

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 85,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. DA REALIZZARE NEL COMUNE DI CERIGNOLA, NELLE LOCALITA' LA MOSCHELLA E BELLAVEDUTA

RELAZIONE IDROLOGICA

COD. ELABORATO

CRE-CIV-REL-024\_01

PROPONENTE



**Edison Rinnovabili Spa**

Sede legale: Milano (MI),  
Foro Buonaparte, 31 - 20121  
P.IVA 12921540154  
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

PROGETTISTI



**PHEEDRA**  
Our passion, your expression.

PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90  
74121 - Taranto  
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285  
e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Angelo Micolucci



Consulenti esterni

Dott. Agr. Luigi Lupo

Dott. Ing. Marcello Latanza

Dott. Archeol. Fabio Fabrizio

Dott. Geol. Antonio Fusco

COORDINATORE DEL PROGETTO



**PHEEDRA**  
Our passion, your expression.

PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90  
74121 - Taranto  
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285  
e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it

1	DIC 2023	MS	AM	VS	Progetto Definitivo
EM / REV	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

## SOMMARIO

<b>1. PARCO EOLICO</b> .....	<b>2</b>
1.1. Premessa.....	2
<b>2. INQUADRAMENTO INTERVENTO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Individuazione del bacino imbrifero .....	9
2.2. Calcolo delle portate di piena .....	10
2.3. Metodo del Curve Number.....	14
<b>3. CONCLUSIONI</b> .....	<b>20</b>

Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

## 1. PARCO EOLICO

### 1.1. PREMESSA

La presente relazione espone gli aspetti tecnici idrologici relativi alla progettazione di un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell'energia prodotta, attraverso la dedicata rete di connessione, sino alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 13 aerogeneratori ognuno da 6,6 MW per un totale di 85,8 MW, da installare nel comune di Cerignola (FG) nelle località "La Moschella" e "Bellaveduta" con opere di connessione ricadenti nel medesimo comune, commissionato dalla società Edison Rinnovabili S.p.A.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione interrato che collegherà l'impianto alla futura Stazione Elettrica SE 36/380 kV nel Comune di Cerignola (FG).

L'aerogeneratore preso in considerazione per tale progetto (SG 155 – 6,6 della Siemens Gamesa) fa parte di una classe di macchine che possono essere dotate di generatore diversa potenza, in funzione delle esigenze progettuali.

La seguente relazione espone gli aspetti idrologici legati al territorio; in quanto, l'Autorità di Bacino della Puglia, attraverso la Carta Idrogeomorfologica, ha definito l'andamento e lo sviluppo del reticolo idrografico dell'area in esame.

La Carta Idrogeomorfologica, a partire dalle informazioni di ordine idrologico contenute in cartografie più antiche (I.G.M. in scala 1: 25.000) ed utilizzando dati topografici e morfologici di più recente acquisizione, fornisce un quadro conoscitivo di elevato dettaglio inerente al reale sviluppo del reticolo idrografico nel territorio di competenza dell'AdB Puglia. Tale strumento è utilizzato come elemento conoscitivo essenziale anche per la redazione dei P.U.G. e costituisce una delle cartografie di riferimento del PPTR.

In assenza di studi idraulici che definiscano in dettaglio gli sviluppi planimetrici degli *alvei in modellamento attivo* e delle *aree golenali* di ciascuna linea di deflusso, per il reticolo idrografico identificato dalla Carta Idrogeomorfologica vigono **le misure di salvaguardia**, ai sensi dell'art.6 comma 8 e dell'art.10 comma 3 delle NTA del P.A.I. Inoltre, il reale comportamento idraulico del reticolo idrografico dell'area, così come definito dalla carta Idrogeomorfologica, è stato per lunghi tratti studiato attraverso specifica modellazione sino a definire perimetrazioni di dettaglio (aree AP, MP e BP) riportate sul P.A.I vigente. Come indicato in precedenza, l'Autorità di Bacino della Puglia, attraverso la Carta Idrogeomorfologica, ha definito l'andamento e lo sviluppo del reticolo idrografico dell'area in esame, rispetto a quanto riportato sulle vecchie cartografie I.G.M., riducendo la frammentazione del reticolo osservabile sulle cartografie degli anni '60.

