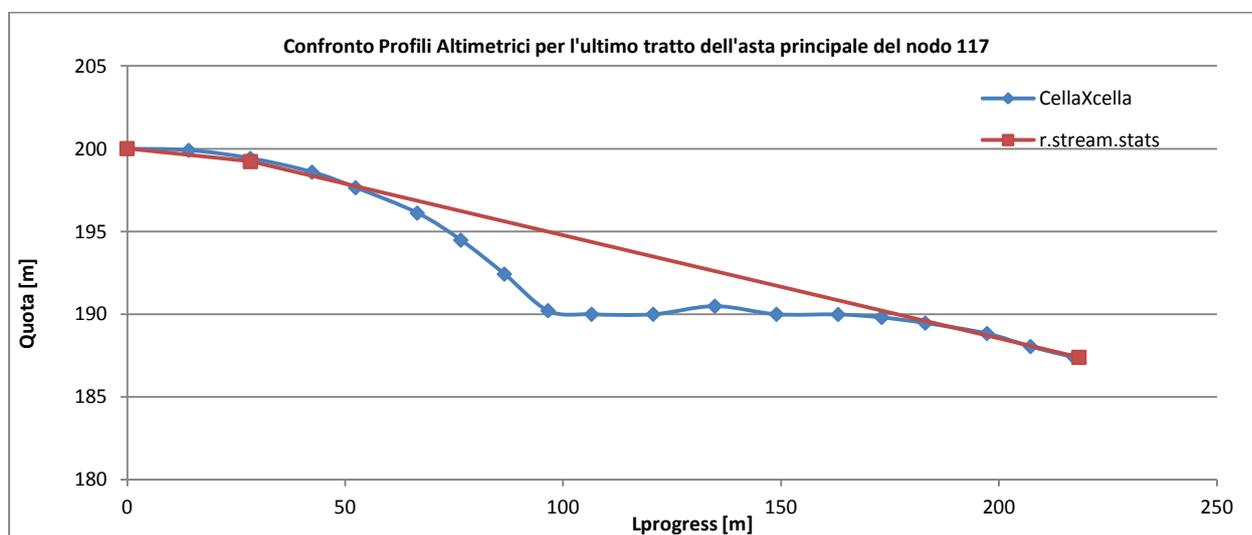


Grafico 4. 11: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all'asta principale del nodo 117.

Nodo Idrografico 124					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
14	0,29	2,47	0,90%	0,01	2,44
16	0,09	2,49	12,33%	0,11	9,86
17	0,50	3,06	0,03%	-0,01	0,02
Somma Len (km)	0,863				

Tabella 4. 22: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 124.

Nodo idrografico 124						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
14	0,00	252,32	0,00			
	10,00	251,15	10,00	0,12		
	10,00	250,00	20,00	0,12		
	14,14	250,00	34,14	0,00		
	10,00	250,00	44,14	0,00		
	10,00	250,00	54,14	0,00		
	10,00	250,00	64,14	0,00		
	10,00	250,00	74,14	0,00		
	10,00	250,00	84,14	0,00		
	10,00	250,00	94,14	0,00		
	10,00	250,00	104,14	0,00		
	10,00	250,00	114,14	0,00		
	10,00	250,00	124,14	0,00		
	10,00	250,00	134,14	0,00		
	10,00	250,00	144,14	0,00		
	10,00	250,00	154,14	0,00		
	10,00	250,00	164,14	0,00		
	10,00	250,00	174,14	0,00		
	10,00	250,00	184,14	0,00		
	10,00	250,00	194,14	0,00		
	10,00	250,00	204,14	0,00		
	10,00	250,00	214,14	0,00		
	10,00	250,00	224,14	0,00		
	10,00	250,00	234,14	0,00		
	10,00	250,00	244,14	0,00		
	14,14	250,00	258,28	0,00		
	10,00	250,00	268,28	0,00		
	10,00	250,00	278,28	0,00	0,83%	0,90%
16	10,00	249,91	288,28	0,01		
	10,00	249,31	298,28	0,06		
	10,00	248,42	308,28	0,09		
	10,00	247,27	318,28	0,11		
	10,00	245,92	328,28	0,14		
	10,00	244,41	338,28	0,15		
	10,00	242,76	348,28	0,17		
	10,00	241,02	358,28	0,17		
	10,00	240,00	368,28	0,10	11,11%	12,33%
17	10,00	240,00	378,28	0,00		
	10,00	240,00	388,28	0,00		
	14,14	240,00	402,43	0,00		
	14,14	240,00	416,57	0,00		
	10,00	240,00	426,57	0,00		
	14,14	240,00	440,71	0,00		
	10,00	240,00	450,71	0,00		
	14,14	240,00	464,85	0,00		
	14,14	240,00	478,99	0,00		
	10,00	240,00	488,99	0,00		
	10,00	240,00	498,99	0,00		
	10,00	240,00	508,99	0,00		

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	10,00	240,00	518,99	0,00		
	10,00	240,00	528,99	0,00		
	10,00	240,00	538,99	0,00		
	10,00	240,00	548,99	0,00		
	10,00	240,00	558,99	0,00		
	10,00	240,00	568,99	0,00		
	10,00	240,00	578,99	0,00		
	10,00	240,00	588,99	0,00		
	10,00	240,00	598,99	0,00		
	10,00	240,00	608,99	0,00		
	10,00	240,00	618,99	0,00		
	10,00	239,70	628,99	0,03		
	10,00	238,86	638,99	0,08		
	10,00	237,60	648,99	0,13		
	14,14	235,89	663,14	0,12		
	10,00	233,67	673,14	0,22		
	10,00	231,39	683,14	0,23		
	14,14	230,64	697,28	0,05		
	14,14	230,40	711,42	0,02		
	14,14	230,00	725,56	0,03		
	14,14	230,00	739,71	0,00		
	14,14	230,00	753,85	0,00		
	10,00	230,00	763,85	0,00		
	14,14	229,48	777,99	0,04		
	14,14	228,28	792,13	0,08		
	14,14	229,80	806,27	-0,11		
	14,14	232,28	820,42	-0,18		
	14,14	237,94	834,56	-0,40		
	14,14	240,00	848,70	-0,15		
	14,14	240,00	862,84	0,00	0,00%	0,03%

Tabella 4. 23: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “r.stream.stats”, per il nodo 124.

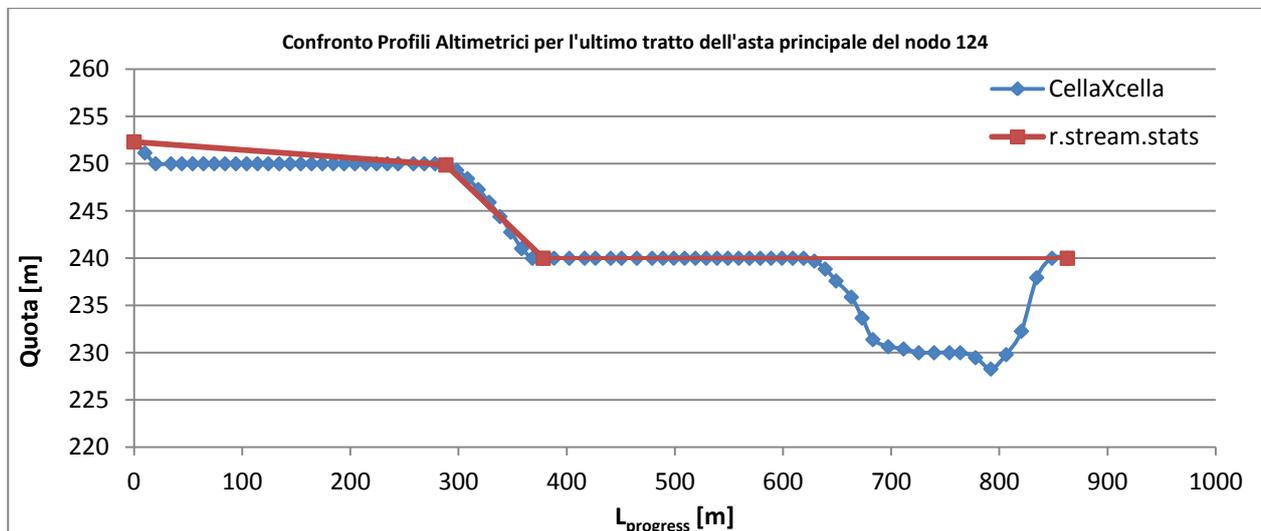


Grafico 4. 12: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all’asta principale del nodo 124.

Nodo Idrografico 128					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
908	0,07	122,12	6,56%	0,06	8,02
909	0,60	122,45	0,61%	0,01	3,09
911	0,04	122,68	11,83%	0,09	6,58
912	0,07	124,12	7,78%	0,05	2,21
Somma Len (km)	0,780				

Tabella 4. 24: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 128.

Nodo idrografico 128						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
908	0,00	299,95	0,00			
	10	299,76	10,00	1,90%		
	10	299,41	20,00	3,50%		
	10,00	298,87	30,00	5,40%		
	10,00	298,12	40,00	7,50%		
	14,14	296,96	54,14	8,20%		
	10,00	295,67	64,14	12,90%	6,67%	6,56%
909	0,00	294,23	64,14	0,00%		
	14,14	291,72	78,28	17,75%		
	14,14	290,00	92,43	12,16%		
	14,14	290,00	106,57	0,00%		
	14,14	290,00	120,71	0,00%		
	14,14	290,00	134,85	0,00%		
	14,14	290,00	148,99	0,00%		
	14,14	290,00	163,14	0,00%		
	14,14	290,00	177,28	0,00%		
	10,00	290,00	187,28	0,00%		
	14,14	290,00	201,42	0,00%		
	14,14	290,00	215,56	0,00%		
	10,00	290,00	225,56	0,00%		
	10,00	290,00	235,56	0,00%		
	10,00	290,00	245,56	0,00%		
	10,00	290,00	255,56	0,00%		
	10,00	290,00	265,56	0,00%		
	10,00	290,00	275,56	0,00%		
	10,00	290,00	285,56	0,00%		
	14,14	290,00	299,71	0,00%		
	14,14	290,00	313,85	0,00%		
	10,00	290,00	323,85	0,00%		
	10,00	290,00	333,85	0,00%		
	14,14	290,00	347,99	0,00%		
	10,00	290,00	357,99	0,00%		
	14,14	290,00	372,13	0,00%		
	10,00	290,00	382,13	0,00%		
	14,14	290,00	396,27	0,00%		
	10,00	290,00	406,27	0,00%		
	10,00	290,00	416,27	0,00%		
	14,14	290,00	430,42	0,00%		
	10,00	290,00	440,42	0,00%		
	10,00	290,00	450,42	0,00%		
	14,14	290,00	464,56	0,00%		
	10,00	290,00	474,56	0,00%		
	14,14	290,00	488,70	0,00%		
	10,00	290,00	498,70	0,00%		
	10,00	290,00	508,70	0,00%		
	14,14	290,00	522,84	0,00%		
	10,00	290,00	532,84	0,00%		
	10,00	290,00	542,84	0,00%		

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	14,14	290,00	556,98	0,00%		
	10,00	290,00	566,98	0,00%		
	10,00	290,00	576,98	0,00%		
	14,14	290,00	591,13	0,00%		
	10,00	290,00	601,13	0,00%		
	10,00	290,00	611,13	0,00%		
	10,00	290,00	621,13	0,00%		
	10,00	290,00	631,13	0,00%		
	14,14	290,00	645,27	0,00%		
	14,14	290,00	659,41	0,00%	0,71%	0,61%
911	14,14	289,19	673,55	5,73%		
	14,14	286,65	687,69	17,96%		
	10,00	284,95	697,69	17,00%	13,19%	11,83%
912	14,14	282,21	711,84	19,37%		
	14,14	280,00	725,98	15,63%		
	10,00	280,00	735,98	0,00%		
	14,14	281,64	750,12	-11,60%		
	10,00	281,25	760,12	3,90%		
	14,14	280,00	774,26	8,84%	6,46%	7,78%

Tabella 4. 25: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “*r.stream.stats*”, per il nodo 128.

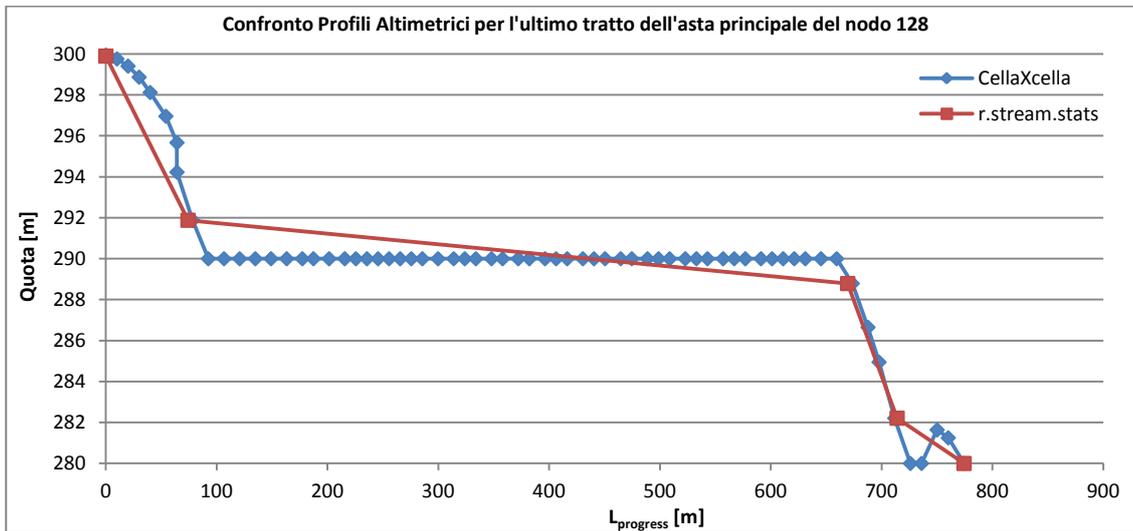


Grafico 4. 13: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all’asta principale del nodo 128.

Nodo Idrografico 137					
Order num	Avg,Len (km)	Avg,ar (km2)	Avg,sl (m/m)	Avg,grad, (m/m)	Avg,el,dif (m)
273	0,0641	33,7939	0,00%	0,00	0,00
276	0,676	34,3838	0,87%	0,01	4,84
Somma Len (km)	0,740				

Tabella 4. 26: Estrazione degli ultimi tratti, relativi all'asta fluviale del bacino connesso al nodo idrografico 137.

Nodo idrografico 137						
Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
273	2,50	400,00	2,50	0,00%		
	18,20	400,00	20,70	0,00%		
	10,00	400,00	30,70	0,00%		
	10,00	400,00	40,70	0,00%		
276	10,00	400,00	50,70	0,00%	0,00%	0,00%
	5,00	400,00	55,70	0,00%		
	5,00	399,95	60,70	1,00%		
	10,00	399,72	70,70	2,30%		
	10,00	399,33	80,70	3,90%		
	10,00	398,83	90,70	5,00%		
	10,00	398,21	100,70	6,20%		
	14,59	397,32	115,29	6,10%		
	10,00	396,35	125,29	9,70%		
	10,00	395,39	135,29	9,60%		
	10,00	395,00	145,29	3,90%		
	10,00	395,00	155,29	0,00%		
	10,00	395,00	165,29	0,00%		
	14,59	395,00	179,88	0,00%		
	10,00	395,00	189,88	0,00%		
	10,00	395,00	199,88	0,00%		
	14,14	395,00	214,02	0,00%		
	10,00	395,00	224,02	0,00%		
	10,00	395,00	234,02	0,00%		
	10,00	395,00	244,02	0,00%		
	14,14	395,00	258,16	0,00%		
	14,14	395,00	272,31	0,00%		
	10,00	395,00	282,31	0,00%		
	10,00	395,00	292,31	0,00%		
	14,14	395,00	306,45	0,00%		
	14,14	395,00	320,59	0,00%		
	14,14	395,00	334,73	0,00%		
	10,00	395,00	344,73	0,00%		
	14,14	395,00	358,87	0,00%		
	14,14	395,00	373,02	0,00%		
	10,00	395,00	383,02	0,00%		
	14,14	395,00	397,16	0,00%		
	14,14	395,00	411,30	0,00%		
	10,00	395,00	421,30	0,00%		
14,14	395,00	435,44	0,00%			
14,14	395,00	449,59	0,00%			
14,14	395,00	463,73	0,00%			
14,14	395,00	477,87	0,00%			
14,14	395,00	492,01	0,00%			
14,14	395,00	506,15	0,00%			
10,00	395,00	520,30	0,00%			
14,14	395,00	530,30	0,00%			
10,00	395,00	544,44	0,00%			
14,14	395,00	554,44	0,00%			
14,14	395,00	568,58	0,00%			
14,14	395,00	582,72	0,00%			

Tratto	L [m]	Quota [m]	L _{progress} [m]	i _{segmento} [%]	i _{media tratto} [%]	i _{comando} [%]
	14,14	395,00	596,86	0,00%		
	10,00	395,00	606,86	0,00%		
	10,00	395,00	616,86	0,00%		
	14,14	395,00	631,01	0,00%		
	10,00	395,00	641,01	0,00%		
	10,00	395,00	651,01	0,00%		
	14,14	395,00	665,15	0,00%		
	10,00	395,00	675,15	0,00%		
	14,14	395,00	689,29	0,00%		
	14,14	395,21	703,43	-1,48%		
	10,00	395,24	713,43	-0,30%		
	14,14	395,11	727,57	0,92%	0,72%	0,87%

Tabella 4. 27: Confronto tra i risultati calcolati in maniera manuale e quelli del comando “*r.stream.stats*”, per il nodo 137.

