



CODE

C21BLN001CWR05201

PAGE

1 di/of 44

TITLE: RELAZIONE Idrologica-Idraulica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**“IMPIANTO EOLICO DI 43,4 MW IN LOCALITÀ MONTE SANT'ANTONIO”
 COMUNI DI SINDIA E MACOMER (NU)
 Progetto definitivo**

Relazione Idrologica-Idraulica

Il Tecnico
Ing. Leonardo Splendido



File:C21BLN001CWR05201_Relazione Idrologica-Idraulica

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	30/05/2022	SECONDA EMISSIONE	B. Bruns	M. Barresi	L.Splendido
00	17/05/2022	PRIMA EMISSIONE	B. Bruns	M. Barresi	L.Splendido

VALIDATION

<i>NOME</i>	<i>NOME</i>	<i>NOME</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT SINDIA EO	INTERNAL CODE
	C21BLN001CWR05201

CLASSIFICATION: COMPANY

UTILIZATION SCOPE

INDICE

	INTRODUZIONE	3
	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
	1.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO Comune di sindia	5 5
	1.2 BACINO IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO	8
1	DATI IDROLOGICI DISPONIBILI	10
	2.1 STAZIONI DI RIFERIMENTO	10
1.1.1	2.2 DATI DI PIOGGIA DISPONIBILI	11
2	ANALISI DEI DATI IDROLOGICI DISPONIBILI	27
	3.1 GRINGORTEN	27
3	3.2 GUMBEL	27
	Metodo dei momenti	28
	Metodo L-moment	28
3.2.3.3	3.2.3 FUNZIONE DI VALORE ESTREMO GENERALIZZATO(GEV)	29
3.2.2	Metodo dei momenti	29
3.3.1	Metodo L-moment	30
3.3.3.4	3.3.4 IMPOSTAZIONE SCELTA PER LA STAZIONE 'SINDIA'	31
4	METODI AFFLUSSI – DEFLUSSI	33
	4.1 METODO RAZIONALE	33
	4.2 METODO SCS-CURVE NUMBER	34
5	ANALISI IDRAULICA E VERIFICA AREE ESONDABILI	38
6	DIMENSIONAMENTO DELLE CUNETTE STRADALI	39
	6.1 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INFLUENZA	39
	6.2 STIMA DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER DURATE INFERIORE ALL'ORA (BELL)	40
7	6.3 CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA	41
	6.4 DIMENSIONAMENTO CUNETTE STRADALI	42
	CONCLUSIONI	44

INTRODUZIONE

La presente si propone di configurare, nell'ambito della progettazione di un impianto eolico da realizzarsi nel comune di Sindia in provincia di Nuoro, in Sardegna, un quadro conoscitivo circa i caratteri generali dell'idrologia al fine di caratterizzare la zona di intervento.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le aree oggetto di intervento ricadono nel comune di Sindia in provincia di Nuoro. I siti sono localizzati in corrispondenza della demarcazione tra le aree geografiche denominate Oristano e ¹Nuoro, circa 120 km a nord-ovest del capoluogo di Regione, 60 km a ovest di Nuoro e 35 km a nord di Oristano.

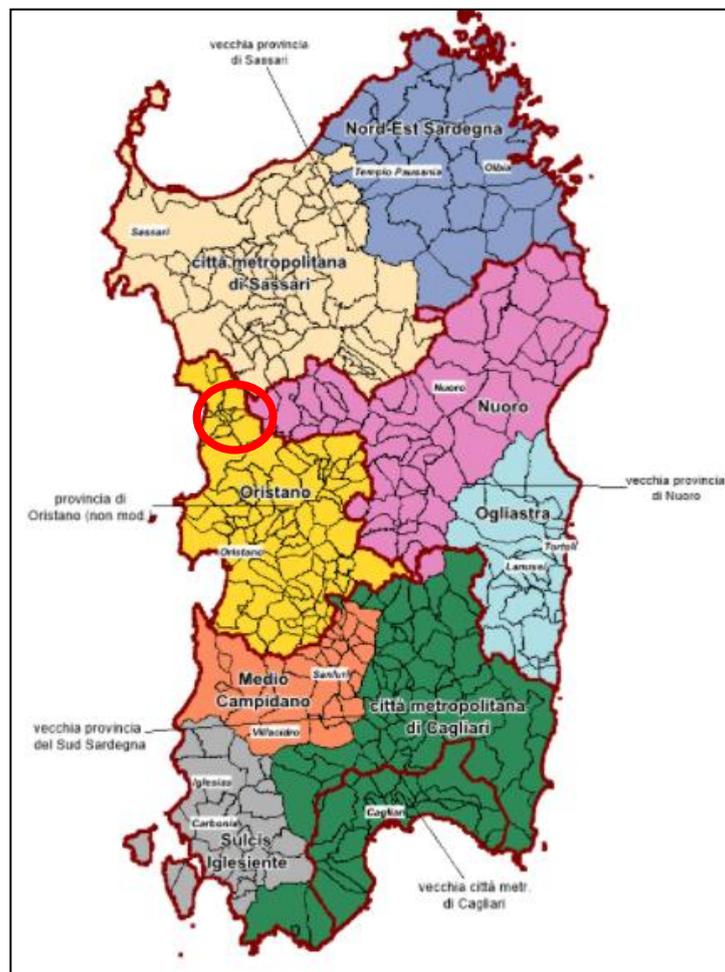


Figura 1 – Inquadramento aree oggetto di intervento nei comuni menzionati

Nello specifico, le suddette aree denominate Sindia 1, Sindia 2, Sindia 3, Sindia 4, Sindia 5, Sindia 6 e Sindia 7 sono disposte sul territorio secondo lo schema di seguito indicato.

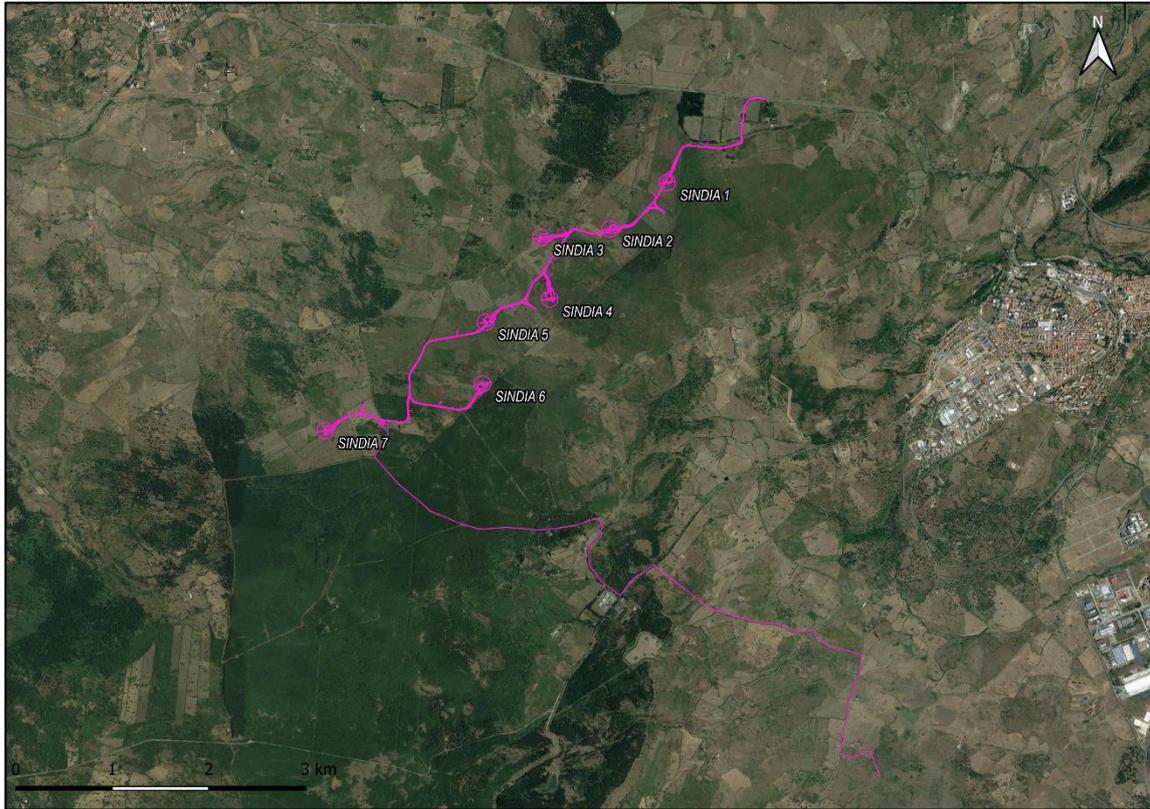


Figura 2 – Inquadramento delle aree oggetto di intervento su base satellitare

1.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO

Comune di Sindia

Il comune di Sindia, nel quale ricadono le aree oggetto di intervento, è caratterizzato da una stagione calda che dura dal 16 giugno al 11 settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 26 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura massima di 29 °C e minima

1.1. di 17 °C.

Per quanto riguarda invece la stagione fresca essa ricopre un arco temporale che dura dal 20 novembre al 23 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore pari a 14 °C. Il mese più freddo dell'anno è gennaio, con una temperatura minima media di 2 °C e massima di 10 °C.