Per l'accertamento della posizione delle opere in progetto rispetto alle previsioni delle N.T.A. del P.A.I per la tutela delle aree AP, MP e BP e del reticolo idrografico, si è proceduto a verifiche cartografiche, eseguite su due livelli di scala sulla cartografia IGM e sulla CTR regionale e ortofoto.

Per la definizione delle fasce di rispetto dei reticoli idrografici si è fatto riferimento al reticolo aggiornato dall' Unit of Management Regionale Puglia e interregionale Ofanto - euUoMCode ITR161I020 bacino idrografico Ofanto, già bacino interregionale; bacini idrografici della Puglia, già bacini regionali.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: <a href="http://www.pheedra.it">www.pheedra.it</a>	RELAZIONE IDROLOGICA	Pag. 2 di 20
---	----------------------	--------------



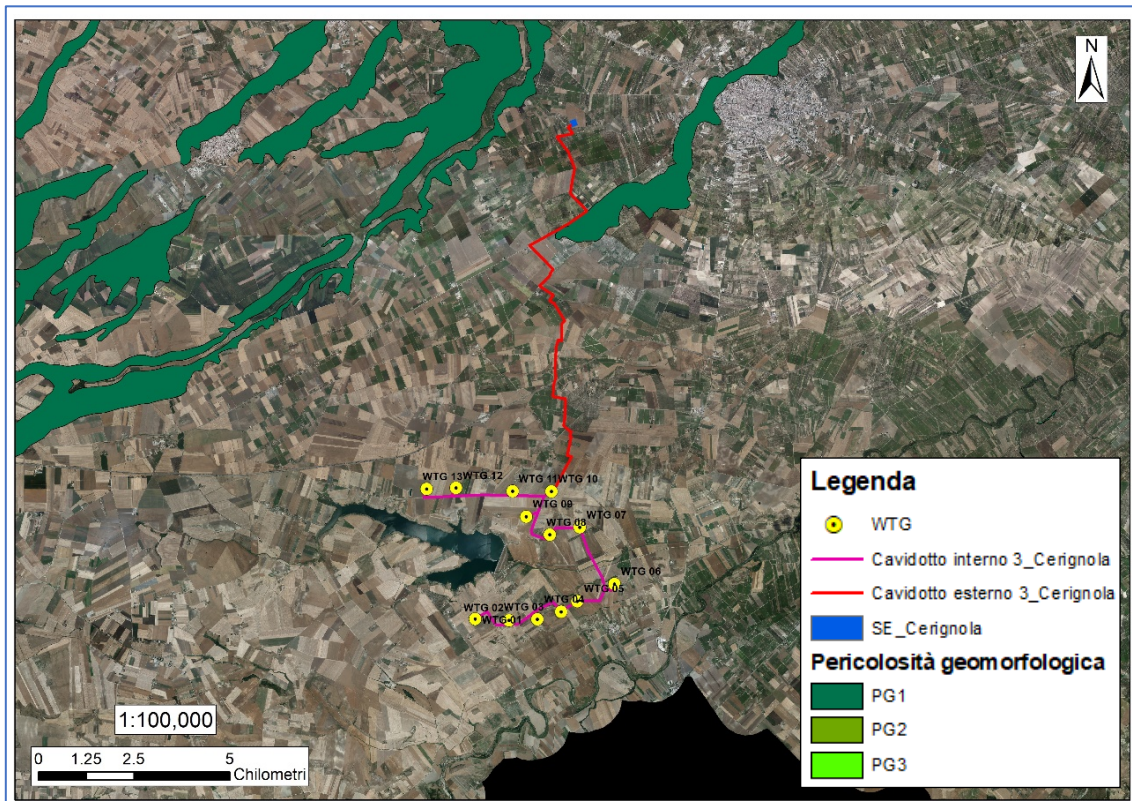
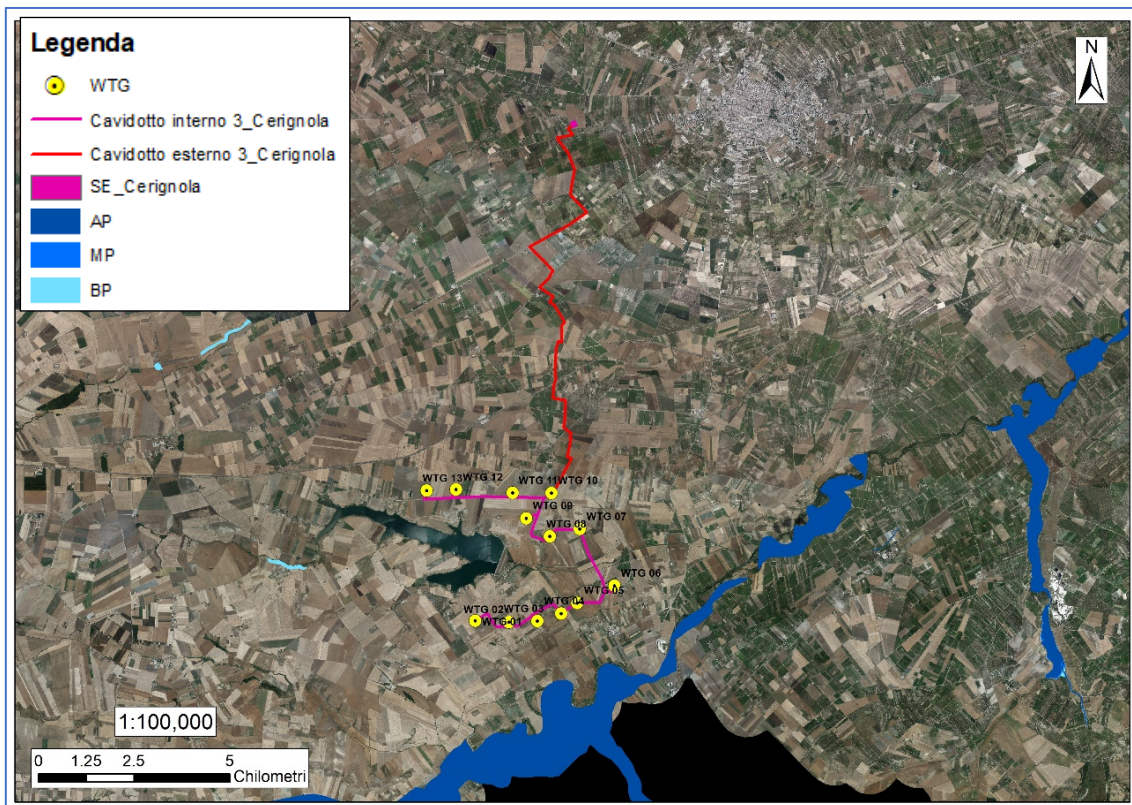


