

REGIONE CALABRIA



Comune di Squillace (CZ)



Comune di Borgia (CZ)



Comune di Maida (CZ)



Committente:

**RWE**

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.  
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma  
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO "BOLINA"**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**PEBO-P17.01**

ID PROGETTO:

**PEBO**

DISCIPLINA:

**P**

TIPOLOGIA:

FORMATO:

**A4**

Elaborato:

**RELAZIONE IDRAULICA**

FOGLIO:

SCALA:

-

Nome file:

**PEBO-P17.01\_Relazione idraulica**

Progettazione:



**Ing. Saverio Pagliuso**

**Ing. Claudio Coscarella**

**Ing. Mario Francesco Perri**

**Ing. Giorgio Salatino**

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	21/10/2019	PRIMA EMISSIONE	GEMSA	GEMSA	RWE

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1	OGGETTO INTERVENTO.....	2
1.2	DESCRIZIONI DEI LUOGHI .....	2
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO NEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA CALABRIA.....</b>	<b>3</b>
2.1	CLASSIFICAZIONE AREE DI INTERESSE PAI.....	3
2.2	RISPONDEZZA PROGETTO CON VINCOLISTICA .....	5
<b>3</b>	<b>PROGETTAZIONE IDRAULICA .....</b>	<b>6</b>
3.1	INTERVENTI IN FASE DI LAVORAZIONE .....	6
3.2	IDROLOGIA.....	7
3.3	IDRAULICA - REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE DEL BACINO.....	12
3.4	DETERMINAZIONE DELLE MASSIME PORTATE AL COLMO DI PIENA .....	13
3.5	FOSSI DI GUARDIA.....	16
3.6	TOMBINI .....	25

## **1 Premessa**

### **1.1 Oggetto intervento**

Il presente elaborato illustra lo studio delle caratteristiche idrologiche ed idrauliche del parco eolico "Bolina" in progetto nel territorio dei Comuni di Borgia (CZ), Squillace (CZ) e Maida (CZ), entrambi ricadenti nella Provincia di Catanzaro: il progetto prevede la realizzazione di 12 aerogeneratori modello Vestas V150 con potenza unitaria pari ad 5.0 MW.

La società che si propone di realizzare il parco eolico è RWE Renewables Italia S.r.l., parte del Gruppo RWE AG con base ad Essen, Germania, una società attiva nello sviluppo, costruzione ed esercizio di impianti a fonte rinnovabile sul territorio italiano

L'elaborato si occupa della rispondenza delle opere in progetto con la normativa in oggetto ed al dimensionamento delle opere idrauliche necessarie per l'inserimento della viabilità e delle torri in progetto, nel rispetto delle prescrizioni della norma.

La rete di raccolta delle acque meteoriche ricadenti nelle aree di progetto sono eterminate con metodo indiretto, facendo riferimento ai dati di pioggia, motivo per il quale è necessario fare riferimento anche all'idrologia dell'area in studio su base geomorfologica al fine di stabilire i bacini idrografici contribuenti e il loro carattere morfologico ed idrografico.

Più precisamente, lo studio idrologico fornisce la legge afflussi-deflussi con la quale, per ciascun comparto, stabilito il tempo di ritorno, è possibile determinare le portate superficiali in funzione delle precipitazioni e, conseguentemente, il valore della massima portata al colmo di piena che sarà posto alla base del calcolo idraulico.

### **1.2 Descrizioni dei luoghi**

Il parco eolico in progetto ricade nelle aree del Comune di Borgia, Squillace e Maida. Il territorio di intervento si configura all'interno della fascia media della Calabria,

caratterizzata da rilievi di consistente entità, con carattere collinare, medio montano e con pendenze dei versanti piuttosto consistenti.

La Calabria è una Regione ricca di corsi d'acqua, dovuta principalmente alle copiose precipitazioni che riguardano il suo territorio oltre al clima ed alla natura del terreno prevalentemente di origine argillosa e sabbiosa che trattiene a lungo le acque meteoriche ivi ricadenti.

Nel territorio di intervento vi è una discreta presenza di corsi d'acqua ricadenti all'interno del reticolo idrografico oltre a numerosi altri fossi naturali creatisi nel tempo e riportati nella Carta Tecnica Regionale della Regione Calabria.

## **2 Inquadramento dell'area di studio nel Piano di Assetto Idrogeologico della Calabria**

### **2.1 Classificazione aree di interesse PAI**

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria ha approvato le "Procedure per l'aggiornamento del Rischio Idraulico del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Idraulico - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Idraulico" e le "Procedure per l'aggiornamento del Rischio Frane del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Frane - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Frana" "Definizione del Rischio".

L'Art. 8 delle norme di attuazione e misure di salvaguardia recita:

- “ 1. Il rischio idrogeologico viene definito dall'entità attesa delle perdite di vite umane, feriti, danni a proprietà, interruzione di attività economiche, in conseguenza del verificarsi di frane e inondazioni e alluvioni.*
- 2. Il Piano individua, nella presente stesura, il rischio laddove nell'ambito delle aree in frana o inondabili e alluvionabili, si rileva la presenza di elementi esposti.*
- 3. Gli elementi esposti a rischio sono costituiti dall'insieme delle presenze umane e dei beni mobili e immobili, pubblici e privati che possono essere interessati e coinvolti dagli eventi di frana e inondazione/alluvioni.*

4. Nelle finalità del Piano, le situazioni di rischio vengono raggruppate, ai fini della programmazione degli interventi, in due categorie:

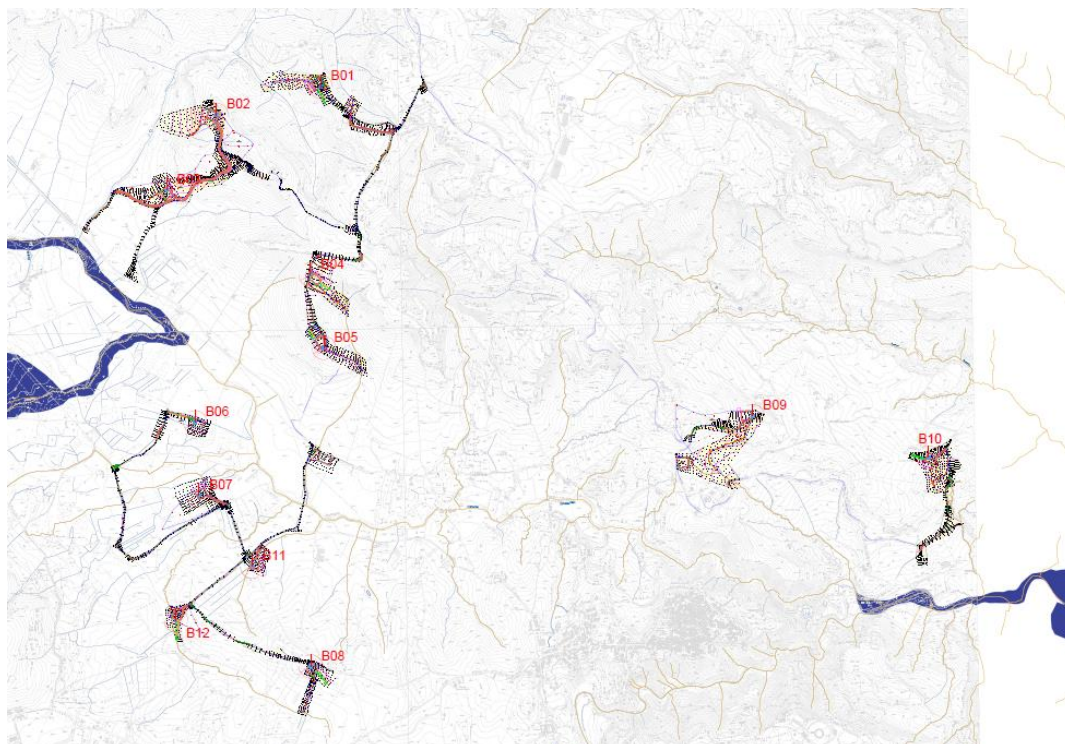
- rischio di frana;
- rischio d'inondazione/alluvione;

alle quali si aggiunge il rischio di erosione costiera del Piano PSEC coordinato.