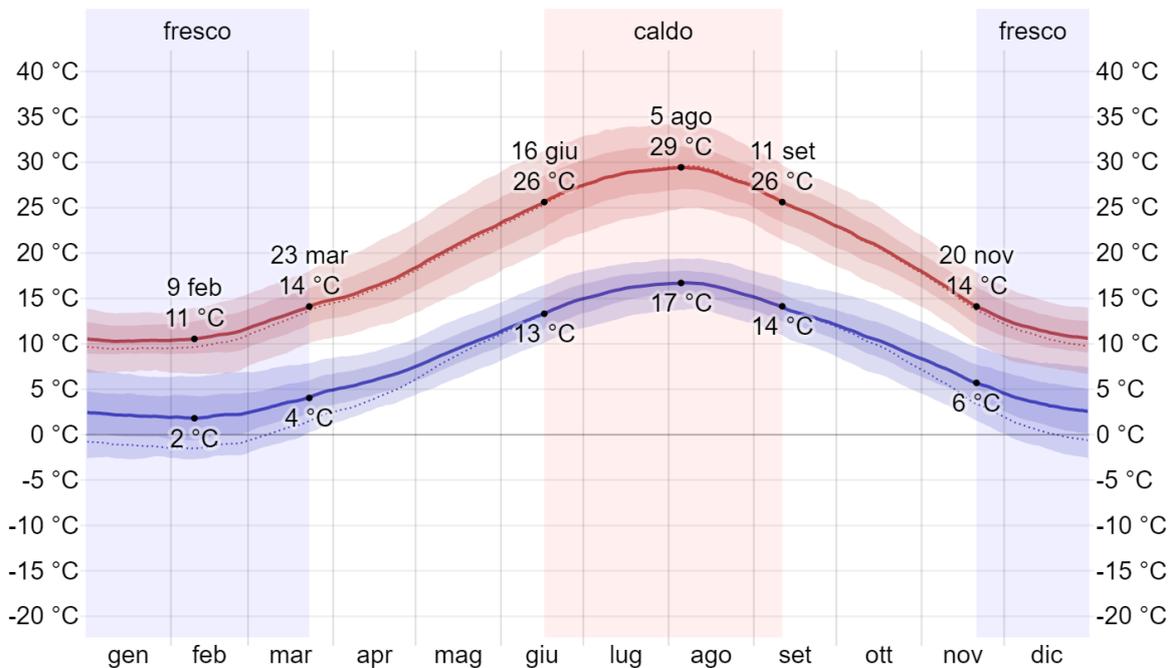


Figura 3 - La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie

La figura a seguire mostra una caratterizzazione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

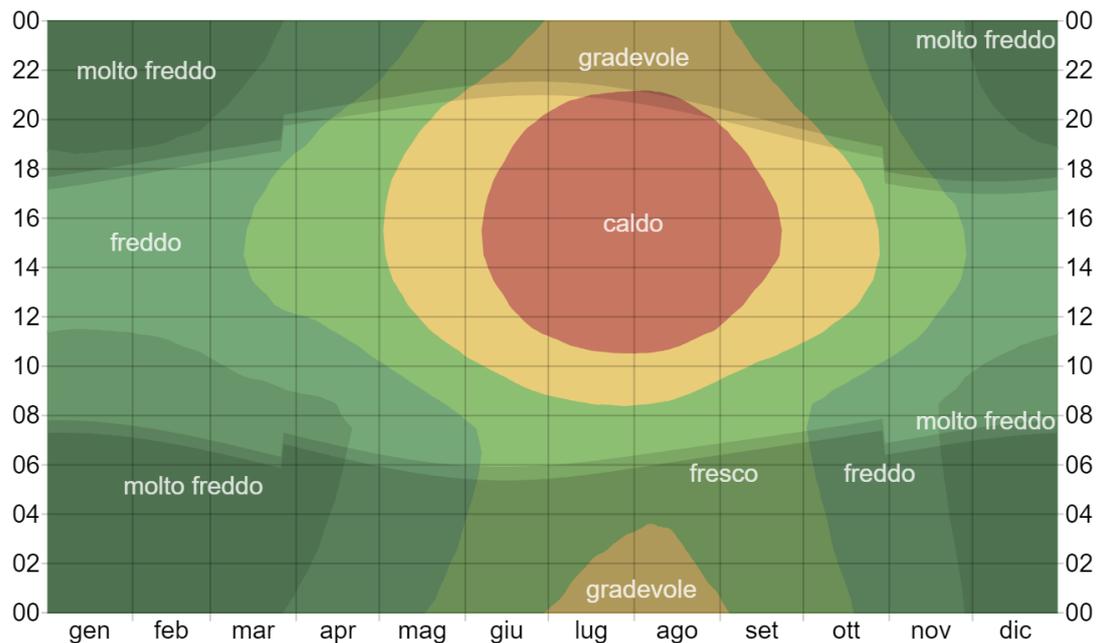


Figura 4 - La temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile.

Questi riguardano le zone costiere, sono quasi continentali nelle zone collinari e pedemontane, mentre i climi si fanno più rigidi nelle zone montuose. Questa differenza si manifesta soprattutto nelle temperature.

Per quanto riguarda le piogge, la parte ovest della provincia di Nuoro è caratterizzata da precipitazioni frequenti e moderatamente abbondanti, quella orientale invece vede in genere meno piogge, ma con periodici eventi intensi.

Nelle zone montuose non sono rare le precipitazioni di tipo temporalesco durante la stagione estiva. Nella parte occidentale della provincia, nei pressi di Macomer, le piogge sono frequenti e abbondanti da ottobre ad aprile, mentre sono praticamente assenti d'estate; nella parte centrale, dove si trovano Nuoro e Fonni, l'abbondanza e la frequenza variano in funzione della quota; sulla costa, come ad esempio ad Orosei, le piogge sono poco frequenti ma di quantità molto variabili tra un anno e l'altro.

Per quanto riguarda invece le precipitazioni, la possibilità di giorni piovosi a Sindia varia durante l'anno.

La stagione più piovosa dura dal 24 settembre al 11 maggio, con una probabilità di oltre 16% che un dato giorno sia piovoso, mentre la stagione più asciutta dura dal 11 maggio al 24 settembre. Fra i giorni piovosi, facciamo la differenza fra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità di 31% il 25 novembre.

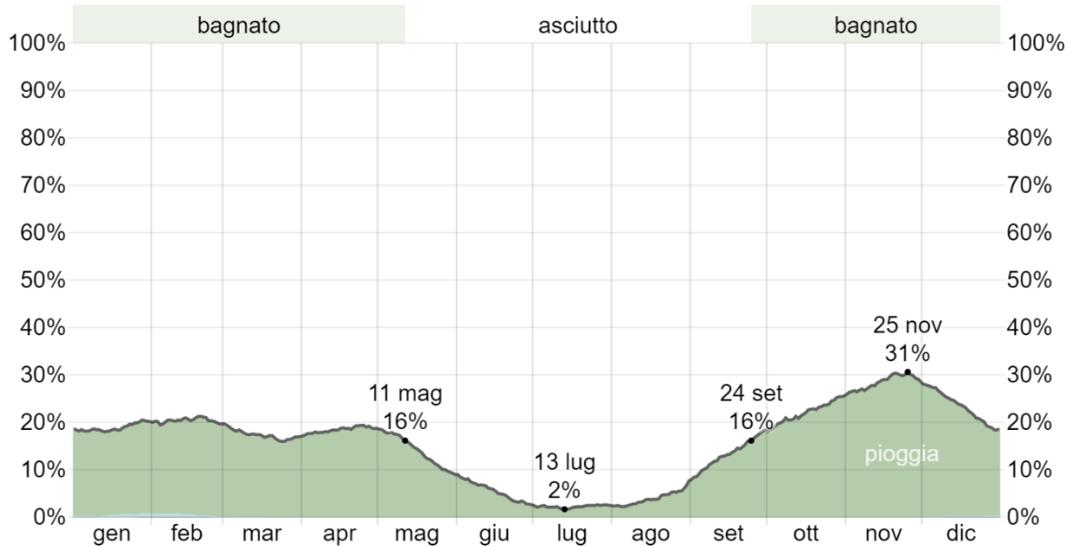


Figura 5 – Probabilità giornaliera di precipitazioni

Per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, mostriamo la pioggia accumulata in un periodo mobile di 31 giorni centrato su ciascun giorno. Sindia ha alcune variazioni stagionali di piovosità mensile.

Il mese più piovoso è novembre con un accumulo totale medio di 58 millimetri, mentre quello meno piovoso è luglio con un accumulo totale medio di 3 millimetri.

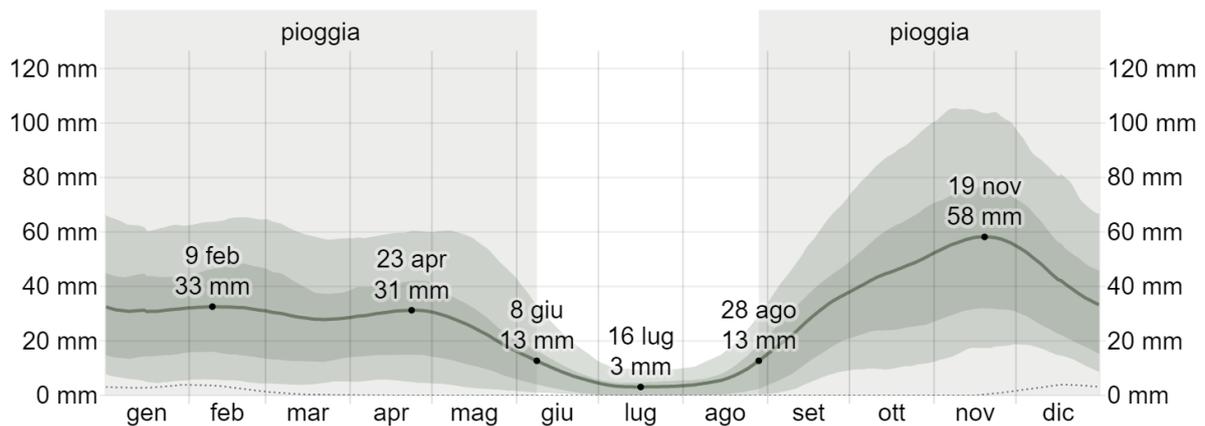


Figura 6 – Precipitazioni mensili medie

1.2 BACINO IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO

Il Piano stralcio delle Fasce Fluviali suddivide il bacino regionale della Sardegna in sette sub-bacini, individuabili per le caratteristiche morfologiche e fisiche del territorio.

