

REGIONE CAMPANIA
Provincia di Avellino
COMUNI DI Lacedonia (AV) – Monteverde (AV)

PROGETTO

**PROGETTO DI REBLADING DEL
PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE (39,60 MW)**



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

ERG Wind 4



PROGETTISTA:



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	02/2019	/	1 di 25	A4	LCD	ENG	REL	0010	00

NOME FILE: LCD-ENG-REL-0010_00_Relazione idrologica.doc

ERG Wind 4 2 S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	2
LCD	ENG	REL	0010	00		

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02/2019	PRIMA EMISSIONE	TP	LSP	VBR

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	3
LCD	ENG	REL	0010	00		

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SITO DI ISTALLAZIONE DELL'IMPIANTO	5
2.1	UBICAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI.....	5
3	ANALISI IDROLOGICA.....	8
3.1	GENERALITÀ SUL MODELLO VAPI.....	8
3.2	ANALISI IDROLOGICA ATTRAVERSO IL MODELLO VAPI PUGLIA.....	9
3.2.1	DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE	14
3.3	ANALISI IDROLOGICA ATTRAVERSO IL MODELLO VAPI CAMPANIA.....	15
3.4	CONFRONTO DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE DEI VAPI.....	18
4	STIMA DELLA PIENA INDICE: MODELLO RAZIONALE	22
4.1	VALUTAZIONE DEL FATTORE PROBABILISTICO DI CRESCITA DELLE PORTATE	24
4.2	VALUTAZIONE DELLE PIENE INDICE E DELLE PORTATE DI PIENA DEI BACINI SOTTESI ALLE SEZIONI DI CALCOLO	25

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	4
LCD	ENG	REL	0010	00		

1 PREMESSA

La società Golder è stata incaricata di redigere il progetto di reblading dell'impianto eolico esistente, di potenza complessiva pari a 39,60 MW e formato da n.60 aerogeneratori ubicati all'interno dei territori comunali di Lacedonia (AV) e di Monteverde (AV) in Regione Campania.

Di proprietà della società ERG Wind 4 Holding Italia Srl, l'impianto risulta costituito da aerogeneratori tripala modello Vestas V-47, con torre tralicciata, ciascuno di potenza nominale pari a 0,66 MW.

In particolare, la porzione di impianto ricadente nel Comune di Lacedonia è composta da 51 aerogeneratori, per una potenza complessiva di 33,66 MW, mentre la parte ricompresa nel territorio di Monteverde risulta costituito da 9 aerogeneratori per una potenza complessiva di 5,94 MW.

L'intero impianto, attualmente in esercizio, risulta collegato tramite cavidotti interrati alla sottostazione elettrica di Lacedonia.

L'intervento progettuale, finalizzato all'efficientamento energetico degli aerogeneratori esistenti prevede la sostituzione delle 3 pale costituenti il rotore delle 60 turbine.

In particolare, le pale attualmente montate, caratterizzate da una lunghezza di 22,9 m saranno sostituite da pale più lunghe di 1 m (lunghezza complessiva di 23,9 m), opportunamente omologate e con profilo ottimizzato per aumentare il rendimento aerodinamico degli aerogeneratori e conseguentemente l'energia prodotta.

Il presente documento si propone di fornire l'inquadramento idrologico dell'area oggetto degli interventi con una valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, interessano il bacino idrografico e, di conseguenza, tutti gli elementi oggetto della progettazione in esame.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	5
LCD	ENG	REL	0010	00		

2 SITO DI ISTALLAZIONE DELL'IMPIANTO

2.1 Ubicazione e riferimenti cartografici

Il progetto di cui alla presente relazione insiste nei territori dei comuni di Lacedonia e Monteverde, in provincia di Avellino, Regione Campania. L'impianto si sviluppa lungo 3 file, tutte orientate secondo una direttrice circa nord-sud. Funzionalmente è possibile suddividere l'impianto in 4 tronchi principali:

- il primo comprende gli aerogeneratori denominati con le sigle da LC01 a LC22 situato ad Ovest e Sud-Ovest del Comune di Lacedonia;
- il secondo comprende gli aerogeneratori con la sigla da LC23 a LC38 situato a Sud-Est del Comune di Lacedonia;
- il terzo comprende gli aerogeneratori con la sigla da LC39 a LC54 situato a Nord-Est del Comune di Lacedonia;
- il quarto comprende gli aerogeneratori con la sigla da MV01 a MV09 situato a Nord del Comune di Monteverde e a sud-est del Comune di Lacedonia.

Tutti gli aerogeneratori si collegano alla RTN mediante cavidotti interrati presso la sottostazione elettrica sita nel comune di Lacedonia nella sua parte nord-occidentale, la quale non necessiterà di interventi. Il tracciato dei cavidotti interessa esclusivamente i comuni di Lacedonia e Monteverde e gli stessi non necessitano di alcun intervento.

Nello specifico, l'intervento di sostituzione delle pale sarà eseguito su n. 51 aerogeneratori esistenti, individuati con le sigle da LC01 a LC54, ricadenti nel Comune di Lacedonia e su n. 9 aerogeneratori esistenti, individuati con le sigle da MV01 a MV09, ricadenti nel Comune di Monteverde.

Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto ricadono all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli I.G.M. in scala 1:100.000
 - 174 Ariano Irpino;
 - 175 Cerignola;
- Fogli di mappa catastali nn° 16, 19, 35, 36, 38, 39, 42, 44, 47 e 53 del Comune di Lacedonia;
- Fogli di mappa catastali nn° 1 e 3 del Comune di Monteverde.

Il tracciato del cavidotto, come detto, coincide con il tracciato attualmente già impegnato dal cavidotto in esercizio, e la stazione di consegna dell'energia prodotta, che coincide con la stazione attualmente in esercizio, interessano i seguenti mappali oltre a quelli sopraccitati:

- Fogli di mappa catastali nn° 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 24, 25, 26, 28 e 33 del Comune di Lacedonia.