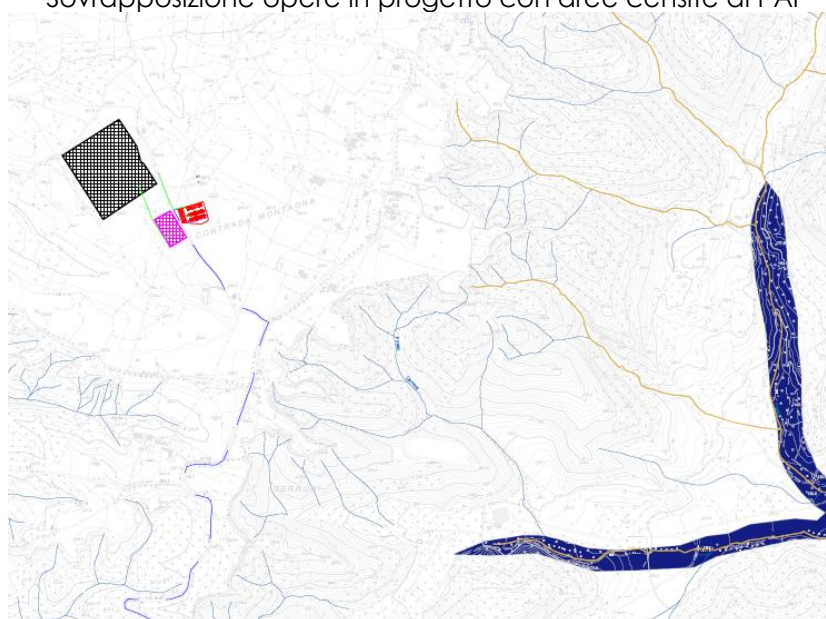
5. Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al DPCM 29 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

- R4 - rischio molto elevato: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche;
- R3 - rischio elevato: quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici e infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;
- R2 - rischio medio: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 - rischio basso: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati."

Di seguito si riporta la sovrapposizione fra le opere in progetto e le aree censite al PAI Calabria e nel reticolo idrografico.



Sovrapposizione opere in progetto con aree censite al PAI



Sovrapposizione area SET con aree censite al PAI

## 2.2 Rispondenza progetto con vincolistica

Le aree in cui saranno installati gli aerogeneratori le opere accessorie (strade di collegamento, cavidotti, adeguamenti stradali, etc.) non ricadono in aree classificate a rischio idraulico dal PAI Calabria.

La verifica è stata effettuata sulla cartografia del PAI della Regione Calabria pubblicato il 2001 e sui suoi successivi aggiornamenti.

Il parco eolico in progetto risulta compatibile con il PAI, dal momento che sull'area interessata sono assenti: pericolosità idraulica, pericolosità geomorfologica ed aree di rischio.

Gli aerogeneratori in progetto sono tutti distanti oltre 150 metri dal reticolo idrografico censito.

### **3 Progettazione Idraulica**

#### **3.1 Interventi in fase di lavorazione**

Il parco eolico in progetto prevede la realizzazione di 12 aerogeneratori e della viabilità necessaria per la costruzione degli stessi e per la futura manutenzione e dismissione. L'orografia delle aree di intervento sia degli aerogeneratori che della viabilità è piuttosto impervia con importanti pendii, rapidi cambi di pendenza e numerosi impluvi e displuvi.

Tale assetto territoriale rende necessario un dettagliato studio sul funzionamento idraulico delle aree di intervento durante gli eventi piovosi più intensi. Ai lati di ciascuna piazzola per la posa della torre, nonché lungo le strade di accesso, vengono realizzati dei fossi di guardia stradali laterali a protezione dei tracciati per canalizzare le acque provenienti dalle porzioni di terreno a monte del tracciato e per raccogliere le acque ricadenti all'interno della piazzola e delle strade di accesso.

I fossi di guardia stradali in progetto verranno realizzati mediante scavo a sezione obbligata sul terreno esistente realizzando una sagoma trapezoidale con altezza pari a 40 cm, base inferiore di 40 cm e base superiore di 80 cm.

Tali fossi di guardia stradali anche mediante la posa di opportuni tombini prefabbricati in cls e pozzetti prefabbricati in cls scaricheranno la portata in una rete idraulica secondaria.

La rete idraulica secondaria è composta sia da fossi di guardia che raccolgono le portate stradali sia da fossi realizzati per proteggere dall'erosione dovuta al consistente scorrimento delle acque superficiali i fronti di scavo e rilevato nonché la viabilità realizzati per consentire la costruzione del parco in progetto.

I fossi appartenenti alla rete idraulica secondaria scaricheranno a loro volte le portate all'interno di fossi naturali esistenti, alcuni censiti all'interno del reticolo idrografico.

### 3.2 Idrologia

L'area in cui ricade il parco eolico in progetto si affaccia sulla costa ionica ed è inclusa nel Bacino del Fiume Corace mentre l'area della sottostazione in progetto ricade nel Bacino del Fiume Amato.

Come già indicato in precedenza le aree di intervento per la realizzazione del Parco e della sottostazione (incluse le opere accessorie come viabilità e sistemazione idraulica) non sono identificate come area a Rischio Idrogeologico dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Calabria (PAI), che pianifica, programma e disciplina le azioni e le norme d'uso del territorio.

All'interno dell'area del Parco in progetto sono stati individuati i sottobacini contribuenti con altrettante sezioni di chiusura, alimentati da una serie di fossi di guardia per il drenaggio delle acque meteoriche. Nel seguito vengono studiati i suddetti sottobacini, determinandone le caratteristiche morfologiche.

Le curve di Possibilità Pluviometrica si rappresentano in funzione del tempo di ritorno T, che rappresenta il numero medio di anni che bisogna attendere affinché un certo valore (in questo caso di altezza di pioggia) possa essere superato almeno una volta.

Per il progetto è stato scelto un tempo di ritorno T = 10 anni.

L'analisi è completata con l'utilizzo del metodo TCEV (Two Component Estimation Value) che consente di poter interpretare la presenza di singolarità all'interno della serie dei valori osservati, giustificandoli come eventi particolarmente estremi, dovuti a fenomeni fisici più rari (componente straordinaria), rispetto alla maggior parte dei massimi osservati (componente di base).

Il risultato è un modello a quattro parametri che per la sua estrema flessibilità si dimostra quello più adatto ad interpretare meglio le serie di valori estremi osservati.

La funzione di distribuzione di probabilità cumulata C.D.F. del massimo annuale per il modello TCEV assume la seguente espressione:

$$F_x(x) = \exp \left[ -\lambda_1 \cdot \exp \left( -\frac{x}{\theta_1} \right) - \lambda_2 \cdot \exp \left( -\frac{x}{\theta_2} \right) \right]$$



I parametri  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  rappresentano il numero medio annuo di eventi superiori a due soglie (una per ogni componente), mentre  $\theta_1$  e  $\theta_2$  sono i valori medi degli eventi delle due componenti (è dimostrabile che la TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel).

Analogamente una formulazione alternativa per esprimere la funzione di distribuzione cumulata è la seguente:

$$F_X(x) = \exp \left[ -\lambda_1 \cdot \exp \left( -\frac{x}{\theta_1} \right) - \lambda_* \lambda_1^{1/\theta} \cdot \exp \left( -\frac{x}{\theta_* \theta_2} \right) \right]$$

dove:

$$\theta_* = \theta_2 / \theta_1$$

$$\lambda_* = \lambda_2 / \lambda_1^{1/\theta}$$

Nella pratica, tuttavia raramente si dispone di una serie di osservazioni dei valori estremi di precipitazione così numerosa da consentire di stimare senza troppa incertezza tutti i quattro parametri della distribuzione TCEV, cosicché si adotta il metodo del valore indice per il secondo e terzo livello di regionalizzazione. Tale procedura è stata impiegata nello studio VAPI (VALutazione delle Piene in Italia), sviluppato dal CNR.

Il metodo del valore indice si basa sull'assunto che qualunque variabile aleatoria può essere trasformata nel prodotto di un fattore di crescita per il valore indice (un valore particolare della variabile: di solito si utilizza la moda o la media della distribuzione).

Utilizzando come valore indice la media, la TCEV per il fattore di crescita  $k_T$  assume la seguente espressione:

$$F_X(k_T) = \exp \left[ -\lambda_1 \cdot \exp(-\eta \cdot k_T) - \lambda_* \lambda_1^{1/\theta} \cdot \exp \left( -\frac{\eta \cdot k_T}{\theta_*} \right) \right]$$

dove:

$$\eta = \frac{\mu_x}{\theta_1} = \ln \Lambda_1 + 0.57722 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*}{j!} \Gamma(j/\theta_*)$$

La procedura di stima dei parametri viene di solito condotta determinando dapprima  $\Lambda^*$ ,  $\theta^*$  e  $\Lambda_1$ , e di conseguenza  $\eta$ , che risulta univocamente determinato; successivamente, si determina il valore indice.