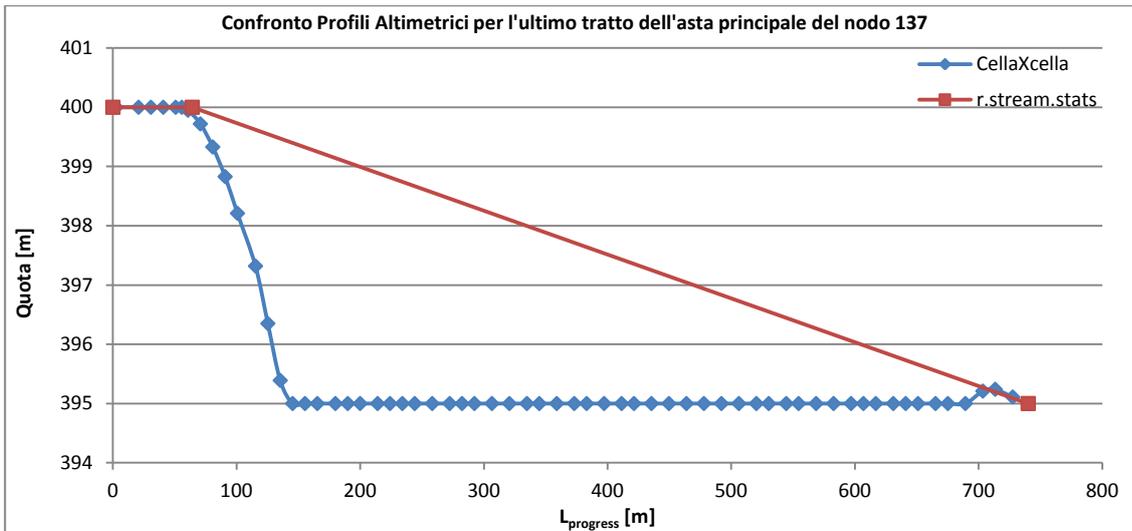
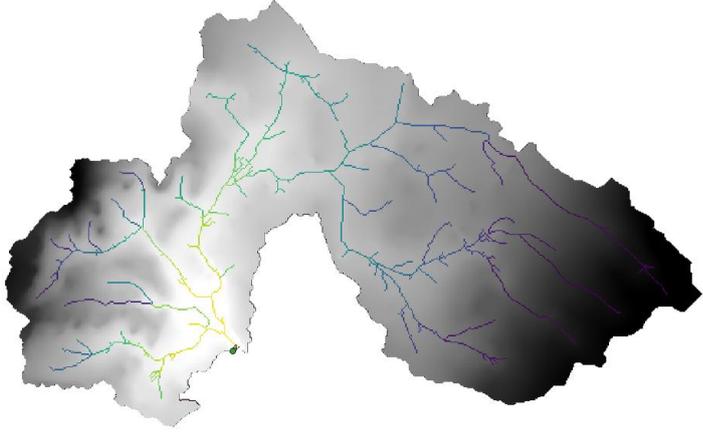
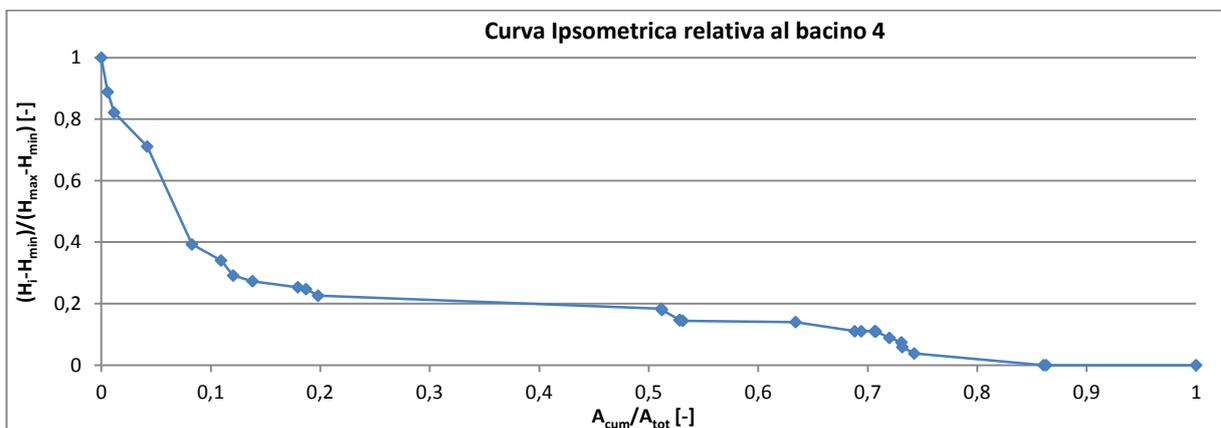
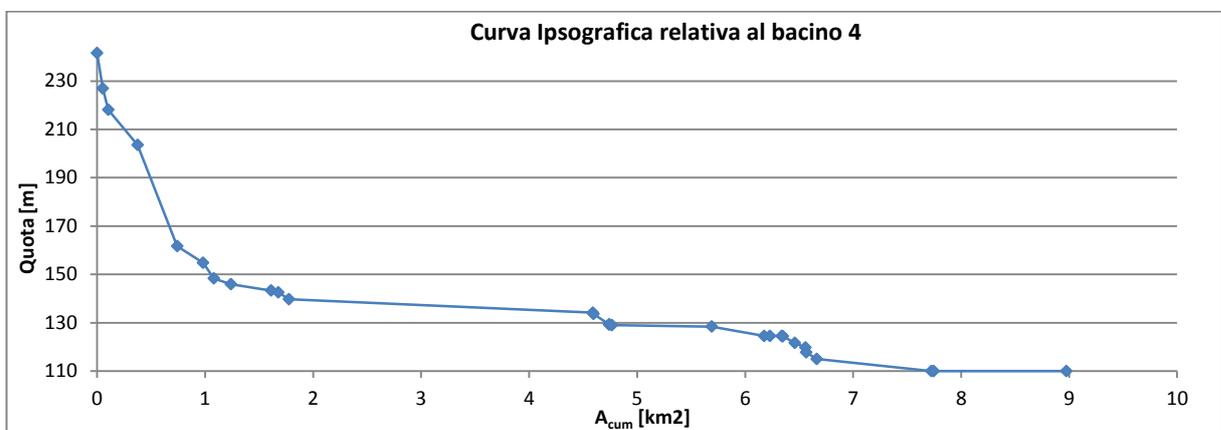
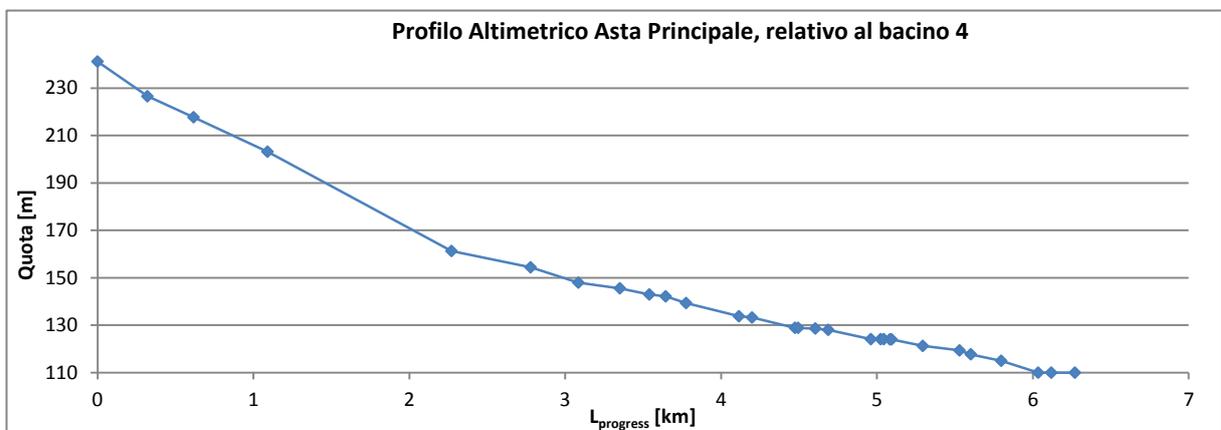
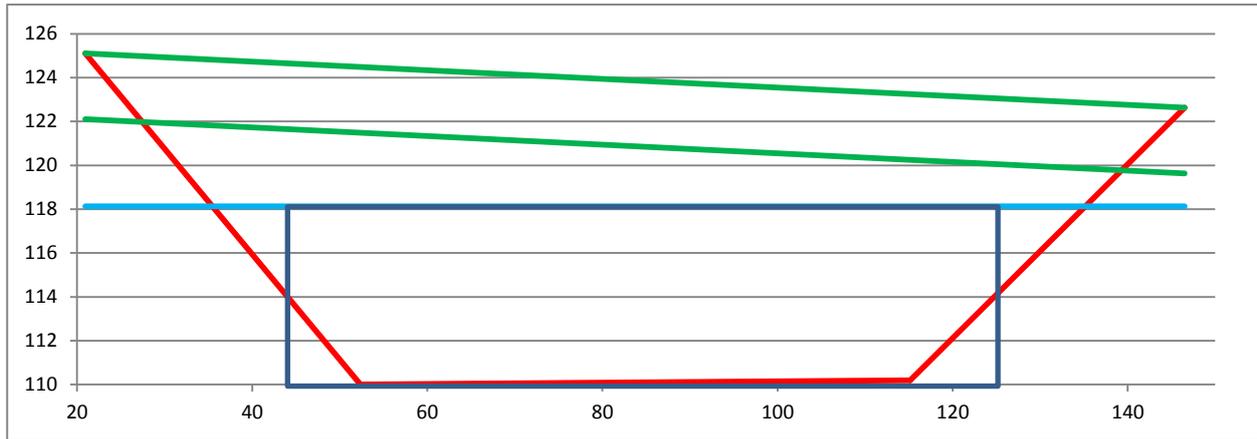
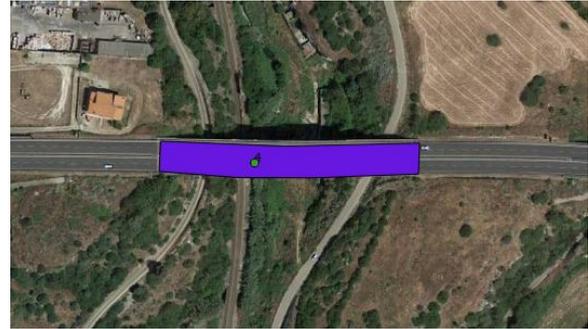


Grafico 4. 14: Confronto dei profili altimetrici per la validazione dei dati, relativo all’asta principale del nodo 137.

Allegato 4.2: Schede dei nodi idrologici e dei bacini idrografici selezionati

Nodo 4		$A = 9,03 \text{ km}^2$
		$L = 6,27 \text{ km}$
		$H_{\min} = 110,0 \text{ m}$
		$H_{\max} = 241,2 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 164,5 \text{ m}$
		$I = 2,10 \%$
		$S = 6,48 \%$
		$t_{c,\min} = 2,38 \text{ ore}$
		$t_{c,\max} = 2,63 \text{ ore}$
$t_{c,\text{med}}[E] = 2,81 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t_1 [ore]	1,7	
A_e [m ²]	660,7	i_0 [mm/h]	97,7892	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_4 [ore]	0,4	
		B [h ⁻¹]	5,91				$h_{1,CI}$ [mm]	1576,54	
h_e [m]	8,1	β [-]	-0,75	226	0,03%	151	$h_{4,CI}$ [mm]	394,14	
		h_{1h}	21,7742				$h_{1, CPP}$ [mm]	27,37	
B_e [m]	81,3	h_{24h}	55,6270	Portata	Q [m ³ /s]	2269,69	$h_{4, CPP}$ [mm]	16,30	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	24,19	57,61

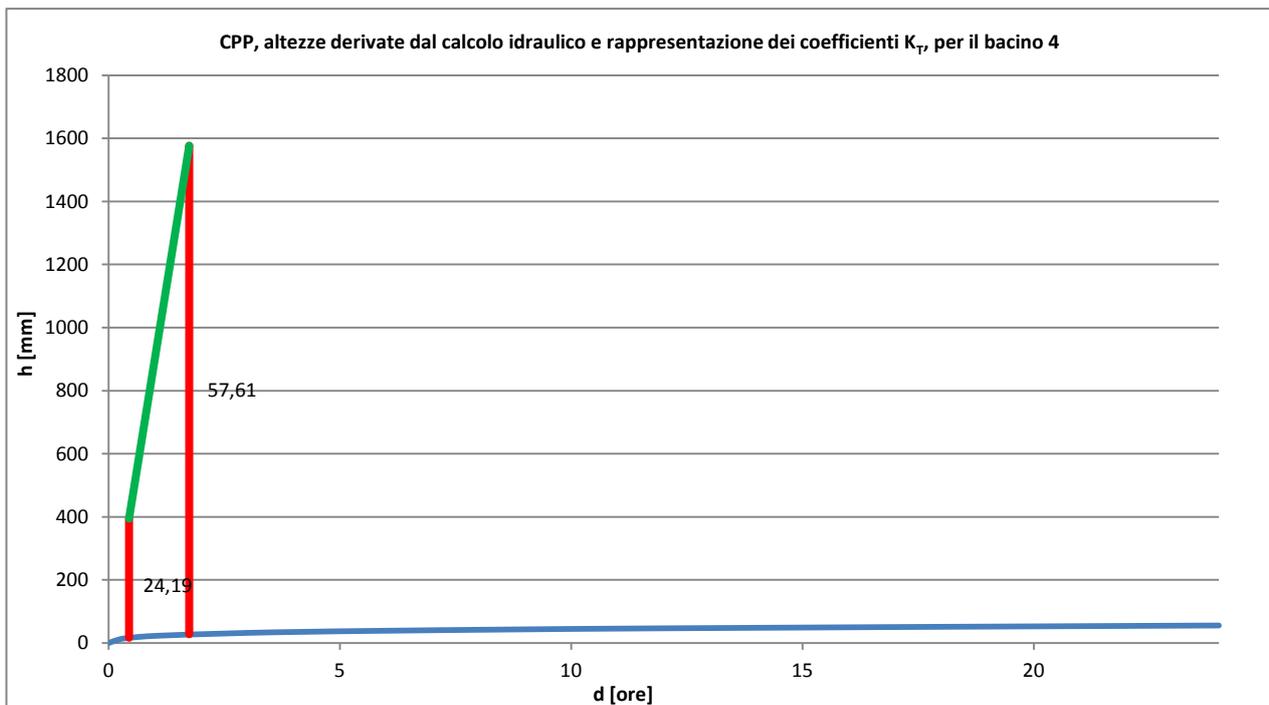
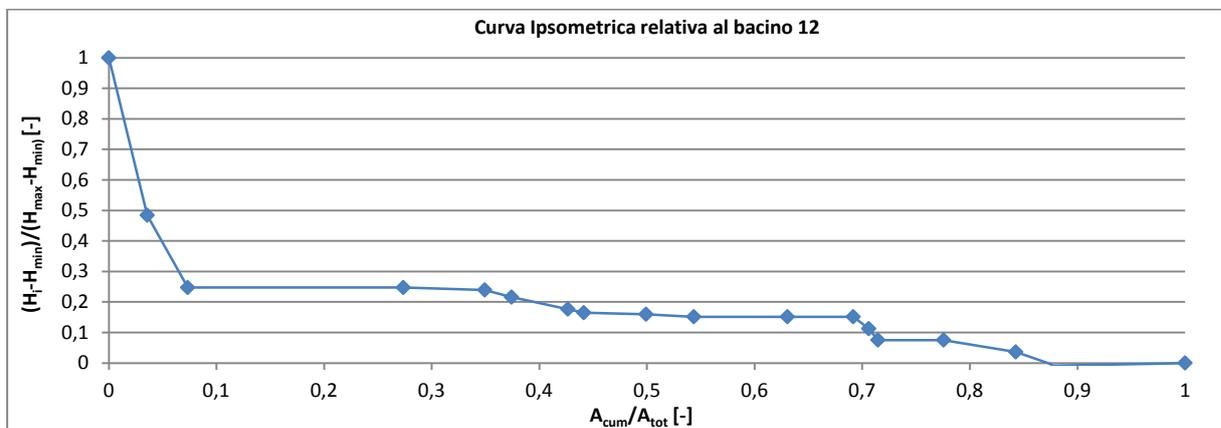
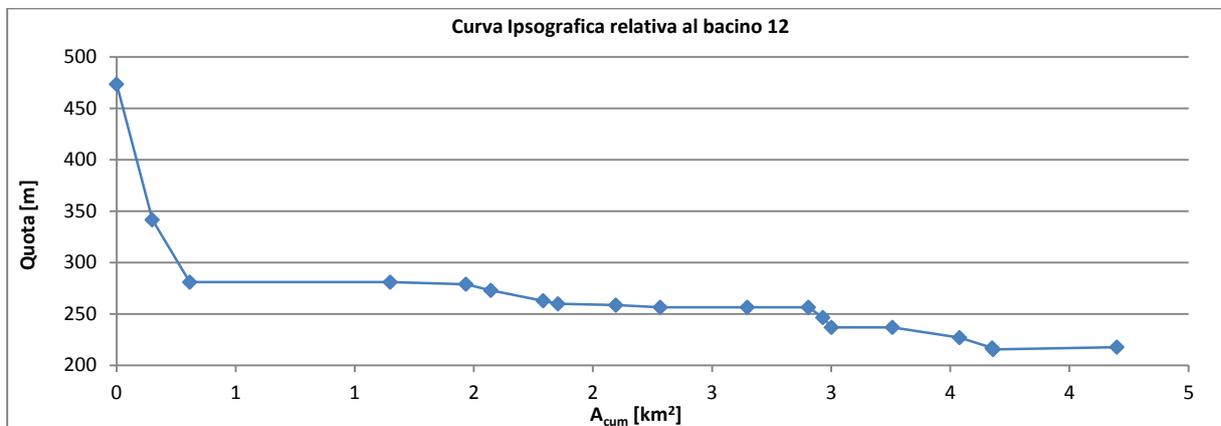
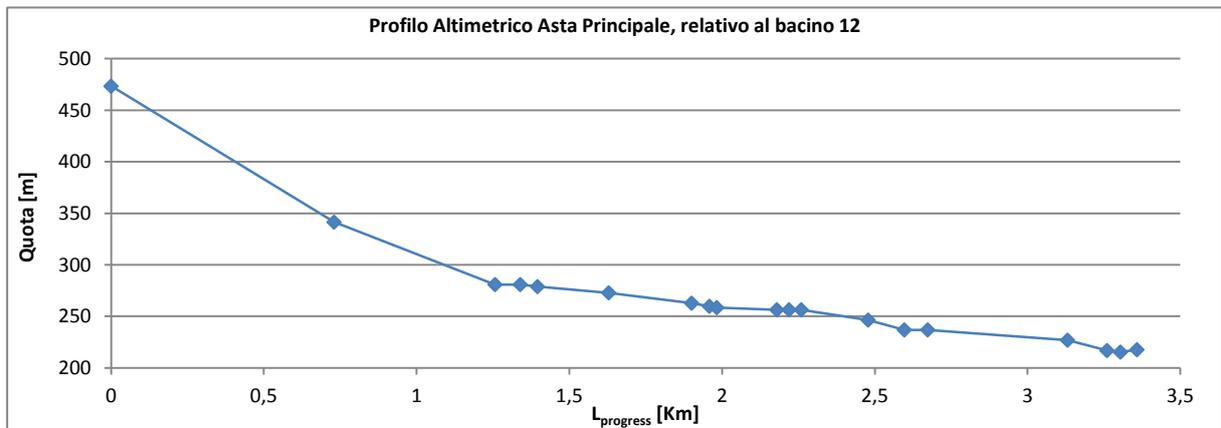
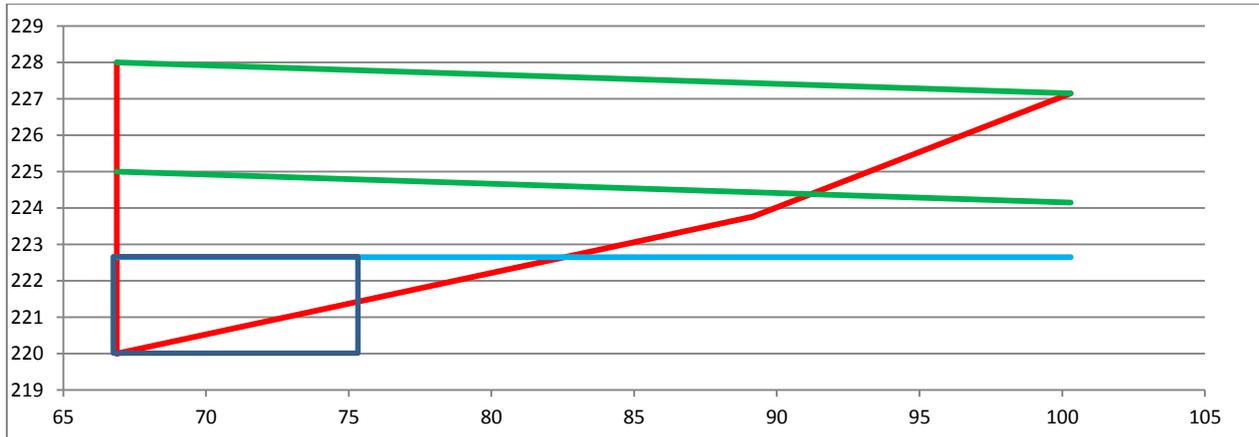