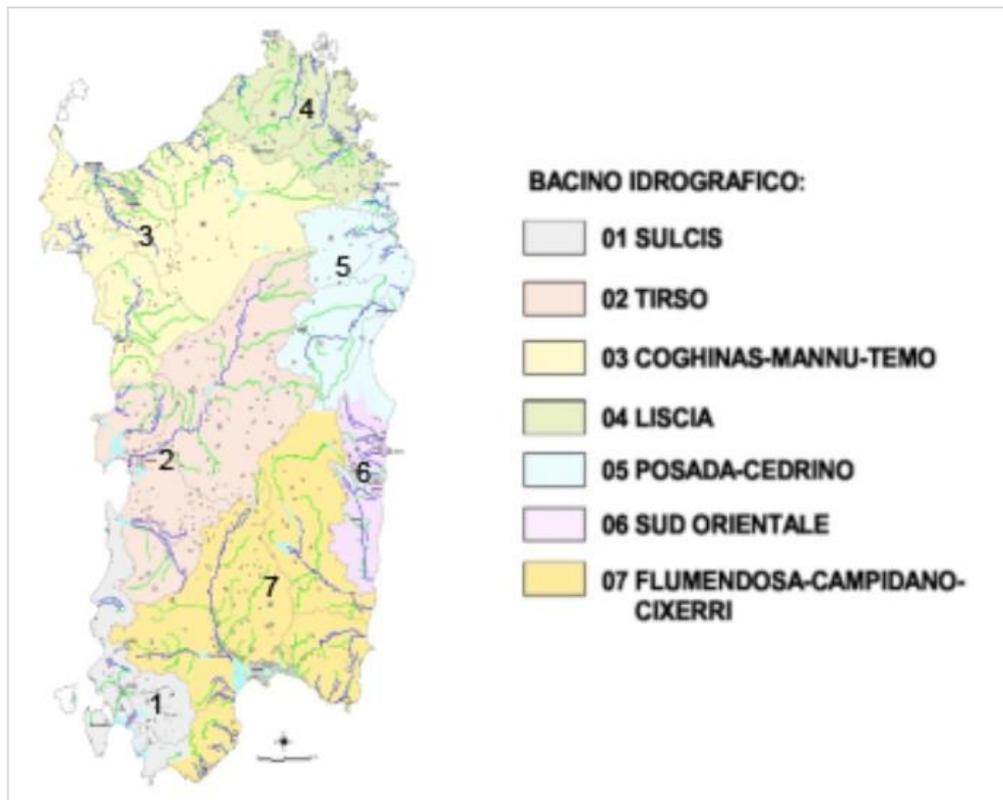


Figura 7 – Bacini idrografici della Sardegna

Le aree interessate dal presente studio idrologico-idraulico ricadono all'interno del sub-bacino denominato Coghinas-Mannu-Temo.

Il Coghinas-Mannu-Temmo si estende per 5402 Km², pari a circa il 23% dell'intero territorio sardo, ed è interessato da due invasi in esercizio.

Dal punto di vista idrografico, i corsi d'acqua più rilevanti sono i seguenti:

- Fiume Coghinas.
- Riu Mannu di Porto Torres.
- Fiume Temo.

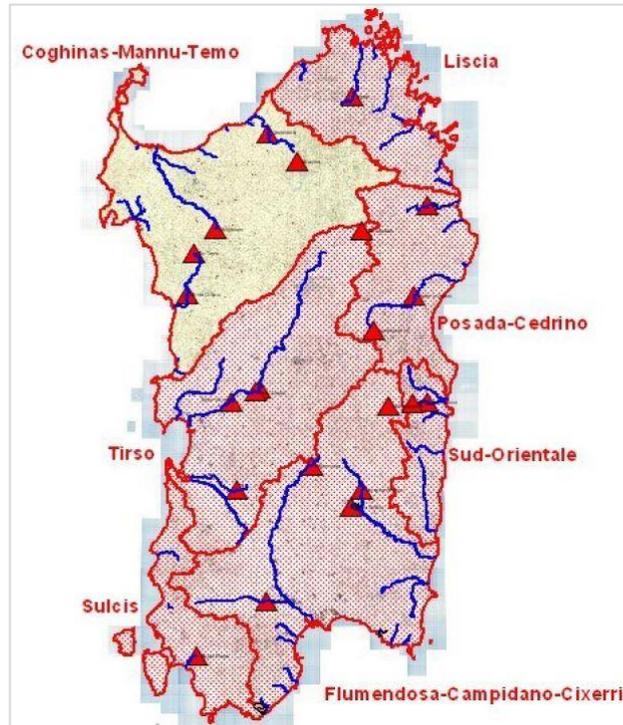


Figura 8 – Sub-bacino Coghinas-Mannu-Temo

I sottobacini di riferimento sono tre: Riu Mannu, fiume Coghinas e fiume Temo.

DATI IDROLOGICI DISPONIBILI

L'analisi statistica degli estremi idrologici è stata condotta partendo innanzitutto dalla ricerca e dalla modellazione dei dati idrologici disponibili, effettuata scegliendo le stazioni di riferimento e analizzando le serie storiche collezionate. In particolare, come sarà possibile vedere nel seguito, ²tra le stazioni presenti all'interno dell'area, le serie storiche a cui si è fatto riferimento sono quelle che contenevano le altezze massime di pioggia cadute ogni anno, per il bacino di interesse.

2.1 STAZIONI DI RIFERIMENTO

Le stazioni di riferimento sono state individuate considerando le stazioni prossime ai sottobacini di interesse ed aventi serie storiche statisticamente significative.

Nello specifico le suddette stazioni sono state scelte sulla base di diversi criteri:

- Un criterio discriminante è stata la consistenza delle serie storiche al fine di ottenere una maggiore affidabilità nell'elaborazione statistica dei dati;
- Un ulteriore criterio è stato quello di considerare stazioni rappresentative del bacino di interesse, tenendo conto di un'elevazione rappresentativa per il parco;
- Un ultimo criterio è stato quello di scegliere stazioni che, seppure con un quantitativo di dati meno cospicuo, fosse più rappresentativo, in termini di caratteristiche morfologiche e quota della stazione, a quelle dell'area di intervento.

Ai fini del presente studio le stazioni di riferimento prese in considerazione sono sei:

- Stazione di **Sindia**, in provincia di Nuoro.
- Stazione di **Borore**, in provincia di Nuoro.
- Stazione di **Cuglieri**, in provincia di Oristano.
- Stazione di **Silanus**, in provincia di Nuoro.
- Stazione di **Macomer**, in provincia di Nuoro.
- Stazione di **Santu Lussurgiu**, in provincia di Oristano.

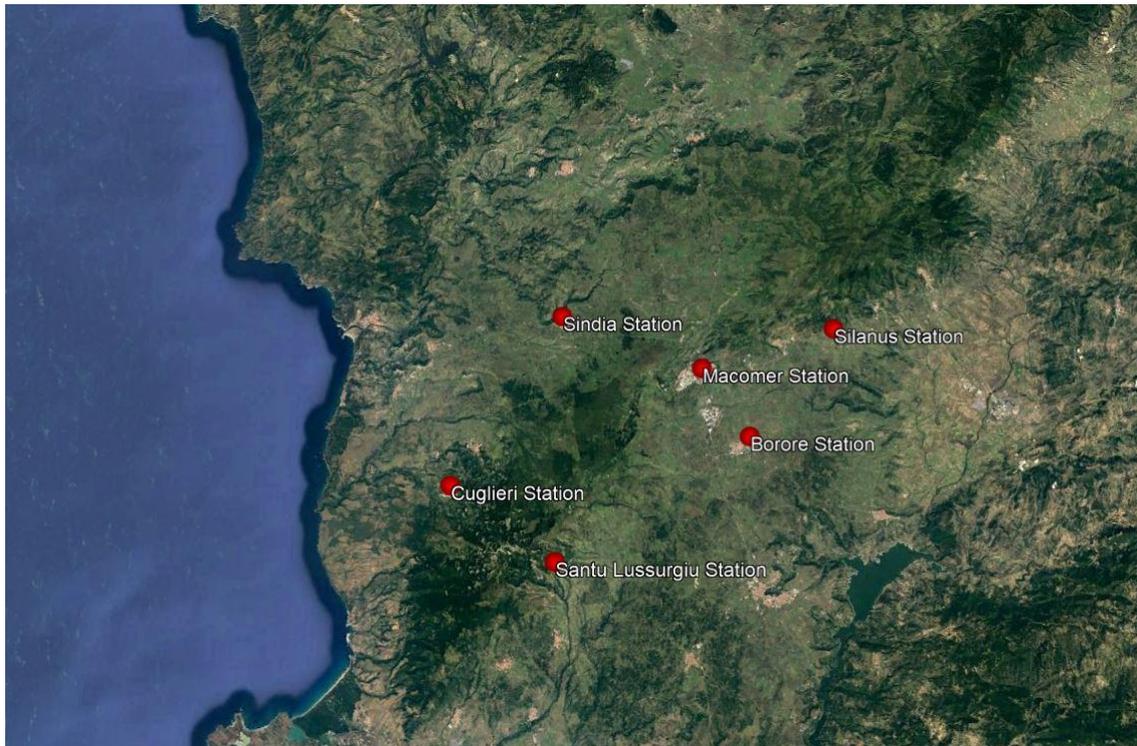


Figura 9 – Stazioni pluviometriche di riferimento

Le serie storiche dei dati di pioggia sono state desunte dagli annali idrologici della Sardegna a cura dell'ARPAS.

Per quanto concerne i sottobacini considerati, ai fini del presente studio si è ritenuto statisticamente significativo ed idrologicamente cautelativo, considerare i dati di pioggia di tutte le stazioni precedentemente citate, al fine di aumentare la dimensione del campione di dati fino ad ottenere un campione di dati pari a circa 90 anni.