Al primo livello di regionalizzazione, si considera omogeneamente distribuita con parametri  $\Lambda^*$  e  $\theta^*$ , all'interno di ampie zone, la variabile standardizzata  $y$ :

$$y = \frac{h}{\theta_1} - \ln(\lambda_1)$$

$$F_x(y) = \exp \left[ -\exp(-y) - \lambda_* \cdot \exp \left( -\frac{y}{\theta_*} \right) \right]$$

A questo livello è possibile ritenere costante il coefficiente di asimmetria campionario, ciò implica, per il legame che intercorre tra il coefficiente di asimmetria teorico ed i parametri  $\theta_R$  e  $\theta_{R^*}$ , che nelle zone omogenee questi due parametri risultino essere costanti. La loro stima è stata effettuata utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona in esame, riducendo in tal modo l'incertezza della stima; mentre la stima dei parametri  $\Lambda_1$  e  $\theta_1$  è effettuata utilizzando la singola serie di dati tramite il metodo della massima verosimiglianza.

Nell'ipotesi che la Calabria sia un'unica zona omogenea, utilizzando una procedura iterativa, il rapporto VAPI ha fornito le seguenti stime:

$$\Lambda^*R = 0.418$$

$$\theta^*R = 2.154$$

Nel secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee aventi minore estensione rispetto a quelle individuate con il livello 1. In queste sottozone risulta costante oltre al coefficiente di asimmetria anche il coefficiente di variazione campionario. Essendo questo legato a quello teorico, funzione di  $\Lambda_R$ ,  $\theta_R$ ,  $\Lambda_{1S}$ , all'interno di queste sottozone risulta costante anche il parametro  $\Lambda_1$ .

La stima di  $\theta_1$  si effettua, invece, utilizzando la singola serie di dati tramite il metodo della massima verosimiglianza.

I parametri  $\Lambda_{*R}$  e  $\theta_{*R}$  hanno il valore visto nel livello precedente, mentre  $\Lambda_{1S}$  è funzione della sottozona.

Considerando la Calabria suddivisa in tre sottozone, il rapporto VAPI fornisce i seguenti valori:

sottozona tirrenica	$\Lambda_{1Tirreno} = 48,914$
sottozona centrale	$\Lambda_{1Centro} = 22,878$
sottozona ionica	$\Lambda_{1Ionio} = 10,987$

Il valore indice  $\mu_h$  può essere stimato come media della serie della singola stazione o, in caso di scarsità o assenza di dati, attraverso una interpolazione spaziale a partire dalle medie disponibili in altre stazioni. Sono stati reperiti i dati di

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

---

pioggia relativi alla stazione pluviometrica di Maida (cod. 2950) pubblicati su Arpacal, relativi alle piogge massime annuali di durata pari ad 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

<b>Anno</b>	<b>Max 1 h</b>	<b>Max 3 h</b>	<b>Max 6 h</b>	<b>Max 12 h</b>	<b>Max 24 h</b>
<b>1921</b>					235,1
<b>1926</b>					180,1
<b>1930</b>	16,00	38	69	103,8	145,9
<b>1931</b>	20,70	57,6	104	146,5	165,4
<b>1932</b>	35,00	37	47	78	95,5
<b>1933</b>	48,00	55,5	86	122,8	160,1
<b>1934</b>	28,00	53,3	60,7	79,1	91,8
<b>1935</b>	54,80	72,8	103,8	157,5	207,5
<b>1936</b>	38,00	70	88,6	125,6	153,1
<b>1937</b>	31,00	50,6	53,8	64,8	78,4
<b>1938</b>	26,00	44	55,2	59,6	64
<b>1940</b>	46,80	48	48	58	84,4
<b>1941</b>	12,20	320	31	47,6	58,6
<b>1942</b>	20,00	46	63	114,1	176,1
<b>1943</b>		67	108,1	120,1	
<b>1944</b>	53,00	122,3	151,1	182,7	198,7
<b>1945</b>	28,00	58,4	71,4	92,6	101,7
<b>1946</b>	36,80	42,4	50	78	125,7
<b>1947</b>	24,00	24,2	32	534,4	70,6
<b>1948</b>	21,00	35	59	75	92,2
<b>1950</b>	25,00	54	67	100,1	109,3
<b>1951</b>	33,60	44	64	77,8	119,7
<b>1952</b>	23,40	28,2	32,8	36	42,4
<b>1953</b>	82,00	96	104,1	127,1	185,1
<b>1954</b>	16,00	29	40,6	57	78,8
<b>1956</b>	32,80	45	48,8	61	89
<b>1957</b>	70,00	115,1	127,5	131,1	138,9
<b>1958</b>	68,80	81,8	99	114,5	131,7
<b>1959</b>	47,60	73	115,1	169,9	175,5
<b>1960</b>	40,00	44	44	47,6	63,6
<b>1961</b>	20,00	47,4	78,4	102,8	117,6
<b>1962</b>	37,00	48	60	78,2	116,1
<b>1963</b>	34,40	38,6	38,6	38,6	68,8
<b>1964</b>	40,00	53,2	63	86	120,5

<b>1965</b>	22,60	30,6	40	48,6	64,4
<b>1966</b>	40,40	41	55,4	69,6	85,6
<b>1967</b>			127,5		
<b>1969</b>	11,70	15	18	32,6	46,3
<b>1970</b>	41,00	69	79,4	79,4	79,4
<b>1974</b>	21,00	30,2	51,2	63	72
<b>1977</b>	39,60	44,2	54,8	60,8	77,6
<b>1979</b>	38,20	43	51,6	58,4	76,2
<b>1980</b>	8,00	22,4	40,6	60	65,4
<b>2003</b>	30,40	30,4	39,8	54,2	69,2

Si ricavano, quindi, i primi parametri statistici propedeutici allo studio della TCEV:

	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>media</b>	34,07	51,13	67,21	86,50	106,57
<b>dev.standard</b>	15,95	47,15	29,92	78,21	47,91
<b><math>\alpha</math></b>	0,081	0,027	0,043	0,016	0,027
<b><math>\epsilon</math></b>	26,91	29,98	53,79	51,41	85,07

Ed in seguito si riportano i risultati derivanti dallo studio della TCEV, avendo tenuto conto di un tempo di ritorno T pari a 10 anni:

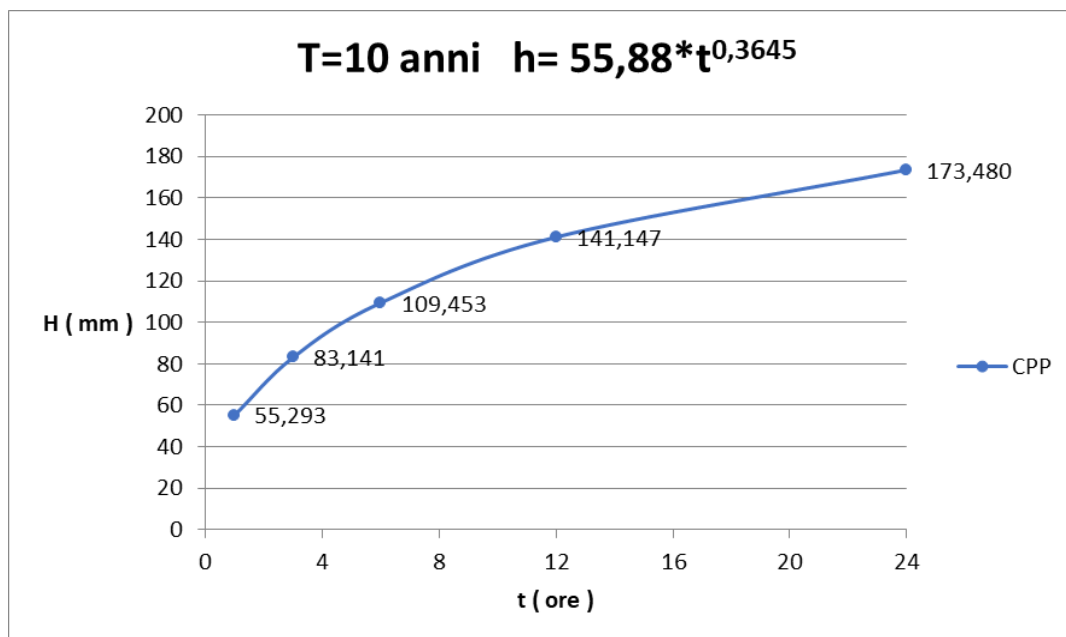
<b>T</b>	<b>10</b>	<b>x</b>	<b>y</b>				
<b>Durata [h]</b>	<b>hcampionario</b>	<b>log(t)</b>	<b>log(h)</b>	<b>n</b>	<b>log(a)</b>	<b>a</b>	<b><math>h_{teo}=a*t^n</math></b>
1	55,293	0	1,742674	0,364528	1,747308	55,88665	55,9
3	83,141	0,477121	1,919817	<b>TCEV</b>			83,4
6	109,453	0,778151	2,039226				107,4
12	141,147	1,079181	2,149672				138,3
24	173,480	1,380211	2,239251				178,0

Infine si riporta la Curva di possibilità Pluviometrica:

### 3.3 Idraulica - Regimentazione delle acque meteoriche del bacino

Il Progetto Definitivo per le opere idrauliche relative al Parco eolico in progetto prevede la realizzazione della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche che ricadono nei sottobacini delle opere in progetto e delle portate che possono danneggiare le opere una volta realizzate.