Tabella 4. 28: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 4: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Nodo 12		$A = 4,22 \text{ km}^2$
		$L = 3,36 \text{ km}$
		$H_{\min} = 217,7 \text{ m}$
		$H_{\max} = 494,9 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 345,7 \text{ m}$
		$I = 14,53 \%$
		$S = 25,30 \%$
		$t_{c,\min} = 0,68 \text{ ore}$
		$t_{c,\max} = 0,78 \text{ ore}$
$t_{c,\text{med}}E = 0,91 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
A_c [m ²]	20,78	i_0 [mm/h]	93,1776	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_1 [ore]	0,9	
h_c [m]	2,65	B [h ⁻¹]	5,91				t_4 [ore]	0,2	
B_c [m]	7,84	β [-]	-0,73	37	0,00%	54	$h_{1,CI}$ [mm]	46,65	
		h_{1h}	22,8189				$h_{4,CI}$ [mm]	11,66	
		h_{24h}	58,4495	Portata	Q [m ³ /s]	58,58	$h_{1, CPP}$ [mm]	21,96	
							$h_{4, CPP}$ [mm]	11,51	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	1,01	2,12

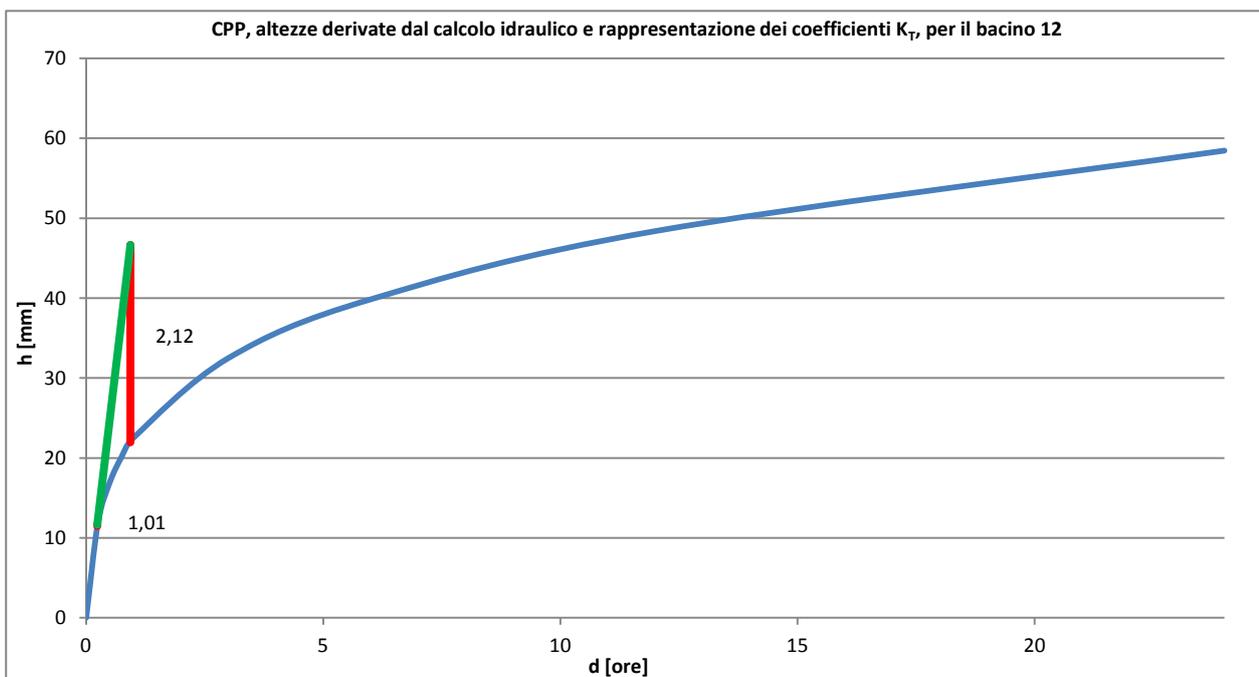
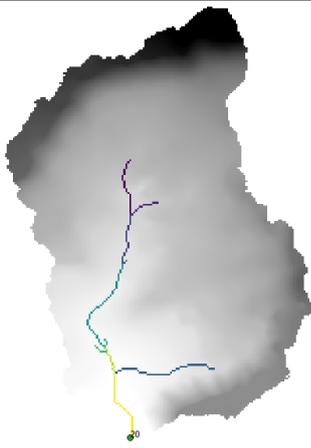
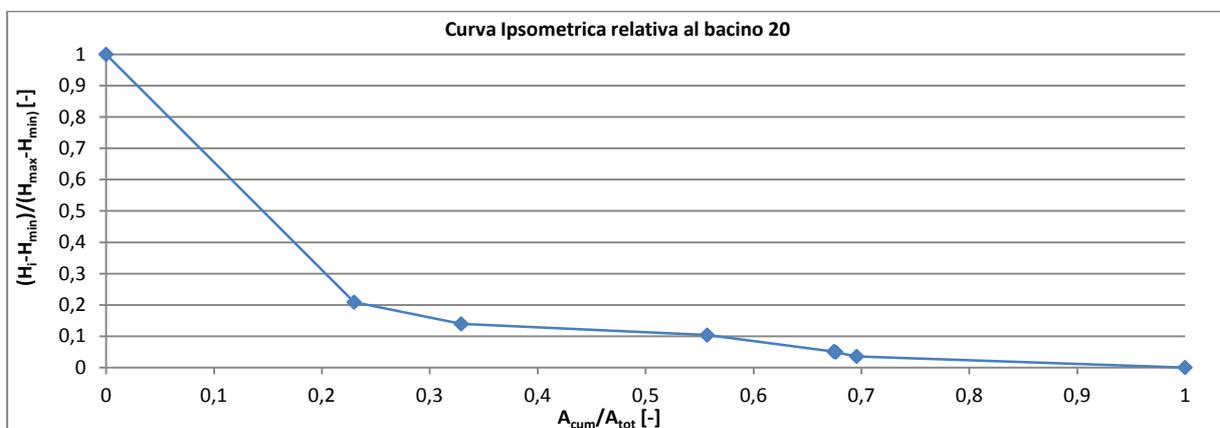
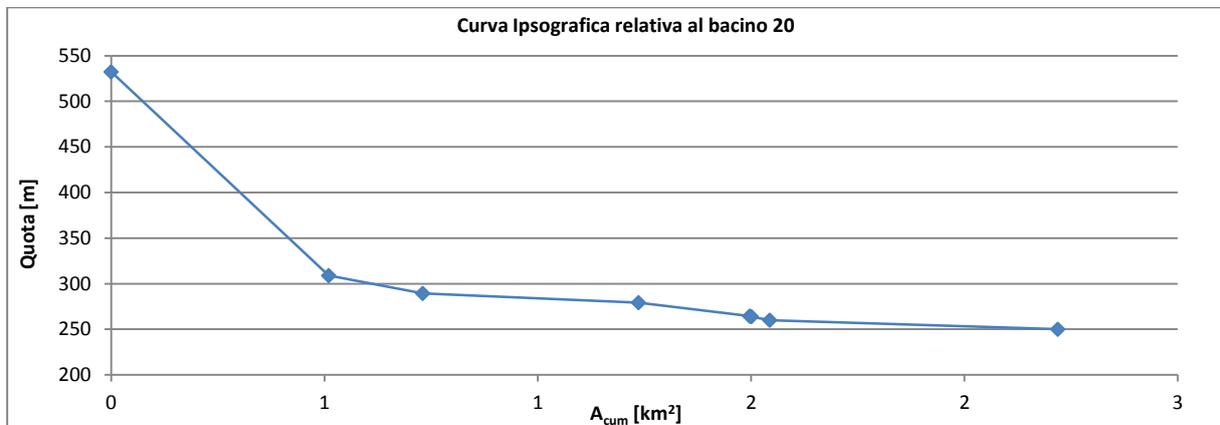
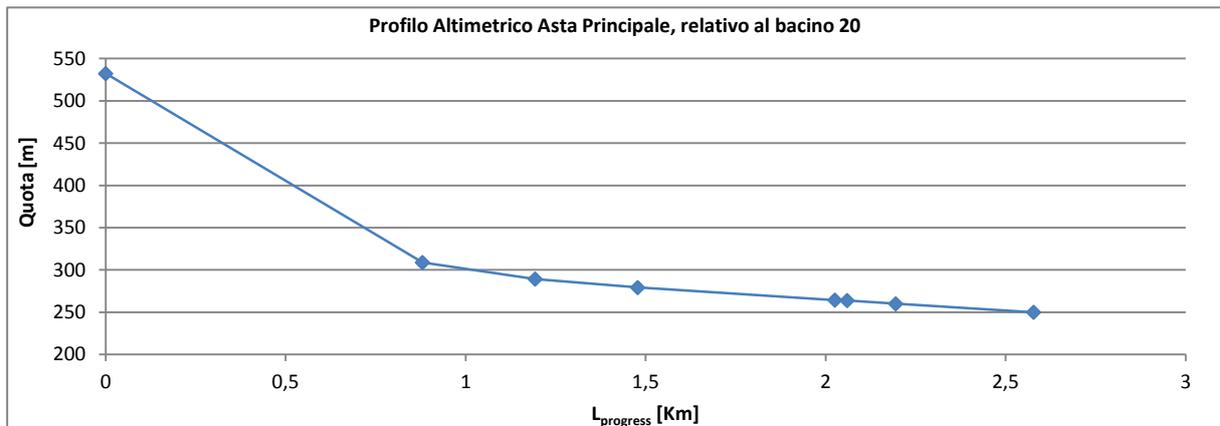
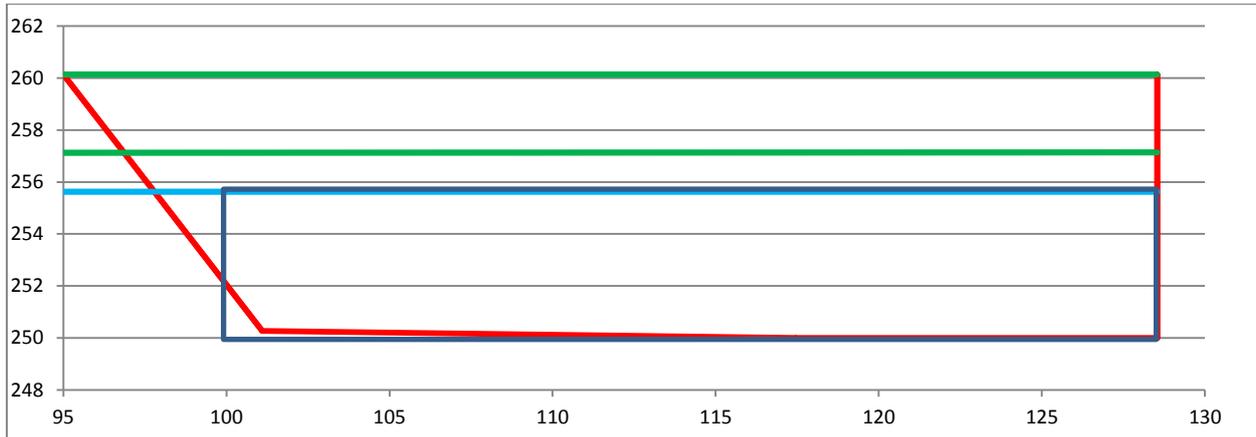


Tabella 4. 29: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 12: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Nodo 20		$A = 2,27 \text{ km}^2$
		$L = 2,58 \text{ km}$
		$H_{\min} = 250,0 \text{ m}$
		$H_{\max} = 532,3 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 317,6 \text{ m}$
		$I = 11,03 \%$
		$S = 15,13 \%$
		$t_{c,\min} = 0,58 \text{ ore}$
		$t_{c,\max} = 0,60 \text{ ore}$
$t_{c,\text{med}}E = 0,87 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
A_e [m ²]	86,53	i_0 [mm/h]	79,0602	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_1 [ore]	0,7	
		B [h ⁻¹]	5,91				t_4 [ore]	0,2	
h_e [m]	5,63	β [-]	-0,69	11	2,98%	383	$h_{1,CI}$ [mm]	232,61	
		h_{1h}	25,0825				$h_{4,CI}$ [mm]	930,44	
B_e [m]	15,37	h_{24h}	60,9347	Portata	Q [m ³ /s]	819,29	$h_{1, CPP}$ [mm]	17,98	
							$h_{4, CPP}$ [mm]	8,58	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	27,12	51,75