A seguire le coordinate geografiche dei 60 aerogeneratori, nel sistema di riferimento UTM WGS 84:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA		6
LCD	ENG	REL	0010	00			

WTG n.	Modello Esistente	Potenza [kW]	GAUSS- BOAGA FUSO EST		Società	Comune/Provincia
			X	Y		
LC01	V47	660	533601	4544368	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC02	V47	660	533612	4544240	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC03	V47	660	533612	4544094	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC04	V47	660	533653	4543967	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC05	V47	660	533675	4543852	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC06	V47	660	533737	4543735	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC07	V47	660	533731	4543591	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC08	V47	660	533734	4543445	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC10	V47	660	533768	4543242	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC12	V47	660	533825	4543033	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC13	V47	660	533808	4542832	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC14	V47	660	533829	4542721	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC15	V47	660	533939	4542627	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC16	V47	660	534066	4542520	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC17	V47	660	534129	4542427	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC18	V47	660	534241	4542343	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC20	V47	660	534376	4542259	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC21	V47	660	534503	4542083	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC22	V47	660	534506	4542006	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC23	V47	660	537545	4543790	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC24	V47	660	537624	4543635	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC25	V47	660	537699	4543556	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC26	V47	660	537732	4543426	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC27	V47	660	537776	4543289	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC28	V47	660	537920	4543079	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC29	V47	660	537954	4542937	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC30	V47	660	538221	4541856	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC31	V47	660	538250	4541706	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC32	V47	660	538278	4541555	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC33	V47	660	538273	4541306	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA		7
LCD	ENG	REL	0010	00			

LC34	V47	660	538332	4541211	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC35	V47	660	538389	4541094	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC36	V47	660	538238	4540897	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC37	V47	660	538244	4540754	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC38	V47	660	538299	4540654	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC39	V47	660	539957	4547373	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC40	V47	660	539999	4547253	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC41	V47	660	539950	4546652	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC42	V47	660	539989	4546539	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC43	V47	660	540057	4546434	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC44	V47	660	540112	4546305	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC45	V47	660	540142	4546165	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC46	V47	660	540167	4546051	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC47	V47	660	540193	4545935	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC48	V47	660	540702	4545121	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC49	V47	660	540800	4545042	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC50	V47	660	540876	4544939	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC51	V47	660	540970	4544837	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC52	V47	660	541022	4544738	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC53	V47	660	541128	4544621	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
LC54	V47	660	541202	4544539	ERG WIND 4	Lacedonia (AV)
MV01	V47	660	542685	4542932	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV02	V47	660	542744	4542810	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV03	V47	660	542798	4542712	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV04	V47	660	542940	4542621	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV05	V47	660	542996	4542544	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV06	V47	660	543046	4542441	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV07	V47	660	543084	4542340	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV08	V47	660	543117	4542235	ERG WIND 4	Monteverde (AV)
MV09	V47	660	543199	4542152	ERG WIND 4	Monteverde (AV)

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	8
LCD	ENG	REL	0010	00		

3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 Generalità sul modello VAPI

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena e dei relativi volumi che, per prefissati tempi di ritorno, interessano il bacino idrografico e, di conseguenza, il territorio e tutti gli elementi vulnerabili in esso presenti.

Poiché il comune di Lacedonia rientra in un'area in cui si sovrappongono la zonizzazione del VAPI Campania e la zonizzazione del VAPI Puglia, si è provveduto alla definizione della curva di probabilità pluviometrica utilizzando i risultati di sintesi dei due rapporti VAPI.

In congruenza con le finalità dello studio, volto a definire un assetto idraulico dei luoghi di interesse adeguato allo stato di fatto, si deve fare riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 200 anni, attraverso i quali si stabiliscono le condizioni di sicurezza idraulica.

Il D.P.C.M. 29.09.1998, in materia di difesa del suolo, stabilisce che *"Ove possibile è consigliabile che si traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, dalle elaborazioni eseguite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, oppure dai rapporti tecnici del progetto Va.Pi. messo a disposizione dal G.N.D.C.I.- C.N.R."*.

Il progetto VAPI sulla valutazione delle piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, si prefigge l'obiettivo di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. Scopo di tale rapporto è quello di fornire uno strumento ed una guida ai ricercatori ed ai tecnici operanti sul territorio, per comprendere i fenomeni coinvolti nella produzione delle portate di piena naturali e per effettuare previsioni sui valori futuri delle piene in una sezione di un bacino naturale con il minimo possibile di incertezza.

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale". Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alla qualità dell'informazione disponibile ed alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura. Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri che sono noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson, 1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al. 1984). Questa ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	9
LCD	ENG	REL	0010	00		

caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Da ciò deriva il fatto che se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

La metodologia propria del progetto Va.Pi. effettua la regionalizzazione delle piogge su sei zone omogenee, in cui è stata suddivisa la Puglia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.

Lo studio idrologico per il progetto di reblading è stato condotto rifacendosi alle procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per:

- la "Valutazione delle Piene in Puglia" (a cura di Vito Antonio Copertino e Mauro Fiorentino, 1994), nel seguito, denominato "VAPI Puglia".
- la "Valutazione delle Piene in Campania" (a cura di Rossi F. e Villani, 1994), nel seguito, denominato "VAPI Campania".

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

La procedura adottata e i calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi.

I valori derivati dall'applicazione delle due metodologie su descritte sono stati successivamente confrontati con i risultati ottenuti dall'applicazione di formule semplificate basate sulla stima, di carattere geomorfologico, dei tempi di concentrazione propri del bacino.

3.2 Analisi idrologica attraverso il modello VAPI Puglia

L'analisi idrologica dell'area in oggetto è stata condotta utilizzando il metodo VAPI elaborato dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia settentrionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001).

I valori dei tempi di ritorno (**TR**) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

Dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese settentrionale, territorio nel quale ricade parte del bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I., le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	10
LCD	ENG	REL	0010	00		

Estremo a Doppia Componente) che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo l'unione di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano. L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sotto regioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 66 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* . L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di Λ_1 . Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire (tabella 1) si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio:

Parametri regionali

Piogge	$\theta^* = 2.352$	$\Lambda^* = 0.772$	$\Lambda_1 = 45$	$\eta = 5.662$
--------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tabella 1 – Parametri d'interesse (<http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/Bari.htm>)

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	11
LCD	ENG	REL	0010	00		

assegnata durata $X_{d,TR}$ viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta *fattore probabilistico di crescita*, funzione del periodo di ritorno T_R e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno T_R ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T_R ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e Λ_1 , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia settentrionale, anche se tale fattore può essere calcolato in funzione di T_R attraverso la approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e Λ_1 .

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R$$

I valori di K_T utilizzati nel caso in esame sono riportati nella tabella seguente:

Tempo di ritorno (anni)	50	200	500	5	10	25	100
K(T) Zona 1-2-3-4	2,188	2,764	3,144	1,233	1,520	1,901	2,476
K(T) Zona 5-6	2,181	2,897	3,370	0,991	1,349	1,823	2,539

Tabella 2 - Valori di K_T al variare della zona e del tempo di ritorno.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	12
LCD	ENG	REL	0010	00		

(media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_d)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo **a** ed **n** due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di *curva di probabilità pluviometrica*.

Per la regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h .



Figura 1 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello con individuazione dei comuni di Lacedonia e Monteverde (in blu).

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(Ch+D+\ln \alpha - \ln a) / \ln 24}$$

in cui **a** è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = X_g/X_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.		
LCD	ENG	REL	0010	00	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	13

Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro nella pagina successiva (tabella 3).