In virtù delle necessarie opere in progetto per la realizzazione della viabilità di servizio e delle piazzole per il montaggio degli aerogeneratori sono state individuati riprofilature si è suddivisa l'area della discarica in 18 differenti sottobacini idraulici le cui delimitazioni sono rappresentate da differenti tipologie di



disconnessioni idrauliche:

- fosso di guardia in terra
- fossi di guardia stradali laterali
- displuvi naturali
- impluvi naturali

Tali sottobacini presentano la pendenza necessaria per scaricare le acque all'interno della rete di raccolta dei canali in progetto che a loro volta sversano direttamente nei fossi naturali esistenti.

Nei sottobacini individuati si tiene conto anche della naturale pendenza trasversale dovuta alla morfologia del suolo, al fine di minimizzare la quantità di opere idrauliche da realizzare e per ridurre il più possibile l'interferenza con lo stato di fatto dei luoghi.

### **3.4 Determinazione delle massime portate al colmo di piena**

La determinazione delle massime portate al colmo di piena è stata eseguita con il metodo della corrivazione, applicando la formula razionale:

$$Q_p = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{3600}$$

dove:

$Q_p$  è la portata in mc/s

$\varphi$  è il coefficiente di afflusso medio del bacino

$A$  è l'area del bacino in mq

$i$  è l'intensità media della pioggia con durata pari al tempo di corrivazione  $T_c$  del bacino in mm/h

Il valore del coefficiente di afflusso  $\varphi$  è fortemente variabile in funzione del tipo di suolo del bacino e del suo rivestimento. Trattandosi di un suolo prevalentemente argilloso, è stato imposto un coefficiente pari a 0,8, scelta cautelativa, tipica di un terreno poco permeabile, che amplifica i valori di portata di progetto.

Secondo questo metodo il bacino imbrifero è visto come un dispositivo atto a trasformare gli afflussi (input) in deflussi (output) con modalità dipendenti da ipotesi di linearità e stazionarietà: la portata transitante attraverso la sezione terminale considerata è calcolata come somma dei contributi delle aree elementari gravanti a monte della sezione stessa.

Tale metodo non considera quindi la capacità d'invaso della rete ma solo la sua capacità di trasferimento, pertanto viene considerato un tempo di accesso alla rete di drenaggio pari a 3 minuti

Il calcolo dei tempi di corrivazione è effettuato sommando al tempo di accesso (dove considerato) la media dei risultati ottenuti tramite la formula di Giandotti e la Formula di Puglisi:

*Formula di Giandotti*

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{z}}$$

dove:

A è la superficie del bacino in Km<sup>2</sup>,

L è la lunghezza dell'asta principale in chilometri

z è la quota media del bacino rispetto la propria sezione di chiusura in metri

*Formula di Puglisi*

$$t_c = 6L^{2/3} (h_{\max} - h_{\min})^{-1/3}$$

Dove:

h<sub>max</sub> è la quota massima del bacino in m s.l.m.

h<sub>min</sub> è la quota della sezione di chiusura in m s.l.m.

L è la lunghezza dell'asta principale in chilometri

Assumendo la durata dell'evento piovoso uguale al tempo di corrivazione (situazione più critica) è possibile calcolare l'altezza di pioggia con durata T<sub>c</sub> utilizzando l'espressione della curva di probabilità pluviometrica:

$$h_T = a \cdot t^n$$

dove T è il tempo di ritorno (assunto pari a 10 anni), a ed n sono i due coefficienti ricavati dalla curva di probabilità pluviometrica, t è la durata della pioggia espressa in ore.

Infine è possibile calcolare l'intensità di pioggia i con un semplice rapporto fra h<sub>T</sub> e t<sub>c</sub>:

$$i = \frac{h_T}{t_c}$$

Si riportano le caratteristiche morfologiche ed idrologiche dei sottobacini rappresentati nelle tavole PEBO-P.17.04.a-b-c-d\_Corografia dei bacini

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>
<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	25452	11497	50463	25864	33864	8935
<b>Hmax (m)</b>	332	341	341	275	265	320
<b>H media bacino (m)</b>	288,75	324,5	292,75	250	239,75	281
<b>Hsez Chiusura (m)</b>	245,5	308	244,5	225	214,5	242
<b>Lpri (km)</b>	0,152	0,207	0,321	0,314	0,492	0,364
<b>i asta principale</b>	0,5691	0,1594	0,3006	0,1592	0,1026	0,2143
<b>A/C</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>T accesso (min)</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Tc Puglisi (min)</b>	23,184	39,275	36,796	45,144	60,699	42,954
<b>Tc Giandotti (min)</b>	9,878	13,652	14,901	16,714	22,002	11,098
<b>T Corr (min)</b>	19,531	29,463	28,848	33,929	44,350	30,026
<b>a</b>	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887
<b>n</b>	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365
<b>H<sub>TC,T</sub> (mm/h)</b>	114,039	87,819	89,004	80,286	67,720	86,769
<b>Q tot (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,645	0,224	0,998	0,461	0,510	0,172

	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>	<b>A10</b>	<b>A11</b>	<b>A12</b>	<b>A13</b>
<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	7602	2565	33864	17233	6072	14907	46144
<b>Hmax (m)</b>	357	357	354,5	313,8	196,05	204,8	207
<b>H media bacino (m)</b>	327	352	308,75	271,4	195,775	202,9	203,25
<b>Hsez Chiusura (m)</b>	297	347	263	229	195,5	201	199,5
<b>Lpri (km)</b>	0,355	0,141	0,559	0,521	0,259	0,268	0,438
<b>i asta principale</b>	0,1690	0,0709	0,1637	0,1628	0,0021	0,0142	0,0171
<b>A/C</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>T accesso (min)</b>	3	3	3	3	3	3	3
<b>Tc Puglisi (min)</b>	46,104	45,267	54,213	53,055	178,531	95,895	106,071
<b>Tc Giandotti (min)</b>	12,067	13,889	17,460	15,049	100,141	48,446	58,724
<b>T Corr (min)</b>	32,086	32,578	38,836	37,052	142,336	75,171	85,398
<b>a</b>	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887
<b>n</b>	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365
<b>H<sub>TC,T</sub> (mm/h)</b>	83,187	82,386	73,681	75,916	32,278	48,428	44,657
<b>Q tot (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,141	0,047	0,554	0,291	0,044	0,160	0,458



	<b>A14</b>	<b>A15</b>	<b>A16</b>	<b>A17</b>	<b>A18</b>	<b>A19</b>
<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	12974	15970	11242	115321	6931	25597
<b>Hmax (m)</b>	205,5	241	262,5	299	243	170
<b>H media bacino (m)</b>	200,5	225,6	248	255,5	240,5	151,75
<b>Hsez Chiusura (m)</b>	198	210,2	233,5	212	238	133,5
<b>Lpri ( km)</b>	0,201	0,392	0,335	0,587	0,141	0,429
<b>i asta principale</b>	0,0373	0,0786	0,0866	0,1482	0,0355	0,0851
<b>A/C</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>T accesso (min)</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Tc Puglisi ( min)</b>	63,107	61,514	56,520	56,958	57,033	61,732
<b>Tc Giandotti (min)</b>	35,913	20,899	18,251	25,459	25,828	22,533
<b>T Corr (min)</b>	52,510	44,206	40,385	44,209	44,431	45,132
<b>a</b>	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887	55,887
<b>n</b>	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365
<b>H<sub>TC,T</sub> ( mm/h)</b>	60,828	67,860	71,873	67,858	67,642	66,972
<b>Q tot (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,175	0,241	0,180	1,739	0,104	0,381

### 3.5 Fossi di guardia

I fossi di guardia in progetto sono stati individuati ai lati delle sezioni stradali della viabilità a servizio delle piazzole di montaggio delle torri sia per la realizzazione della rete di raccolta secondaria delle acque meteoriche fino al loro scarico all'interno dei fossi di scolo naturali.

Il dimensionamento di tali fossi tiene anche conto della scabrezza delle pareti e del fondo, della pendenza e dell'effettivo tirante durante le massime portate. La verifica idraulica viene condotta nell'ipotesi di moto uniforme, implementando le formule prima illustrate su foglio di calcolo elettronico.

