



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05

PAGE

1 di/of 24

TITLE:

IMPIANTO EOLICO ACQUAVIVA COLLECROCE

(Comuni di Acquaviva Collecroce (CB), Palata (CB), San Felice del Molise (CB), Castelmauro (CB), Tavenna (CB) e Montecilfone (CB))

Relazione idrologica

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File: GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05_ Relazione idrologica

05	03/06/2022	EMISSIONE PER ITER AUTORIZZATIVO	V.Bertucci	E.Speranza/ M.Cianfarani	L.Sblendido
04	12/11/2021	QUINTA EMISSIONE	F.Greco	E.Speranza/ M.Cianfarani	L.Sblendido
03	03/07/2021	QUARTA EMISSIONE	F.Greco	E.Speranza/ M.Cianfarani	L.Sblendido
02	01/06/2021	TERZA EMISSIONE	F.Greco	E.Speranza/ M.Cianfarani	L.Sblendido
01	27/02/2021	SECONDA EMISSIONE	F.Greco	E.Speranza/ M.Cianfarani	L.Sblendido
00	21/12/2020	PRIMA EMISSIONE	F.Greco	E.Speranza/ M.Cianfarani	L.Sblendido
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

Giuliano Cavarzan	Marco Tomei	Luciano Iacofano
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

ACQUAVIVA COLLECROCE EO	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT					SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION					
	GRE	EEC	R	7	3	I	T	W	1	5	2	3	5	1	2	0	1	0	0

CLASSIFICATION: COMPANY

UTILIZATION SCOPE



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05

PAGE

2 di/of 24

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO	4
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE: BACINO DEL TRIGNO E DEL BIFERNO	6
4	DATI IDROLOGICI DISPONIBILI	9
4.1	STAZIONI DI RIFERIMENTO	9
4.2	DATI DI PIOGGIA DISPONIBILI	10
5	ANALISI DEI DATI IDROLOGICI DISPONIBILI	17
5.1	DISTRIBUZIONE STATISTICA DI GUMBEL	17
5.2	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA VAPI	19
6	CONCLUSIONI	23



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05

PAGE

3 di/of 24

1 INTRODUZIONE

La presente relazione contiene l'analisi idrologica in riferimento al progetto dell'impianto eolico, comprensivo delle opere di connessione, proposto da Enel Green Power S.p.A., nei Comuni di Acquaviva Collecroce, San Felice del Molise, Castelmauro, Palata, Tavenna e Montecilfone, tutti in provincia di Campobasso.

Il parco eolico è costituito da N.10 aerogeneratori, di potenza nominale singola pari a 6 MW, per una potenza nominale complessiva di 60 MW. L'energia elettrica prodotta sarà convogliata, dall'impianto, mediante cavi interrati di tensione 33 kV, alla Stazione multiutente di trasformazione 150/33 kV, ubicata nel Comune di Montecilfone.

In conformità alla STMG emessa con codice pratica 202002009 da Terna SpA e fornita al proponente con numero di protocollo P20210012806 del 15/02/2021, la Sottostazione di trasformazione 150/33 kV sarà collegata in antenna a 150 kV con la sezione 150 kV di una nuova stazione di trasformazione 380/150 kV della RTN (ubicata nel Comune di Montecilfone) da inserire in entrata-uscita sulla linea RTN a 380 kV "Larino - Gissi".

Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt 99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della sottostazione multiutente di trasformazione e la nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150 kV costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

La stazione multiutente risulta costituita da due stalli trasformatori (uno facente capo ad altra iniziativa analoga a quella dell'impianto in trattazione) ed uno stallo di linea. La condivisione dello stallo all'interno della futura Stazione RTN comporta la condivisione del cavidotto AT con il produttore facente capo ad altra iniziativa. Il cavidotto AT in uscita dalla stazione multiutente, si sviluppa fino alla futura Stazione RTN per una lunghezza di circa 460 m.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

2 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO

Il comune di Acquaviva Collecroce, nella quale ricadono la maggior parte delle aree di intervento, è caratterizzato da una *stagione calda* che dura dal *13 giugno* al *10 settembre*, con una temperatura giornaliera massima oltre 25 °C. Il giorno più caldo dell'anno è il *3 agosto*, con una temperatura massima di 29 °C e minima di 20 °C.

Mentre la *stagione fresca* dura dal *22 novembre* al *19 marzo*, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 13 °C. Il giorno più freddo dell'anno è l'*8 febbraio*, con una temperatura minima media di 3 °C e massima di 9 °C.