2.2 DATI DI PIOGGIA DISPONIBILI

Le tabelle seguenti riportano le serie storiche rilevate presso le stazioni di riferimento e registrate negli annali idrologici della regione Sardegna, in relazione ad eventi di pioggia di massima intensità, registrati in termini di altezze massime di pioggia cadute negli anni di cui si dispone la registrazione.

Le serie storiche riportate di seguito sono state scelte sulla base dei criteri precedentemente definiti.

Stazione Sindia	
Anno	P max giornaliera annuale
1922	15.50
1923	25.18
1924	18.40
1925	18.67
1926	14.33



1927	27.17
1928	26.00
1929	29.00
1930	26.00
1931	28.25
1932	29.00
1933	20.38
1934	20.57
1935	16.58
1936	23.92
1937	17.81
1938	22.29
1939	20.51
1940	13.67
1941	18.84
1942	14.64
1943	16.80
1944	28.50
1945	13.20
1946	13.00
1947	22.00
1948	22.24
1949	21.71
1950	29.45
1951	26.69
1952	21.53
1953	25.80
1954	15.66
1955	15.42
1956	29.17
1957	22.01
1958	28.55
1959	40.09
1960	20.10
1961	35.80
1962	25.62
1963	22.94
1964	34.33
1965	12.86
1966	22.86
1967	24.50
1968	49.70
1969	23.33
1970	14.70
1971	17.20



1972	20.44
1973	15.65
1974	14.00
1975	15.74
1976	14.49
1977	40.63
1978	17.22
1979	13.82
1980	20.70
1981	24.18
1982	17.76
1983	13.96
1984	22.25
1985	13.39
1986	30.67
1987	18.52
1989	23.22
1990	18.27
1991	17.07
1992	22.37
1993	18.90
1994	18.20
1995	26.07
1996	19.31
1997	17.70
1998	11.51
1999	12.90
2000	16.74
2001	8.94
2002	32.50
2003	21.10
2004	13.71
2005	34.63
2006	15.63
2007	22.00
2008	14.66
2009	14.40
2010	28.35
2011	20.74

Tabella 1 – Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 24h registrate presso la stazione di Sindia, consultabili negli annali idrologici della Sardegna.



Stazione Borore

Anno	P max giornaliera annuale
1931	16.36
1932	13.00
1933	28.78
1934	15.67
1935	19.24
1936	12.70
1937	27.00
1938	18.60
1939	24.43
1940	16.93
1941	22.50
1942	16.00
1943	31.00
1944	13.50
1945	10.72
1946	20.55
1947	26.00
1948	24.67
1949	25.22
1950	20.00
1951	13.03
1952	15.00
1953	23.19
1954	10.00
1955	15.67
1956	24.50
1957	13.47
1958	16.00
1959	18.13
1960	13.61
1961	13.59
1962	21.67
1963	18.75
1964	21.25
1965	18.25
1966	24.40
1967	14.50
1968	24.00
1969	19.50
1970	13.50
1971	11.31
1972	19.29



1973	21.00
1974	11.91
1975	13.25
1976	12.33
1977	15.80
1978	15.67
1979	15.80
1980	21.25
1981	21.00
1982	11.58
1983	9.44
1984	14.71
1985	14.70
1986	14.70
1987	19.00
1988	15.90
1989	19.30
1990	13.23
1991	17.90
1992	16.75
1993	12.76
1994	20.20
1995	14.35
1996	14.23
1997	13.75
1998	10.13
1999	9.80
2000	16.67
2001	7.75
2002	14.86
2003	29.20
2004	17.33
2005	19.47
2006	31.60
2007	9.65
2008	14.33
2009	19.00
2010	12.49
2011	23.77

Tabella 2 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 24h registrate presso la stazione di Borore, consultabili negli annali idrologici della Sardegna.



Stazione Cuglieri

Anno	P max giornaliera annuale
1922	13.47
1923	17.50
1924	24.14
1925	18.85
1926	16.07
1927	18.21
1928	20.84
1929	14.28
1930	25.90
1931	14.51
1932	27.50
1933	27.50
1934	19.40
1935	20.71
1936	27.94
1937	21.88
1938	25.50
1939	15.80
1940	11.95
1941	23.50
1942	15.50
1943	17.50
1944	15.50
1945	14.75
1946	13.90
1947	15.44
1948	20.13
1949	32.00
1950	19.43
1951	30.20
1952	16.46
1953	12.85
1954	10.12
1955	14.25
1956	15.29
1957	13.32
1958	13.40
1959	13.37
1960	17.83
1961	16.18
1962	11.76
1963	19.85



1964	17.20
1965	13.73
1966	15.04
1967	22.00
1968	31.30
1969	20.50
1970	12.48
1971	14.71
1972	34.52
1973	19.90
1974	13.21
1975	15.15
1976	10.71
1977	34.05
1978	18.07
1979	20.40
1980	15.58
1981	17.86
1982	22.10
1983	17.68
1984	12.68
1985	10.84
1986	47.30
1987	22.14
1988	15.12
1989	14.17
1990	18.92
1991	20.78
1992	17.83
1993	18.43
1994	23.15
1995	12.76
1996	17.54
1997	18.40
1998	9.49
1999	15.40
2000	22.66
2001	10.03
2002	17.77
2003	14.62
2004	18.00
2005	25.60
2006	14.00
2007	13.64
2008	16.46

2009	16.02
2010	14.49
2011	31.71

Tabella 3 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 24h registrate presso la stazione di Cuglieri, consultabili negli annali idrologici della Sardegna.

Stazione Silanus	
Anno	P max giornaliera annuale
1936	23.33
1937	28.20
1938	14.74
1939	22.39
1940	39.35
1941	22.15
1942	16.67
1944	22.50
1945	23.47
1946	9.40
1947	20.71
1948	23.82
1949	31.40
1950	27.13
1951	26.00
1952	24.35
1953	38.00
1954	20.17
1955	18.63
1956	32.50
1957	18.00
1958	17.35
1959	28.30
1960	13.55
1961	14.81
1962	27.90
1963	23.73
1964	17.53
1965	20.00
1966	35.82
1967	14.29
1968	37.00
1969	21.58
1970	19.00
1971	24.50
1972	30.00
1973	17.00
1974	16.25
1975	20.71
1976	19.81
1977	63.00
1978	38.00



1979	17.05
1980	19.42
1981	30.50
1982	22.25
1983	14.44
1984	25.83
1985	14.01
1986	23.33
1987	21.65
1988	15.94
1989	25.07
1990	13.34
1991	23.52
1992	16.96
1993	13.37
1994	20.83
1995	13.20
1996	15.46
1997	14.87
1998	17.90
1999	13.00
2000	22.77
2001	9.40
2002	18.47
2003	30.00
2004	14.30
2005	20.24
2006	27.60
2007	30.17
2008	12.13
2009	20.44
2010	18.20
2011	17.05

Tabella 4 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di, 24h registrate presso la stazione di Silanus, consultabili negli annali idrologici della Sardegna

Stazione Macomer	
Anno	P max giornaliera annuale
1922	9.50
1923	23.83
1924	12.78
1925	16.83
1926	14.25
1927	26.00
1928	27.00
1929	13.17
1930	18.00
1931	15.54
1932	16.63



1933	30.40
1934	21.00
1935	20.72
1936	16.05
1937	24.60
1938	22.41
1939	30.13
1940	18.26
1941	23.97
1942	18.24
1943	13.28
1944	22.00
1945	13.48
1946	19.01
1947	26.88
1948	17.16
1949	23.88
1950	33.50
1951	45.83
1952	22.89
1953	25.13
1954	18.60
1955	17.37
1956	19.00
1957	16.85
1958	19.86
1959	30.72
1960	22.00
1961	27.52
1962	16.19
1963	37.33
1964	14.40
1965	14.25
1966	38.00
1967	16.72
1968	50.00
1969	15.40
1970	16.60
1971	14.68
1972	20.86
1973	19.90
1974	15.63
1975	16.00
1976	16.07
1977	38.50



1978	23.40
1979	20.00
1980	21.60
1981	26.63
1982	15.50
1983	15.45
1984	22.18
1985	14.50
1986	33.50
1987	29.20
1988	16.08
1989	19.44
1990	22.50
1991	11.40
1992	19.20
1993	16.44
1994	42.00
1995	18.69
1996	14.29
1997	17.80
1998	13.31
1999	11.32
2000	15.67
2001	12.30
2002	26.88
2003	29.20
2004	16.75
2005	25.90
2006	30.40
2007	20.80
2008	18.68
2009	15.33
2010	16.85
2011	27.00

Tabella 5 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di, 24h registrate presso la stazione di Macomer, consultabili negli annali idrologici della Sardegna

Stazione Santu Lussurgiu	
Anno	P max giornaliera annuale
1922	43.57
1923	66.00
1924	86.00
1925	29.40
1926	20.37



1927	24.22
1928	19.10
1929	16.08
1930	15.14
1931	26.71
1932	22.50
1933	33.50
1934	29.38
1935	22.92
1936	42.14
1937	26.50
1938	22.92
1939	27.84
1940	25.27
1941	56.00
1943	15.81
1944	16.50
1945	23.93
1946	30.88
1947	28.39
1948	41.93
1949	24.31
1951	23.78
1952	20.44
1953	87.15
1954	19.36
1955	23.90
1957	17.20
1958	28.93
1959	24.22
1960	23.17
1961	26.36
1962	17.15
1963	24.34
1964	15.69
1965	15.20
1966	21.30
1967	20.16
1968	15.09
1969	31.40
1970	16.92
1971	20.51
1972	24.96
1973	20.54
1974	22.29

1975	23.40
1976	23.78
1977	15.17
1978	25.00
1979	24.00
1980	15.58
1981	17.86
1984	23.36
1985	15.01
1986	75.60
1987	23.95
1988	17.43
1989	24.32
1992	18.54
1993	19.35
1994	40.00
1995	17.87
1996	21.47
1997	12.18
1998	12.20
1999	18.42
2000	25.00
2001	18.04
2002	17.73
2003	22.15
2004	23.83
2005	22.57
2006	20.69
2007	13.80
2008	28.50
2009	21.07
2010	19.77
2011	34.05

Tabella 6 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di, 24h registrate presso la stazione di Santu Lussurgiu, consultabili negli annali idrologici della Sardegna

Per poter ottenere una serie storica consistente e quindi utilizzabile ai fini della modellazione idrologica e al fine di tenere in debita considerazione tutti i dati di pioggia disponibili, si è fatto ricorso al Metodo delle Distanze Inverse Pesate in cui il valore stimato in un punto è influenzato dalle stazioni più vicine, di conseguenza la stima risulta essere inversamente proporzionale alla distanza dei punti di misura attraverso la relazione proposta di seguito. Pertanto, dalle serie storiche disponibili per eventi di intensità massima, sono state ricavate altezze di pioggia risultanti da medie pesate come nella formula che segue:

$$P = \frac{\sum_1^N \left(\frac{P_i}{d_i^2} \right)}{\sum_1^N \left(\frac{1}{d_i^2} \right)}$$

Dove:

- P = altezza di pioggia ottenuta da media pesata sulle distanze inverse [mm];
- P_i = altezza di pioggia della stazione "i-esima" [mm];
- D_i = distanza della stazione "i-esima" dal sito di progetto [m].