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,000503	0,720	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	0,696	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	0,628	-
6	0,89	33,7	0,0022	0,666	-

Tabella 3 - Coefficienti del terzo livello di regionalizzazione

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (K_T) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d)$$

I bacini idrografici e più in generale le aree di progetto ricadono all'interno della zona 4.

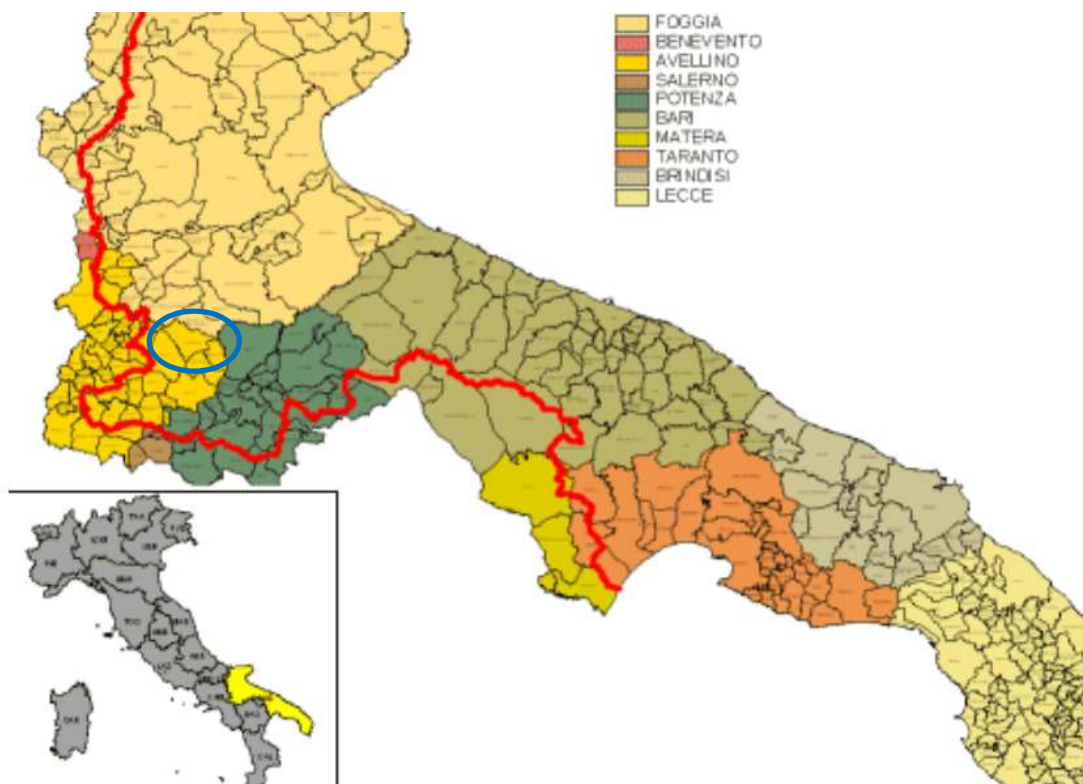


Figura 2 – Individuazione dei comuni di Lacedonia e Monteverde e in generale dell'area vasta d'intervento (in blu) del progetto proposto nel comprensorio dell'ADB Puglia.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	14
LCD	ENG	REL	0010	00		

3.2.1 Determinazione delle curve di possibilità pluviometriche

Le procedure di regionalizzazione descritte in precedenza hanno consentito, quindi, di determinare le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) al variare del tempo di ritorno. In base alla zonizzazione si ha:

Zona 1: $x(t,z) = 26.8 t^{(0.720+0.00503 z)/3.178}$
 Zona 2: $x(t) = 22.23 t^{0.247}$
 Zona 3: $x(t,z) = 25.325 t^{(0.0696+0.00531 z)/3.178}$
 Zona 4: $x(t) = 24.70 t^{0.256}$
 Zona 5: $x(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002 z)/3.178}$
 Zona 6: $x(t,z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022 z)/3.178}$

In particolare tutti i bacini delle opere d'interventi ricadono interamente nella Zona 4.

Il rapporto VAPI Puglia assegna alla Zona 4 la seguente legge di variazione dei valori medi delle altezze di pioggia dei massimi annuali in funzione della durata dell'evento:

ZONA 4 $x(t) = 24.70 t^{0.256}$

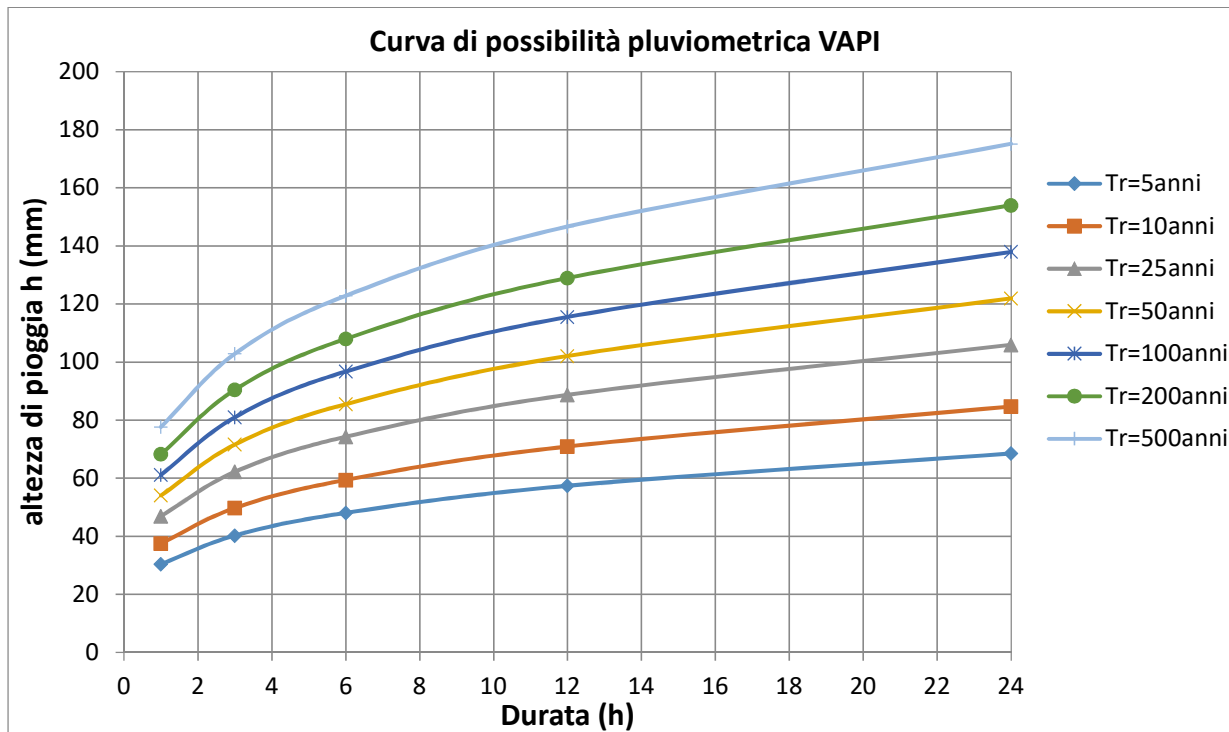


Figura 3 - Curve di possibilità pluviometrica zona 4

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	15
LCD	ENG	REL	0010	00		

3.3 Analisi idrologica attraverso il modello VAPI Campania

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa riferimento ad una legge a quattro parametri del tipo:

$$m[h(d)] = \frac{m[I_o] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}}$$

in cui:

- $m[h(d)]$ rappresenta il valore dell'altezza di pioggia media espressa in mm in funzione della durata dell'evento;
- $m[I_o]$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0 il cui valore è costante per ogni area pluviometrica omogenea;
- d rappresenta la durata dell'evento espresso in ore;
- d_c C D sono dei parametri costanti per ogni area pluviometrica omogenea
- z è l'altezza media del sito (nel caso in esame z è pari a circa 750 mslm).

Nel Rapporto VAPI Campania il territorio regionale è stato suddiviso in sei zone pluviometriche omogenee per ognuna della quale i parametri della suddetta legge sono costanti e sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando i dati di 44 stazioni pluviografiche con più di 10 anni di osservazioni, ed in particolare:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

Nell'immagine a seguire si riporta la suddivisione della Regione Campania in aree pluviometriche omogenee e l'individuazione dell'area d'intervento.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	16
LCD	ENG	REL	0010	00		

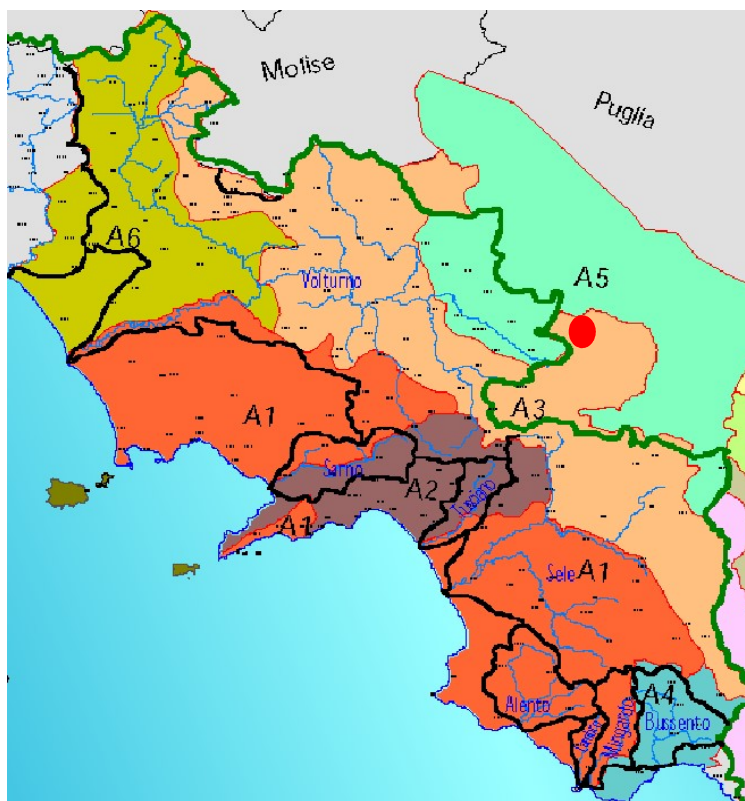


Figura 4: corografia schematica della Regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliera. In rosso l'individuazione dell'area d'intervento.

I valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica per ognuna delle 6 aree omogenee sono riportati nella tabella a seguire.

Area omogenea	n. stazioni	$m[l_0]$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D \cdot 10^5$
1	14	77.08	0.3661	0.7995	3.6077
2	12	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	5	116.7	0.0976	0.7380	8.7300
4	3	78.61	0.3846	0.8100	24.874
5	6	231.8	0.0508	0.8351	10.800
6	4	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Tabella 5: Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea

Il valore dell'altezza di pioggia in funzione del periodo di ritorno viene calcolato a partire dal valore dell'altezza di pioggia media moltiplicando quest'ultima per il fattore di crescita che dipende dal periodo di ritorno e dai parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania.

Il legame tra il fattore di crescita e i parametri della distribuzione è dato dall'espressione:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	17
LCD	ENG	REL	0010	00		

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k / \theta_*})}$$

I valori dei parametri della distribuzione validi per la Campania sono riportati nella tabella a seguire:

PIOGGE

Parametri regionali

Pioggie	$\theta^* = 2.136$	$\Lambda^* = 0.224$	$\Lambda 1 = 41$	$\eta = 4.688$
---------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tabella 6 – Parametri d'interesse (<http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/Napoli.htm>)

In funzione di questi parametri sono stati ricavati i seguenti valori del fattore di crescita:

T(anni)	5	10	20	50	100	200
k_{Tr}	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71

La valutazione della pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale) viene effettuata moltiplicando l'espressione della legge del valore medio per il coefficiente di riduzione areale dato dalla seguente espressione:

$$k_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$$

dove: A è l'area del bacino espressa in kmq, d la durata dell'evento espressa in ore, c_1 c_2 c_3 tre parametri che assumono i seguenti valori:

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

Si fa presente che il coefficiente di riduzione areale tende a 1 per valori di A sempre più piccoli. Infatti, per piccoli bacini, come l'area della stazione di progetto, tale coefficiente viene direttamente assunto pari ad 1.

Con riferimento al progetto (appartenente alla zona omogenea A3), assumendo pari ad 1 il valore del coefficiente di riduzione areale, la legge di probabilità pluviometrica dei massimi di pioggia in funzione della durata e del periodo di ritorno per il sito in esame diventa:

$$h_{t,T} = k_r \cdot \frac{116.7}{\left(1 + \frac{t}{0.0976}\right)^{0.676}} \cdot t$$

Tale espressione restituisce l'altezza di pioggia in mm per il sito d'intervento in funzione della durata dell'evento t espressa in ore e del periodo di ritorno (attraverso il valore di k_T).