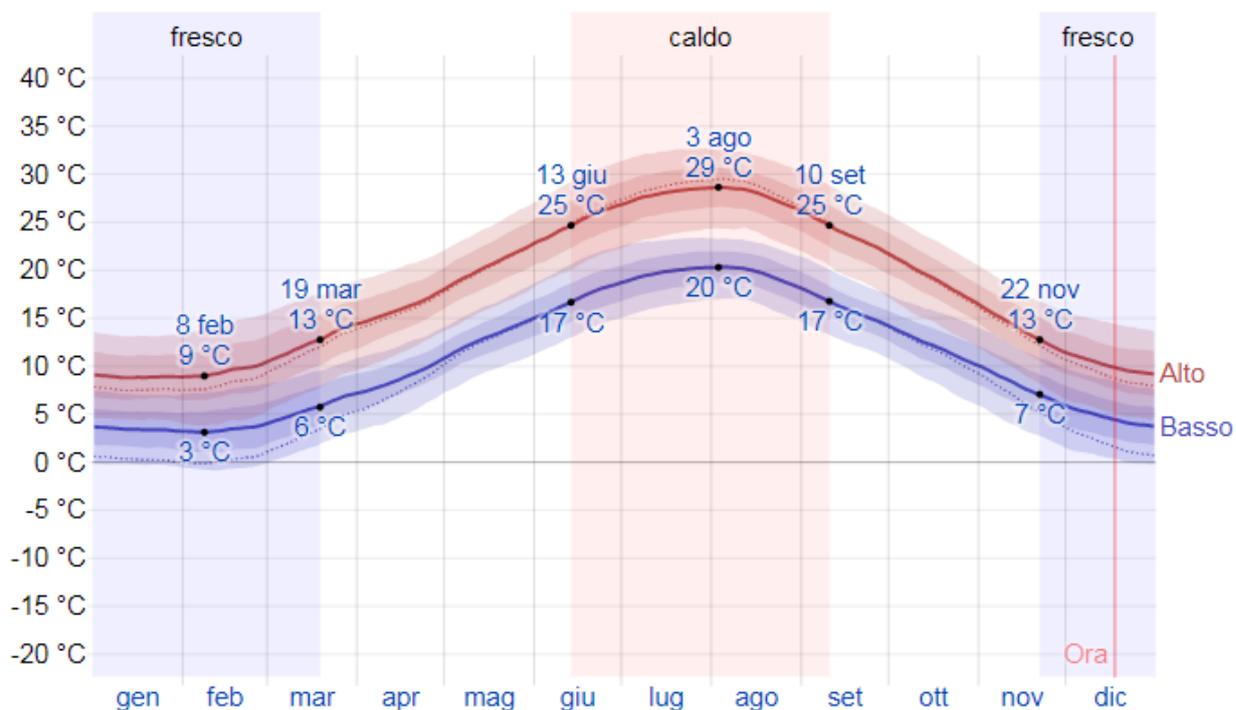


Figura 1 - La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie

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.

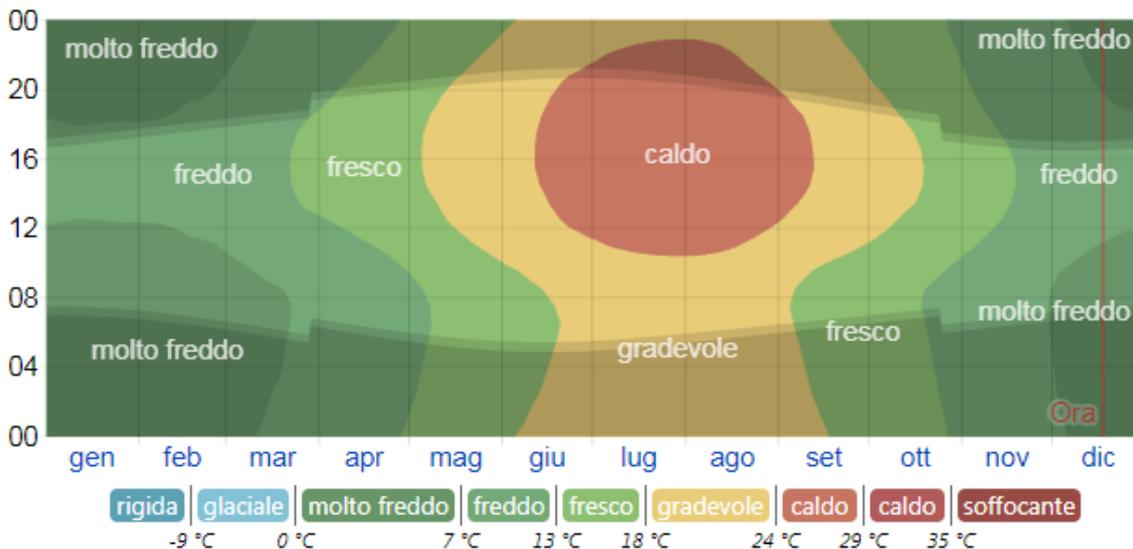


Figura 2 - La temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile. Per quanto riguarda invece le precipitazioni, la possibilità di giorni piovosi a Acquaviva Collecroce varia durante l'anno.

La stagione *più piovosa* dura dal *8 settembre* al *30 aprile*, con una probabilità di oltre 21% che un dato giorno sia piovoso. La probabilità di un giorno piovoso è al massimo il 30% il *20 novembre*. La stagione *più asciutta* dura dal *30 aprile* al *8 settembre*. La minima probabilità di un giorno piovoso è il 11% *7 luglio*.

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 30% il *20 novembre*.

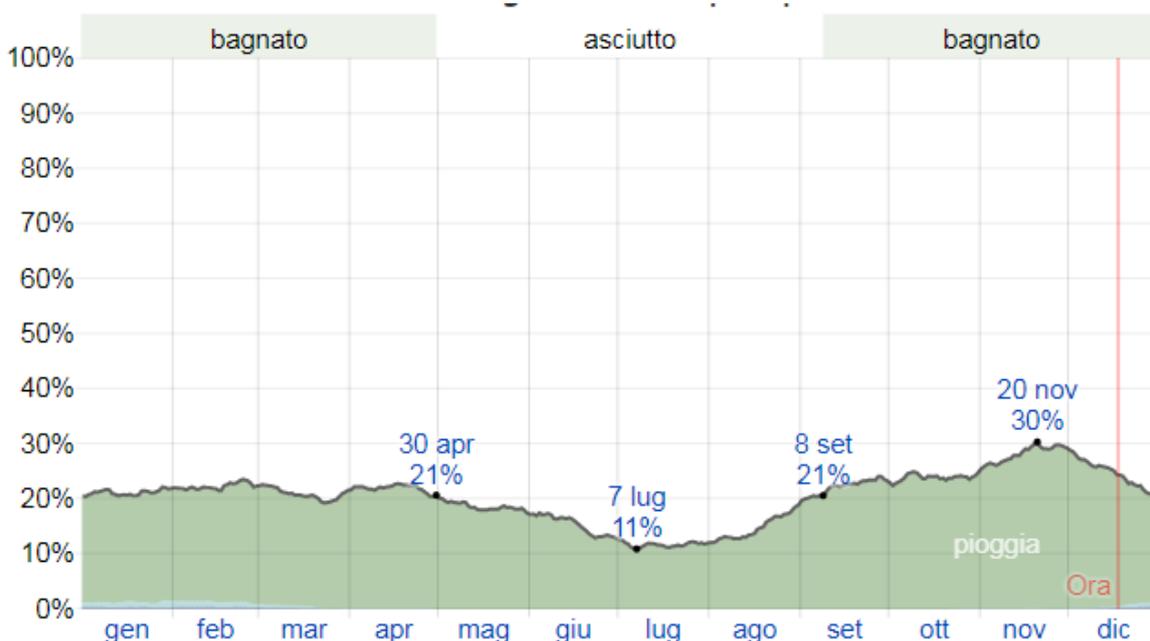


Figura 3 – Probabilità giornaliera di precipitazioni

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. Acquaviva Collecroce ha *alcune* variazioni stagionali di piovosità mensile.