Figura 1 - Inquadramento su P.A.I.

Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

Gli aerogeneratori sono localizzabili alle seguenti coordinate, espresse con datum WGS84 e proiezione UTM 33 N:

TURBINA	E (WGS84) [°]	N (WGS84) [°]
WTG01	15.8094	41.1445
WTG02	15.8200	41.1441
WTG03	15.8288	41.1443
WTG04	15.8363	41.1460
WTG05	15.8413	41.1484
WTG06	15.8529	41.1524
WTG07	15.8423	41.1659
WTG08	15.8329	41.1641
WTG09	15.8256	41.1685
WTG10	15.8335	41.1744
WTG11	15.8214	41.1745
WTG12	15.8038	41.1754
WTG13	15.7947	41.1752

Le turbine sono identificate ai seguenti estremi catastali:

TURBINA	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA
WTG01	CERIGNOLA	441	335
WTG02	CERIGNOLA	441	4
WTG03	CERIGNOLA	441	113
WTG04	CERIGNOLA	441	116
WTG05	CERIGNOLA	431	11
WTG06	CERIGNOLA	433	118
WTG07	CERIGNOLA	438	11
WTG08	CERIGNOLA	439	58
WTG09	CERIGNOLA	419	21
WTG10	CERIGNOLA	419	91
WTG11	CERIGNOLA	419	197
WTG12	CERIGNOLA	418	7
WTG13	CERIGNOLA	407	2

La Futura Stazione Elettrica RTN 150/380/36 kV è invece localizzabile alle seguenti coordinate: 570498 E, 4568102 N, identificabile a livello catastale al Foglio 196 – Particelle 4 e 135 del Comune di Cerignola (FG).