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	18
LCD	ENG	REL	0010	00		

3.4 Confronto delle curve di possibilità pluviometriche dei VAPI

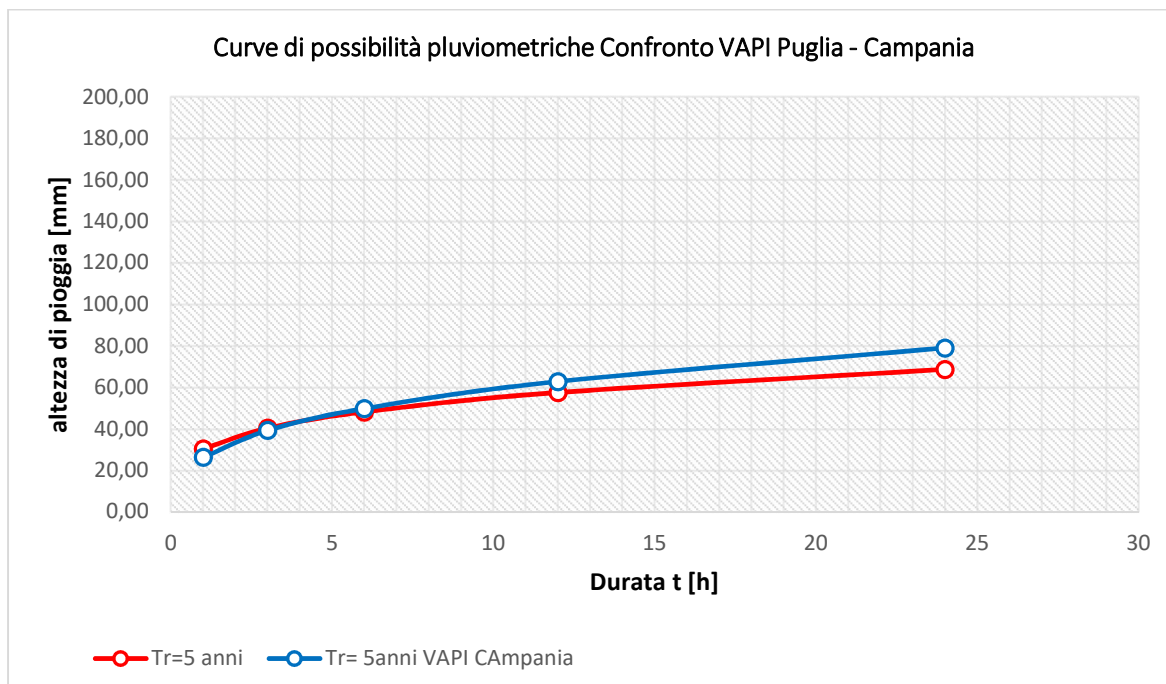
Con riferimento al VAPI Puglia (appartenenza area di progetto di reblading zona omogenea 4), la legge di probabilità pluviometrica decennale è la seguente:

$$h_{T=10} = 37,54 \cdot t^{0,256}$$

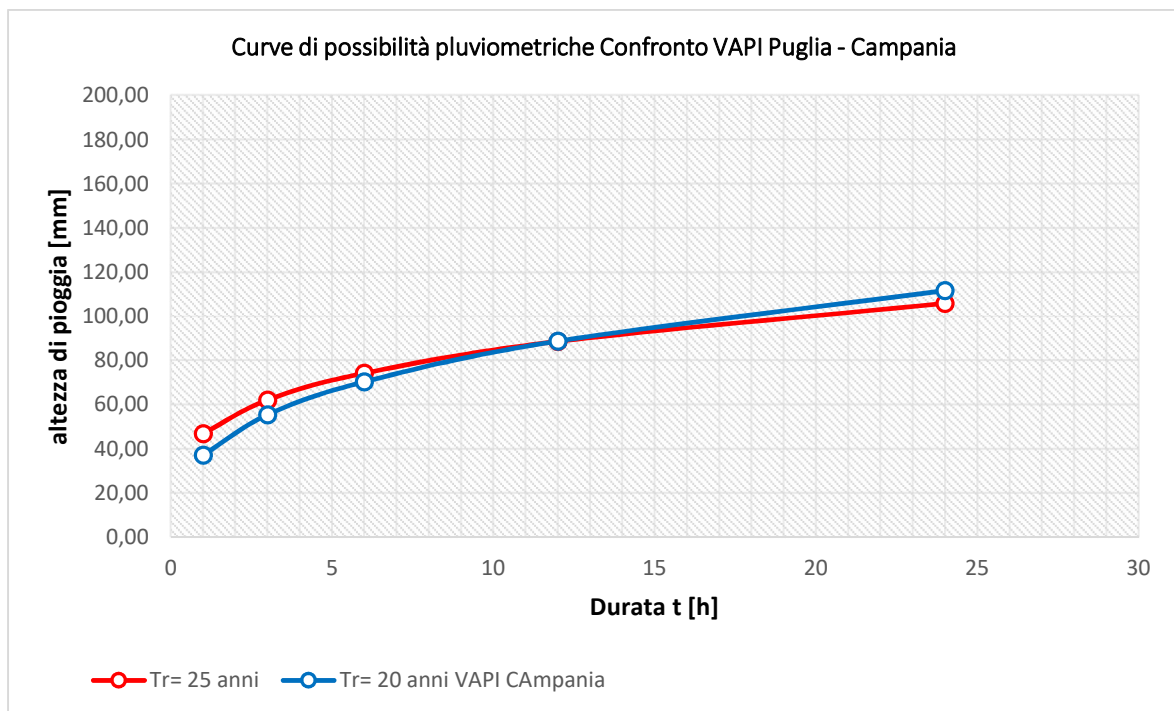
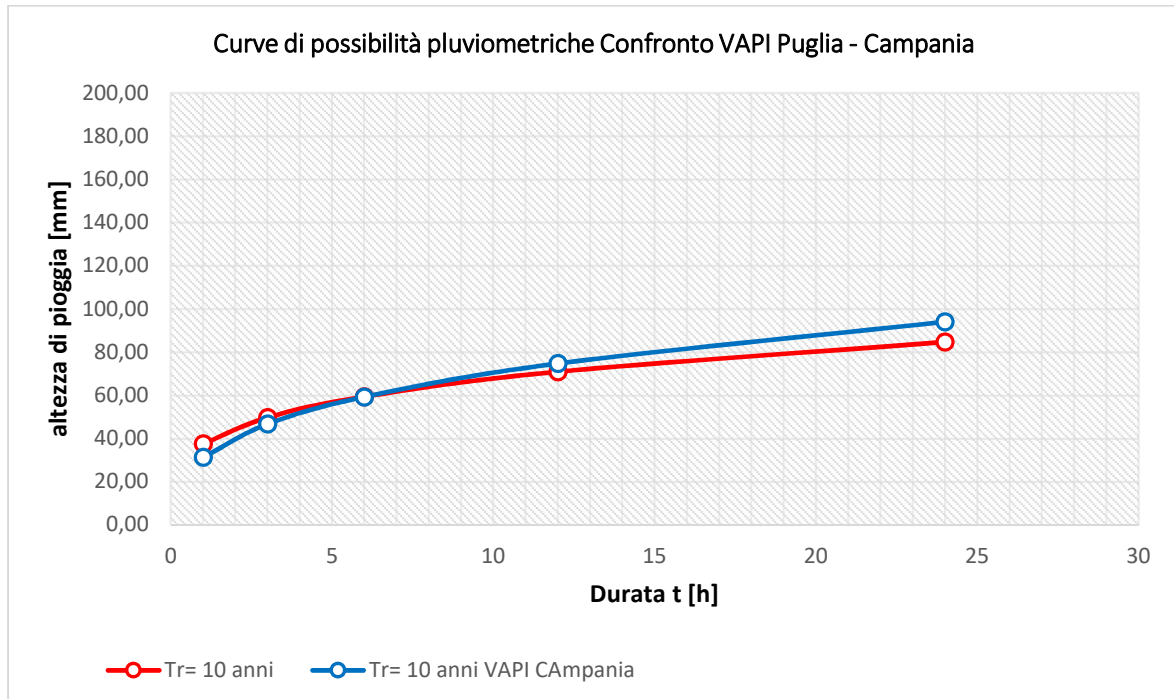
mentre, con riferimento al VAPI Campania (appartenenza area di progetto di reblading zona omogenea A3), la legge di probabilità pluviometrica decennale è la seguente:

$$h_{t,10} = \frac{161.046}{\left(1 + \frac{t}{0.0976}\right)^{0.676}} \cdot t$$

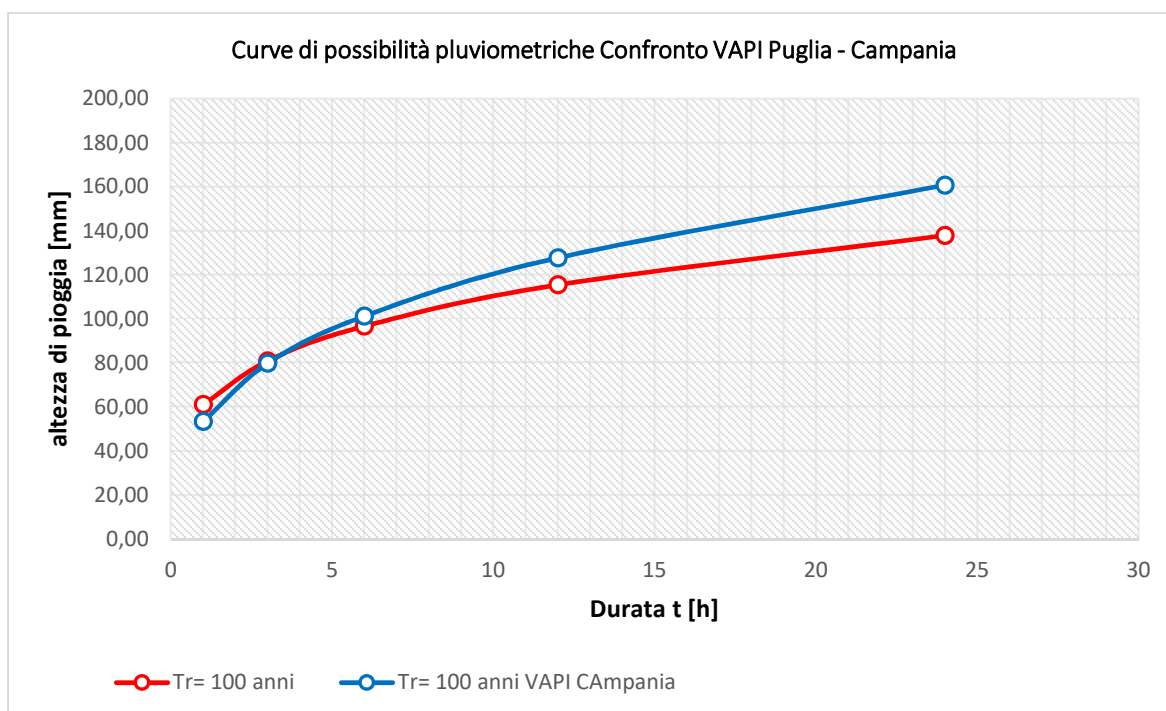
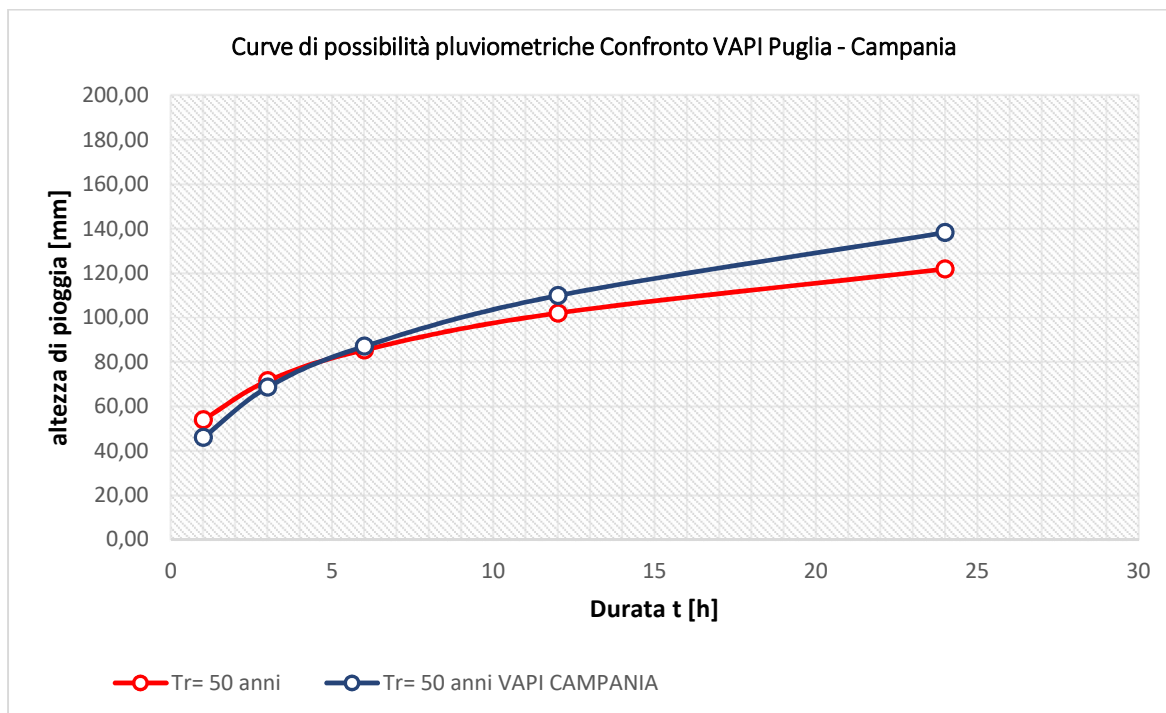
I diagrammi a seguire riportano il confronto tra l'andamento della legge di pioggia ricavata con le due metodologie VAPI al variare del periodo di ritorno; in rosso sono rappresentate le curve ricavate dal VAPI Puglia, in blu quelle ricavate dal VAPI Campania.