La pioggia cade in tutto l'anno a Acquaviva Collecroce. La maggior parte della *pioggia* cade nei 31 giorni attorno al *16 novembre*, con un accumulo totale medio di *60 millimetri*.

La *quantità minore di pioggia* cade attorno al *9 luglio*, con un accumulo totale medio di *20 millimetri*.

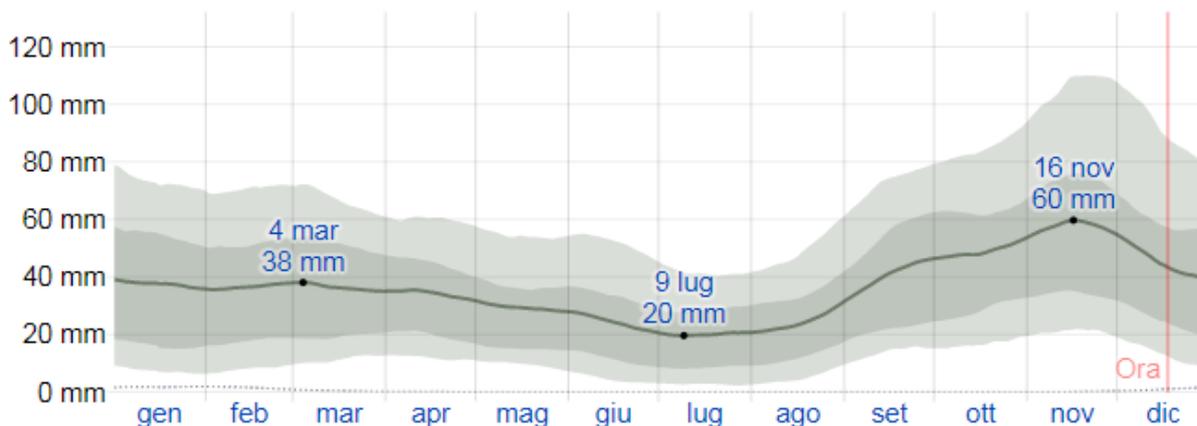


Figura 4 – Precipitazioni mensili medie

Le aree oggetto di intervento WTG1, WTG2, WTG3, WTG4, WTG5, WTG6, WTG7, WTG8, WTG9 e WTG10 ricadono all'interno del bacino idrografico del fiume Trigno in territorio Molisano e la stazione multiutente di trasformazione 150/33 kV ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Biferno.

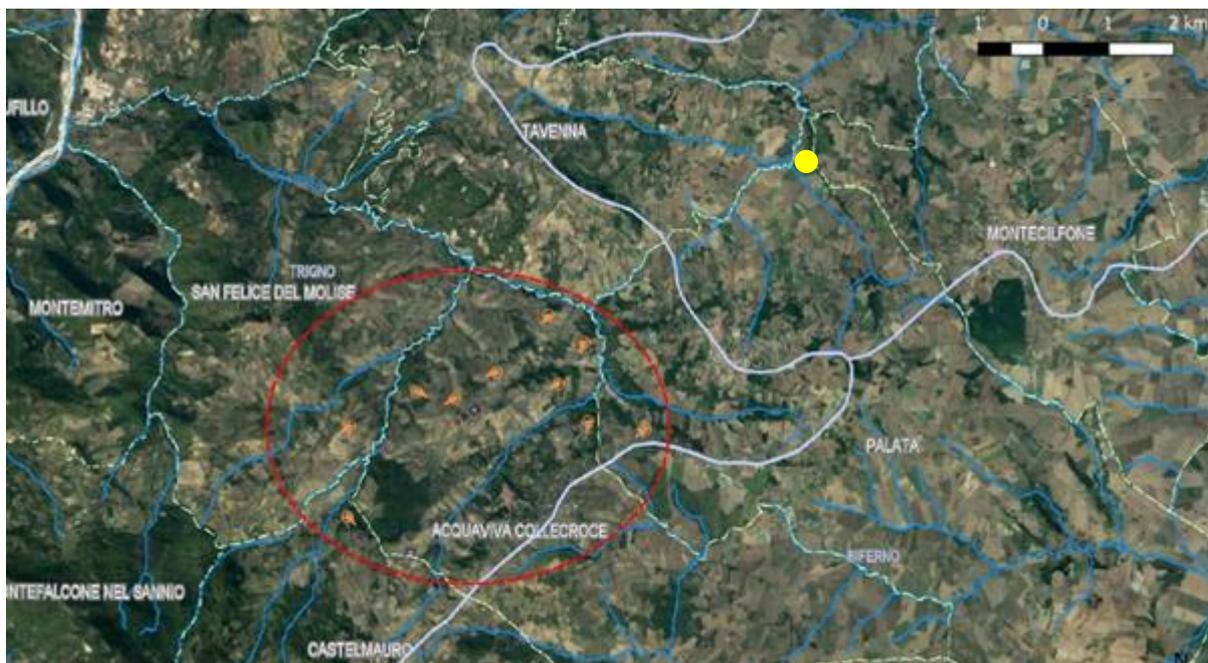


Figura 5 - Inquadramento delle aree oggetto di intervento all'interno del bacino del Trigno (aerogeneratori in arancione) e Biferno (stazione multiutente di trasformazione 150/33 kV in giallo)

Nello specifico il fiume Trigno sorge alla base del Monte Capraro, nei pressi di Vastogirardi in provincia di Isernia, ad una altitudine di circa 1.290 m s.l.m.. Per un tratto di 35 Km scorre interamente in territorio molisano; nel secondo tratto di percorso, di circa 45 Km, segna il confine con l'Abruzzo, fino a 7 chilometri dalla foce, quando rientra in territorio molisano.



Figura 6 – Bacino idrografico del fiume Trigno

La superficie complessiva del bacino è di circa 1.200 Km² e risulta compresa per il 40% in provincia di Isernia, il 32% in provincia di Chieti e il 28% in provincia di Campobasso.

Da un punto di vista geologico il bacino presenta due classi di rocce, la prima di natura calcarea e permeabile, la seconda costituita da argille scagliose, scisti argillose ed arenarie più o meno compatte. Sfocia nel Mar Adriatico in località Marina di Montenero (CB) poco a sud del centro abitato di Marina di San Salvo (CH).

Il Bacino del Fiume Biferno è quasi interamente compreso nel territorio regionale del Molise per una superficie totale pari a 1.316,1 km². All'interno di tale Bacino sono stati perimetrati 116 sottobacini di secondo ordine o superiore di cui 25 con superficie maggiore di 10 km².