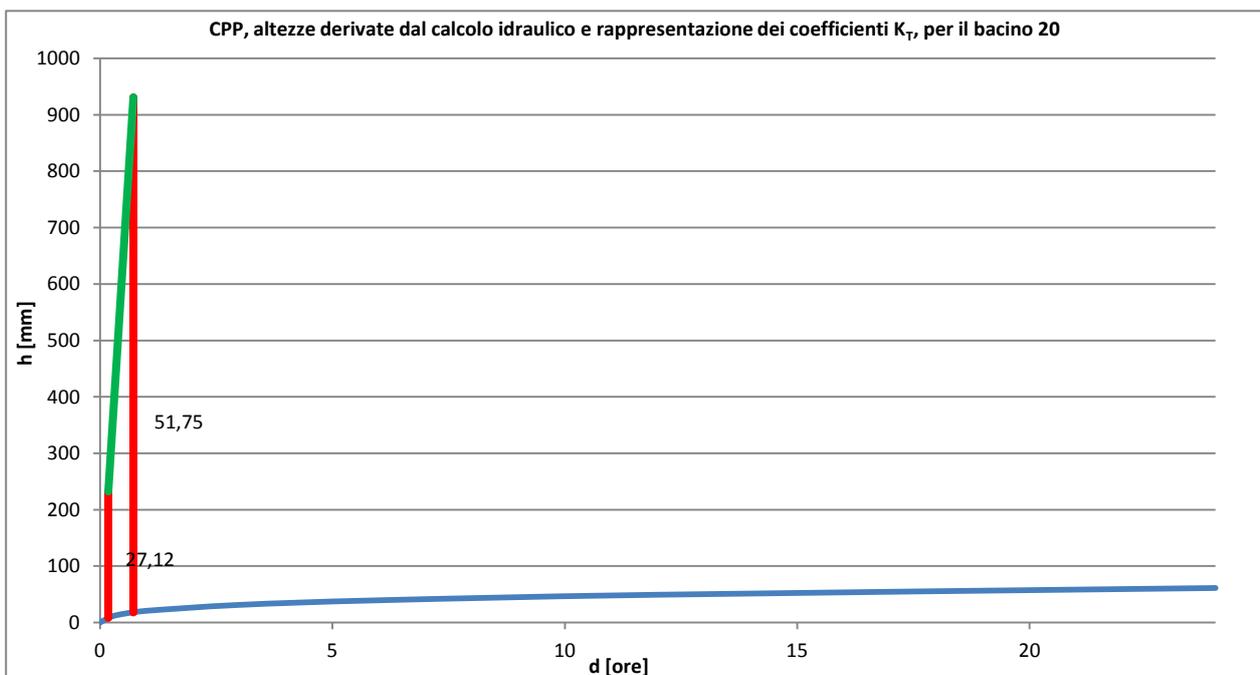
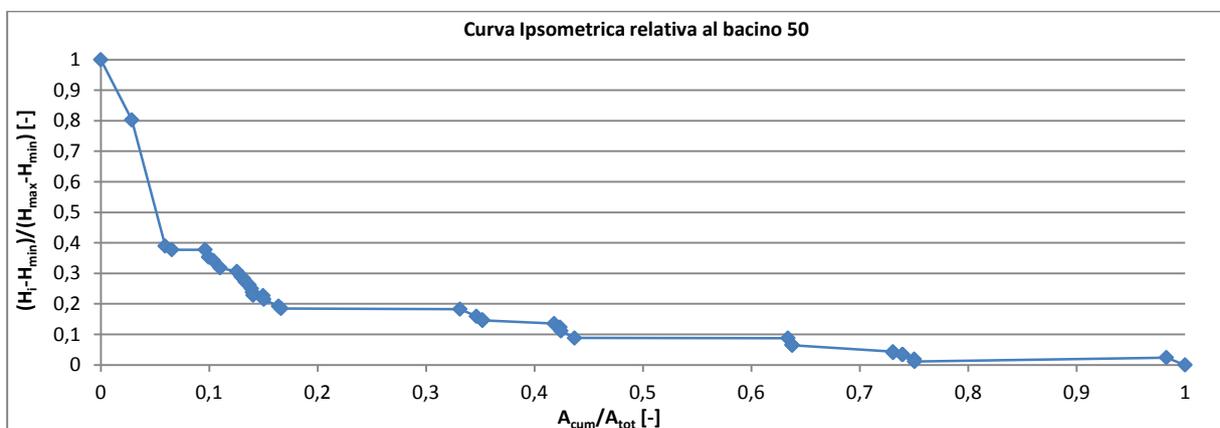
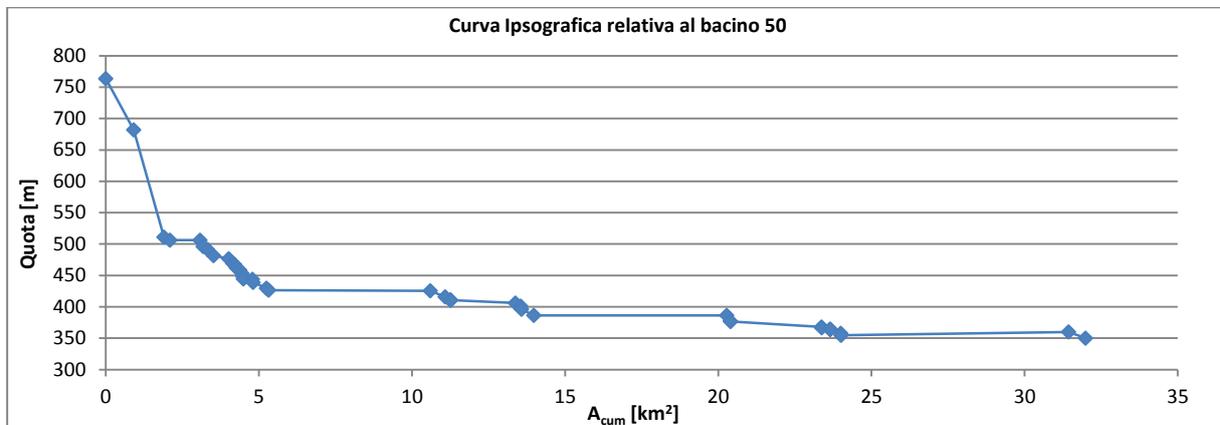
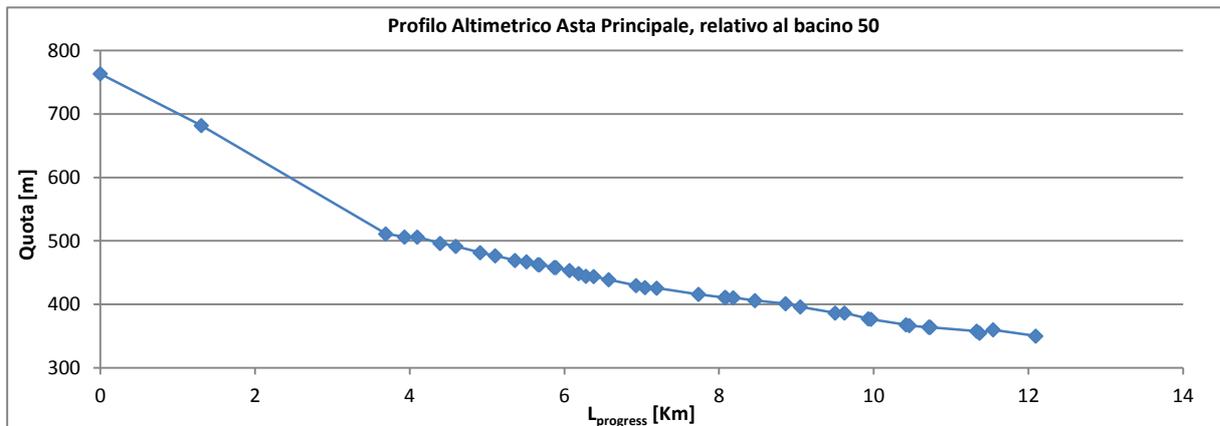
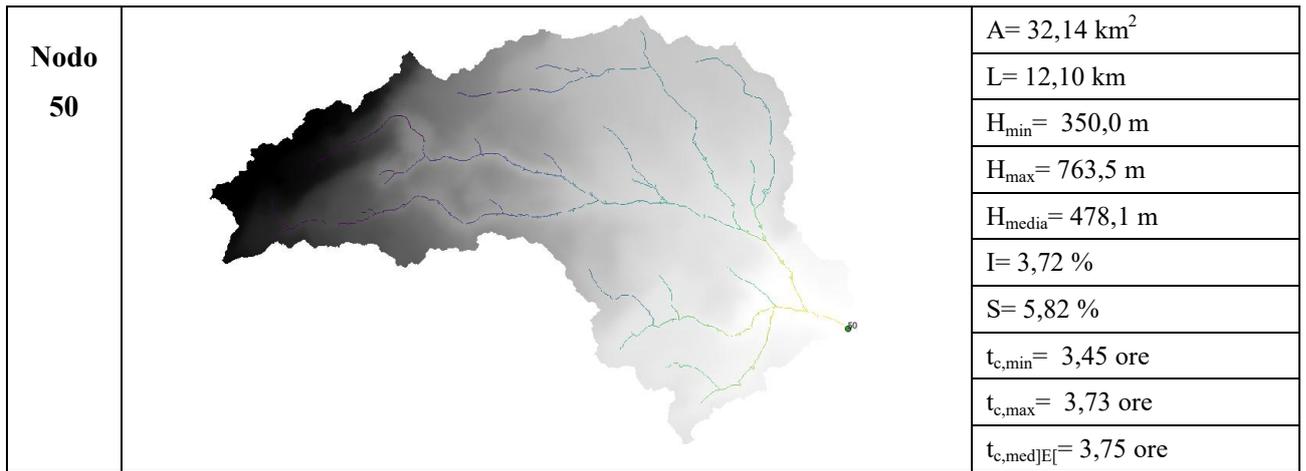
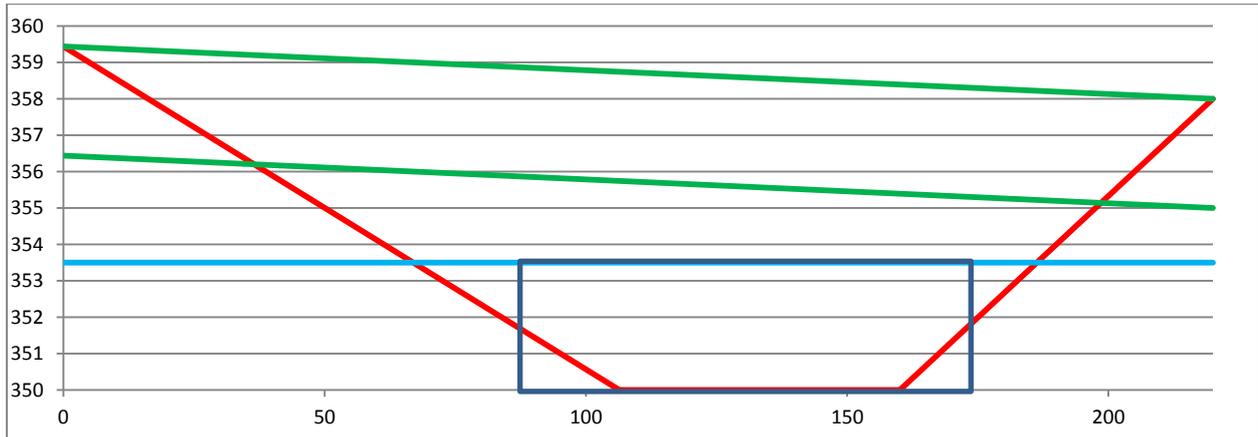


Tabella 4. 30: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 20: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t ₁ [ore]	3,4	
A _c [m ²]	302,86	i ₀ [mm/h]	89,9789	Tratto	Pendenza [-]	L _{tratto} [m]	t ₄ [ore]	8,8	
		B [h ⁻¹]	5,91				h _{1,CI} [mm]	879,94	
h _c [m]	3,50	β [-]	-0,70	229	1,99%	551	h _{4,CI} [mm]	219,98	
		h _{1h}	23,0039				h _{1, CPP} [mm]	36,11	
B _c [m]	86,53	h _{24h}	67,1166	Portata	Q [m ³ /s]	2337,71	h _{4, CPP} [mm]	21,67	
							K _{Tmin/max} [-]	10,15	24,37

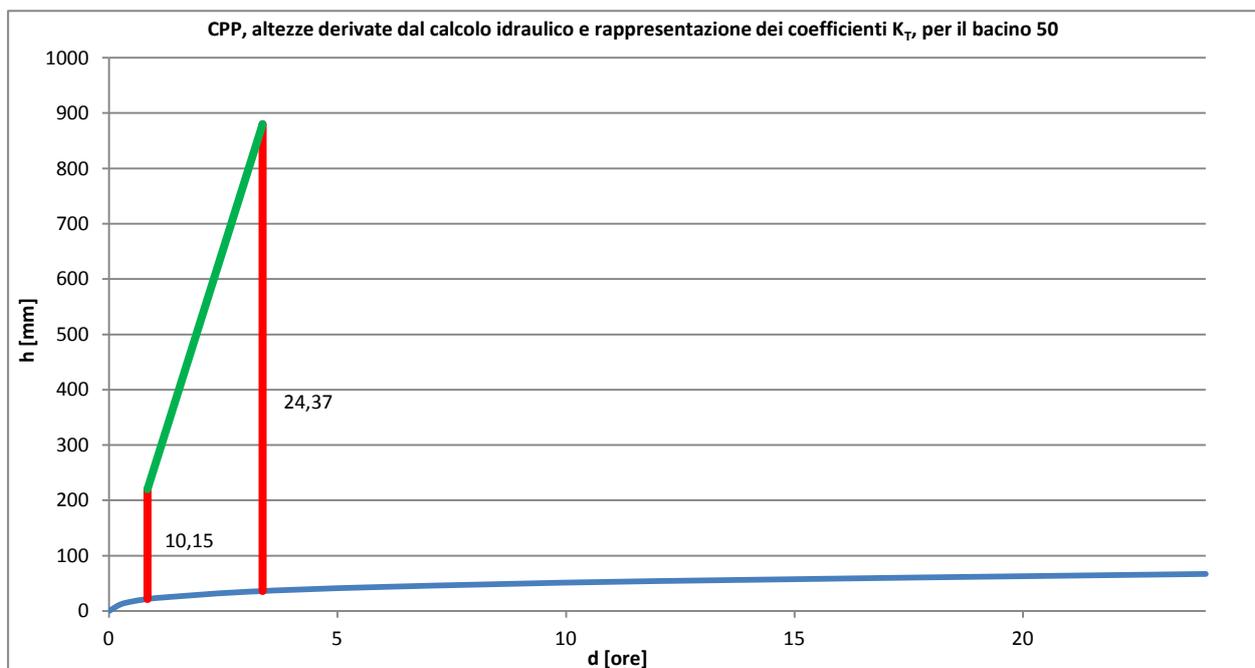
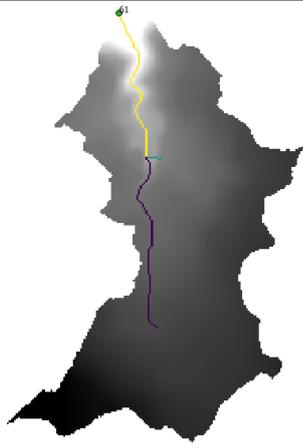
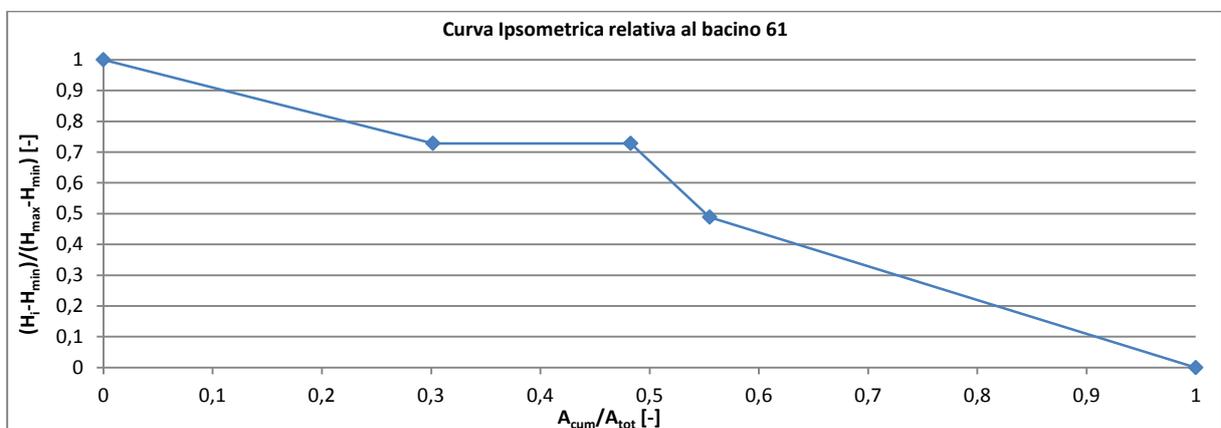
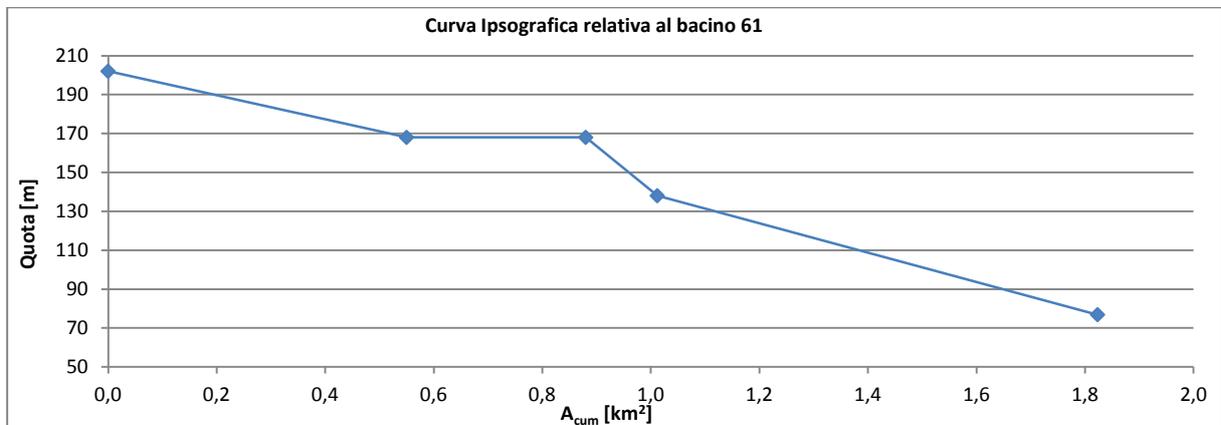
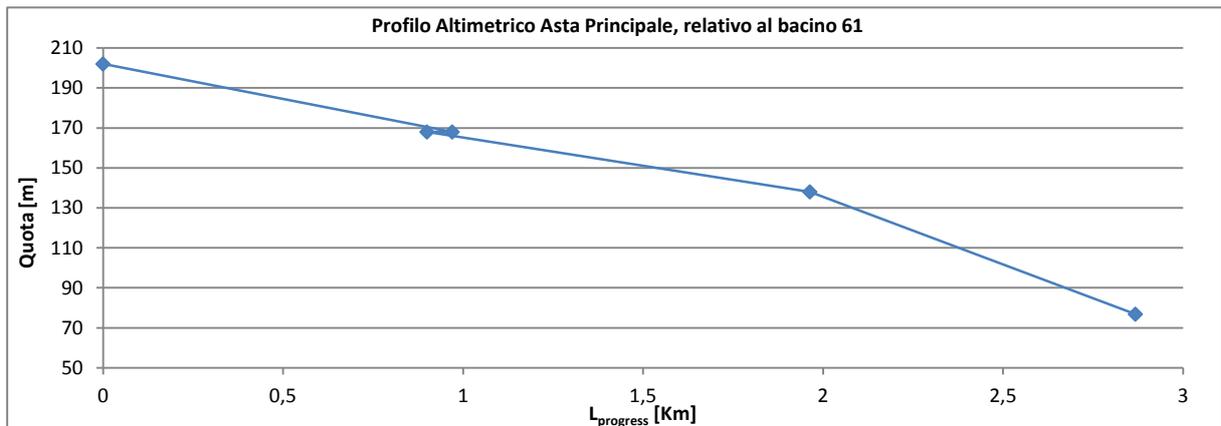
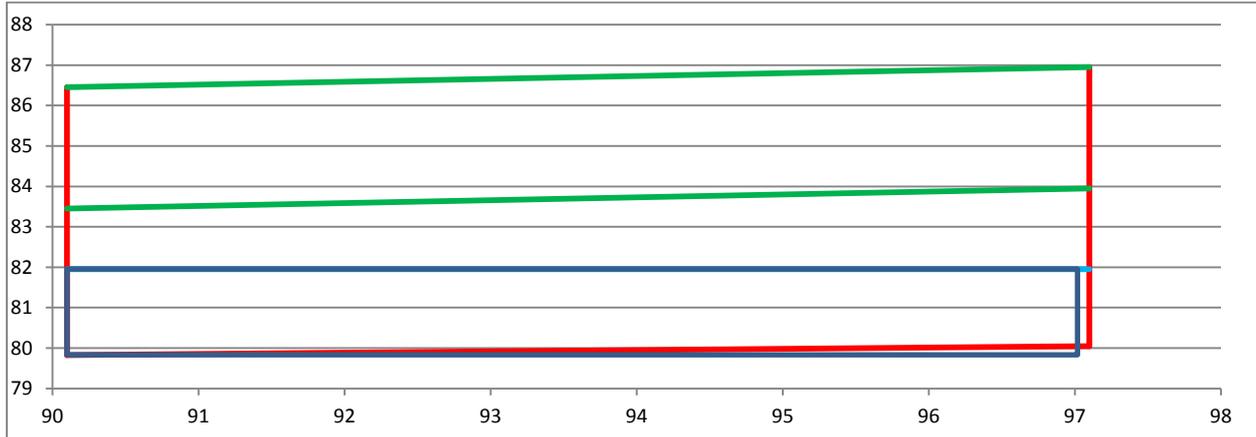


Tabella 4. 31: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 50: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione..