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: <a href="http://www.pheedra.it">www.pheedra.it</a>	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	Pag. 4 di 20
---	-----------------------------	--------------

Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

## 2. INQUADRAMENTO INTERVENTO

Il progetto prevede l'installazione di 13 aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 5 MW, per una capacità complessiva di 85,8 MW.

Gli aerogeneratori ricadono su un'area posta a Sud – Ovest del centro urbano del Comune di Cerignola ad una distanza di circa 10,51 km, a Sud – Est del Comune di Stornarella ad una distanza di circa 10,13 km e a Nord – Est del Comune di Lavello ad una distanza di circa 10,05 km in linea d'aria.

Il tracciato del cavidotto collega gli aerogeneratori tra loro fino a connettersi alla cabina di raccolta per poi, a sua volta, allacciarsi alla futura stazione elettrica sempre sul territorio di Cerignola (FG).

Il parco eolico è circoscritto dalle seguenti strade provinciali, regionali e statali:

- SP 91 – Strada Provinciale 91
- SP 83 – Strada Provinciale 83
- A16 – Autostrada dei due mari
- Strade comunali

L'accesso alle torri è garantito in particolare dalle Strade Provinciali SP 91 e SP 83 e strade comunali. La viabilità da realizzare non prevede opere di impermeabilizzazione. Sono inoltre previste piazzole in prossimità degli aerogeneratori.

Per la costruzione degli aerogeneratori è prevista la realizzazione di piazzole temporanee per lo stoccaggio e il montaggio. Tali aree saranno dismesse e ripristinate nella condizione ante-operam.

La precisa localizzazione del sito si evince dagli allegati elaborati cartografici CRE-CIV-TAV-003 - Inquadramento geografico e CRE-CIV-TAV-004 - Inquadramento territoriale.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: <a href="http://www.pheedra.it">www.pheedra.it</a>	RELAZIONE IDROLOGICA	Pag. 5 di 20
---	----------------------	--------------