A valle dell'applicazione del metodo delle distanze inverse pesate alle stazioni di riferimento sono state ottenute le serie di dati riportate nella seguente tabella per ciascuna durata e per ogni annata interessata dai campioni statistici:

Dati di pioggia derivanti dal metodo distanze inverse	
Anno	P max giornaliera annuale
1922	15.02
1923	27.03
1924	21.47
1925	18.73
1926	14.86
1927	25.86
1928	25.52
1929	20.82
1930	22.08
1931	21.52
1932	22.39
1933	26.09
1934	20.65
1935	18.98
1936	21.43
1937	22.31
1938	21.81
1939	24.36
1940	17.33
1941	23.62
1942	16.22
1943	17.17
1944	22.93
1945	14.25
1946	16.77
1947	23.97
1948	21.96
1949	24.04



1950	29.03
1951	31.55
1952	21.03
1953	28.80
1954	16.12
1955	16.68
1956	24.32
1957	18.37
1958	22.91
1959	31.48
1960	19.77
1961	27.92
1962	20.82
1963	27.18
1964	23.37
1965	14.43
1966	28.06
1967	19.96
1968	43.22
1969	20.53
1970	15.40
1971	16.12
1972	22.03
1973	18.25
1974	14.87
1975	16.22
1976	15.36
1977	36.34
1978	20.59
1979	17.25
1980	20.38
1981	24.17
1982	16.76
1983	14.23
1984	21.07
1985	13.87
1986	33.28
1987	22.80
1988	16.08
1989	21.15
1990	18.98
1991	15.73
1992	19.96
1993	17.17
1994	28.03



1995	20.46
1996	16.95
1997	16.88
1998	12.18
1999	12.53
2000	17.52
2001	10.56
2002	26.29
2003	24.74
2004	16.01
2005	28.16
2006	23.00
2007	19.64
2008	16.79
2009	15.99
2010	21.00
2011	24.44

Tabella 7 - Altezza di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi piovosi di massima intensità per durate di 24h ricavate dall'applicazione del metodo delle distanze inverse ai dati registrati presso le stazioni di riferimento nel caso in esame

ANALISI DEI DATI IDROLOGICI DISPONIBILI

L'analisi statistica degli estremi idrologici è stata condotta secondo due diversi approcci, non necessariamente alternativi tra loro:

3

1. Metodo non parametrico di Gringorten.
2. La funzione Gumbel che stima i parametri con il metodo dei momenti.
3. La funzione di Gumbel che stima i parametri utilizzando il metodo degli L-Moments.
4. La funzione GEV che stima i parametri usando il metodo dei momenti.
5. La funzione GEV che stima i parametri usando il metodo L-Moments.

Una volta effettuato il calcolo, verrà determinata la funzione che meglio si adatta ai dati di precipitazione disponibili. Nel seguito, la formulazione corrispondente sarà sviluppata per ciascuna delle funzioni scelte per il calcolo.

3.1 GRINGORTEN

Il metodo non parametrico di Gringorten consiste nell'assegnare una probabilità di non superamento per ogni dato di pioggia in ogni pluviometro. Il metodo applica la seguente formulazione:

$$P(X < x_m) = 1 - \frac{m - b}{n + 1 - 2b}$$

Dove:

- m Posizione m del valore nella tabella ordinata dal più alto al più basso.
 n Numero totale di valori della variabile x_i .
 x_i Valori massimi di precipitazione giornaliera.
 $b = 0.44$ Costante di metodo Gringorten.

Infine, tracciamo le precipitazioni in funzione del periodo di ritorno corrispondente, tenendo conto che il periodo di ritorno è calcolato come l'inverso della probabilità di superamento come segue:

$$Tr = \frac{1}{P(X > x_m)} = \frac{1}{1 - P(X < x_m)}$$

3.2 GUMBEL

Questa è una distribuzione di valori estremi, formulata da Gumbel nel 1941 e successivamente da Chow nel 1954. È un metodo poco flessibile perché ha una curvatura imposta. È un caso particolare della funzione di valore estremo generalizzato (GEV). Il metodo utilizza due parametri per eseguire la stima:

u = Parametro di localizzazione

α = Parametro di scala

In questo caso, i quantili sono calcolati come segue:

$$Q_T = x_T = u - \alpha * \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

Per stimare i parametri u e α della funzione di Gumbel usiamo due metodi diversi: il metodo dei momenti e il metodo degli L-Momenti, al fine di ottenere due diverse leggi di frequenza.

Metodo dei momenti

Per il calcolo dei parametri con il metodo dei momenti, usiamo i momenti campione, in questo caso calcoliamo m_1, m_2 nel modo seguente:

3.2.1

$$m_1 = \text{media del campione} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} = \mu$$

$$m_2 = \text{varianza del campione} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sigma^2$$

$$u = \text{Parametro di localizzazione} = m_1 - 0.45005 * \sqrt{m_2}$$

$$\alpha = \text{Parametro di scala} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * \sqrt{m_2}$$

In questo modo, i due parametri della funzione di Gumbel u e α sono ottenuti, utilizzando il metodo dei momenti.

3.2.2

Metodo L-moment

Questo metodo si basa sul calcolo di momenti pesati probabilisticamente. La procedura di calcolo è la seguente:

$$\beta_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \left(\frac{i-0.35}{N} \right)^r$$

Dove:

x_i	Dati ordinati in ordine crescente
N	Numero di dati nella serie
i	Numero d'ordine del dato nella serie
r	Ordine del momento

Gli L-moments sono combinazioni lineari dei momenti ponderati β_r :

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

$$m_1 = \text{media del campione} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} = \mu$$

$$t_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \text{coefficiente di variazione del campione}$$

$$u = \text{Parametro di localizzazione} = \lambda_1 - 0.5772157\alpha$$

$$\alpha = \text{Parametro di scala} = \frac{\lambda_2}{\ln(2)}$$

Una volta che u e α , sono stati calcolati con i due metodi descritti sopra, si calcola la funzione di probabilità cumulativa di Gumbel, con il seguente cambio di variabile. Infine arriviamo a un'espressione in cui il periodo di ritorno interviene.

$$F(x) = e^{-e^y}$$

$$y = \frac{x - u}{\alpha}$$

$$y_T = - \ln \left[- \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Con questa espressione e la stima dei parametri con i due metodi descritti sopra, inserendo l'espressione dei quantili della funzione di Gumbel, otteniamo i dati di precipitazione massima per i diversi periodi di ritorno.

$$Q_T = x_T = u - \alpha \cdot \ln \left[- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

3.3 FUNZIONE DI VALORE ESTREMO GENERALIZZATO(GEV)

È una funzione con più flessibilità della funzione Gumbel, poiché utilizza tre parametri:

$$u = \text{Parametro di localizzazione}$$

$$\alpha = \text{Parametro di scala}$$

$$k = \text{Parametro di forma}$$

Per la stima dei parametri u , α e k della funzione usiamo due metodi diversi, come nel caso della funzione di Gumbel ottenendo due diverse leggi di frequenza.

3.3.1

$$Q_T = \hat{x}_T = u + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^k \right\}$$

Metodo dei momenti

Utilizzando i momenti del campione, calcoliamo m_1, m_2 :

$$m_1 = \text{media del campione} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} = \mu$$

$$m_2 = \text{varianza del campione} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sigma^2$$

Con questi dati, calcoliamo i parametri:

$$u = \text{Parametro di localizzazione} = m_1 - \frac{\alpha}{k} [1 - \Gamma(1 + k)]$$

$$\alpha = \text{Parametro di scala} = \sqrt{\frac{m_2 k^2}{\Gamma(1 + 2k) - \Gamma^2(1 + k)}}$$

Il parametro k è una funzione del coefficiente di distorsione C_s

$$k = 0.2858221 - 0.357983 C_s + 0.116659 C_s^2 - 0.022725 C_s^3 + 0.002604 C_s^4 - 0.000161 C_s^5 + 0.000004 C_s^6$$

In questo modo otteniamo i due parametri della funzione con il metodo dei momenti.

Metodo L-moment

Questo metodo si basa sul calcolo di momenti pesati probabilisticamente.