Nodo 61		$A = 1,86 \text{ km}^2$
		$L = 2,87 \text{ km}$
		$H_{\min} = 76,9 \text{ m}$
		$H_{\max} = 202,0 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 164,5 \text{ m}$
		$I = 4,56 \%$
		$S = 5,86 \%$
		$t_{c,\min} = 0,81 \text{ ore}$
		$t_{c,\max} = 1,30 \text{ ore}$
$t_{c,\text{med}}[E] = 1,03 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t_1 [ore]	1,1	
A_c [m ²]	14,84	i_0 [mm/h]	96,3651	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_4 [ore]	0,3	
		B [h ⁻¹]	5,91				$h_{1,CI}$ [mm]	247,87	
h_c [m]	2,12	β [-]	-0,72	4	7,23%	904	$h_{4,CI}$ [mm]	61,97	
		h_{1h}	22,5741				$h_{1,CPP}$ [mm]	24,57	
B_c [m]	7,00	h_{24h}	65,0498	Portata	Q [m ³ /s]	120,06	$h_{4,CPP}$ [mm]	13,00	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	4,77	10,09

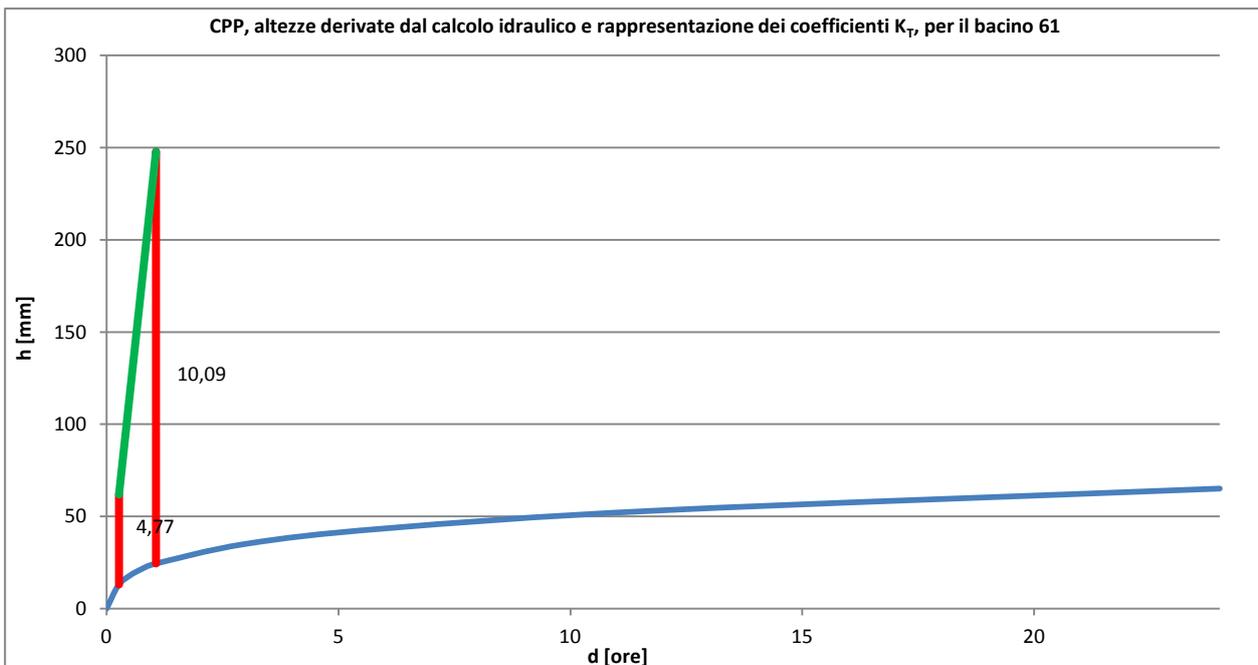
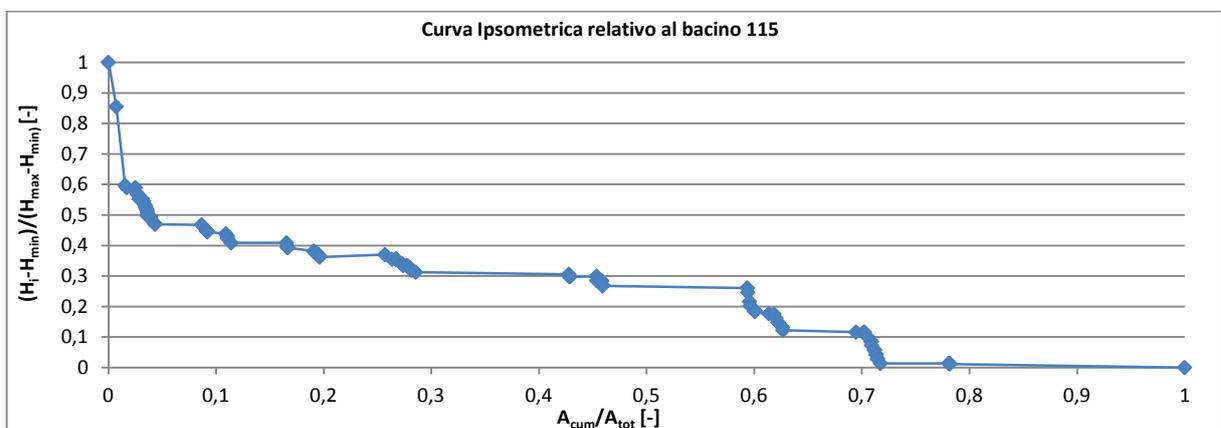
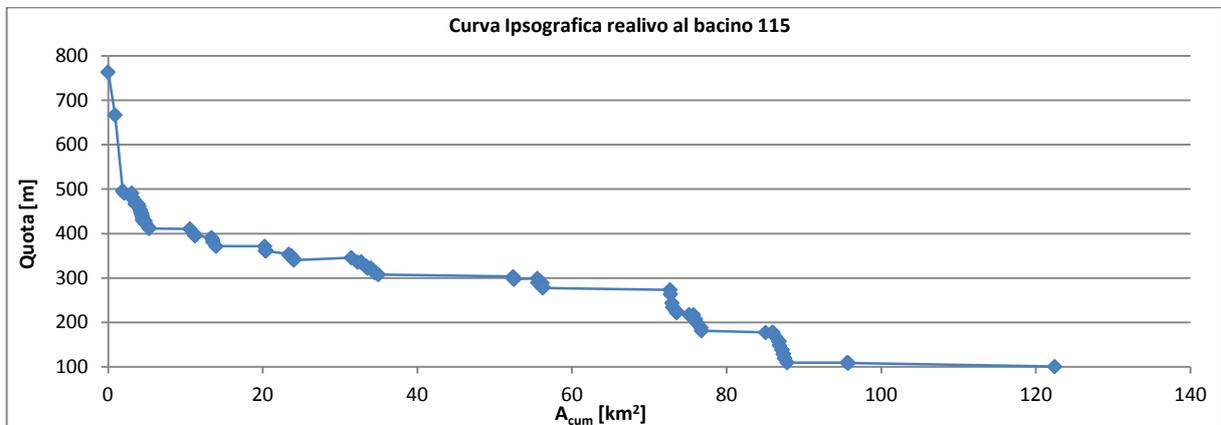
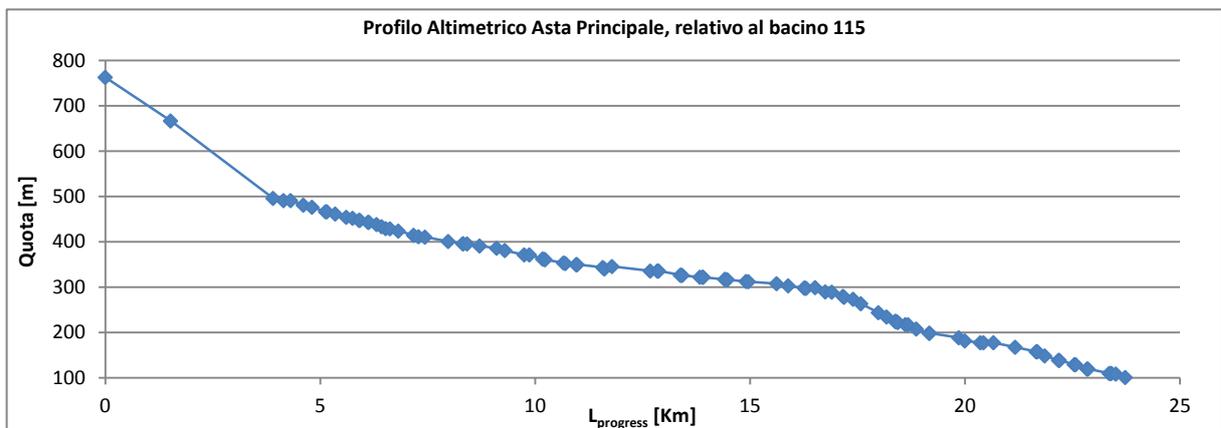
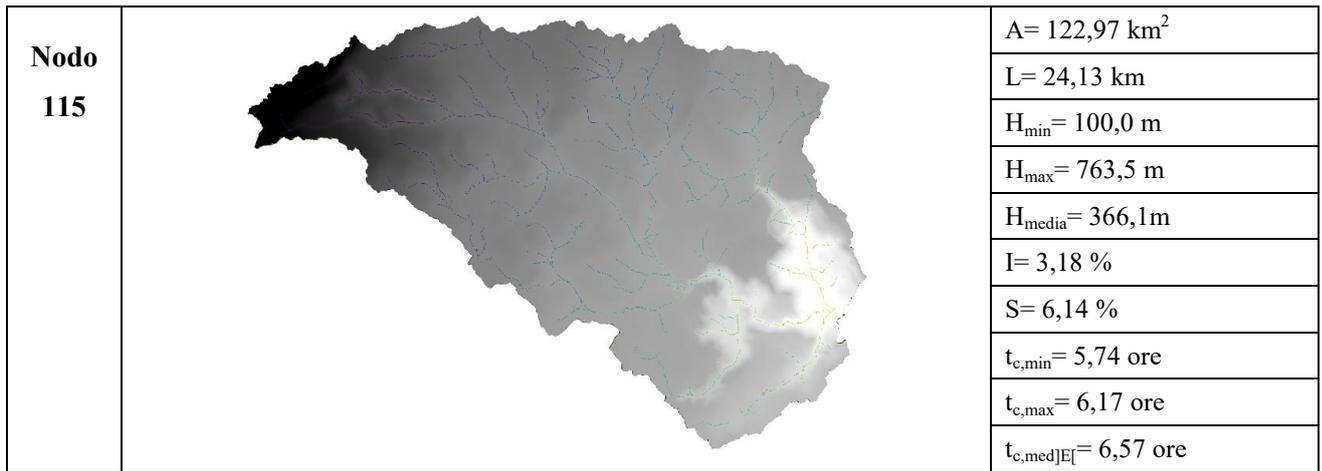
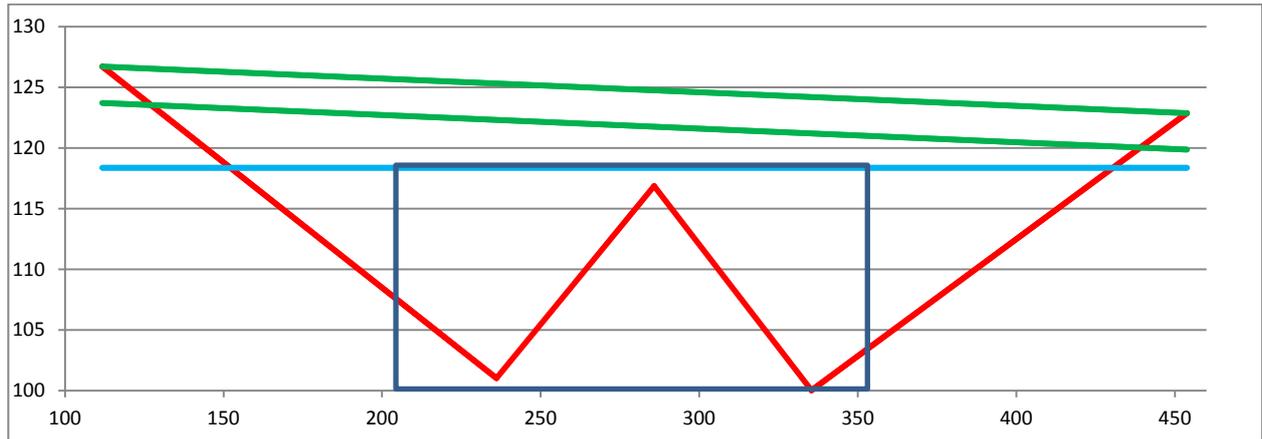


Tabella 4. 32: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 61: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t_1 [ore]	6,7	
A_e [m ²]	2734,15	i_0 [mm/h]	88,6915	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_4 [ore]	1,7	
h_c [m]	18,35	B [h ⁻¹]	5,91				$h_{1,ci}$ [mm]	15603,25	
B_c [m]	149,54	β [-]	-0,71	833	3,75%	220	$h_{4,ci}$ [mm]	3900,81	
		h_{1h}	23,4866				$h_{1,CPP}$ [mm]	43,36	
		h_{24h}	63,8141	Portata	Q [m ³ /s]	79515,46	$h_{4,CPP}$ [mm]	27,46	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	142,05	359,87