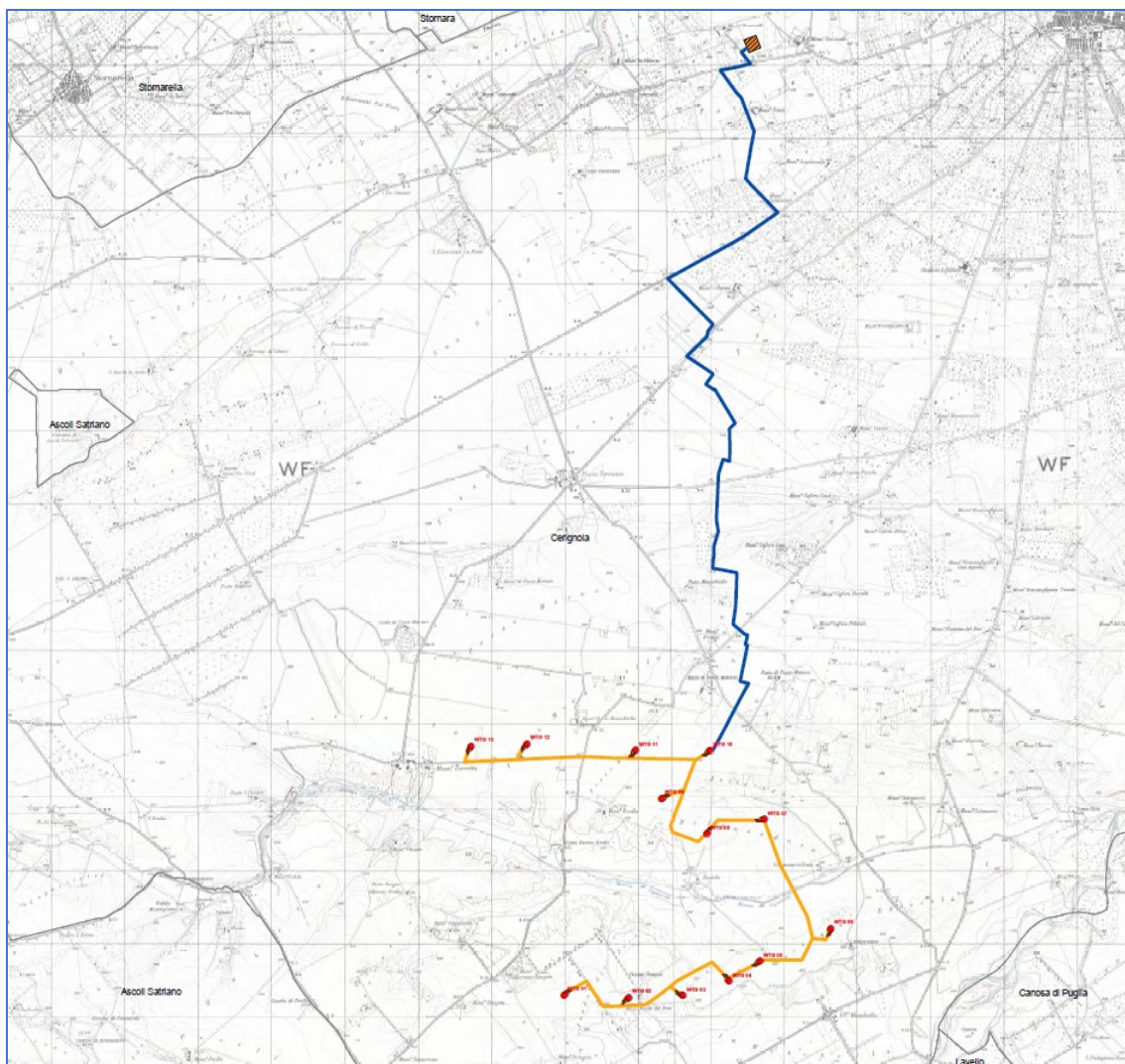


Figura 2 - Inquadramento impianto su Stralcio IGM 1:25.000