3.3.2

$$\beta_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \left(\frac{i - 0.35}{N} \right)^r$$

x_i	Dati ordinati in ordine crescente
N	Numero di dati nella serie
i	Numero d'ordine del dato nella serie
r	Ordine del momento

Gli L-Moments sono combinazioni lineari dei β_r :

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0$$

$$m_1 = \text{media del campione} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} = \mu$$

$$t_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \text{coefficiente di variazione del campione}$$

$$t_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} = \text{coefficiente di distorsione del campione}$$

$$u = \text{Parametro di localizzazione} = \lambda_1 + \frac{\alpha}{k} [\Gamma(1 + k) - 1]$$

$$\alpha = \text{Parametro di scala} = \frac{\lambda_2 k}{\Gamma(1 + k) \Gamma(1 - 2^{-k})}$$

$$k = 7.8590C + 2.9554C^2$$

$$C = \frac{2}{3 + t_3} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$$

Con uno sviluppo analogo alla funzione di Gumbel, una volta che u , α e k , sono stati calcolati con i due metodi, insieme ai dati forniti dalla funzione di probabilità cumulativa GEV, calcoliamo i quantili, ottenendo i dati che stiamo cercando.

$$Q_T = \hat{x}_T = u + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^k \right\}$$

3.4 IMPOSTAZIONE SCELTA PER LA STAZIONE 'SINDIA'

Una volta calcolate le leggi di frequenza congiunte delle stazioni, viene scelta la funzione statistica che meglio si adatta ai dati disponibili. Gli aggiustamenti fatti per ogni serie di dati, così come la scelta del metodo più appropriato, sono descritti di seguito.

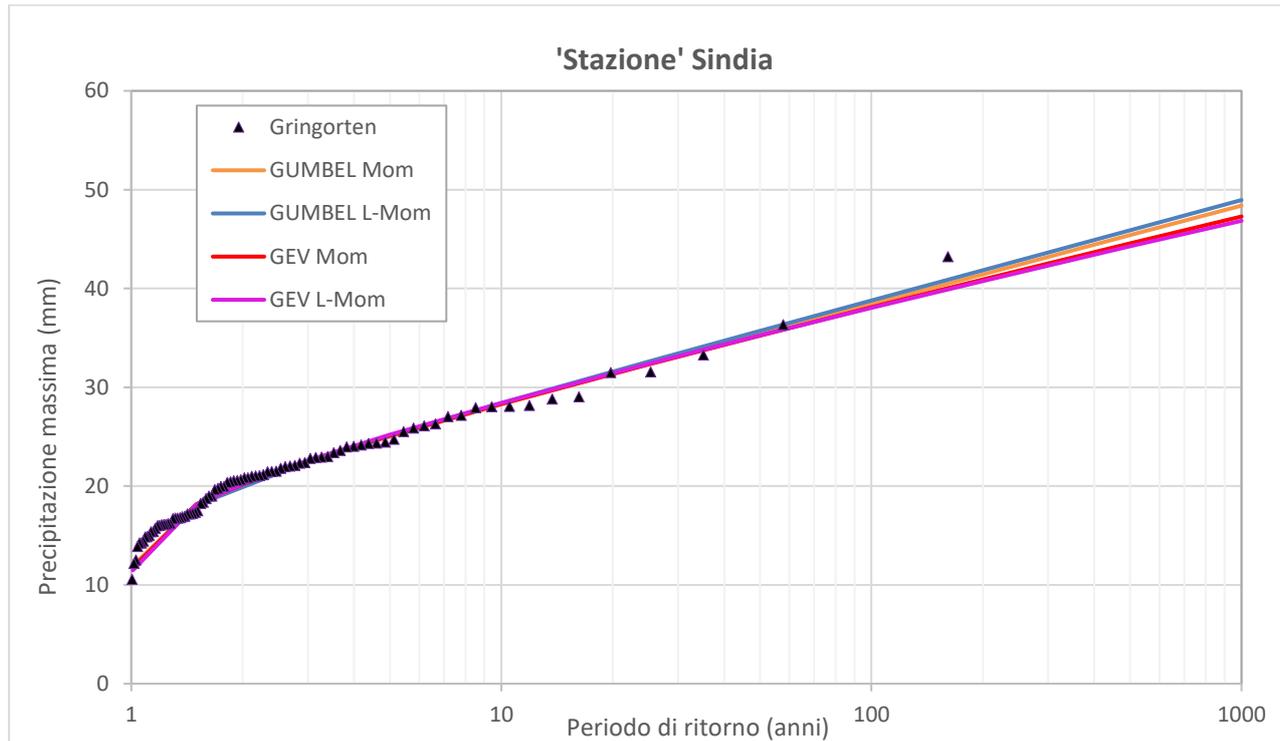


Figura 10 – Distribuzioni statistiche

Per la stazione indicata, è stata scelta la seguente distribuzione, insieme ai dati corrispondenti:

STAZIONE 'SINDIA'	
Test di bontà della forma:	
GUMBEL MOM	0.0687
GUMBEL L-MOM	0.0697
GEV MOM	0.0644
GEV L-MOM	0.0622
Minimo	0.0622

Tabella 8 - Test di bontà della forma per le diverse distribuzioni statistiche



La distribuzione scelta è la distribuzione di GEV L-MOM, che dà i seguenti risultati di pioggia:

GEV L-MOM	
Tr	Pmax(mm)
10	28.42
25	32.38
50	35.25
100	38.03
200	40.76
500	44.26
1000	46.85

Tabella 9 - Altezze di pioggia [mm] calcolate per diversi periodi di ritorno

METODI AFFLUSSI – DEFLUSSI

4.1 METODO RAZIONALE

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena Q con un tempo di ritorno T assegnato alla sezione di chiusura di un bacino.

Generalmente utilizzato nel caso di bacini di estensione inferiore a 10 kmq si fonda sulla seguente formula:

$$Q = C \cdot S \cdot a \cdot T_c^{n-1}$$

Dove:

- Q = portata di progetto (m^3/s)
- S = sottobacino imbrifero a monte della sezione di chiusura (m^2)
- C = coefficiente di deflusso medio del sottobacino imbrifero [adimensionale];
- T_c = tempo di corrivazione del bacino [sec];
- a = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del T_r , coincidente con l'inclinazione della retta di tendenza della curva su scala logaritmica [$mm/(secn)$]
- n = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del T_r , coincidente con l'intercetta della retta di tendenza della c.p.p. su scala logaritmica [adimensionale].

Il modello adottato assume le seguenti ipotesi:

- Piogge caratterizzate da un tempo di ritorno T_r generano portate al picco di identico tempo di ritorno T_r ;
- A parità di tempo di ritorno T_r , la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (T_c , che diventa quindi tempo critico);
- La portata al colmo Q , determinata da una pioggia di intensità costante e durata T_c , è proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata all'area e dell'area del bacino S , attraverso un coefficiente C che comprende l'effetto delle perdite per infiltrazione.

La prima ipotesi risulta abbastanza aderente alla realtà, mentre la seconda e la terza assunzione possono giustificarsi schematizzando opportunamente il fenomeno della trasformazione afflussi – deflussi assumendo che le perdite siano proporzionali all'intensità di pioggia e che il tempo impiegato dall'acqua a raggiungere la sezione di chiusura dipenda soltanto dalla lunghezza del percorso compiuto.

4.2 METODO SCS-CURVE NUMBER

Il modello afflussi-deflussi nel caso di sottobacini di estensione superiore a 10 kmq, adotta il modello sviluppato dall'SCS (Soil Conservation Service), secondo il metodo del Curve Number (CN) che permette di determinare la frazione della pioggia totale che in maniera diretta e preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena, tenendo conto di perdite iniziali costituite da alcuni processi quali l'intercettazione della pioggia da parte delle chiome della vegetazione, dall'accumulo nelle locali depressioni del terreno e dall'imbibizione iniziale del terreno.

La procedura di calcolo che viene prevista dal metodo in trattazione viene illustrata nei seguenti passaggi, sintetizzati per punti:

- Stima del Curve Number, relativo a condizioni di elevata umidità (CN(III)), utilizzando la seguente formula:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{(0.43 + 0.0057 \cdot CN(II))}$$

Dove:

CN(II) = Curve Number, relativo a condizioni di umidità media, desumibile dalla seguente tabella in funzione di diversi tipi di suolo e copertura:



Tipologie dl uso del suolo	Tipo dl suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62-72	71-81	78-88	81-91
Pascoli	39-68	61-79	74-86	80-89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per il 85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Facheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
-inghiaiata	76	85	89	91

Tabella 10 Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura, considerando condizioni di media umidità CN(II) (Fonte: "Handbook of Hydrology, D.R. Maidment, 1992)

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 11 - Tipi idrologici di suolo da considerare nella scelta del parametro CN

- Stima del volume specifico di saturazione del terreno con la seguente formula:

$$V_s = 25.4 \left(\frac{1000}{CN(III)} - 10 \right)$$

Dove:

V_s = volume specifico di saturazione del terreno (mm);

CN(III) = parametro numerico precedentemente calcolato.

- Stima della pioggia efficace con la seguente formula:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot V_s)^2}{(P + 0.8 \cdot V_s)}$$

Dove:

P_e = pioggia efficace (mm)

P = pioggia totale (mm), esprimibile sulla base delle curve di probabilità pluviometrica risultanti dall'analisi idrologica e riferibile ad una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_c);

V_s = volume specifico di saturazione del terreno [mm], precedentemente calcolato.

- Calcolo del tempo di accumulo nel bacino (t_a) in ore, in funzione del tempo efficace (t_{eff}) in ore e del tempo di ritardo (t_r) in ore, usando le seguenti formule:

$$t_a = 0.5 \cdot t_{eff} + t_r$$

$$t_{eff} = T_c \left(1 - \frac{0.2 S}{h_{T_c, T}} \right)$$

$$t_r = 0.6 \cdot T_c$$

Dove:

$h_{Tc,T}$ (mm) = altezza di pioggia esprimibile sulla base delle curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno (T) e del tempo totale di pioggia assunto pari al tempo di corrivazione del bacino (TC);

Tc (ore) = tempo di corrivazione del bacino considerato.

- Calcolo dell'idrogramma unitario, usando la seguente formula:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{P_e \cdot S}{t_a}$$

Dove:

Qp = portata di picco dell'idrogramma unitario [m³/sec*mm];

Pe = pioggia efficace [mm];

S = estensione del bacino [km²];

ta = tempo di accumulo [ore].