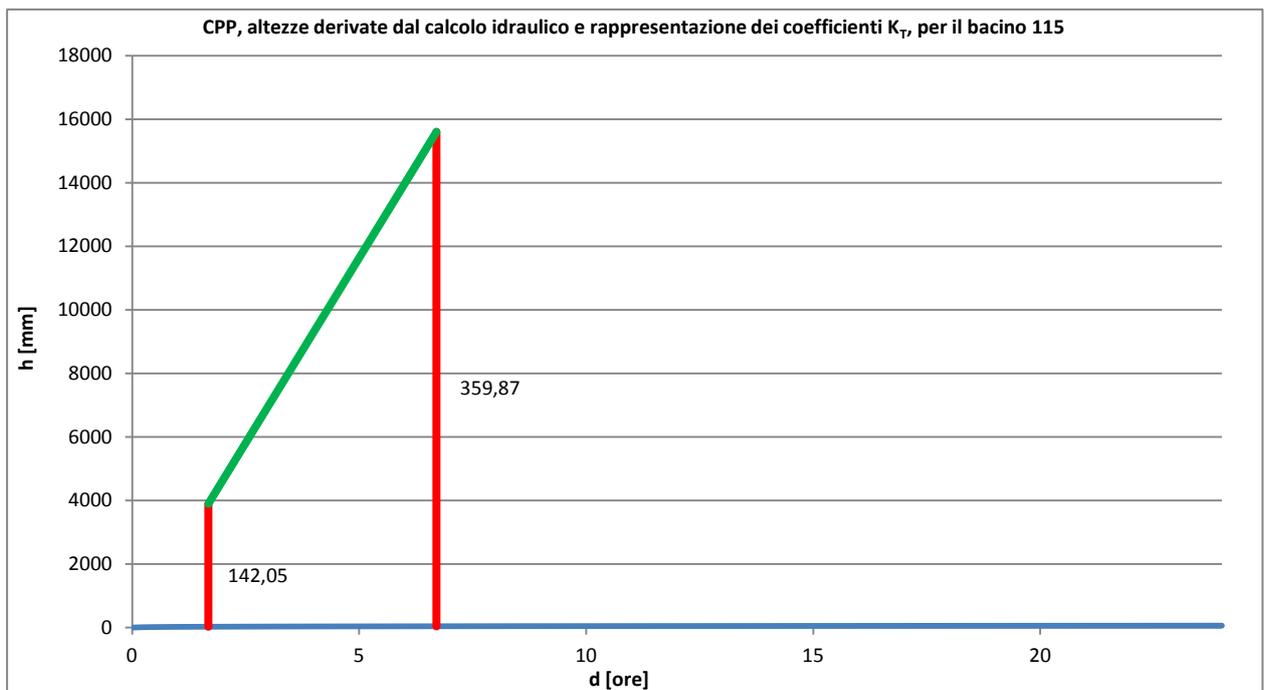
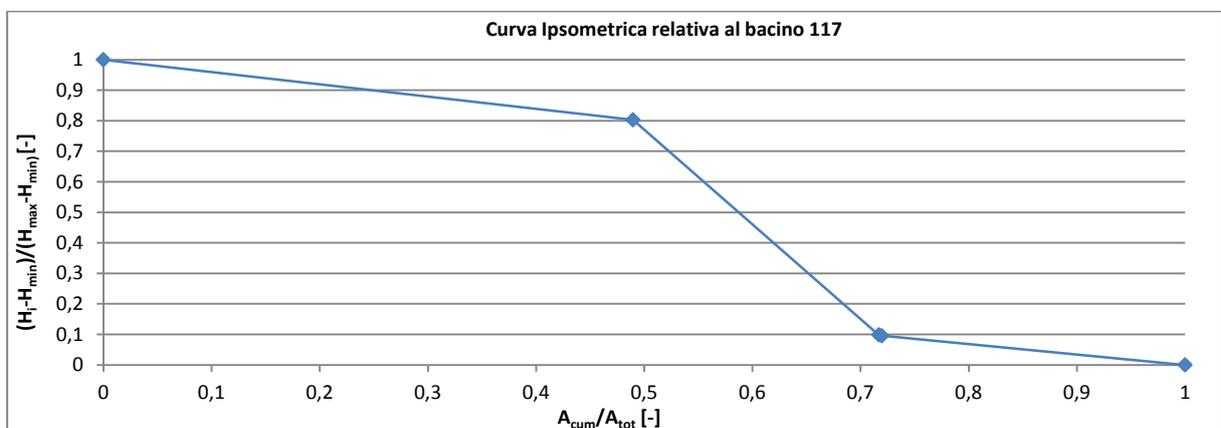
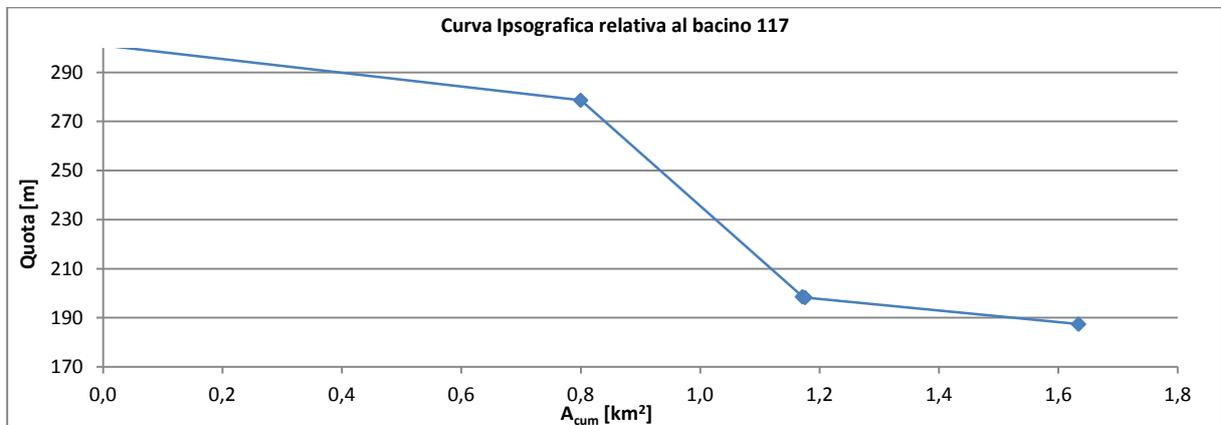
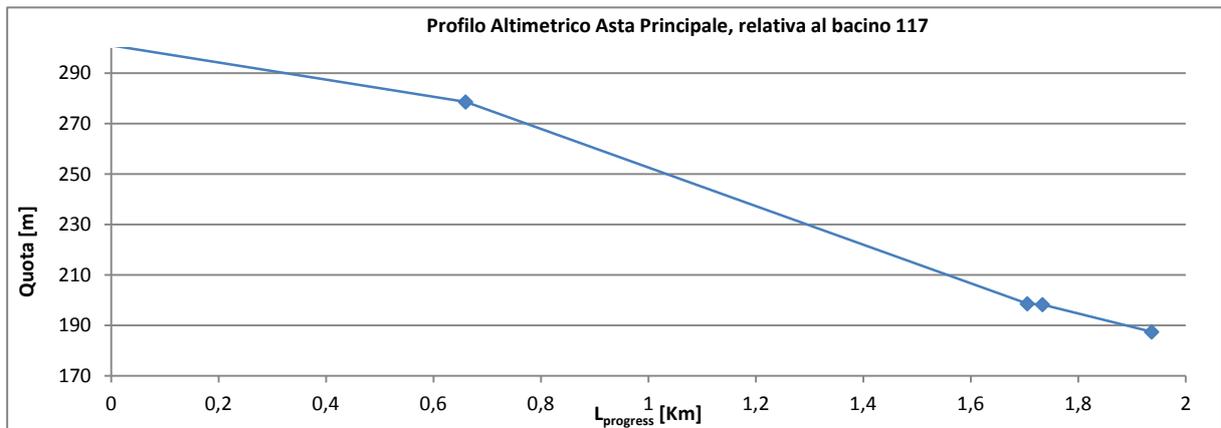
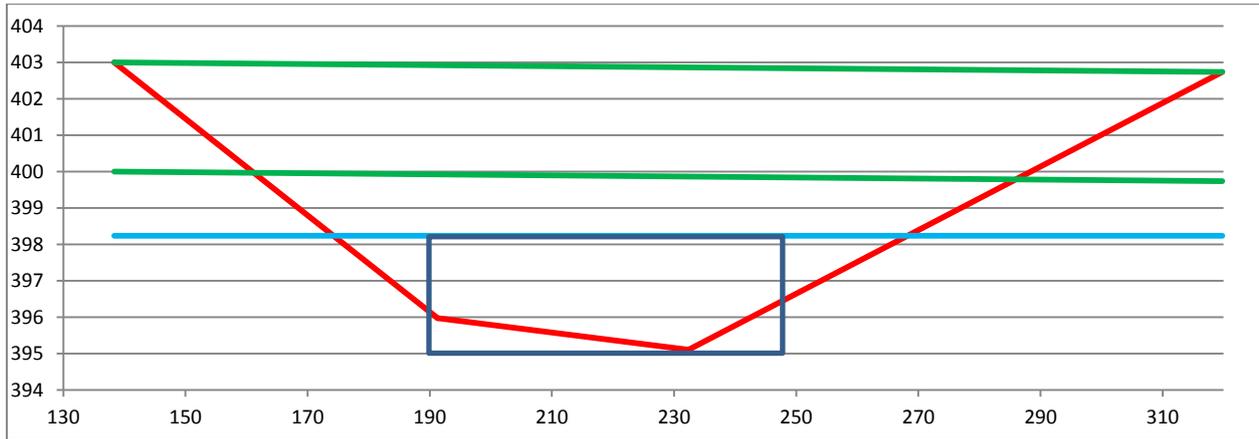


Tabella 4. 33: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 115: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Nodo 117		$A = 1,64 \text{ km}^2$
		$L = 1,94 \text{ km}$
		$H_{\min} = 187,4 \text{ m}$
		$H_{\max} = 310,0 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 273,4 \text{ m}$
		$I = 6,08 \%$
		$S = 8,23 \%$
		$t_{c,\min} = 0,66 \text{ ore}$
$t_{c,\max} = 1,08 \text{ ore}$		
$t_{c,\text{med}}[E] = 0,83 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t_1 [ore]	0,5	
A_c [m ²]	182,9	i_0 [mm/h]	55,2267	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_4 [ore]	0,1	
		B [h ⁻¹]	5,91				$h_{1,CI}$ [mm]	223,52	
h_c [m]	3,14	β [-]	-0,66	7	6,39%	203	$h_{4,CI}$ [mm]	55,88	
		h_{1h}	25,9093				$h_{1, CPP}$ [mm]	11,59	
B_c [m]	58,25	h_{24h}	50,5144	Portata	Q [m ³ /s]	576,60	$h_{4, CPP}$ [mm]	5,06	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	33,61	58,66

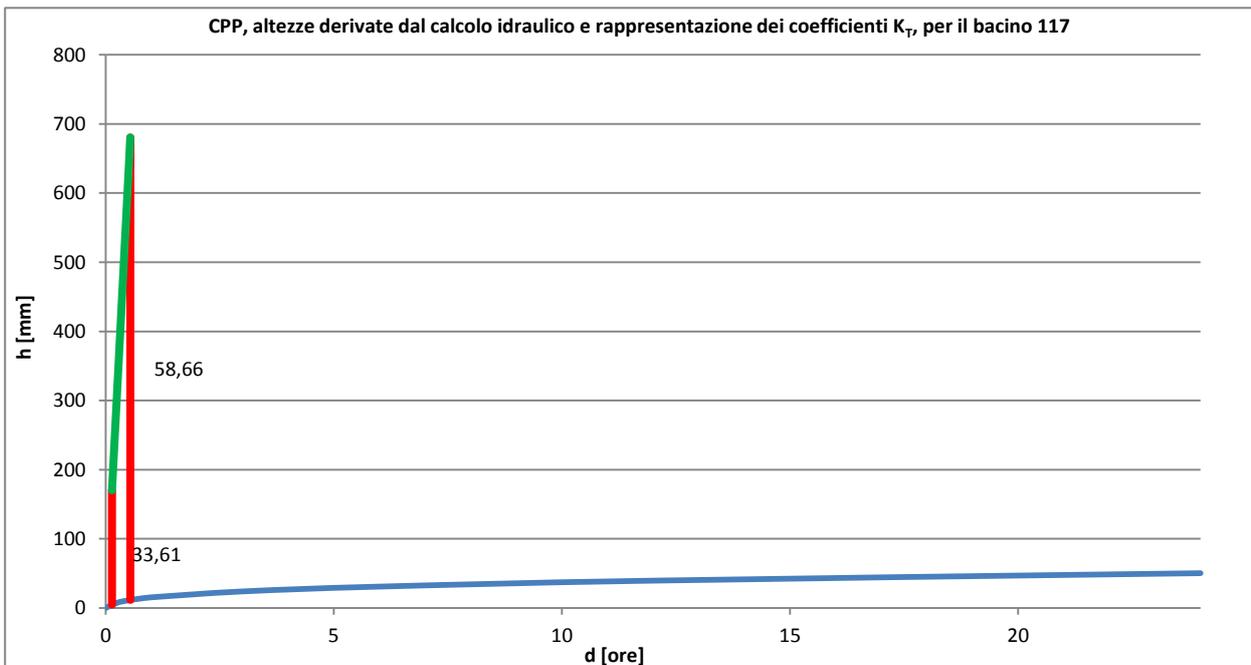
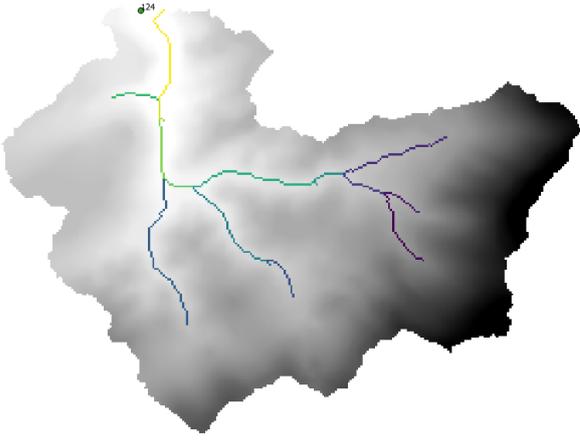
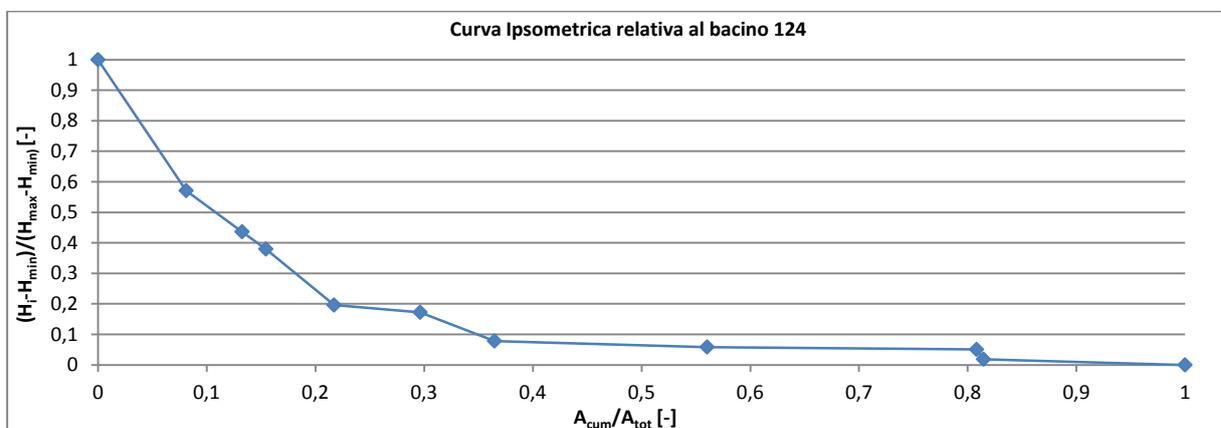
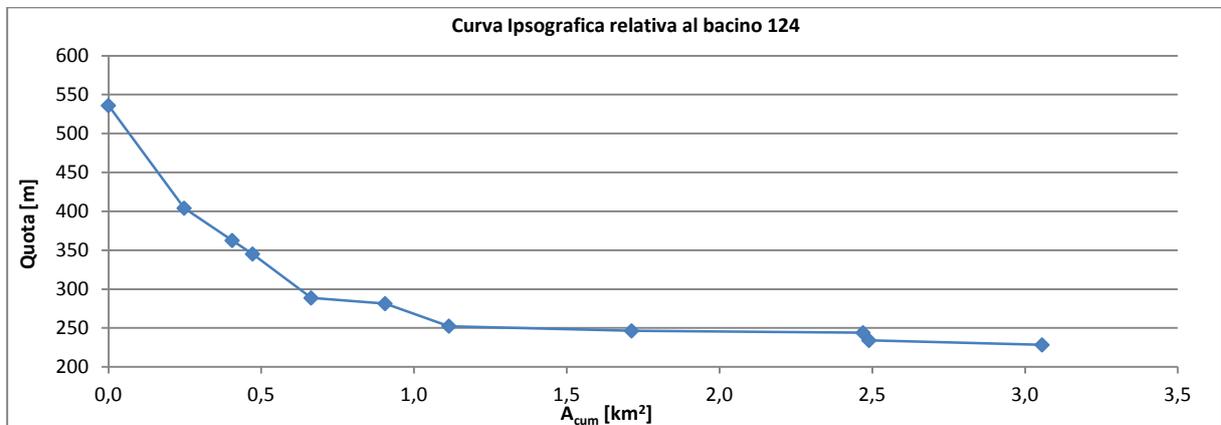
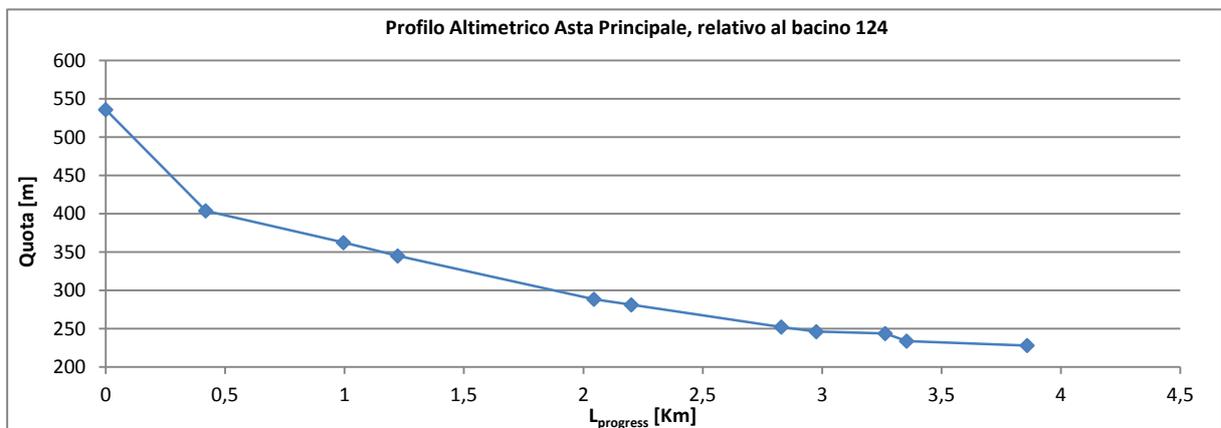
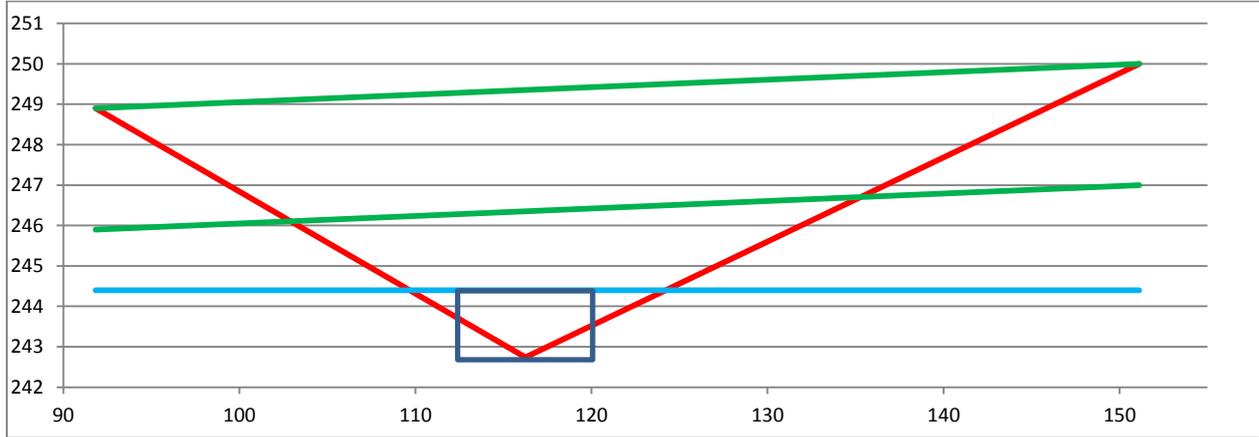


Tabella 4. 34: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 117: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Nodo 124		$A = 3,09 \text{ km}^2$
		$L = 3,86 \text{ km}$
		$H_{\min} = 228,3 \text{ m}$
		$H_{\max} = 536,0 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 335,1 \text{ m}$
		$I = 11,96 \%$
		$S = 23,54\%$
		$t_{c,\min} = 0,89 \text{ ore}$
$t_{c,\max} = 0,96 \text{ ore}$		
$t_{c,\text{med}}E = 0,93 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze			
							t_1 [ore]	1,1		
A_c [m ²]	12,08	i_0 [mm/h]	82,4293	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_4 [ore]	0,3		
		B [h ⁻¹]	5,91				$h_{1,C1}$ [mm]	65,34		
h_c [m]	1,66	β [-]	-0,68	17	2,52%	505	$h_{4,C1}$ [mm]	16,34		
		h_{1h}	23,4860				$h_{1,CPP}$ [mm]	22,72		
B_c [m]	7,28	h_{24h}	67,1839	Portata	Q [m ³ /s]	52,34	$h_{4,CPP}$ [mm]	11,57		
							$K_{Tmin/max}$ [-]	1,41	2,88	