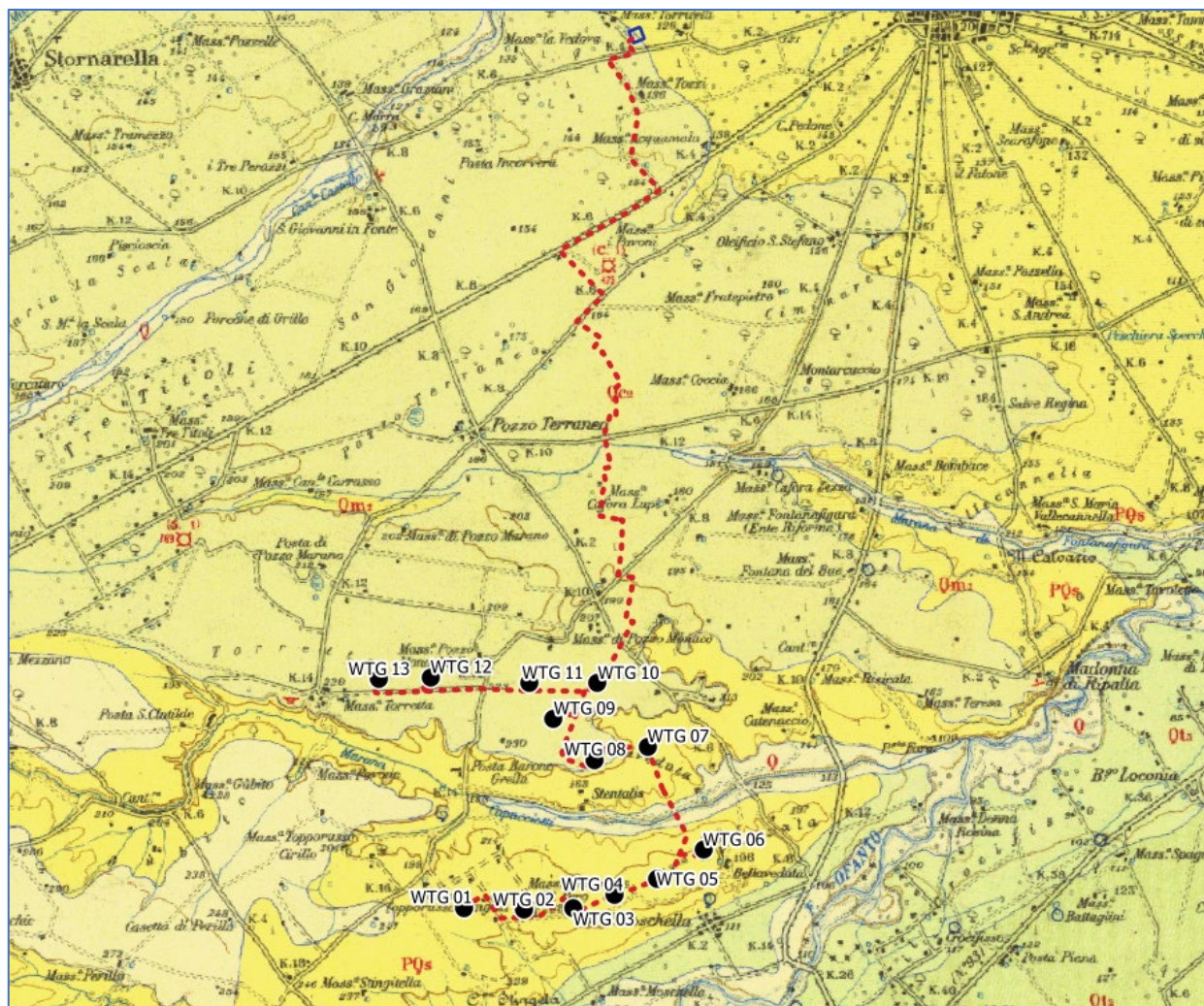
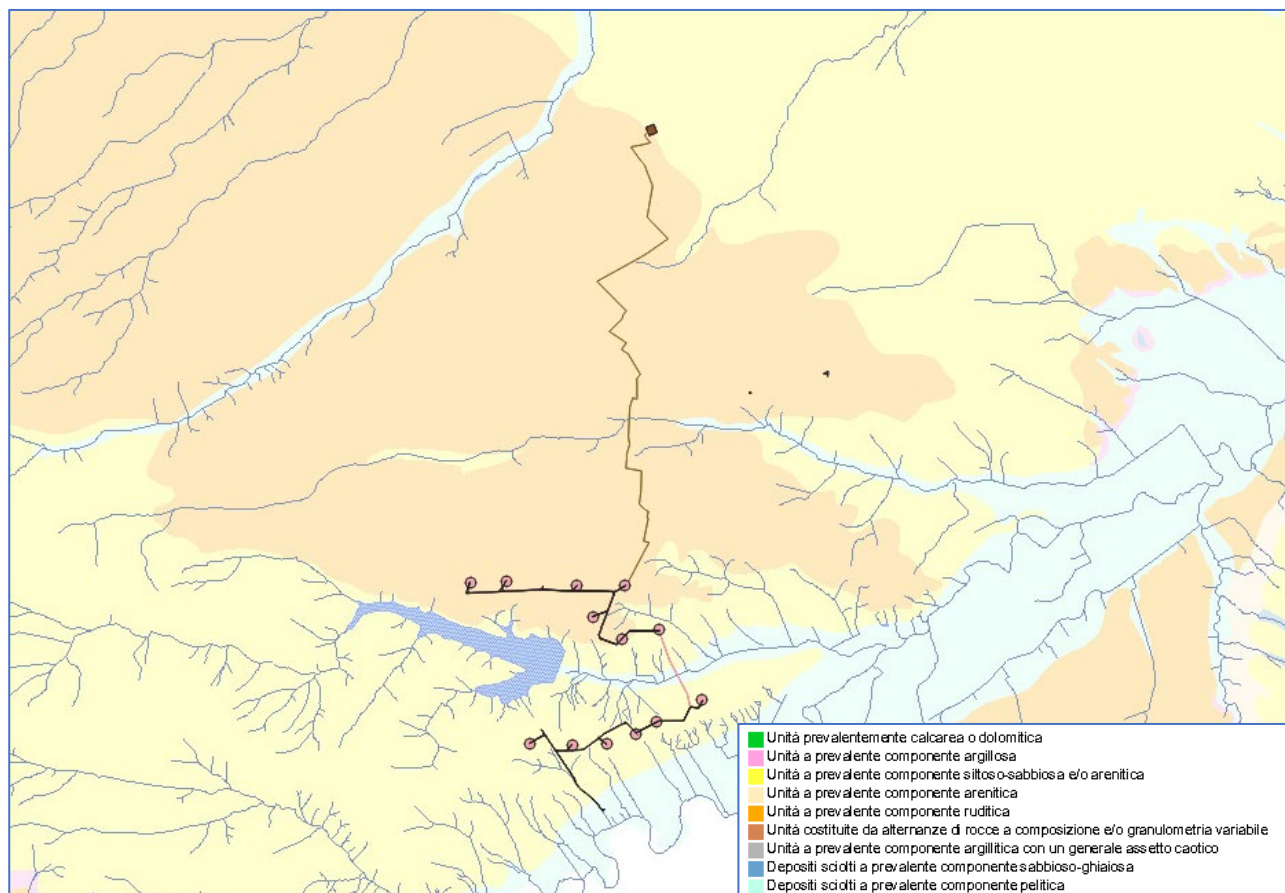