La formula pratica utilizzata per il dimensionamento è la nota espressione di Gaukler-Strikler:

$$V = K_s \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

Dove  $K_s$  è il coefficiente di Strickler che tiene conto della scabrezza,  $J$  è la cadente del canale (coincidente alla pendenza longitudinale del fondo dell'alveo), ed  $R$  è il raggio idraulico ovvero il rapporto fra Area della sezione bagnata e il Perimetro della sezione bagnata.

I canali trapezoidali vengono realizzati mediante con uno scavo a sezione obbligata sul terreno esistente, la sezione di alcuni fossi viene rivestita in geocomposito per limitare fenomeni erosivi dovuti a forti pendenze e/o elevate portate.

Il coefficiente di scabrezza  $K_s$  è un valore variabile nel tempo, influenzato dalle reali condizioni di conservazione ed usura della superficie delle due differenti tipologie, valore che col tempo non corrisponderà più a quello iniziale: per tale motivo è sufficientemente cautelativo porre tale coefficiente pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per le sezioni in terra e per quelle in terre rivestite in geocomposito.

La verifica del corretto funzionamento idraulico dei canali stata eseguita nelle ipotesi di portata massima di progetto verificato che il grado di riempimento massimo della sezione non superi il 75% e che la velocità non sia superiore a 8,00 m/s per le differenti sezioni.

	<b>C1</b>	<b>C.2</b>	<b>C.3</b>	<b>C.4</b>	<b>C.5</b>	<b>C.6</b>	<b>C.7</b>	<b>C.8</b>	<b>C.9</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,422	0,164	0,129	0,032	0,035	0,026	0,129	0,223	0,030
<b>Hmonte ( m )</b>	320,000	305,670	305,670	322,000	312,500	305,670	313,500	299,000	304,000
<b>Hvalle ( m )</b>	245,500	305,570	305,570	306,000	306,000	301,120	301,800	294,000	301,500
<b>K ( m<sup>1/3</sup>/ s )</b>	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>B inf ( m )</b>	0,80	0,80	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,40
<b>B sup ( m )</b>	1,40	1,40	1,40	0,80	0,80	0,80	0,80	1,20	0,80
<b>h ( m )</b>	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,40
<b>L ( m )</b>	369,60	157,00	157,00	59,00	29,00	91,00	111,00	24,00	56,00
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,202	0,001	0,001	0,271	0,224	0,050	0,105	0,208	0,045
<b>h Real ( m )</b>	0,126	0,417	0,359	0,037	0,041	0,054	0,116	0,101	0,062
<b>% riemp medio</b>	<b>0,210</b>	<b>0,694</b>	<b>0,599</b>	<b>0,093</b>	<b>0,104</b>	<b>0,135</b>	<b>0,290</b>	<b>0,169</b>	<b>0,155</b>
<b>A real (mq)</b>	0,109	0,420	0,352	0,015	0,017	0,023	0,053	0,066	0,027
<b>P bag</b>	1,082	1,731	1,603	0,483	0,493	0,521	0,660	0,827	0,539
<b>Ri</b>	0,101	0,243	0,220	0,032	0,035	0,044	0,081	0,080	0,050
<b>Q ( m3/s)</b>	0,423	0,165	0,129	0,033	0,036	0,026	0,129	0,224	0,030
<b>V ( m/s)</b>	3,884	0,393	0,367	2,104	2,041	1,121	2,424	3,386	1,141

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.10</b>	<b>C.11</b>	<b>C.12</b>	<b>C.13</b>	<b>C.14</b>	<b>C.15</b>	<b>C.16</b>	<b>C.17</b>	<b>C.18</b>
Qprog max( m3/s)	0,422	0,164	0,129	0,032	0,035	0,026	0,129	0,223	0,030
Hmonte ( m )	320,000	305,670	305,670	322,000	312,500	305,670	313,500	299,000	304,000
Hvalle ( m )	245,500	305,570	305,570	306,000	306,000	301,120	301,800	294,000	301,500
K (m <sup>1/3</sup> / s)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
B inf ( m )	0,80	0,80	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,40
B sup ( m )	1,40	1,40	1,40	0,80	0,80	0,80	0,80	1,20	0,80
h (m)	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,40
L ( m )	369,60	157,00	157,00	59,00	29,00	91,00	111,00	24,00	56,00
i pareti	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
i canale	0,202	0,001	0,001	0,271	0,224	0,050	0,105	0,208	0,045
h Real ( m )	0,126	0,417	0,359	0,037	0,041	0,054	0,116	0,101	0,062
% riemp medio	<b>0,210</b>	<b>0,694</b>	<b>0,599</b>	<b>0,093</b>	<b>0,104</b>	<b>0,135</b>	<b>0,290</b>	<b>0,169</b>	<b>0,155</b>
A real (mq)	0,109	0,420	0,352	0,015	0,017	0,023	0,053	0,066	0,027
P bag	1,082	1,731	1,603	0,483	0,493	0,521	0,660	0,827	0,539
Ri	0,101	0,243	0,220	0,032	0,035	0,044	0,081	0,080	0,050
Q ( m3/s)	0,423	0,165	0,129	0,033	0,036	0,026	0,129	0,224	0,030
V (m/s)	3,884	0,393	0,367	2,104	2,041	1,121	2,424	3,386	1,141

	<b>C.19</b>	<b>C.20</b>	<b>C.21</b>	<b>C.22</b>	<b>C.23</b>	<b>C.24</b>	<b>C.25</b>	<b>C.26</b>	<b>C.27</b>
Qprog max( m3/s)	0,257	0,342	0,039	0,050	0,100	0,035	0,025	0,053	0,058
Hmonte ( m )	235,000	218,300	305,670	298,700	298,700	277,030	277,030	252,290	252,290
Hvalle ( m )	218,500	214,600	301,120	273,500	273,500	252,290	252,290	235,140	235,140
K (m <sup>1/3</sup> / s)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
B inf ( m )	1,00	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
B sup ( m )	1,60	1,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
h (m)	0,60	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
L ( m )	278,00	175,00	91,00	178,00	178,00	199,00	199,00	306,00	306,00
i pareti	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
i canale	0,059	0,021	0,050	0,142	0,142	0,124	0,124	0,056	0,056
h Real ( m )	0,156	0,297	0,070	0,059	0,090	0,049	0,040	0,082	0,086
% riemp medio	<b>0,259</b>	<b>0,371</b>	<b>0,175</b>	<b>0,148</b>	<b>0,226</b>	<b>0,123</b>	<b>0,101</b>	<b>0,204</b>	<b>0,215</b>
A real (mq)	0,168	0,341	0,030	0,025	0,040	0,021	0,017	0,036	0,038

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.10</b>	<b>C.11</b>	<b>C.12</b>	<b>C.13</b>	<b>C.14</b>	<b>C.15</b>	<b>C.16</b>	<b>C.17</b>	<b>C.18</b>
<b>P bag</b>	1,348	1,664	0,557	0,532	0,602	0,510	0,491	0,583	0,592
<b>Ri</b>	0,124	0,205	0,055	0,048	0,067	0,041	0,035	0,062	0,064
<b>Q ( m3/s)</b>	0,407	0,689	0,039	0,050	0,100	0,035	0,026	0,053	0,058
<b>V (m/s)</b>	2,428	2,022	1,290	1,981	2,478	1,676	1,500	1,480	1,520

	<b>C.28</b>	<b>C.29</b>	<b>C.30</b>	<b>C.31</b>	<b>C.32</b>	<b>C.33</b>	<b>C.34</b>	<b>C.35</b>	<b>C.36</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,097	0,060	0,055	0,035	0,025	0,051	0,060	0,067	0,172
<b>Hmonte ( m)</b>	235,130	235,130	234,690	235,140	218,300	218,300	313,400	314,000	313,450
<b>Hvalle ( m)</b>	234,740	234,740	218,300	218,300	214,670	214,670	312,170	313,500	312,740
<b>K (m<sup>1/3</sup>/ s)</b>	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>B inf ( m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60
<b>B sup ( m)</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,20
<b>h (m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60
<b>L ( m)</b>	92,00	92,00	208,60	239,10	191,00	191,00	103,00	16,00	77,00
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,004	0,004	0,079	0,070	0,019	0,019	0,012	0,031	0,009
<b>h Real ( m)</b>	0,260	0,195	0,075	0,058	0,073	0,112	0,142	0,113	0,227
<b>% riemp medio</b>	<b>0,651</b>	<b>0,488</b>	<b>0,187</b>	<b>0,146</b>	<b>0,182</b>	<b>0,281</b>	<b>0,354</b>	<b>0,282</b>	<b>0,378</b>
<b>A real (mq)</b>	0,138	0,097	0,033	0,025	0,032	0,051	0,067	0,052	0,162
<b>P bag</b>	0,982	0,836	0,567	0,531	0,563	0,651	0,717	0,653	1,107
<b>Ri</b>	0,141	0,116	0,058	0,047	0,056	0,079	0,093	0,079	0,146
<b>Q ( m3/s)</b>	0,097	0,060	0,055	0,035	0,026	0,052	0,060	0,067	0,172
<b>V (m/s)</b>	0,704	0,620	1,674	1,388	0,811	1,013	0,898	1,302	1,066