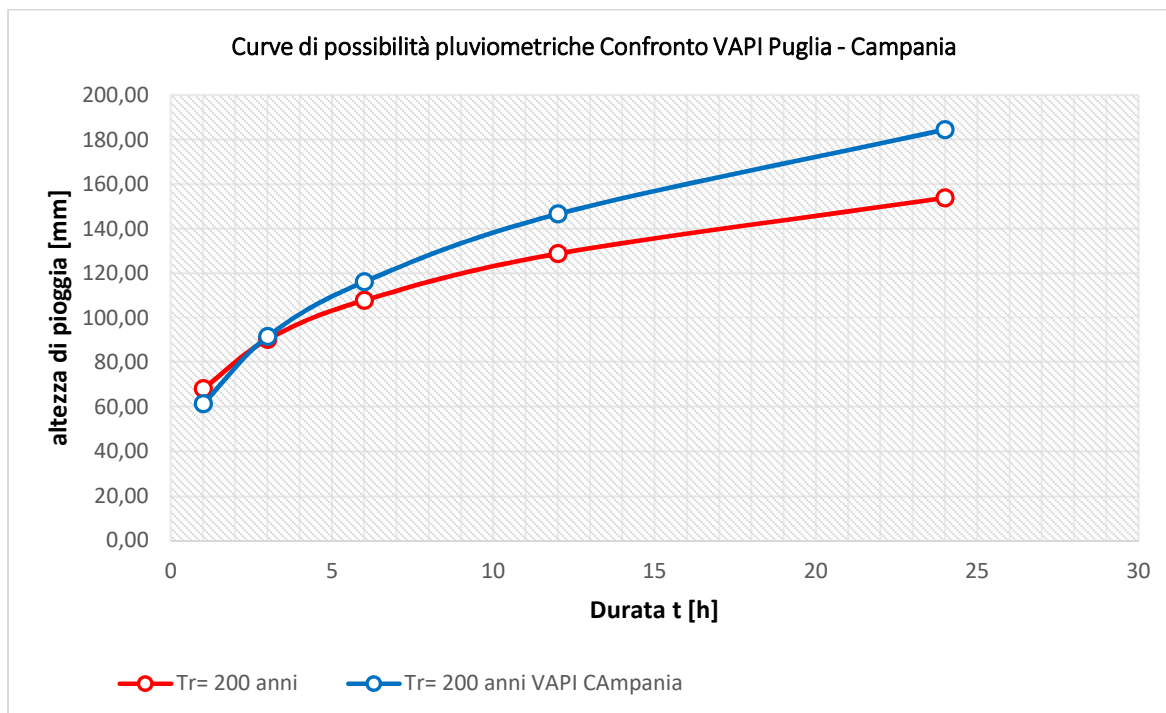
CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	19
LCD	ENG	REL	0010	00		



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	20
LCD	ENG	REL	0010	00		



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	21
LCD	ENG	REL	0010	00		



I diagrammi evidenziano che le due espressioni della legge di pioggia restituiscono valori dell'altezza di pioggia paragonabili. L'espressione ricavata con la metodologia del VAPI Puglia restituisce altezze di pioggia maggiori per durate inferiori dell'evento meteorico, mentre per durate maggiori l'espressione del VAPI Campania restituisce valori dell'altezza di pioggia maggiori. Poiché gli eventi meteorici più critici sono quelli con durata inferiore, per la determinazione della portata di progetto cautelativamente è stata scelta l'espressione della legge di probabilità pluviometrica desunta con la metodologia VAPI Puglia.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	22
LCD	ENG	REL	0010	00		

4 STIMA DELLA PIENA INDICE: MODELLO RAZIONALE

In genere ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena, nella sezione terminale del bacino, dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica. Il bilancio idrologico del bacino, durante i fenomeni di piena, può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi di ingresso e quelli di uscita si stabilisce una relazione per effetto della concomitante trasformazione subita dai due sottosistemi che costituiscono il bacino: sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione; nella rete idrografica l'aliquota delle piogge efficaci derivanti dai versanti viene invasata e trasportata nella sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha generato.

Il rapporto tra tali volumi (volume di piena e precipitazioni totali), in un prefissato intervallo di tempo, si definisce coefficiente probabilistico di piena C^* . Tale coefficiente può essere assunto a caratterizzare la risposta del bacino nei riguardi delle perdite per infiltrazione nelle seguenti ipotesi:

- la formazione del deflusso superficiale avviene per eccesso di infiltrazione ovvero con prevalente meccanismo hortoniano, non lineare ma a soglia alla scala puntuale;
- la capacità di infiltrazione è fortemente variabile, in maniera casuale, da un punto all'altro del bacino, ciò rende la trasformazione globale del bacino, da pioggia totale a pioggia efficace più lineare;
- il coefficiente C^* schematizza, con una relazione di proporzionalità diretta, la relazione capacità di infiltrazione areale - intensità di pioggia areale, che viene linearizzata nel campo dei valori di intensità di pioggia di interesse.

Il comportamento della rete idrografica, considerata alla stregua di un operatore lineare, è noto quando si conosca la risposta ad un ingresso impulsivo unitario detto anche IUH (Instantaneous Unit Hydrograph). Nell'ipotesi di adottare un pluviogramma rettangolare, l'idrogramma di piena corrispondente ha ordinata al colmo proporzionale all'intensità di pioggia per mezzo di un coefficiente di attenuazione di piena $S(d)$ (Wood & Hebson, 1986) che ha la seguente espressione analitica:

$$S(d) = \int_{t_p-d}^d u(\tau) d\tau$$

ove $\mu(\tau)$ è IUH del bacino, mentre t_p l'istante in cui avviene il picco, misurato a partire dal momento di inizio della pioggia.