Il Fiume Biferno, con una lunghezza pari a circa 92 km ed una estensione planimetrica del Bacino idrografico pari a 1.316 km², ha origine in corrispondenza del massiccio montuoso del Matese dal gruppo sorgivo di Pietre Cadute in agro di Bojano; il corso d'acqua si snoda per pochi chilometri all'interno della valle alluvionale di Bojano e, in corrispondenza della confluenza con il Torrente Quirino, si immette nella valle del Biferno. Il Bacino idrografico in esame fa parte di un settore dell'Appennino centro-meridionale che ricade interamente nella regione molisana al confine con la regione Campania e comprende i territori di diversi comuni della provincia di Isernia e di Campobasso. Più precisamente l'area dell'alto bacino del Biferno comprende la fascia montuosa localizzata al bordo orientale della dorsale appenninica, rappresentata dai rilievi dei Monti del Matese, estendendosi verso Nord e NE fino all'allineamento definito dal limite territoriale dei comuni di Vin-

chiatur-Cercemaggiore. Le successioni stratigrafiche in affioramento, esclusivamente sedimentarie, sono riconducibili a un paleo-ambiente deposizionale di transizione tra una Piattaforma Carbonatica, cui sono riferibili le successioni calcareo-dolomitiche mesozoiche del massiccio montuoso del Matese, ed i depositi flyschoidi tardo-miocenici prevalentemente terrigeni, riferibili al Bacino Molisano-Sannitico che caratterizzano le aree immediatamente a Nord di Isernia-Frosolone. La piana alluvionale di Bojano è caratterizzata da depositi alluvionali riconducibili all'attività fluvio-lacustre del Biferno stesso; la valle del Biferno, almeno fino all'invaso del Liscione, si articola nell'ambito delle unità terrigene sin orogenetiche che conferiscono ai versanti un aspetto tipicamente collinare. Dall'invaso del Liscione fino alla foce il corso d'acqua si sviluppa in una piana alluvionale-costiera costituita dai depositi continentali e marini, talvolta terrazzati, dell'Avanfossa PlioPleistocenica; il Biferno assume la tipica morfologia di un corso d'acqua di pianura con la formazione di numerosi meandri.

4 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, tra 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 in occasione di eventi di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h, per il bacino di interesse.

4.1 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 (come nel caso della Stazione di Montemitro);
- Un ulteriore criterio è stato quello di considerare stazioni rappresentative del bacino di interesse;
- 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 (nel caso di Mafalda, Palata e Castelmauro).

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

- Stazione di **Montemitro**, nel Comune di Montemitro (CB);
- Stazione di **Mafalda**, nel Comune Mafalda (CB);
- Stazione di **Palata**, nel Comune di Palata (CB);
- Stazione di **Castelmauro**, nel Comune di (CB).



Figura 7 – Stazioni pluviometriche di riferimento

Le serie storiche dei dati di pioggia sono state desunte dagli annali idrologici del Centro Funzionale della Protezione Civile della Regione Abruzzo.

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 115 anni.

4.2 Dati di pioggia disponibili

Le tabelle seguenti riportano le serie storiche rilevate presso le stazioni di riferimento e registrate negli annali idrologici della regione Abruzzo, 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, in occasione di eventi di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h.

Le serie storiche riportate di seguito sono state scelte sulla base dei criteri precedentemente definiti e sono riferibili ai Sottobacini considerati in cui ricadono le aree di impianto:

Anno	Montemitro (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1950	13.6	16	23	27.4	30
1951	19.4	20.8	27.4	29	30.8
1952	20	24.6	24.6	24.8	38.2
1953	11	17	30.6	37.6	44.8
1954	13.6	17	26.2	30	42
1955	22	50	87	129.6	150.8
1956	6.8	17	29.8	47.4	62
1957	12.2	24	37.6	66.6	84
1958	15	24	36.8	38	40.2
1959	26.2	35.2	47.2	58	91.6
1960	13.6	14.8	23	31.8	42.4
1961	28.6	41	49	51.6	67
1962	20.4	36.6	53.8	58	62.6
1963	26.8	70.4	70.4	70.4	76.4
1964	20	31.8	40.6	48.2	57
1965					
1966					
1967	20.8	42.4	35.8	39.4	46.4
1968	15.2	22.8	30.8	40	46
1969	20	25.4	41	69.6	97.6
1970	30.6	42.2	53.4	102.4	124.4
1971	15.8	24.4	28.6	30	46
1972					
1973	18.4	24	32	44.6	63.2
1974	15	23.4	32	46.8	57.6
1975	14.2	20	21.6	25.2	27
1976	28	40.6	42	42	43.2
1977	29.4	35.6	40	41.2	41.2
1978					
1979					
1980	33	37.4	37.4	45.4	65
1981	17.2	17.2	17.2	20	25.6
1982					
1983	29.4	48	50.4	50.4	50.4
1984	14.8	16.8	25.8	29.8	52
1985	10	22	27	33	47



Green Power

Engineering & Construction



WE ENGINEERING

GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05

PAGE

12 di/of 24

Anno	Montemitro (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1986	13.8	21	44	65.4	78.4
1987	19.2	36	36	36	36
1988	16	16	20.4	27.4	37.4
1989	15.4	18.8	29.8	41.4	55.2
1990					
1991	17.2	18.4	26	37	50
1992	15	18.6	27.6	23	53.4
1993	25	30.2	31.4	37.8	47.8
1994	21.2	21.2	30	43.4	45
1995	29	53	81	88.2	92.6
1996	21.8	37.6	37.6	57	68.8
1997	20.8	20.8	24.8	32.8	40.4
1998	20	27.8	29	42	49.4
1999	27	30	34.8	44	53.4
2000	30	70	108	150	159.6
2001	18	20	37.2	48	49
2002	35	38.2	40.2	41.4	50.8
2003	10	27	51.4	85.8	155.2
2004	19.6	45.4	57.6	75.6	89.8
2005	30.8	33.2	33.6	44.4	60.8
2006	33.6	37.6	44	68.8	97.4

Tabella 1 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di Montemitro (CB), consultabili negli annali idrologici dell'archivio della Protezione Civile della regione Abruzzo