	<b>C.37</b>	<b>C.38</b>	<b>C.39</b>	<b>C.40</b>	<b>C.41</b>	<b>C.42</b>	<b>C.43</b>	<b>C.44</b>	<b>C.45</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,007	0,047	0,009	0,009	0,021	0,028	0,021	0,141	0,028
<b>Hmonte ( m)</b>	316,000	347,500	355,500	355,500	355,500	343,500	355,500	337,500	341,000
<b>Hvalle ( m)</b>	314,000	347,000	346,150	346,150	337,500	338,200	337,500	297,600	337,800
<b>K (m<sup>1/3</sup>/ s)</b>	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>B inf ( m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60
<b>B sup ( m)</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.37</b>	<b>C.38</b>	<b>C.39</b>	<b>C.40</b>	<b>C.41</b>	<b>C.42</b>	<b>C.43</b>	<b>C.44</b>	<b>C.45</b>
h (m)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60
L ( m )	33,00	26,00	90,00	90,00	252,00	35,00	252,00	129,20	29,20
i pareti	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
i canale	0,061	0,019	0,104	0,104	0,071	0,151	0,071	0,309	0,110
h Real ( m )	0,024	0,105	0,022	0,022	0,043	0,040	0,043	0,067	0,034
% riemp medio	<b>0,059</b>	<b>0,262</b>	<b>0,055</b>	<b>0,055</b>	<b>0,108</b>	<b>0,101</b>	<b>0,108</b>	<b>0,112</b>	<b>0,057</b>
A real (mq)	0,010	0,047	0,009	0,009	0,018	0,017	0,018	0,043	0,021
P bag	0,453	0,635	0,449	0,449	0,497	0,490	0,497	0,751	0,677
Ri	0,021	0,075	0,020	0,020	0,037	0,035	0,037	0,057	0,031
Q ( m3/s)	0,007	0,047	0,009	0,009	0,022	0,028	0,022	0,141	0,028
V (m/s)	0,759	0,985	0,957	0,957	1,181	1,652	1,181	3,290	1,316

	<b>C.46</b>	<b>C.47</b>	<b>C.48</b>	<b>C.49</b>	<b>C.50</b>	<b>C.51</b>	<b>C.52</b>	<b>C.53</b>	<b>C.54</b>
Qprog max( m3/s)	0,166	0,014	0,039	0,017	0,263	0,233	0,208	0,055	0,554
Hmonte ( m )	340,900	335,660	336,000	336,000	335,140	334,430	336,000	335,140	319,100
Hvalle ( m )	337,900	335,400	334,470	334,470	319,100	319,100	334,470	334,430	263,000
K (m <sup>1/3</sup> / s)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
B inf ( m )	0,40	0,60	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,40	1,00
B sup ( m )	0,80	1,20	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	0,80	1,80
h (m)	0,40	0,60	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,40	0,80
L ( m )	90,00	38,00	117,00	41,00	184,00	102,00	117,00	59,00	173,00
i pareti	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
i canale	0,033	0,007	0,013	0,037	0,087	0,150	0,013	0,012	0,324
h Real ( m )	0,193	0,053	0,106	0,046	0,147	0,115	0,228	0,135	0,111
% riemp medio	<b>0,483</b>	<b>0,088</b>	<b>0,265</b>	<b>0,115</b>	<b>0,245</b>	<b>0,192</b>	<b>0,381</b>	<b>0,338</b>	<b>0,139</b>
A real (mq)	0,096	0,033	0,048	0,020	0,099	0,076	0,163	0,063	0,118
P bag	0,832	0,719	0,637	0,503	0,929	0,857	1,111	0,702	1,249
Ri	0,115	0,046	0,075	0,039	0,107	0,088	0,147	0,090	0,094
Q ( m3/s)	0,166	0,014	0,039	0,017	0,264	0,232	0,208	0,056	0,555
V (m/s)	1,731	0,426	0,816	0,885	2,658	3,073	1,273	0,881	4,715

	<b>C.55</b>	<b>C.56</b>	<b>C.57</b>	<b>C.58</b>	<b>C.59</b>	<b>C.60</b>	<b>C.61</b>	<b>C.62</b>

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.55</b>	<b>C.56</b>	<b>C.57</b>	<b>C.58</b>	<b>C.59</b>	<b>C.60</b>	<b>C.61</b>	<b>C.62</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,044	0,015	0,015	0,012	0,017	0,055	0,044	0,375
<b>Hmonte ( m)</b>	297,000	298,600	298,600	294,000	293,150	293,150	293,150	292,000
<b>Hvalle ( m)</b>	294,000	294,000	294,000	293,150	292,700	292,570	292,570	283,000
<b>K (m<sup>1/3</sup>/ s)</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>B inf ( m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>B sup ( m)</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>h (m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>L ( m)</b>	74,00	32,00	32,00	32,00	51,00	60,00	60,00	49,00
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,041	0,144	0,144	0,027	0,009	0,010	0,010	0,184
<b>h Real ( m)</b>	0,080	0,028	0,028	0,042	0,073	0,145	0,125	0,189
<b>% riemp medio</b>	<b>0,200</b>	<b>0,070</b>	<b>0,070</b>	<b>0,105</b>	<b>0,183</b>	<b>0,363</b>	<b>0,311</b>	<b>0,472</b>
<b>A real (mq)</b>	0,035	0,012	0,012	0,018	0,032	0,069	0,058	0,093
<b>P bag</b>	0,579	0,462	0,462	0,494	0,564	0,724	0,679	0,822
<b>Ri</b>	0,061	0,025	0,025	0,036	0,057	0,095	0,085	0,114
<b>Q ( m3/s)</b>	0,044	0,015	0,015	0,012	0,018	0,056	0,044	0,375
<b>V (m/s)</b>	1,245	1,297	1,297	0,707	0,555	0,817	0,759	4,019

	<b>C.63</b>	<b>C.64</b>	<b>C.65</b>	<b>C.66</b>	<b>C.67</b>	<b>C.68</b>	<b>C.69</b>	<b>C.70</b>	<b>C.71</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,291	0,009	0,002	0,020	0,015	0,044	0,064	0,048	0,024
<b>Hmonte ( m)</b>	292,000	293,320	197,750	197,750	197,750	197,750	204,200	200,900	204,800
<b>Hvalle ( m)</b>	229,000	293,000	197,550	197,450	197,450	195,300	203,200	200,700	203,000
<b>K (m<sup>1/3</sup>/ s)</b>	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>B inf ( m)</b>	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>B sup ( m)</b>	1,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>h (m)</b>	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>L ( m)</b>	337,20	19,00	48,82	80,00	48,82	51,00	104,00	22,00	236,00
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,187	0,017	0,004	0,004	0,006	0,048	0,010	0,009	0,008
<b>h Real ( m)</b>	0,102	0,041	0,018	0,104	0,075	0,076	0,159	0,133	0,095
<b>% riemp medio</b>	<b>0,171</b>	<b>0,102</b>	<b>0,045</b>	<b>0,259</b>	<b>0,187</b>	<b>0,190</b>	<b>0,397</b>	<b>0,333</b>	<b>0,237</b>
<b>A real (mq)</b>	0,087	0,017	0,007	0,047	0,033	0,033	0,076	0,062	0,042

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.63</b>	<b>C.64</b>	<b>C.65</b>	<b>C.66</b>	<b>C.67</b>	<b>C.68</b>	<b>C.69</b>	<b>C.70</b>	<b>C.71</b>
<b>P bag</b>	1,029	0,491	0,440	0,631	0,567	0,570	0,755	0,698	0,612
<b>Ri</b>	0,085	0,035	0,017	0,074	0,058	0,058	0,101	0,089	0,069
<b>Q ( m3/s)</b>	0,291	0,009	0,001	0,020	0,015	0,044	0,065	0,047	0,025
<b>V (m/s)</b>	3,335	0,553	0,168	0,432	0,468	1,320	0,849	0,761	0,589