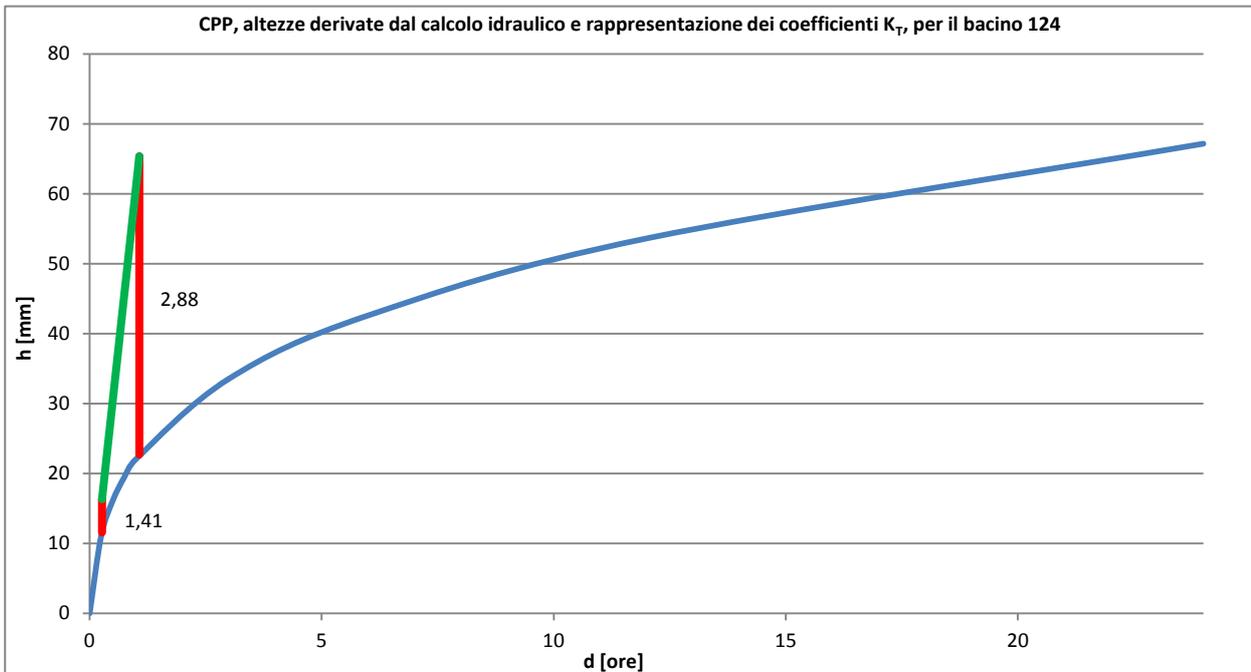
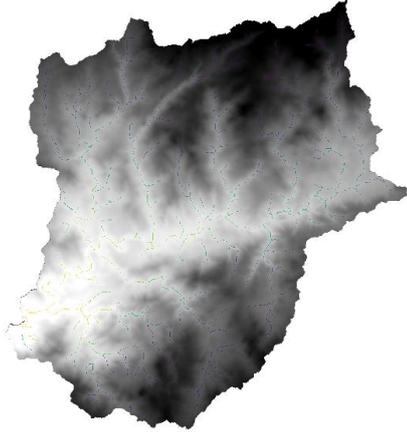
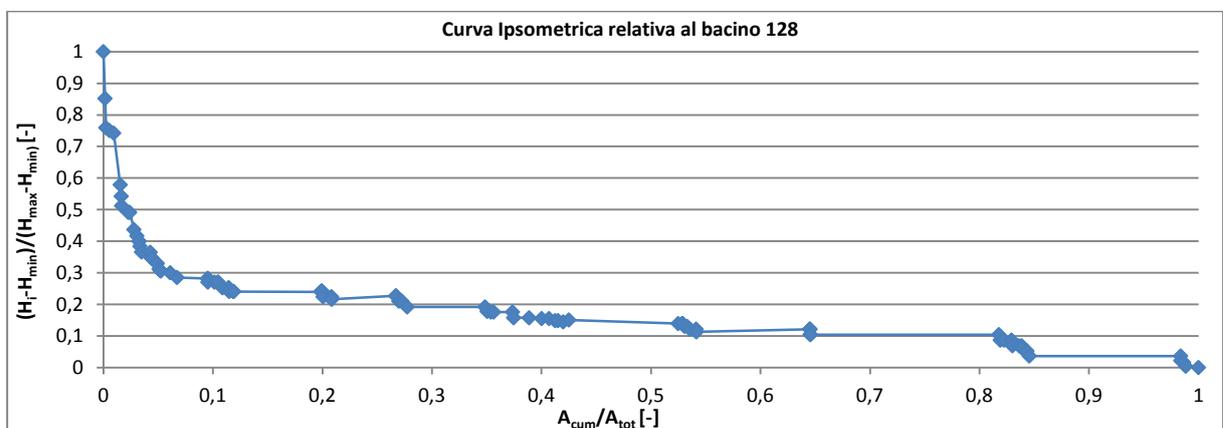
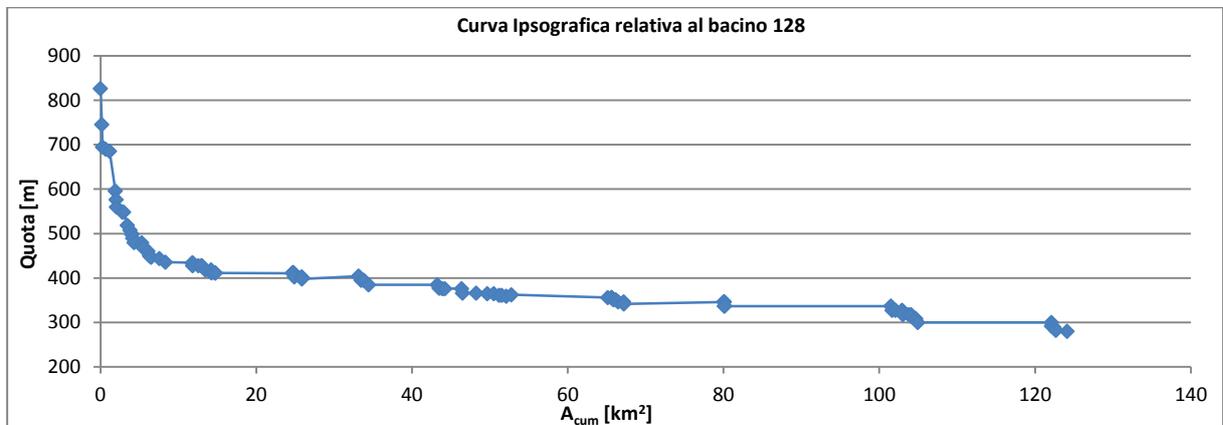
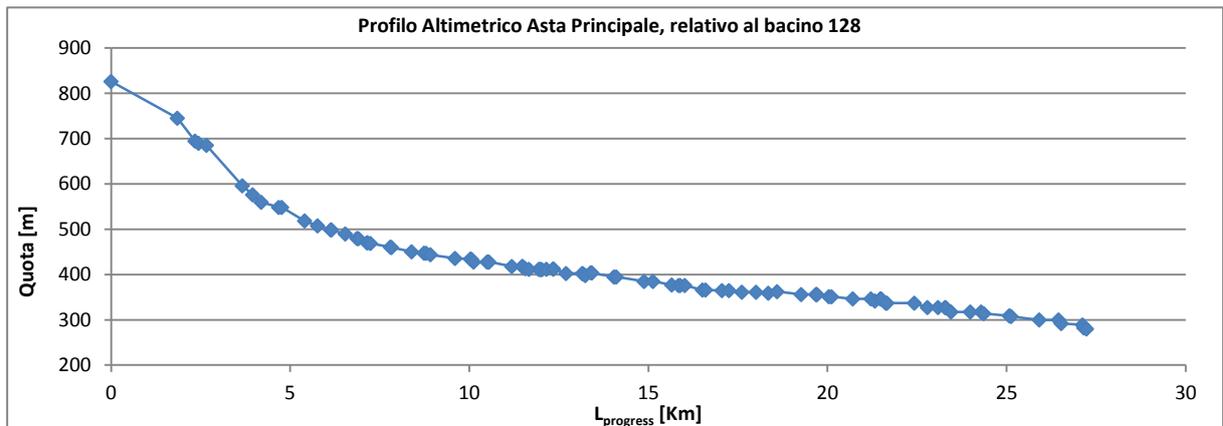
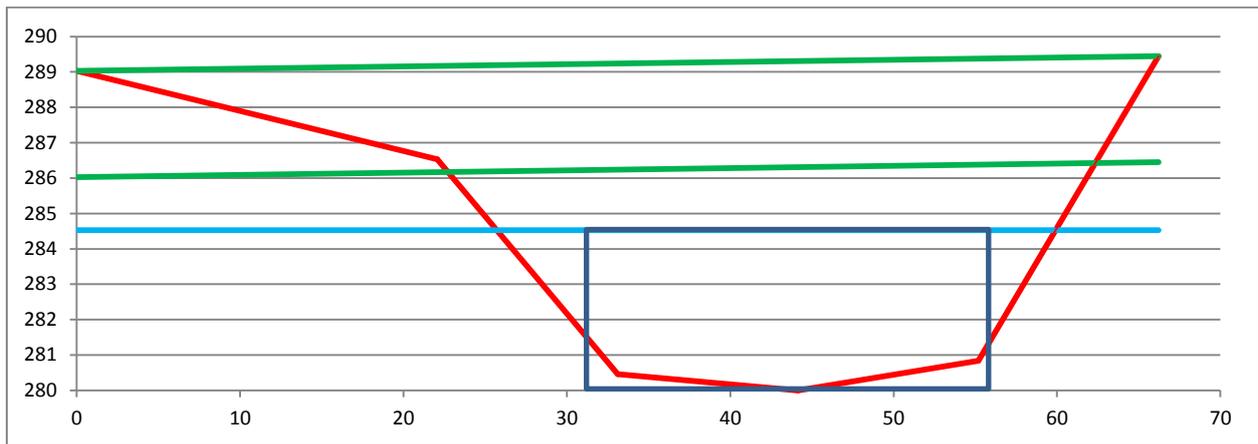


Tabella 4. 35: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 124: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Nodo 128		$A = 125,51 \text{ km}^2$
		$L = 27,23 \text{ km}$
		$H_{\min} = 280,0 \text{ m}$
		$H_{\max} = 826,1 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 550,2 \text{ m}$
		$I = 2,35 \%$
		$S = 17,35 \%$
		$t_{c,\min} = 6,51 \text{ ore}$
		$t_{c,\max} = 6,64 \text{ ore}$
$t_{c,\text{med}} _e = 7,55 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t_1 [ore]	7,6	
A_e [m ²]	116,35	i_0 [mm/h]	83,7722	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	t_4 [ore]	1,9	
		B [h ⁻¹]	5,91				$h_{1,CI}$ [mm]	212,56	
h_e [m]	4,53	β [-]	-0,67	912	7,78%	75	$h_{4,CI}$ [mm]	53,14	
		h_{1h}	23,6979				$h_{1,CPP}$ [mm]	48,77	
B_e [m]	25,68	h_{24h}	72,0339	Portata	Q [m ³ /s]	979,65	$h_{4,CPP}$ [mm]	29,62	
							$K_{Tmin/max}$ [-]	1,79	4,36

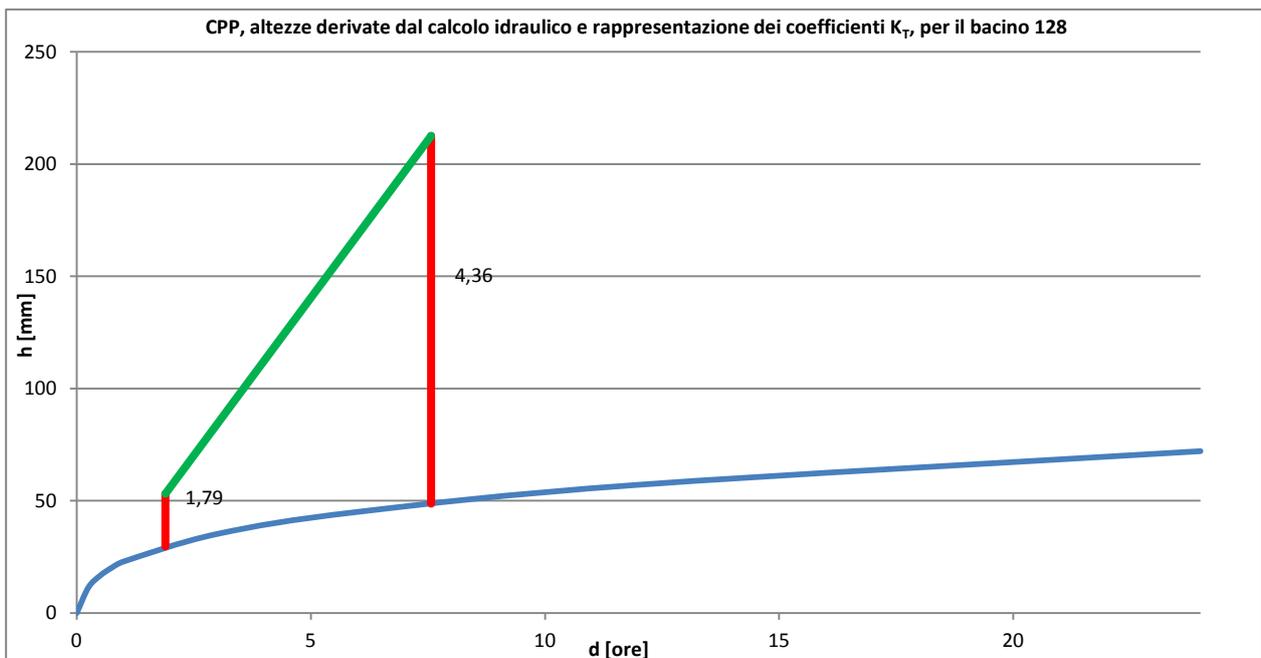
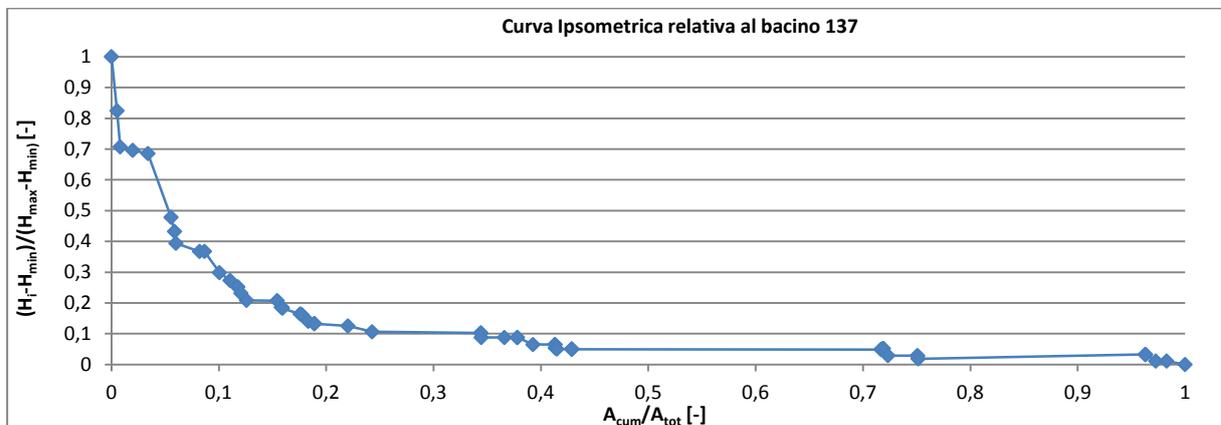
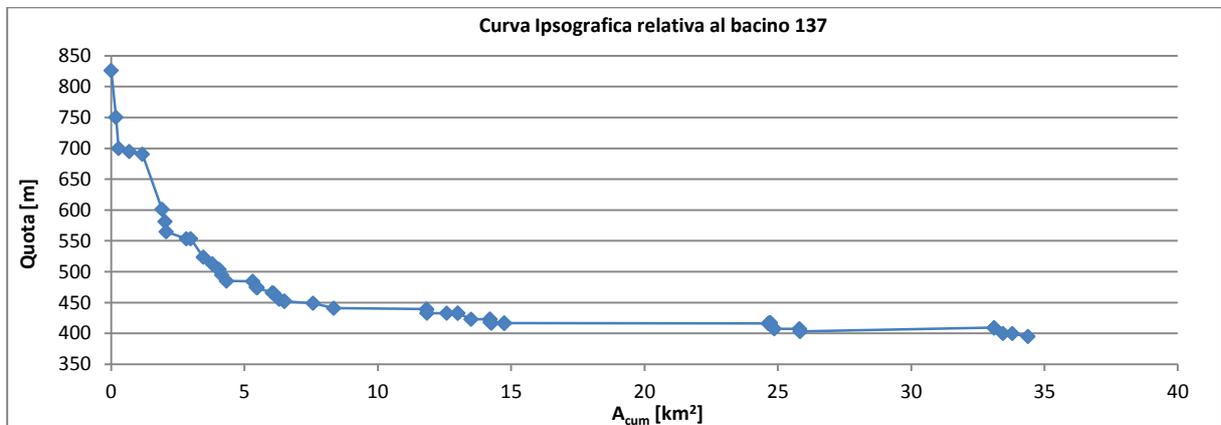
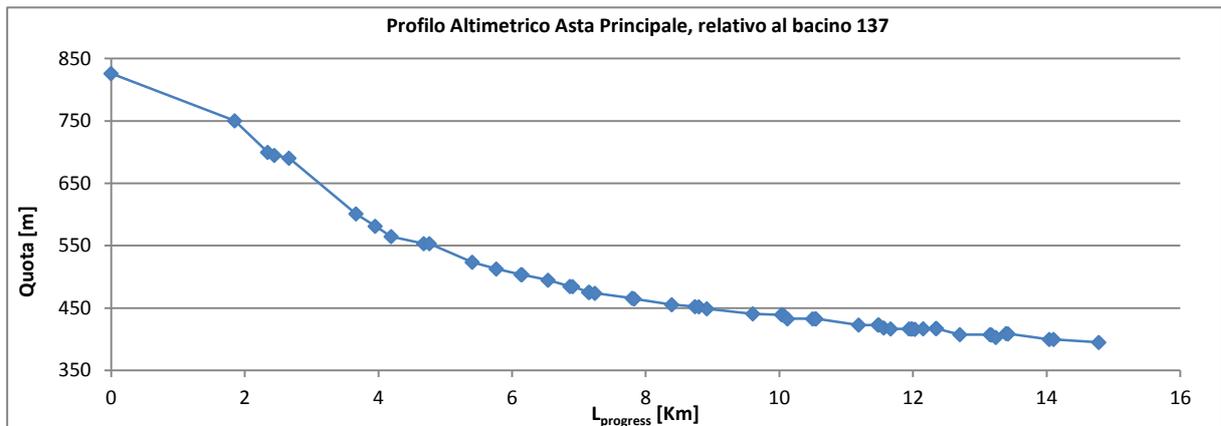
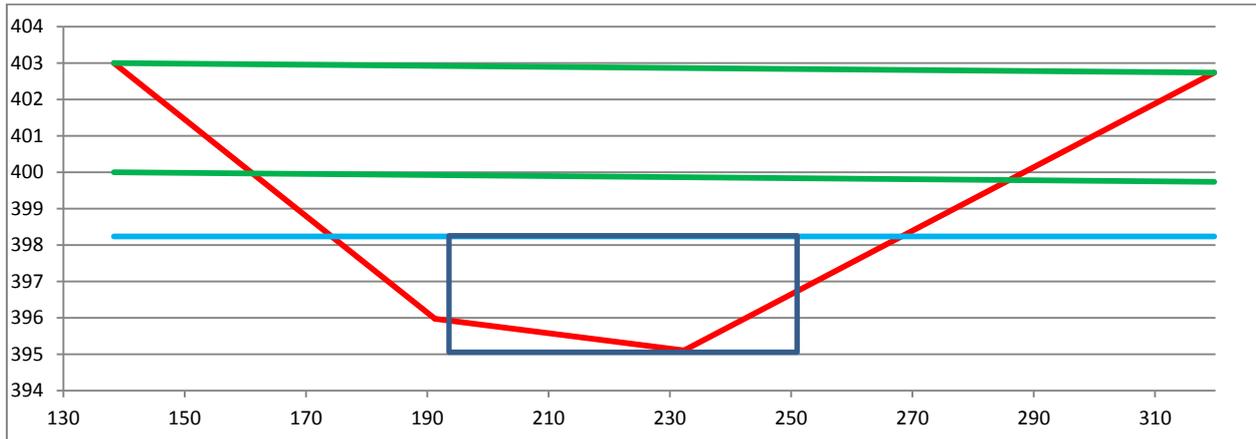