Anno	Mafalda (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1974	17	28	40	45	56.5
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980	22	61	82	90	96
1981	20	33	36.4	41.8	52.2
1982					
1983					
1984	15	20.6	31	49	50
1985					
1986	10	21	44	64	83.6
1987					
1988					
1989					



Green Power

Engineering & Construction



WE ENGINEERING

GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05

PAGE

13 di/of 24

Anno	Mafalda (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1990	27	43	69	90	120.6
1991	16	22.6	32.6	48	63
1992	19.2	36.8	39.8	65.2	73.8
1993	19	25.6	25.6	36.4	41.6
1994	37	43	69	87.2	91.6
1995	24	44.6	73	80	81.6
1996	28	39	61	66.6	69
1997	29.4	36.2	36.2	46.6	51
1998	34.2	34.4	45.2	54.2	68
1999	54	58.6	61.4	99.4	106.8
2000	50	70.8	131	197.8	199.4
2001	16	27.4	31	52	59.4
2002	45	45.4	45.4	61	80.4
2003	22.4	54.6	79.4	87.8	132.4
2004					
2005	21.6	32	32.8	36	39.8

Tabella 2 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di Mafalda (CB), consultabili negli annali idrologici dell'archivio della Protezione Civile della regione Abruzzo

Anno	Palata (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1974	12.4	21.6	31	36	50.2
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980	22.4	22.4	22.4	27.4	45.8
1981	26	34.4	51.6	65.6	74
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987	27	32	47.6	55.8	55.8
1988					
1989	21	57	95	115.4	117.8
1990	29.4	30	37	55	76.6
1991	18	25.6	31.2	38.8	44
1992	12.6	27.8	47.4	78.8	92.6
1993					



Green Power

Engineering & Construction



WE ENGINEERING

GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.15235.12.010.05

PAGE

14 di/of 24

Anno	Palata (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1994	19.8	34.8	57.8	77.4	85.4
1995	40.8	59.2	62.2	62.2	65.2
1996	45	45	69.6	69.8	69.8
1997	30	32.8	32.8	33	36
1998	14.2	26	26.2	38.8	42
1999	25	37.6	37.6	43.6	59.8
2000	53	72	105	187	189
2001					
2002	20	33.6	42	68.8	91.8
2003	23	36	48.2	70.8	117.4
2004					
2005					
2006	22.8	37.6	40.8	59	91.8

Tabella 3 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di Palata (CB), consultabili negli annali idrologici dell'archivio della Protezione Civile della regione Abruzzo

Anno	Castelmauro (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1972	52.6	55.8	55.8	55.8	55.8
1973	12	12.2	21.8	27.4	44.4
1974	20	29.6	29.6	29.6	52
1975	34.2	52.6	57.2	57.2	57.2
1976	21.2	46.4	60.2	68.2	68.2
1977	19.8	24.2	26	26	36.2
1978	15.6	22.6	43	73	95.8
1979	22.2	25	33.8	42.6	53.2
1980	20	34.4	50.6	50.6	58
1981	15.8	28	38	46.6	47
1982	7	11	23	35.6	35.6
1983	16	14.4	25.4	28.4	35.4
1984	23	40.4	40.8	45	55.6
1985	16.6	23.4	26	37	53.6
1986	37.4	37.4	42	72.6	85
1987	17	31	36.8	45.6	45.6
1988					
1989	39	44	46	76.2	80
1990	16.6	27	45	63	99.8
1991	15.6	26.4	35	43.2	70
1992					
1993					
1994					
1995					
1996	24.4	30.6	31.4	40	53.8

Anno	Castelmauro (CB)				
	1h	3h	6h	12h	24h
1997					
1998	41	54	54.6	55	55
1999	61	63.8	63.8	63.8	100.8
2000	22	40	70	102	110
2001	29.6	40	42.2	48.2	50
2002	28.4	32.2	36	67.6	108.6
2003	39	40.4	40.6	62.6	98
2004					
2005					
2006	43	62	73.8	76.6	125.8

Tabella 4 - Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di Castelmauro (CB), consultabili negli annali idrologici dell'archivio della Protezione Civile della regione Abruzzo

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 corrispondente a durate di 1h, 3h, 6h, 12h e 24h, 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:

Anno	Dati di pioggia derivanti dal metodo distanze inverse				
	1h	3h	6h	12h	24h
1950	13.6	16	23	27.4	30
1951	19.4	20.8	27.4	29	30.8
1952	20	24.6	24.6	24.8	38.2
1953	11	17	30.6	37.6	44.8
1954	13.6	17	26.2	30	42
1955	22	50	87	129.6	150.8
1956	6.8	17	29.8	47.4	62
1957	12.2	24	37.6	66.6	84
1958	15	24	36.8	38	40.2
1959	26.2	35.2	47.2	58	91.6
1960	13.6	14.8	23	31.8	42.4
1961	28.6	41	49	51.6	67
1962	20.4	36.6	53.8	58	62.6
1963	26.8	70.4	70.4	70.4	76.4
1964	20	31.8	40.6	48.2	57
1967	20.8	42.4	35.8	39.4	46.4
1968	15.2	22.8	30.8	40	46
1969	20	25.4	41	69.6	97.6
1970	30.6	42.2	53.4	102.4	124.4
1971	15.8	24.4	28.6	30	46
1972	52.60	55.80	55.80	55.80	55.80
1973	14.35	16.53	14.59	19.26	29.30
1974	14.36	23.75	31.86	36.97	51.87
1975	26.85	40.63	44.12	45.45	46.11
1976	23.70	44.27	53.52	58.58	59.02
1977	23.33	28.39	31.14	31.58	38.04
1978	15.60	22.60	43.00	73.00	95.80
1979	22.20	25.00	33.80	42.60	53.20
1980	22.95	29.95	34.85	39.66	55.05
1981	22.90	31.63	44.57	55.73	62.81
1982	7.00	11.00	23.00	35.60	35.60
1983	20.92	26.74	34.58	36.48	40.91
1984	18.47	28.35	33.99	42.33	52.98
1985	14.18	22.89	26.37	35.53	51.18
1986	23.03	28.22	43.12	68.14	82.89
1987	24.40	32.24	44.46	51.91	51.91
1988	16.00	16.00	20.40	27.40	37.40
1989	23.64	50.70	79.44	100.68	104.51
1990	26.86	31.11	33.83	33.83	33.83
1991	17.32	24.73	31.48	40.35	50.79
1992	13.73	27.97	44.22	70.87	85.82
1993	21.74	27.70	28.25	37.04	44.43
1994	22.21	34.38	56.21	74.94	81.76