	<b>C.72</b>	<b>C.73</b>	<b>C.74</b>	<b>C.75</b>	<b>C.76</b>	<b>C.77</b>	<b>C.78</b>	<b>C.79</b>	<b>C.80</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,007	0,024	0,023	0,114	0,009	0,055	0,261	0,458	0,009
<b>Hmonte ( m)</b>	202,560	201,690	201,800	201,800	201,800	201,350	201,450	201,270	202,750
<b>Hvalle ( m)</b>	202,050	200,900	201,270	201,270	201,270	201,270	201,270	199,500	202,650
<b>K (m<sup>1/3</sup>/s)</b>	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>B inf ( m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40	0,40	1,00	1,00
<b>B sup ( m)</b>	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60
<b>h (m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60
<b>L ( m)</b>	51,00	51,00	192,00	143,00	51,00	59,00	60,00	76,00	50,00
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,010	0,015	0,003	0,004	0,010	0,001	0,003	0,023	0,002
<b>h Real ( m)</b>	0,040	0,075	0,124	0,233	0,047	0,261	0,248	0,224	0,044
<b>% riemp medio</b>	<b>0,100</b>	<b>0,187</b>	<b>0,311</b>	<b>0,584</b>	<b>0,117</b>	<b>0,651</b>	<b>0,619</b>	<b>0,373</b>	<b>0,073</b>
<b>A real (mq)</b>	0,017	0,033	0,058	0,167	0,020	0,138	0,130	0,249	0,045
<b>P bag</b>	0,490	0,567	0,678	1,122	0,505	0,983	0,954	1,500	1,098
<b>Ri</b>	0,034	0,058	0,085	0,149	0,039	0,141	0,136	0,166	0,041
<b>Q ( m3/s)</b>	0,007	0,024	0,023	0,115	0,009	0,055	0,075	0,458	0,009
<b>V (m/s)</b>	0,423	0,744	0,406	0,685	0,471	0,398	0,580	1,842	0,212

	<b>C.81</b>	<b>C.82</b>	<b>C.83</b>	<b>C.84</b>	<b>C.85</b>	<b>C.86</b>	<b>C.87</b>	<b>C.88</b>	<b>C.89</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,061	0,026	0,035	0,009	0,061	0,114	0,175	0,084	0,060

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.81</b>	<b>C.82</b>	<b>C.83</b>	<b>C.84</b>	<b>C.85</b>	<b>C.86</b>	<b>C.87</b>	<b>C.88</b>	<b>C.89</b>
<b>Hmonte ( m )</b>	202,750	202,750	201,940	201,880	201,880	201,880	200,810	218,060	222,500
<b>Hvalle ( m )</b>	201,940	201,940	201,880	201,850	200,810	200,810	200,500	217,800	218,060
<b>K (m<sup>1/3</sup>/s)</b>	40	40	40	40	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
<b>B inf ( m )</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,400	0,400	0,600	0,400	0,400
<b>B sup ( m )</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,800	0,800	1,200	0,800	0,800
<b>h (m)</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,400	0,400	0,600	0,400	0,400
<b>L ( m )</b>	50,00	50,00	23,00	23,00	82,000	82,000	55,000	50,000	46,000
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,016	0,016	0,003	0,001	0,013	0,013	0,006	0,005	0,097
<b>h Real ( m )</b>	0,131	0,079	0,165	0,086	0,140	0,204	0,267	0,225	0,075
<b>% riemp medio</b>	<b>0,327</b>	<b>0,198</b>	<b>0,412</b>	<b>0,214</b>	<b>0,350</b>	<b>0,511</b>	<b>0,444</b>	<b>0,563</b>	<b>0,187</b>
<b>A real (mq)</b>	0,061	0,035	0,079	0,038	0,066	0,103	0,195	0,115	0,033
<b>P bag</b>	0,693	0,577	0,768	0,592	0,713	0,857	1,196	0,904	0,567
<b>Ri</b>	0,088	0,060	0,103	0,064	0,092	0,120	0,163	0,128	0,058
<b>Q ( m3/s)</b>	0,061	0,027	0,036	0,009	0,061	0,114	0,175	0,085	0,061
<b>V (m/s)</b>	1,007	0,783	0,450	0,232	0,933	1,110	0,898	0,732	1,856

	<b>C.90</b>	<b>C.91</b>	<b>C.92</b>	<b>C.93</b>	<b>C.94</b>	<b>C.95</b>	<b>C.96</b>	<b>C.97</b>	<b>C.98</b>
<b>Qprog max( m3/s)</b>	0,012	0,104	0,116	0,120	0,241	0,009	0,036	0,435	0,180
<b>Hmonte ( m )</b>	222,750	218,060	217,090	218,060	216,800	263,500	263,500	258,050	257,550
<b>Hvalle ( m )</b>	218,060	217,090	216,800	216,800	212,500	261,000	261,000	257,550	233,500
<b>K (m<sup>1/3</sup>/s)</b>	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
<b>B inf ( m )</b>	0,400	0,400	0,600	0,600	0,600	0,400	0,400	0,600	0,800
<b>B sup ( m )</b>	0,800	0,800	1,000	1,000	1,200	0,800	0,800	1,000	1,400
<b>h (m)</b>	0,400	0,400	0,400	0,400	0,600	0,400	0,400	0,400	0,600



Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.90</b>	<b>C.91</b>	<b>C.92</b>	<b>C.93</b>	<b>C.94</b>	<b>C.95</b>	<b>C.96</b>	<b>C.97</b>	<b>C.98</b>
L ( m )	49,000	59,000	50,000	59,000	18,000	41,000	52,000	50,000	271,000
i pareti	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
i canale	0,096	0,016	0,006	0,021	0,239	0,061	0,048	0,010	0,089
h Real ( m )	0,028	0,180	0,206	0,141	0,102	0,027	0,067	0,180	0,096
% riemp medio	<b>0,070</b>	<b>0,451</b>	<b>0,515</b>	<b>0,352</b>	<b>0,170</b>	<b>0,067</b>	<b>0,168</b>	<b>0,451</b>	<b>0,160</b>
A real (mq)	0,012	0,088	0,145	0,094	0,066	0,011	0,029	0,124	0,081
P bag	0,462	0,803	1,060	0,914	0,828	0,460	0,551	1,003	1,014
Ri	0,025	0,110	0,136	0,103	0,080	0,024	0,053	0,124	0,080
Q ( m3/s)	0,012	0,104	0,117	0,121	0,241	0,009	0,036	0,124	0,180
V (m/s)	1,058	1,178	0,808	1,285	3,632	0,822	1,238	0,995	2,213

	<b>C.99</b>	<b>C.100</b>	<b>C.101</b>	<b>C.102</b>	<b>C.103</b>	<b>C.104</b>	<b>C.105</b>	<b>C.106</b>	<b>C.107</b>
Qprog max( m3/s)	0,017	0,009	0,035	0,191	0,104	0,035	1,304	1,739	0,026
Hmonte ( m )	263,890	264,100	263,390	263,530	263,850	263,850	263,320	229,000	248,520
Hvalle ( m )	263,320	263,500	263,020	262,930	263,320	263,320	229,000	213,000	247,930
K (m <sup>1/3</sup> /s)	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
B inf ( m )	0,400	0,400	0,400	0,600	0,600	0,600	1,000	1,200	0,400
B sup ( m )	0,800	0,800	0,800	1,200	1,000	1,200	1,800	2,200	0,800
h (m)	0,400	0,400	0,400	0,600	0,400	0,600	0,800	1,000	0,400
L ( m )	59,000	60,000	59,000	60,000	78,000	78,000	269,000	199,000	66,000
i pareti	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
i canale	0,010	0,010	0,006	0,010	0,007	0,007	0,128	0,080	0,009
h Real ( m )	0,071	0,046	0,123	0,236	0,183	0,093	0,286	0,309	0,093
% riemp medio	<b>0,179</b>	<b>0,115</b>	<b>0,309</b>	<b>0,393</b>	<b>0,457</b>	<b>0,155</b>	<b>0,357</b>	<b>0,309</b>	<b>0,233</b>
A real (mq)	0,031	0,019	0,057	0,169	0,126	0,060	0,327	0,419	0,042
P bag	0,560	0,503	0,676	1,127	1,009	0,808	1,639	1,891	0,609
Ri	0,056	0,039	0,084	0,150	0,125	0,075	0,199	0,221	0,069

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

	<b>C.99</b>	<b>C.100</b>	<b>C.101</b>	<b>C.102</b>	<b>C.103</b>	<b>C.104</b>	<b>C.105</b>	<b>C.106</b>	<b>C.107</b>
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,018	0,009	0,035	0,191	0,104	0,035	1,593	1,739	0,026
<b>V (m/s)</b>	0,573	0,458	0,609	1,130	0,826	0,584	4,876	4,152	0,633