La portata al colmo di piena per ciascuna unità di area risulta, quindi, proporzionale al prodotto tra il coefficiente di attenuazione della piena e il valore dell'intensità di pioggia al variare della durata d . Va evidenziato che, all'aumentare della durata d , mentre il valore dell'intensità di pioggia tende a diminuire, quello del coefficiente di attenuazione tende ad aumentare, per cui esiste un valore della durata che rende massimo tale prodotto e definisce il valore t_r che ha il significato di tempo di ritardo del bacino.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	23
LCD	ENG	REL	0010	00		

Il tempo di ritardo di un evento di piena rappresenta quindi la distanza temporale tra i baricentri dell'idrogramma di piena superficiale e lo ietogramma efficace che lo ha generato.

Ne deriva che la piena indice può essere definita come segue:

$$\mu(Q) = \frac{C^* K_A(t_r) \mu[I_A(t_r)] A}{3.6}$$

ove **A** la superficie del bacino espressa in Km² e il fattore 3.6 tiene conto delle unità di misura normalmente utilizzate nella valutazione delle grandezze di interesse.

I parametri del modello, cioè il coefficiente di piena C* e il tempo di ritardo del bacino tr possono essere valutati in base alle seguenti espressioni valide su base regionale:

$$C^* = 0.09 + 0.47 (1 - PE)$$

$$t_r = 0.344 A^{0.5}$$

nelle quali **PE** è la percentuale di superficie del bacino caratterizzata da permeabilità medio-elevata. La valutazione dell'intensità della pioggia media sull'intero bacino viene effettuata attraverso il coefficiente di riduzione areale $K_A(d)$ che ha espressione:

$$K_A(d) = 1 - \left[1 - e^{-c_1 A} \right] e^{-c_2 d^{c_3}}$$

ove i coefficienti c_1 , c_2 e c_3 valgono rispettivamente 0.0021, 0.53 e 0.25.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	24
LCD	ENG	REL	0010	00		

4.1 Valutazione del fattore probabilistico di crescita delle portate

Alla stregua di quanto già condotto in merito alle precipitazioni, è necessario al fine di valutare le portate di piena al variare del tempo di ritorno, stimare il valore assunto dal fattore probabilistico al variare dei parametri individuati nella stima dei due primi livelli di regionalizzazione. In particolare per la Puglia, l'analisi regionale delle portate conduce all'individuazione di un'unica zona omogenea ai primi due livelli. Essa è caratterizzata dai seguenti valori dei parametri della TCEV:

PORTATE

Parametri

Portate	$\theta^* = 2.634$	$\Lambda^* = 0.350$	$\Lambda 1 = 13$	$\eta = 3.901$
---------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tabella 7 – Parametri d'interesse (<http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/Napoli.htm>)

Tali valori permettono, attraverso la (1), di ottenere numericamente i valori dei coefficienti probabilistici di piena al variare del tempo di ritorno. Alcuni di essi sono riportati a seguire.

Fattori di crescita

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT(portate)	0.87	1.29	1.63	2.03	2.17	2.47	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

Tabella 8 – Fattori di crescita (<http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/Napoli.htm>)

Analogamente a quanto già effettuato con le piogge, il fattore probabilistico di crescita delle portate può essere approssimati con una relazione avente espressione:

$$K_T(Q) = -0.4007 + 0.904 \ln T \quad (1)$$

che determina errori nella stima di $K_T(Q)$ sempre inferiori al 10%.

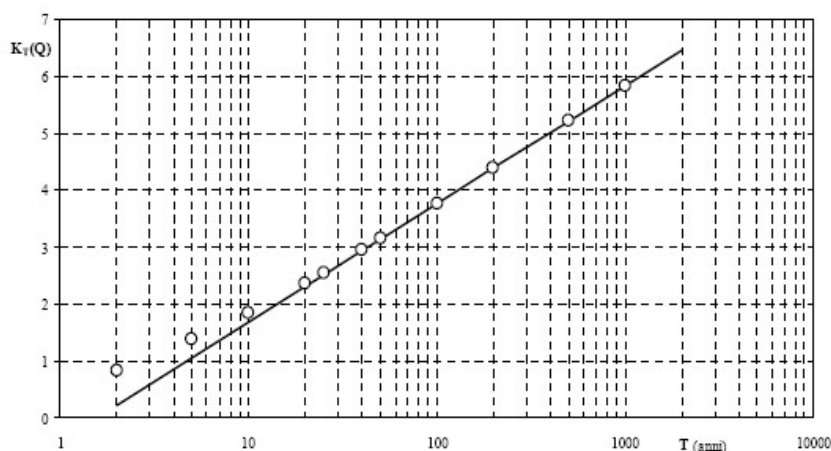


Figura 5 - Fattore probabilistico di crescita delle portate

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	PROGETTO DI REBLADING PARCO EOLICO LACEDONIA-MONTEVERDE RELAZIONE IDROLOGICA	25
LCD	ENG	REL	0010	00		

4.2 Valutazione delle piene indice e delle portate di piena dei bacini sottesi alle sezioni di calcolo

A seguire infine si riporta la metodologia per il calcolo delle portate massime che interessano le aree d'impianto. Si considerano i tempi di ritorno variabili tra i 5 e 500 anni, e si procede contestualmente con il calcolo del coefficiente udometrico u (in l/s ha), si otterranno quindi i valori delle suddette portate massime qualora per le superficie scolanti relative.

I valori delle portate massime così calcolati costituiranno la base per le verifiche successive.

In particolare, si potrà far riferimento, al **modello razionale**.

MODELLO RAZIONALE

Q_T	$k_T Q_m$	
Q_m	$C \cdot k_A(t_r) I(t_r) A^{3,6}$	mc/s
C	$0,09 + 0,47(1-PE)$	
PE	rapporto tra area ad elavata-media permeabilità e area totale del bacino	
t_r	tempo di ritardo del bacino, valutato secondo la relazione	
t_r	$0,344 A^{0,5}$	
A	area del bacino in kmq	
k_A	coefficiente di riduzione areale, variabile di A (kmq) e t_r (durata dell'evento di pioggia)	
k_A	$1 - (1 - e^{(-0,021A)}) e^{(-0,53t_r^{0,25})}$	
$I(t_r)$	intensità di pioggia da ricavare come rapporto tra $h(t_r)/t_r$	
$h(t_r)$	legge di variazione pluviometrica valida per il bacino	
k_T	fattore di crescita dipendente dal tempo di ritorno T dell'evento di piena	
k_T	$-0,4007 + 0,904 \ln T$	

T= tempo di ritorno;

k_T = fattore di crescita dipendente dal tempo di ritorno T dell'evento di piena; u =coefficiente udometrico;

Q_i =Portata indice;

Q =Portata massima per fissato periodo di ritorno;

Con l'utilizzo del modello razionale si potranno ricavare per differenti tempi di ritorno e per ciascun bacino i valori delle portate, che potranno essere utilizzati per future verifiche idrauliche per valutare in generale condizioni di "sicurezza idraulica".