Anno	Dati di pioggia derivanti dal metodo distanze inverse				
	1h	3h	6h	12h	24h
1995	37.30	56.60	65.69	67.40	70.37
1996	37.70	41.36	59.60	63.51	67.07
1997	28.91	31.92	32.36	34.76	38.45
1998	21.21	31.56	33.08	43.38	47.62
1999	34.12	43.39	44.14	53.00	70.92
2000	45.60	66.58	102.56	171.21	174.83
2001	22.50	31.06	37.52	49.30	52.60
2002	25.48	35.10	41.25	65.21	89.43
2003	24.28	37.92	50.72	72.75	119.46
2004	19.60	45.40	57.60	75.60	89.80
2005	25.80	32.55	33.17	39.84	49.39
2006	27.54	41.97	47.05	63.17	98.48

Tabella 5 - Altezza di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi piovosi di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h ricavate dall'applicazione del metodo delle distanze inverse ai dati registrati presso le stazioni di riferimento nel caso in esame

5 ANALISI DEI DATI IDROLOGICI DISPONIBILI

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

- Metodo di Gumbel;
- Metodo VAPI tramite analisi statistica TCEV.

5.1 Distribuzione statistica di Gumbel

La serie di dati ottenute dal 2006 al 1950 applicando il metodo delle distanze inverse ai dati registrati presso le stazioni di riferimento in termini di altezze di pioggia [mm] corrispondenti ad eventi di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h sono state elaborate statisticamente per calcolare, per ciascuna durata considerata, i percentili corrispondenti a diversi periodi di ritorno (10, 20, 25, 50, 200, 250, 500 anni).

Nel dettaglio, con i dati (x_i) disponibili per ogni durata di interesse (1h, 3h, 6h, 12h, 24h), sono stati sviluppati i passaggi elencati nei punti che seguono:

- Calcolo della media (μ) e del momento di primo ordine corretto (σ) applicando le seguenti formule:

$$\mu = \frac{\sum_1^N x_i}{N} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \mu)^2}{(N-1)}}$$

- Calcolo dei parametri della distribuzione di Gumbel α ed u applicando le seguenti formule:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma}; \quad u = \mu - 0.45\sigma$$

- Calcolo dei percentili di Gumbel applicando la seguente formula in funzione dei parametri u , α e del tempo di ritorno (T in anni):

$$x = u + \frac{1}{\alpha} \left[-\ln \left[-\ln \left[\frac{T-1}{T} \right] \right] \right]$$

I risultati ottenuti sono stati raccolti nella seguente tabella:

		T							
		10	20	25	50	100	200	250	500
h	1	33.02	37.77	39.27	43.90	48.51	53.09	54.56	59.14
	3	48.81	55.94	58.20	65.17	72.08	78.97	81.18	88.06
	6	63.39	72.77	75.75	84.91	94.00	103.07	105.98	115.02
	12	88.07	102.95	107.66	122.20	136.63	151.00	155.62	169.97
	24	103.84	120.75	126.11	142.63	159.03	175.38	180.63	196.93

Tabella 6 - Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno

I risultati dell'elaborazione statistica dei dati di pioggia oggetto della presente trattazione sono stati espressi sotto forma di *curve di probabilità pluviometrica*, rappresentate in forma esponenziale con evidenza dei parametri "a" ed "n":