Tabella 4. 36: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 128: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Nodo 137		$A = 35,65 \text{ km}^2$
		$L = 14,78 \text{ km}$
		$H_{\min} = 395,0 \text{ m}$
		$H_{\max} = 826,1 \text{ m}$
		$H_{\text{media}} = 590,4 \text{ m}$
		$I = 2,39 \%$
		$S = 16,62 \%$
		$t_{c,\min} = 4,12 \text{ ore}$
		$t_{c,\max} = 4,78 \text{ ore}$
$t_{c,\text{med}} = 4,50 \text{ ore}$		





Sezione Equivalente		Parametri Pluviometrici		Dati Ultimo tratto Asta Principale			Portata, tempi ed altezze		
							t_1 [ore]	4,1	t_4 [ore]
A_c [m ²]	182,9	i_0 [mm/h]	83,3762	Tratto	Pendenza [-]	L_{tratto} [m]	$h_{4,C1}$ [mm]	39,82	
h_c [m]	3,14	B [h ⁻¹]	5,91				276	0,87%	676
B_c [m]	58,3	β [-]	-0,67	Portata	Q [m ³ /s]	384,14	$h_{4,CPP}$ [mm]	23,34	
		h_{ih}	23,5933				$K_{Tmin/max}$ [-]	1,71	4,01
		h_{24h}	73,1621						

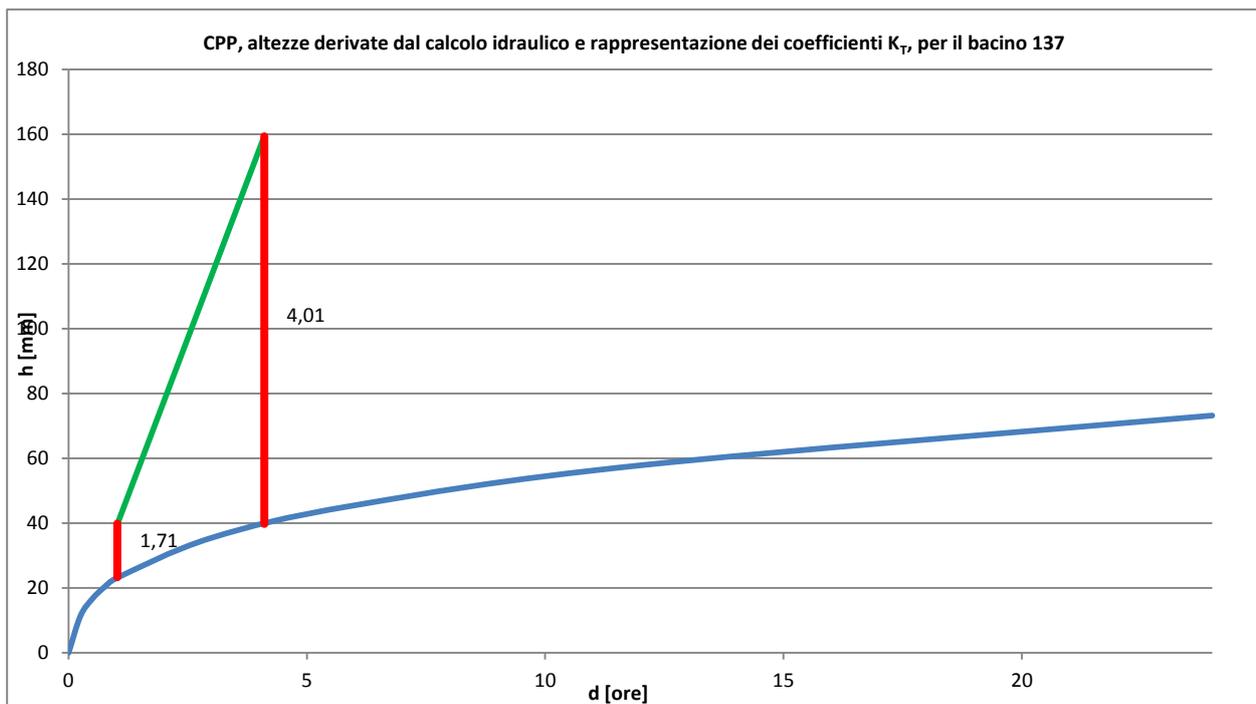


Tabella 4. 37: Scheda con caratteristiche nodo idrografico 128: bacino, sezione di chiusura, portata, intervallo di attenzione.

Allegato 4.3: Parametri di stazione della distribuzione GEV

C	Est	Nord	k	σ^*	μ^*
1	1512420	4406680	0,080	0,239	0,843
8	1511240	4390110	0,000	0,292	0,831
14	1487120	4375310	0,000	0,293	0,831
15	1471070	4360720	0,070	0,329	0,786
16	1477850	4368200	0,140	0,341	0,751
26	1504030	4379180	0,000	0,295	0,830
28	1521300	4370850	-	-	-
35	1497500	4349950	-	-	-
38	1460250	4351290	0,020	0,291	0,826
50	1487300	4320690	0,150	0,304	0,770
51	1493050	4315920	0,130	0,355	0,742
53	1500250	4317950	0,080	0,341	0,775
62	1481400	4338250	-	-	-
63	1480724	4339679	0,100	0,359	0,755
64	1480700	4335600	-	-	-
65	1479900	4338000	-	-	-
71	1461780	4324540	0,000	0,257	0,852
82	1456910	4365400	0,000	0,260	0,850
85	1470950	4371530	0,100	0,339	0,768
93	1484720	4401710	0,160	0,245	0,813
102	1468140	4409400	0,000	0,227	0,869
103	1466560	4413930	0,000	0,238	0,863
106	1526600	4489250	-	-	-
114	1502860	4463940	0,170	0,279	0,782
129	1521730	4440790	0,000	0,267	0,846
131	1524500	4443900	-	-	-
134	1512700	4435330	0,000	0,221	0,872
137	1517100	4434300	-	-	-
138	1493160	4447100	0,000	0,301	0,826
144	1491190	4431390	0,060	0,253	0,839
146	1519640	4429420	0,130	0,251	0,818
148	1515440	4421450	0,000	0,228	0,868
151	1508980	4430790	0,000	0,227	0,868
153	1506260	4421700	0,080	0,245	0,383
158	1511350	4413050	-	-	-
164	1488480	4423060	0,000	0,237	0,863
174	1470430	4443630	0,050	0,303	0,810
175	1467010	4436810	0,000	0,282	0,837
180	1463250	4448970	0,000	0,230	0,867
181	1455410	4483660	0,140	0,238	0,823
187	1481760	4464130	0,070	0,244	0,841
192	1457600	4460950	0,030	0,330	0,798
201	1439500	4493900	-	-	-
216	1472280	4510430	0,000	0,266	0,846
217	1467850	4507550	-	-	-
233	1484670	4498070	0,070	0,311	0,799
235	1500330	4492640	0,140	0,234	0,826
241	1508450	4507600	0,000	0,337	0,805
242	1527500	4517200	0,030	0,375	0,774
246	1521990	4491960	0,000	0,321	0,815
254	1483960	4514280	0,000	0,297	0,828
265	1508800	4528050	0,050	0,274	0,827
273	1532150	4558990	0,040	0,295	0,817
276	1533800	4562350	-	-	-
281	1542780	4530430	0,000	0,318	0,817
290	1559000	4506850	0,020	0,315	0,811

C	Est	Nord	k	σ^*	μ^*
300	1565570	4491810	0,100	0,342	0,767
311	1550110	4460210	0,000	0,418	0,759
312	1527280	4463370	0,090	0,446	0,699
317	1559260	4470230	0,150	0,396	0,704
318	1554100	4459500	0,010	0,372	0,781
319	1543280	4445540	0,060	0,439	0,721
321	1542410	4432450	0,130	0,476	0,658
328	1556270	4419850	0,000	0,399	0,770
329	1545170	4418760	0,020	0,435	0,740
330	1545990	4414520	0,020	0,433	0,741
332	1543830	4406090	0,000	0,361	0,792
333	1547380	4403890	0,110	0,392	0,728
337	1537830	4392560	0,090	0,356	0,759
339	1551220	4374700	0,110	0,405	0,714
341	1542310	4417140	0,100	0,451	0,693
345	1534440	4429720	0,180	0,373	0,706
349	1515200	4413050	-	-	-
351	1520160	4413430	0,050	0,315	0,802
353	1518320	4401430	0,080	0,259	0,829
354	1519700	4396860	0,030	0,291	0,823
355	1527940	4409760	0,130	0,326	0,765
357	1533750	4406900	-	-	-
363	1530980	4377850	0,200	0,428	0,651
369	1532550	4374880	0,180	0,428	0,664
371	1548490	4364000	0,180	0,411	0,672
374	1535980	4346850	0,100	0,338	0,768
376	1541100	4355950	0,190	0,372	0,700
377	1542920	4343130	0,100	0,363	0,751
383	1524230	4351320	0,180	0,283	0,775
384	1516090	4351160	0,040	0,312	0,805
387	1510370	4340500	0,010	0,335	0,805
395	1555500	4514850	-	-	-
397	1465740	4507270	-	-	-

Tabella 4. 38: Tabella dei parametri di stazione per la stima della distribuzione GEV.

Ringraziamenti

Non mi rendo ancora conto del fatto che finalmente sono arrivato al termine di questo percorso. Mentre scrivo queste righe mancano pochi alla partenza in Tanzania e poi quando ritornerò in Italia, metterò la parola fine al capitolo del mio libro che è chiamato Università. Voglio scrivere questi ringraziamenti per nominare tutti quelli che hanno avuto per me un ruolo fondamentale o comunque importante in questi anni della mia vita.

Il primo ringraziamento va alla mia famiglia, alla quale ho dedicato questa tesi. Voglio ringraziare mia sorella, mia madre e mio padre per tutto quello che sono, che mi hanno dato e che continueranno a darmi; io scherzo sempre sul fatto che siamo la cosa più lontana dalla classica “famiglia del mulino bianco”; se qualcuno ci vedesse da fuori, senza conoscerci, strabuzzerebbe gli occhi, ma non potrebbe mai capire; io devo tutto a voi, ciò che sono, i miei valori, i miei sogni ed il più grande insegnamento di tutti: insieme come famiglia non esiste nulla che non possiamo affrontare.

Volevo dire grazie a mia nonna, che mi ha sempre sostenuto, che ha sempre creduto in me, che è anche grazie a lei che ho potuto svolgere questo percorso; grazie per esserci sempre stata anche da bambino quando ti prendevi cura di me, ti voglio un mondo di bene.

Ringrazio tutta la famiglia: con una parola, con un sorriso, con un piccolo gesto, mi hanno aiutato a credere in me stesso, soprattutto nei momenti di sconforto, anche se non lo davo a vedere: grazie zie, zii, cugine e cugini. Qui voglio ricordare zio Bartolo; è ancora doloroso pensare a ciò che è accaduto e vorrei che tu fossi ancora fisicamente qui con noi, poterti finalmente mostrare con orgoglio dove sono arrivato. So che comunque sei al nostro fianco e che ci proteggi. Grazie per essere stato un modello da cui trarre ispirazione.

“...ci guadagno il colore del grano.”.

Questa è ciò che la Volpe ha detto al Piccolo Principe, dopo che si è fatta addomesticare, prima di salutarsi e mentre è dispiaciuta della partenza del suo amico. Con questa frase, di cui ho fatto sempre tesoro e un pilastro nella mia vita, volevo iniziare a ringraziare tutti gli amici. Posso vantarmi di avere tante vere amicizie e questa è l'occasione per dire quello che di solito viene taciuto. È vero che sono una persona che magari non è la migliore nel farsi sentire, nell'essere presente fisicamente, ma ho fatto sempre del mio meglio per esserci e posso dirvi di pensare almeno una volta al giorno ad ognuno di voi. Grazie Emanuela ed Alessandro, i miei migliori amici, grazie per essere ciò che siete e per tutti questi anni di favoloso rapporto, da far invidia al mondo. Grazie a Elda, Eleonora, Helena, Antonio, Silvia e Giuseppe e Federica: voglio dirvi grazie per la vostra amicizia, e per tutto quello che insieme abbiamo vissuto. Nella mia vita a Torino abbiamo creato un gruppo del quale possiamo essere orgogliosi: grazie a Cristina, Peppe, Claudio, Tore, Ivana, Laura e Davide. È stato bellissimo vivere con tutti voi, i ricordi sono tantissimi ed uno più divertente dell'altro: via Gioberti; Tore, puoi dire quello che vuoi ma ne hai fatto parte anche tu; ragazzi, quegli anni non saranno mai dimenticati; insieme abbiamo vissuto

l'università e grazie a voi i bei momenti c'erano sempre, come anche i momenti tristi, quelli di pazzia, quelli di rabbia e quelli esasperati, ma quanto siamo stati bene. Grazie a Marica, Mariella e Giampiero, per tutto, davvero per tutto, perché siamo un bellissimo gruppo di cocottini e i ricordi sono infiniti e meravigliosi; ma soprattutto perché voi, più di chiunque altro siete stati compagni di viaggio nel percorso dell'università e poi della vita; la cosa importante è il nostro rapporto e non le stupidaggini di poco conto che accadono. Grazie al TO22, una seconda famiglia; siete arrivati nel momento in cui avevo più bisogno, in cui avevo perso la mia strada e non capivo più l'importanza delle cose. Il Reparto e la Comunità Capi sono stati la mia guida per ritrovare il sentiero che si era perduto; siete troppi per essere nominati uno ad uno, ma vi assicuro che non dimenticherò mai ognuno di voi e ciò che ho imparato, soprattutto da voi ragazzi. Laura, a te un ringraziamento speciale, per quello che sei e perché è grazie a te che siamo arrivati a poter volare così in alto e così lontano. Poi ringrazio tutte le altre persone importanti che in questi anni hanno avuto un ruolo nella mia vita: Luana, Anteneh, Alfonso, Valeria, Ivo, Leonardo, Roberta, Elena, Chiara, Ilaria, Gabriella, Marseda, Luciana, Alessia, Aixa; tutti avete reso la mia vita più felice e leggera, ognuno a suo modo, nei suoi tempi e nei suoi luoghi, e non lo dimenticherò mai.

De otro modo quiero agradecer todas las personas que conoci en Venezuela. Para mi fue una experiencia unica y ahora puedo ver el mundo con otros ojos. Nunca voy a olvidar los ninos y las ninas, los Profes, Pedro Sahyly, Margori, y Ignazio; el para mi fue guia en un lugar donde siempre fui aceptado. Espero para todos ustedes paz y que el pais puede salir da esta situacion muy pronto.

Infine voglio ringraziare il Prof. Pierluigi Claps, l'Ing. Andrea Libertino e l'Ing. Susanna Grasso. Dopo un percorso lunghissimo, reso lungo per le mie scelte, insieme siamo arrivati al traguardo. Grazie per la professionalità e per la pazienza dimostrata nell'accompagnarmi in questo ultimo pezzo di strada.