- Calcolo della portata al colmo, usando la seguente formula:

$$Q = Q_p \cdot h_{Tc,T}$$

Dove:

Q = portata al colmo [m³/s];

Qp = portata di picco dell'idrogramma unitario [m³/sec*mm];

hTc, T = altezza di pioggia calcolata sulla base della curva di probabilità pluviometrica in relazione ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione (Tc) e di fissato tempo di ritorno (T).

ANALISI IDRAULICA E VERIFICA AREE ESONDABILI

Dopo uno studio rigoroso della zona e l'esecuzione di un'analisi idraulica, si è concluso che non è necessario verificare le aree inondate per nessuna delle turbine eoliche, in quanto si trovano in una zona di divisione dello spartiacque e non ci sono corsi d'acqua esistenti nelle vicinanze, quindi non c'è rischio di inondazione.

L'immagine seguente conferma quanto sopra, basata sul DTM della zona.

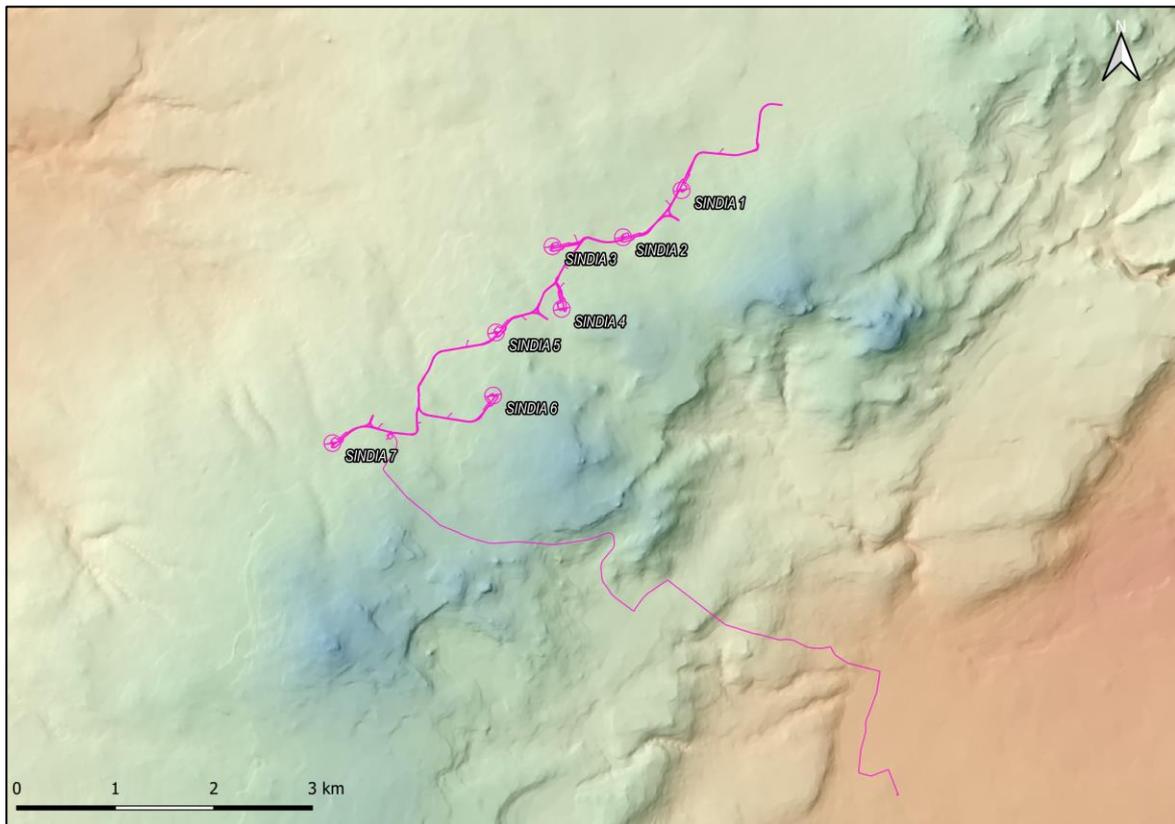


Figura 11- Verifica dell'assenza di rischio di inondazione

Come si può vedere nell'immagine riportata sopra, l'area di studio si trova tra due spartiacque, con il corso d'acqua più vicino a un chilometro di distanza.

DIMENSIONAMENTO DELLE CUNETTE STRADALI

La rete per l'evacuazione delle acque meteoriche dal corpo stradale, viene progettata in maniera da captare la totalità delle acque piovane che cadono all'interno dell'area scolante.

6 In sostanza la rete è costituita da una cunetta laterale, situata al bordo della carreggiata con pendenza trasversale dell'1%, che intercetta le acque piovane che vengono scaricate nelle scarpate laterali.

Gli elementi che costituiscono la rete sono quindi le cunette laterali alla carreggiata.

6.1 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INFLUENZA

La delimitazione dei bacini di influenza relativi alle cunette stradali da realizzare è stata ottenuta studiando la morfologia del terreno e l'analisi delle pendenze mediante l'uso del DTM (Digital Terrain Model).

I bacini sono stati tracciati a vantaggio di sicurezza, non considerando i canali di scolo e gli impluvi naturali presenti in sito e che di fatto garantiscono essi stessi l'allontanamento di un'aliquota delle acque piovane.

Di seguito si riportano le schematizzazioni ottenute.

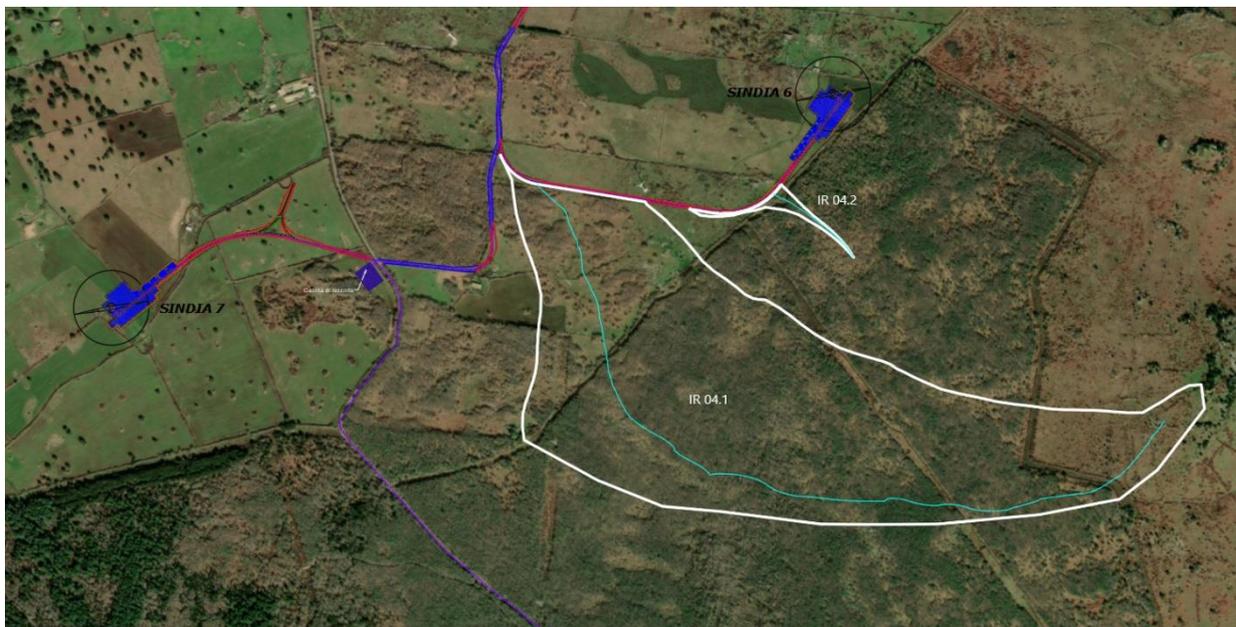


Figura 12- Bacini di scolo strade di collegamento IR 04.1 e IR 04.2

Dopo uno studio dei fossati delle opere lineari, solo quelli della Internal Road 04 (IR 04) ricevono l'acqua piovana dal terreno.

6.2 STIMA DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER DURATE INFERIORE ALL'ORA (BELL)

Si procede alla determinazione della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora applicando la formula di Bell. Bell ha osservato che i rapporti $r\delta$ tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiori a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

Dove:

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia espressa in mm di una durata t e tempo di ritorno T ;
- $h_{60,T}$ è l'altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno T ;
- t è la durata di pioggia espressa in minuti.

Questa formula consente di calcolare l'altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno a partire dal valore di $h_{60,T}$ ottenuto dalla curva di probabilità pluviometrica relativa allo stesso tempo di ritorno T .