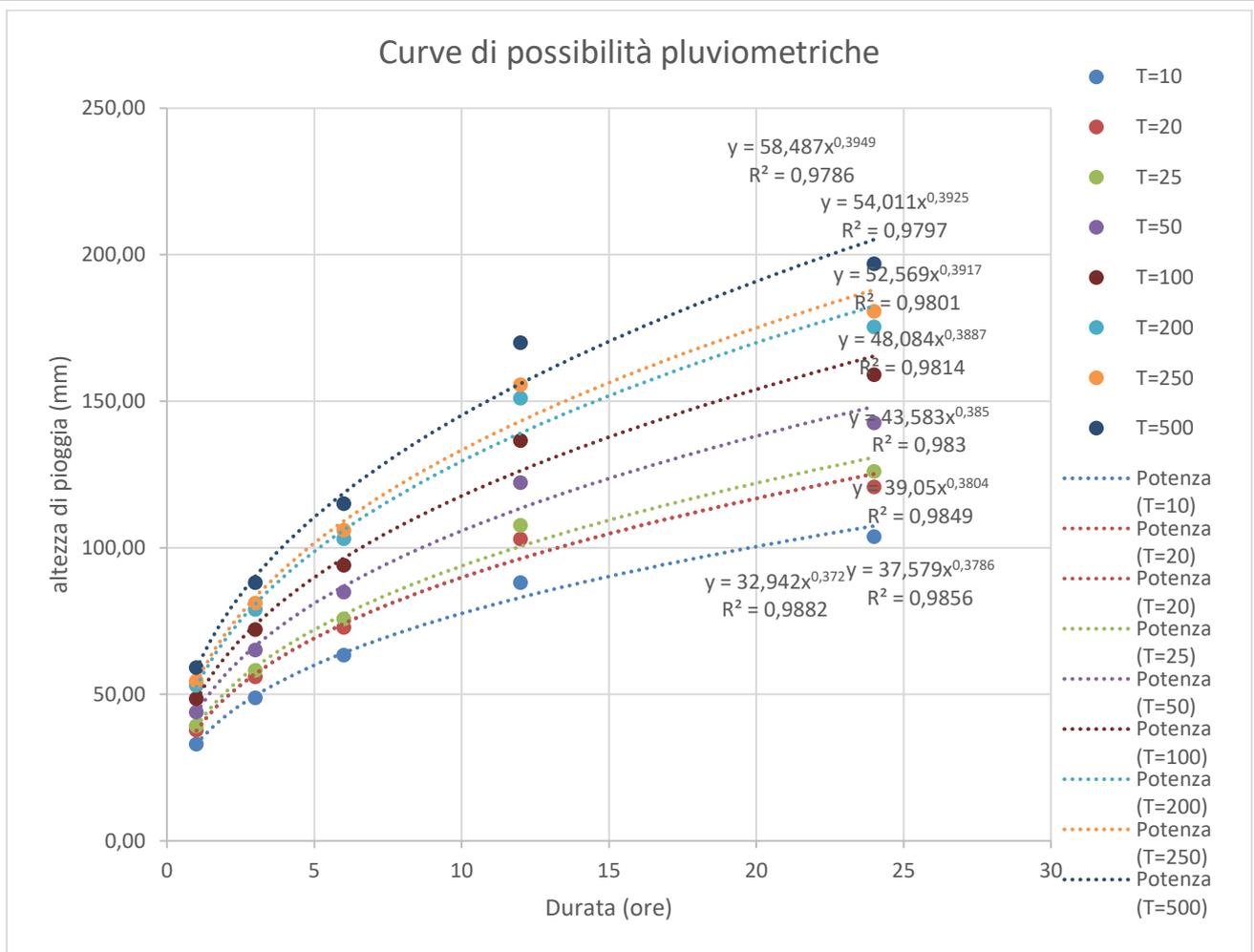


Figura 8 – Curve di possibilità pluviometrica

	T							
	10	20	25	50	100	200	250	500
a	32.942	37.579	39.05	43.583	48.084	52.569	54.011	58.487
n	0.372	0.3786	0.3804	0.385	0.389	0.3917	0.3925	0.3949

Tabella 7 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno

5.2 Descrizione della metodologia VAPI

La stima della pioggia di massima intensità per un dato tempo di corrivazione e per un dato tempo di ritorno, viene sviluppata secondo i criteri sviluppati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. La metodologia adottata nel progetto VAPI fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena e quindi non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associata una probabilità che si verifichino

eventi di piena con valori superiori. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari, si adotta una metodologia di analisi regionale che consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica posseduta su un dato territorio.

Nell'ambito di tale studio si è utilizzata l'informazione pluviografica raccolta dal Servizio Idrografico Italiano e, in particolare, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi statistica a scala regionale ed applicando la legge di distribuzione a doppia componente su tre livelli successivi di regionalizzazione, basato sulla seguente formula:

$$F_x(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp\left[-x/(\theta_* \theta_1)\right]\right\} \quad x \geq 0$$

Il modello a doppia componente appena citato è denominato TCEV (acronimo di Two Components Extreme Value): i parametri della TCEV sono 4 ed è quindi molto elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili la cui dimensione campionaria è in genere inferiore a 80. Per ridurre tale incertezza, si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee. In particolare:

- Al I livello di regionalizzazione per i due parametri di forma θ_* e Λ_* si può assumere un valore costante all'interno di ampie zone omogenee;
- Al II livello di regionalizzazione, oltre ai valori costanti dei parametri θ_* e Λ_* nelle zone omogenee, all'interno di queste è possibile identificare sottozone omogenee, entro cui si può ritenere costante anche il parametro di scala Λ_1 ;
- Al III livello di regionalizzazione, oltre ai parametri θ_* , Λ_* e Λ_1 di cui si può assumere un valore regionale, si persegue in modo regionale anche la stima del quarto parametro che sia θ_1 o μ in relazione all'approccio che si intende adottare.

I risultati ottenuti per la Regione molise

Il modello TCEV è stato impiegato nel progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) sviluppato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Nel rapporto VAPI Lazio – Umbria – Abruzzo – Molise, al primo e al secondo livello di regionalizzazione, sono state identificate tre regioni omogenee, in cui l'ipotesi della costanza del coefficiente di variazione e del coefficiente di asimmetria può essere accettata, indicate come:

- zona A (Tirrenica), che interessa la fascia del litorale tirrenico e si protende all'interno lungo le valli dei principali corsi d'acqua;

- zona B (Appenninica), che interessa l'ampia fascia dell'Appennino propriamente detto, con le propagini dei colli Albani, e i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, nonché, separati da questa zona, i gruppi montuosi nell'entroterra tirrenico a nord-ovest del Tevere (i massicci dell'Amiata e del Cetona con i monti Vulsini; e i monti Cimini con i monti della Tolfa e i monti Sabatini);
- zona C (Adriatica), che interessa una ristretta fascia del litorale adriatico e si protende con ristrette lingue lungo le valli dei corsi d'acqua.

Dal momento che è stato necessario effettuare analisi idrologiche per i bacini di interesse, data la misura campionaria dei dati storici, è apparso ragionevole adattare alla stessa il modello probabilistico della TCEV al II livello di regionalizzazione che ritiene costanti per la zona pluviometrica omogenea C in cui ricadono le aree di intervento, i parametri θ^* e Λ^* nonché il parametro di scala Λ_1 .

Per il compartimento di Pescara, e in particolare per l'area oggetto di tale studio idrologico, si ottengono i seguenti risultati:

Parametri TCEV	
θ^*	2.402
Λ^*	0.795
Λ_1	27.81
η	5.301

Tabella 8 - Parametri TCEV ottenuti al II livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione la stima di x_T , nel modello TCEV, può essere effettuata con il metodo del valore indice. Con tale metodo si analizza in luogo di X una variabile adimensionale X/X_1 dove X_1 è un valore caratteristico della distribuzione di X ed assume il nome di valore indice. Nelle applicazioni quasi sempre si utilizza come valore indice la media μ e si analizza la variabile $X'=X/\mu$ che viene indicata come fattore di crescita.

In generale seguendo tale approccio, la stima di x_T si ottiene con due passi distinti:

- stima del fattore di crescita x'_T , relativo al periodo di ritorno T ;
- stima del valore indice, μ .

In definitiva la stima di x_T si ottiene con il prodotto:

$$X_T = x'_T \cdot \mu$$

La stima del fattore di crescita, riferita al periodo di ritorno imposto dal problema in esame, è ovviamente una stima probabilistica. La distribuzione di probabilità (curva di crescita) di tale variabile interpretata con la legge probabilistica TCEV assume espressione:

$$F_{x'}(x') = \exp \left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\theta_*}} \exp \left(-\frac{\eta x'}{\theta_*} \right) \right]$$

Dove:

$$\eta = \frac{\mu}{\theta_1}$$

E' importante sottolineare che la curva di crescita, come si può notare facilmente dalle espressioni riportate, dipende dai soli parametri Λ_* , θ_* e Λ_1 . In definitiva, utilizzando l'approccio del valore indice, è possibile ottenere una stima di x_T dalla conoscenza dei parametri θ_* , Λ_* , Λ_1 (mediante i quali si stima la curva di crescita) e di μ (portata indice).