	<b>C.108</b>	<b>C.109</b>	<b>C.110</b>	<b>C.111</b>	<b>C.112</b>	<b>C.113</b>	<b>C.114</b>	<b>C.115</b>	<b>C.116</b>
<b>Qprog max (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,010	0,042	0,104	0,057	0,171	0,019	0,076	0,381	0,057
<b>Hmonte (m)</b>	248,520	247,930	246,000	169,790	169,380	169,210	169,380	147,500	170,000
<b>Hvalle (m)</b>	247,930	213,000	238,000	169,190	157,020	168,800	157,020	133,500	133,500
<b>K (m<sup>1/3</sup>/s)</b>	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
<b>B inf (m)</b>	0,400	0,400	0,600	0,400	0,600	0,400	0,400	0,600	0,400
<b>B sup (m)</b>	0,800	0,800	1,200	0,800	1,200	0,800	0,800	1,200	0,800
<b>h (m)</b>	0,400	0,400	0,600	0,400	0,600	0,400	0,400	0,600	0,400
<b>L (m)</b>	66,000	60,000	73,000	60,000	136,670	58,000	100,000	310,000	141,000
<b>i pareti</b>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>i canale</b>	0,009	0,582	0,110	0,010	0,090	0,007	0,124	0,045	0,259
<b>h Real (m)</b>	0,053	0,034	0,077	0,145	0,112	0,084	0,080	0,227	0,053
<b>% riemp medio</b>	<b>0,132</b>	<b>0,085</b>	<b>0,129</b>	<b>0,363</b>	<b>0,186</b>	<b>0,211</b>	<b>0,200</b>	<b>0,378</b>	<b>0,133</b>
<b>A real (mq)</b>	0,023	0,014	0,049	0,069	0,073	0,037	0,035	0,162	0,023
<b>P bag</b>	0,518	0,476	0,773	0,725	0,849	0,589	0,579	1,107	0,519
<b>Ri</b>	0,044	0,030	0,064	0,095	0,086	0,063	0,061	0,146	0,044
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,011	0,042	0,104	0,057	0,172	0,020	0,076	0,381	0,057
<b>V (m/s)</b>	0,468	2,939	2,115	0,831	2,346	0,535	2,172	2,358	2,524

### 3.6 Tombini

Al fine di garantire le diverse connessioni fra i fossi di guardia in progetto all'interno del parco è stata prevista l'installazione di diversi tombini circolari prefabbricati in cls posati ad un'adeguata profondità.

Ogni tombino si dirama da un pozzetto prefabbricato in cls e scarica la propria portata in un ulteriore pozzetto prefabbricato garantendo così una continuità idraulica e ridistribuendo le portate secondo le caratteristiche orografiche e le pendenze delle aree in progetto.

Il progetto prevede la posa di 30 tombini idraulici per consentire il deflusso delle acque meteoriche, raccolte a monte, al di sotto della sede stradale. Tali tombini sono formati con una tubazione circolare in Calcestruzzo Vibrocompresso, con un adeguato Rck per resistere ai carichi stradali ivi gravanti. La verifica idraulica dei tombini avviene mediante l'utilizzo della formula di Gaukler-Strickler, in ipotesi di moto uniforme:

$$V = K_s \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

Dove  $K_s$  è il coefficiente di Strickler che tiene conto della scabrezza,  $J$  è la cadente del canale (coincidente alla pendenza longitudinale del fondo dell'alveo), ed  $R$  è il raggio idraulico ovvero il rapporto fra Area della sezione bagnata e il Perimetro della sezione bagnata. Viene imposta una pendenza longitudinale del tombino variabile fra il 2% ed il 5% al fine di permettere un deflusso delle acque tale da poter ottenere un riempimento della sezione inferiore al 75%, in condizioni del colmo di piena.

	<b>T.1</b>	<b>T.2</b>	<b>T.3</b>	<b>T.4</b>	<b>T.5</b>	<b>T.6</b>	<b>T.7</b>	<b>T.8</b>	<b>T.9</b>	<b>T.10</b>
<b>Qprog ( m<sup>3</sup>/s)</b>	0,185	0,223	0,224	0,190	0,150	0,108	0,167	0,180	0,051	0,059
<b>i canale</b>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
<b>L ( m )</b>	6,000	8,000	18,000	8,000	10,000	8,000	5,000	8,000	18,000	6,000
<b>h/d ( &lt;0,8)</b>	0,240	0,264	0,265	0,201	0,319	0,338	0,399	0,329	0,250	0,284
<b>D ( m )</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,400</b>	<b>0,600</b>	<b>0,600</b>	<b>0,600</b>	<b>0,800</b>	<b>0,600</b>	<b>0,800</b>
<b>α</b>	2,050	2,161	2,163	1,859	2,402	2,482	2,736	2,444	2,095	2,250
<b>Area ( m<sup>2</sup>)</b>	0,093	0,106	0,107	0,018	0,078	0,084	0,105	0,144	0,055	0,118
<b>R</b>	0,113	0,123	0,123	0,048	0,108	0,113	0,128	0,147	0,088	0,131
<b>k ( m<sup>1/3</sup> / s)</b>	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
<b>Q ( m<sup>3</sup>/s) =</b>	0,185	0,223	0,224	0,020	0,150	0,167	0,227	0,341	0,093	0,258
<b>V ( m/s)</b>	1,988	2,100	2,102	1,128	1,924	1,983	2,159	2,368	1,679	2,187

	<b>T.11</b>	<b>T.12</b>	<b>T.13</b>	<b>T.14</b>	<b>T.15</b>	<b>T.16</b>	<b>T.17</b>	<b>T.18</b>	<b>T.19</b>	<b>T.20</b>
<b>Qprog ( m<sup>3</sup>/s)</b>	0,051	0,418	0,021	0,009	0,009	0,047	0,194	0,040	0,033	0,124
<b>i canale</b>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
<b>L ( m )</b>	19,000	35,000	23,000	15,000	22,000	34,000	15,000	9,000	12,000	12,000

Parco Eolico "Bolina" – Progetto Definitivo  
Relazione Idraulica

---

<b>h/d (&lt;0,8)</b>	0,321	0,296	0,207	0,136	0,141	0,305	0,247	0,285	0,257	0,290
<b>D (m)</b>	<b>0,400</b>	<b>1,200</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,800</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,600</b>
<b>α</b>	2,411	2,299	1,890	1,512	1,538	2,341	2,080	2,251	2,127	2,275
<b>Area ( m<sup>2</sup>)</b>	0,035	0,280	0,019	0,010	0,011	0,032	0,097	0,029	0,026	0,068
<b>R</b>	0,072	0,203	0,050	0,034	0,035	0,069	0,116	0,065	0,060	0,100
<b>k ( m<sup>1/3</sup>/s)</b>	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
<b>Q (m<sup>3</sup>/s) =</b>	0,051	0,819	0,022	0,009	0,010	0,047	0,195	0,041	0,033	0,124
<b>V (m/s)</b>	1,473	2,928	1,148	0,890	0,908	1,432	2,019	1,378	1,301	1,825

	<b>T.21</b>	<b>T.22</b>	<b>T.23</b>	<b>T.24</b>	<b>T.25</b>	<b>T.26</b>	<b>T.27</b>	<b>T.28</b>	<b>T.29</b>	<b>T.30</b>	<b>T.31</b>
<b>Qprog ( m<sup>3</sup>/s)</b>	0,064	0,150	0,014	0,070	0,061	0,072	0,009	0,015	0,012	0,017	0,248
<b>i canale</b>	0,010	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,050	0,020	0,020	0,020	0,020
<b>L ( m )</b>	85,000	9,000	12,000	12,000	12,000	6,000	4,000	12,000	12,000	11,000	11,000
<b>h/d (&lt;0,8)</b>	0,248	0,217	0,168	0,380	0,354	0,386	0,110	0,171	0,158	0,188	0,207
<b>D (m)</b>	<b>0,600</b>	<b>0,800</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>0,400</b>	<b>1,000</b>
<b>α</b>	2,086	1,936	1,692	2,656	2,547	2,681	1,354	1,705	1,637	1,792	1,888
<b>Area ( m<sup>2</sup>)</b>	0,055	0,080	0,014	0,044	0,040	0,045	0,008	0,014	0,013	0,016	0,117
<b>R</b>	0,087	0,104	0,041	0,082	0,078	0,083	0,028	0,042	0,039	0,046	0,124
<b>k ( m<sup>1/3</sup>/s)</b>	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
<b>Q (m<sup>3</sup>/s) =</b>	0,065	0,150	0,014	0,070	0,062	0,072	0,009	0,015	0,012	0,018	0,248
<b>V (m/s)</b>	1,182	1,871	1,014	1,607	1,549	1,620	1,233	1,023	0,976	1,082	2,112