Pertanto prendendo in considerazione la curva di possibilità pluviometrica $h_{60,T} = h_{1,10} = 8.525 \text{ mm}$, relativa alla durata di 1 ora e al tempo di ritorno $T=10$ anni ottenuta con la distribuzione di tipo GEV e applicando la formula di Bell si ottengono i valori di pioggia inferiori all'ora di seguito riportati:

T=10					
t(min)	15	20	30	45	60
ht,T	4.797	5.473	6.511	7.661	8.550

Tabella 12- Valori di pioggia inferiori all'ora

I parametri della curva di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno pari a $T=10$ e durata inferiore ad un'ora sono riportati di seguito, con tempo t espresso in minuti:

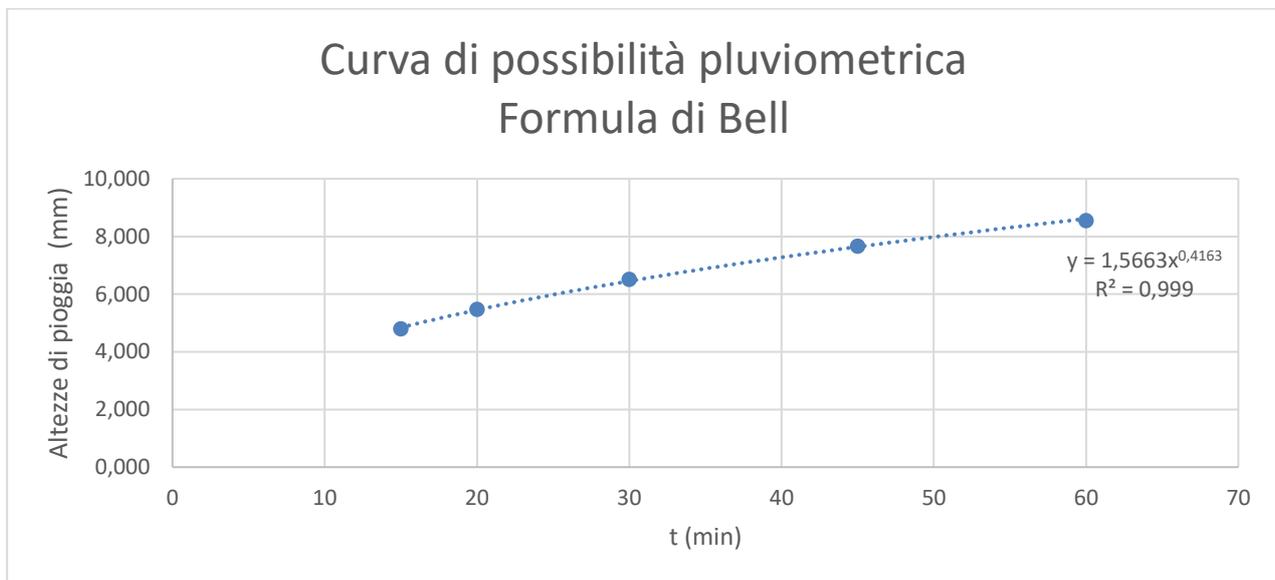


Figura 13- Curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora

T	a	n
10	1.5663	0.4163

Tabella 13- Parametri della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora

6.3 CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

Il calcolo della portata al colmo di piena per i vari bacini di influenza è stato ottenuto applicando la formula del Metodo Razionale:

$$Q = 0.277 \cdot C \cdot S \cdot a \cdot T_c^{n-1}$$

Dove:

- Q= portata di progetto in (m³/s)
- S= sottobacino imbrifero a monte della sezione di chiusura (m²)
- C = coefficiente di deflusso medio del sottobacino imbrifero [adimensionale];
- T_c = tempo di corrivazione del bacino [sec];
- a = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del Tr, coincidente con l'inclinazione della retta di tendenza della curva su scala logaritmica [mm/(secn)]
- n = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del Tr, coincidente con l'intercetta della retta di tendenza della c.p.p. su scala logaritmica [adimensionale].

Le caratteristiche geometriche dei bacini di influenza sono riportate nella tabella seguente:

Strade di collegamento	S scolante (km ²)	L scolante(km)	Pendenza media versante
IR 04.1	0.606	1.955	5.099%
IR 04.2	0,0057	0.234	6.399%

Tabella 14- Caratteristiche geometriche del bacino d'influenza

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso è stato assunto per tutti i bacini di influenza un valore pari a $c = 0.3$ in base al tipo di suolo e alla copertura del bacino (cfr. valori del coefficiente ϕ proposti dalla guida F.A.O. per la formula razionale).

Per il calcolo del tempo di corrivazione si è fatto riferimento alla formula di Pezzoli. Di seguito si riportano i risultati ottenuti per il calcolo della portata al colmo di piena.

Strade di collegamento	C	tc (ore)	n	a	S (Km ²)	Q (m ³ /s)
IR 04.1	0.3	0.476	0.4163	1.5663	0.606	0.1220
IR 04.2	0.3	0.051	0.4163	1.5663	0.0057	0.0042

Tabella 15- Calcolo della portata al colmo di piena

6.4 DIMENSIONAMENTO CUNETTE STRADALI

Il dimensionamento viene condotto confrontando il valore di portata proveniente dal calcolo del Metodo Razionale, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Manning, considerando il materiale di finitura e le caratteristiche geometriche della sezione idraulica della cunetta:

$$Q = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

con R, pari al raggio idraulico, così definito:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

- Q=portata del canale in m³/s;
- Am=area bagnata in m²;
- n=coefficiente di resistenza di Manning;
- i=pendenza longitudinale del dreno.

I criteri con i quali è stata svolta l'analisi idraulica sono:

- Scelta di una sezione tipo trapezoidale con geostuoia e inerbimento con idrosemina di area pari a 0.32 mq con le seguenti caratteristiche dimensionali:

B	b	h	β	Sezione
1.20	0.40	0.40	45	Trapezia

Tabella 16- Caratteristiche geometriche cunetta di scolo

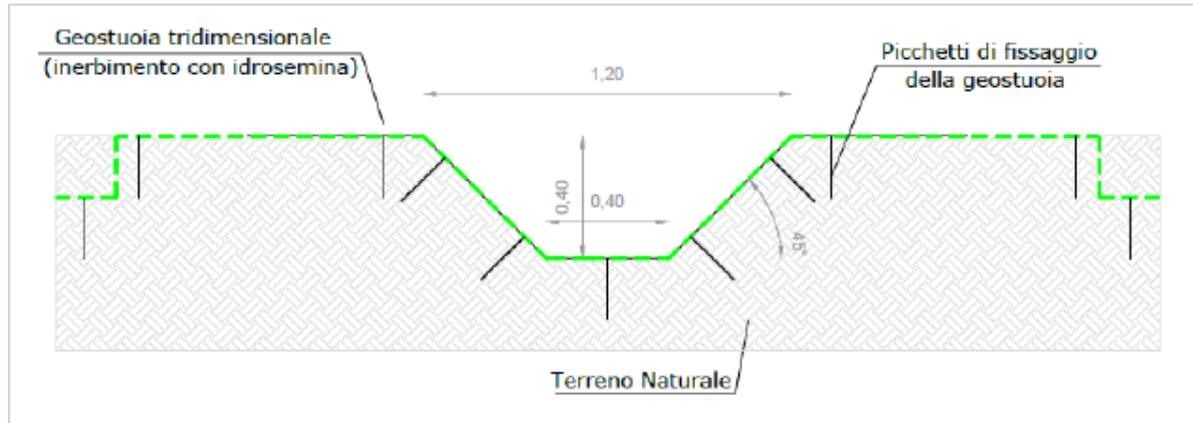


Figura 14- Sezione drenaggio – Canale trapezoidale in terra

- Rispetto della velocità pari a 1.65 m/s come indicato dalle specifiche tecniche del Cliente per la tipologia di cunetta scelta (cunetta trapezoidale in terra non rivestita, con l'erba ben piantata).

Di seguito si riportano pertanto i calcoli idraulici utili ai fini del dimensionamento della cunetta, dove “h” è il pescaggio idraulico.

Strade di collegamento	b (m)	h (m)	Am (m ²)	scarpa	Pm (m)	Manning	i (strada)	Velocità (m ² /s)
IR 04.1	0.4	0.1399	0.0755	1.00	0.7957	0.03	0.0458	1.4845
IR 04.2	0.4	0.0184	0.0077	1.00	0.452	0.03	0.0617	0.5481

Tabella 17-Dimensionamento cunette strade

Come si evince dai calcoli idraulici la soluzione ipotizzata di cunetta in terra non rivestita (delle dimensioni indicate in Tabella) è applicabile a tutte le aree.

In tutte le zone dell'intervallo è stato necessario procedere a un calcolo iterativo per conoscere il tiraggio dell'acqua per la portata data, non potendo intervenire né sui parametri della pendenza della strada e né sui valori di Manning (il valore posto pari a 0.03 è caratteristico per canali in terra non rivestiti).

Il valore della velocità pari a 1.65 m/s è rispettato per tutte le strade di collegamento.

Inoltre, volendo confermare la sezione preliminare, che meglio si adatta alla funzione che andrà a svolgere in fiancheggiamento alla viabilità, è necessario prevedere, nelle fasi successive della progettazione, che il rivestimento attuale è adatto, poiché i valori di velocità non superano il limite in ogni caso.

Saranno previsti opportuni sistemi di dissipazione all'uscita di canalette ed eventuali attraversamenti.

CONCLUSIONI

Sulla scorta di quanto illustrato nel presente studio è possibile affermare che:

7

- Dallo studio DTM e dalla corrispondente mappatura del bacino, si è scoperto che tutte le aree dell'impianto non hanno bisogno di essere riviste in termini di inondazioni;
- Dati e strumenti offerti nel presente studio e che costituiscono un predimensionamento dei canali di drenaggio dovranno essere opportunamente revisionati in una successiva fase esecutiva a seguito anche di opportuno studio delle pendenze con strumentazione idonea. Il dimensionamento delle cunette stradali per il drenaggio delle acque piovane ha previsto il tracciamento dei bacini d'influenza per l'individuazione delle caratteristiche geometriche dell'area. Successivamente è stata calcolata la curva di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 10 anni e con l'applicazione di modelli afflussi – deflussi come il modello razionale (per sottobacini di estensione minore di 10 kmq) è stato possibile calcolare la portata di progetto con la quale dimensionare le cunette stesse. Dai calcoli idraulici la soluzione ipotizzata di cunetta in terra non rivestita (delle dimensioni indicate in Tabella) è applicabile in tutte le aree. Inoltre, volendo confermare la sezione preliminare, che meglio si adatta alla funzione che andrà a svolgere in fiancheggiamento alla viabilità, è necessario prevedere, nelle fasi successive della progettazione, che il rivestimento attuale è adatto, poiché i valori di velocità non superano il limite in ogni caso;
- Lo studio dell'area del progetto insieme ai principali corsi d'acqua della zona non ha mostrato alcun incrocio tra i due e quindi non si è ritenuto necessario predimensionare i condotti sotterranei.

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