E' opportuno sottolineare che per il secondo livello di regionalizzazione il valore indice può essere considerato pari alla media aritmetica della serie campionaria della variabile idrologica considerata. Si riporta di seguito il calcolo delle altezze di pioggia necessarie per la determinazione della curva di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno.

x'_T	1	3	6	12	24	T	F(x')x'
1.569752	34.53403463	50.613611	65.2994743	83.9865429	101.309434	10	0.9
1.880316	41.36632783	60.627125	78.2184732	100.602635	121.352726	20	0.95
1.980189	43.56351026	63.847349	82.3730661	105.946168	127.798405	25	0.96
2.291674	50.41608609	73.89059	95.3304169	122.611587	147.901199	50	0.98
2.59418	57.07115484	83.6443607	107.9143068	138.7966696	167.424584	100	0.99
2.870819	63.15707484	92.563978	119.422009	153.597587	185.278308	200	0.995
2.960317	65.12599876	95.449664	123.144994	158.385997	191.054365	250	0.996
3.174509	69.83816754	102.35589	132.055107	169.84596	204.878037	500	0.998

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

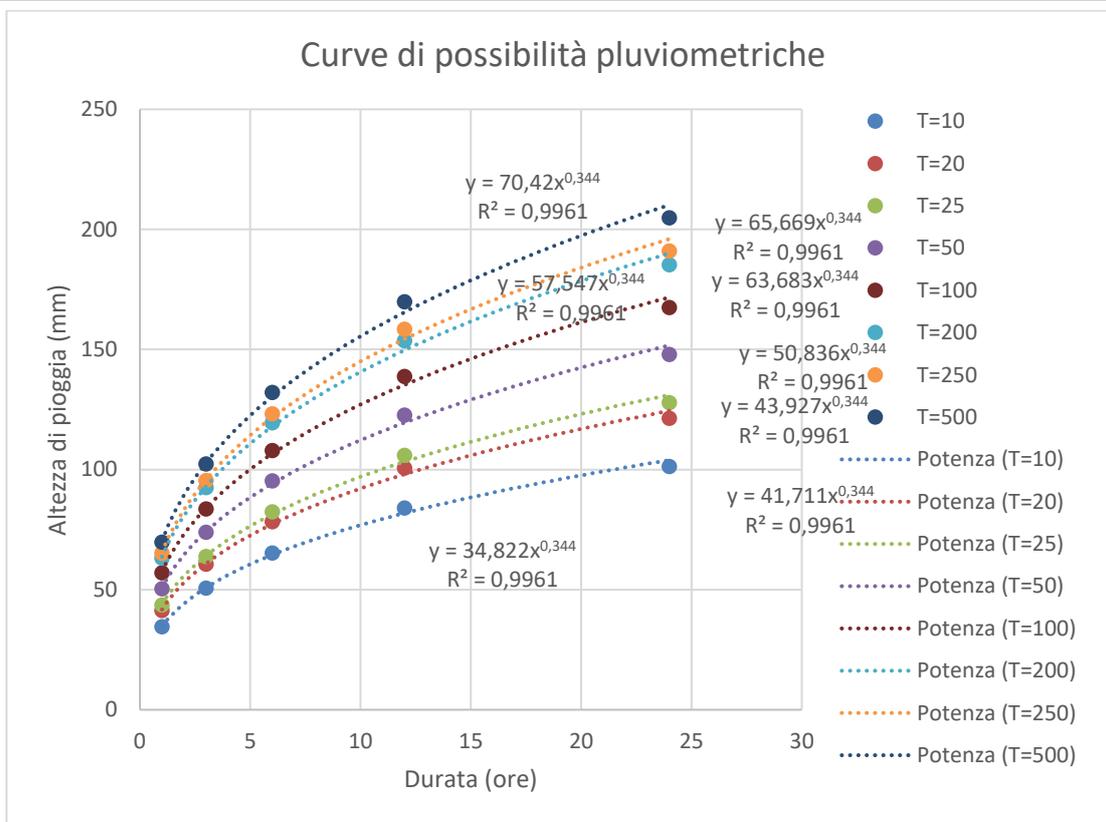


Figura 9 - Curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno stimati con l'approccio VAPI al II livello di regionalizzazione

	T							
	10	20	25	50	100	200	250	500
a	34.822	41.711	43.927	50.836	57.547	63.683	65.669	70.42
n	0.344	0.344	0.344	0.344	0.344	0.344	0.344	0.344

Tabella 10 - Parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometriche ottenute con la distribuzione di tipo TCEV

6 Conclusioni

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

- Le aree di progetto ricadono nei bacini idrografici del fiume Trigno e del Fiume Biferno e in sottobacini idrografici per i quali è possibile stimare afflussi meteorici corrispondenti a diversi tempi di ritorno sulla base di un campione di dati pluviometrici statisticamente significativo, costituito in particolare da serie storiche riferite ad eventi di massima intensità e di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, disponibili con riferimento ad un periodo compreso tra il 1950 ed il 2006 in 4 stazioni (Montemitro, Mafalda, Palata e Castelmauro) le quali risultano essere rappresentative del bacino idrografico di interesse;

- Per quanto concerne l'analisi statistica degli estremi idrologici, essa è stata condotta per i bacini secondo i due approcci del Metodo di Gumbel e del Metodo della TCEV con processo di regionalizzazione tramite VAPI;
- Sono state calcolate le curve di possibilità pluviometrica e dunque i parametri a e n per un tempo di ritorno pari a 10 20 25 50 100 200 250 500 sia con il metodo di Gumbel che con il metodo della TCEV;
- Ai fini dell'analisi idraulica per la verifica delle aree esondabili e il dimensionamento delle cunette di drenaggio a bordo strada si è scelto di utilizzare le curve di possibilità pluviometriche calcolate con il metodo TCEV in quanto ritenute più cautelative.

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



The image shows a handwritten signature in blue ink that reads "Leonardo Sblendido". Overlaid on the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the following text: "ORDINE INGEGNERI COSENZA" around the top edge, "Ingegnere" in the center, "LEONARDO SBLENDIDO" in large letters, "Laurea in Ingegneria" below the name, "Sezione A 1947" below the name, and "Settore Civile-Ambientale - Industriale" around the bottom edge. There is also a small logo of the Italian Republic in the center of the stamp.