Figura 3 - Inquadramento su Carta geologica FG.175





*Figura 4 - Inquadramento su Idrogeomorfologica*

Come indicato in precedenza, l'Autorità di Bacino della Puglia, attraverso la Carta Idrogeomorfologica, ha definito l'andamento e lo sviluppo del reticolo idrografico dell'area in esame.

Al fine di non creare squilibri alla rete idrografica esistente, si sono effettuati degli studi idrologici, atti a computare le portate al colmo di piena e dimensionare le opere idrauliche, di attraversamento stradale di nuova realizzazione, interferenti con l'idrografia superficiale.

Per l'accertamento della posizione delle opere in progetto rispetto alle previsioni delle N.T.A. del P.A.I per la tutela delle aree AP, MP e BP e del reticolo idrografico, si è proceduto ad accertamenti in sito, ed a verifiche cartografiche, eseguite su due livelli di scala sulla cartografia IGM e sulla CTR regionale.

Con riferimento all'intervento oggetto di studio, nessuna nuova strada interessa il reticolo idrografico. Si specifica che le nuove strade e l'adeguamento delle strade esistenti, verranno realizzate in Macadam, costituita da una massicciata di pietrisco sabbia e acqua, costipata e spianata ripetutamente da rullo compressore, integrata da un sottofondo di pietrame di grossa pezzatura, quindi senza ulteriore incremento di superfici impermeabili atte ad aumentare il deflusso idrico superficiale.

Per l'impianto in esame non si sono riscontrate interferenze tra le strade di nuova realizzazione e il reticolo idrografico come definito dalla cartografia ufficiale. Per lo studio dell'area si sono comunque definiti i riferimenti idrologici, Bacini e Curva di possibilità pluviometrica.

Per ciò che concerne il cavidotto intercetta il reticolo idrografico in più punti di intersezione, tuttavia, si evidenzia che tutte le intersezioni avvengono su strada esistente, già provviste quindi di strutture di attraversamento

Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

(tombini circolari, scatolari, ecc), che tutte le modalità di superamento dell'Intersezione saranno affrontate tramite tecnologia TOC come evidenziato nella tavola CRE-CIV-TAV-017 – Studio delle interferenze.

## 2.1. INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IMBRIFERO

Dopo l'acquisizione dei dati territoriali e cartografici di base, si è proceduto alla delimitazione e caratterizzazione dei bacini di interesse con l'ausilio di QGIS, sistema geografico informatizzato che consente di ottenere carte tematiche interattive utili al fine della valutazione del rischio.

Con l'utilizzo di QGIS è stato possibile tracciare i confini geografici (linea di displuvio) del bacino in base ad una prefissata sezione di chiusura e determinare le relative informazioni geometriche (area, perimetro, altitudine), geologiche e di uso del territorio.

È necessario individuare e caratterizzare il bacino per determinare la portata che defluisce attraverso la sezione in esame. Si elencano le operazioni eseguite, attivando, di volta in volta, l'ultimo tema creato:

- 1) si è caricato il DEM per la zona interessata, ottenuto dal SIT puglia;
- 2) ottenuto il DEM si è attivata la funzione Fill sinks, che permette di eseguire l'interpolazione dei dati altimetrici immessi attraverso il grid, in maniera da ottenere continuità nel modello del terreno;
- 3) attraverso la funzione Catchment area si sono individuate le flow direction (direzioni di scorrimento delle acque superficiali: fiumi, torrenti, lame etc.) e le flow accumulation (aree contribuenti);
- 4) si è applicata la funzione Channel network che permette di determinare il reticolo idrografico, con diversi gradi di risoluzione;
- 5) con la funzione Watershed basins si sono determinati tutti i bacini della mappa;
- 6) Infine, con la funzione Upslow area, inserendo le coordinate del punto appartenente alla sezione di chiusura di interesse per la lama, si è determinato bacino sotteso alla sezione di chiusura; infatti scegliendo come sezione di chiusura la foce del corso d'acqua si ottiene il bacino principale; se invece la sezione di chiusura è una qualunque sezione fluviale posta a monte della foce, si individua il bacino secondario o sottobacino;
- 7) Con la funzione Raster Layer statistic si sono determinate le caratteristiche morfologiche, area, perimetro e altitudine media del sottobacino sotteso alla sezione di chiusura.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: <a href="http://www.pheedra.it">www.pheedra.it</a>	RELAZIONE IDROLOGICA	Pag. 9 di 20
---	----------------------	--------------

I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati nelle tabelle seguenti:

DATI GEOMORFOLOGICI BACINO 1	
Superficie (kmq)	7,69
Altezza media del bacino (m)	141,50
Altezza massima asta principale (m)	166,60
Altezza minima asta principale (m)	87,00
Pendenza media del bacino (%)	1,51
Lunghezza asta principale (km)	7,21
Lunghezza asta principale (m)	7211,00
Pendenza media asta principale	1,10

Per completare lo studio del bacino si sono ricavati i dati relativi al tipo di suolo caricando le mappe della permeabilità e dell'uso del suolo. Con il comando geoprocessing intersezione, sono state effettuate le seguenti intersezioni: tema del bacino - mappa della permeabilità, tema del bacino - mappa dell'uso del suolo, tema del bacino - mappa della litologia; tale elaborazione ha fornito, i dati necessari all'applicazione del metodo del Curve Number.

Gli elementi forniti dal programma hanno consentito l'avvio dello studio idrologico volto alla determinazione delle portate al colmo di piena associate a tempi di ritorno di 30, 200 anni.

A parità d'intensità e di altre condizioni è la precipitazione della durata uguale al tempo di corrivazione a determinare la massima portata in un bacino; se viene superato il tempo di corrivazione, la pioggia continua a cadere, con la stessa intensità, la portata si mantiene costante sul valore massimo, per poi cominciare a decrescere non appena la pioggia cessa, o comunque, si riduce d'intensità.

Se per contro la durata della precipitazione è inferiore al tempo di corrivazione, l'acqua proveniente dalle zone più lontane del bacino raggiunge la sezione terminale quando già ha avuto inizio la fase decrescente, giacché le aree più vicine hanno già cessato di dare il loro contributo.

## 2.2. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Per il calcolo delle portate di piena, rispetto alle quali verificare le sezioni del canale in prossimità delle opere di progetto, possono essere adottate diverse metodologie di calcolo, tra cui la procedura di calcolo delle portate di piena proposta nel Va.Pi. e la procedura del Curve Number del Soil Conservation Service. Queste metodologie di calcolo sono le più utilizzate per i bacini idrografici della Puglia.

Data l'estensione limitata dei bacini in esame, l'utilizzo del metodo Va.Pi. comporta un sovradimensionamento delle portate, che va comunque a vantaggio di sicurezza nella progettazione e nella verifica delle opere.

La grandezza idrologica di interesse da definire in questo caso è il massimo valore della portata in corrispondenza delle sezioni di chiusura del bacino idrografico.

Per il calcolo delle portate di piena è stato condotto uno studio conforme a quanto prescritto dalle Norme tecniche di attuazione del PAI ed in particolare a quanto previsto dal progetto Valutazione delle Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare, le portate sono state stimate sulla base delle curve di possibilità pluviometrica calcolate con il metodo VAPI-Puglia del G.N.D.C.I..

La metodologia adottata nel progetto Vapi. fa riferimento ad un approccio probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la



Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

I diversi parametri del modello probabilistico sono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso; in pratica l'analisi regionale degli estremi idrologici massimi (massimi annuali delle precipitazioni e massimi annuali delle portate fluviali) è condotta suddividendo l'area di studio in zone geografiche che possono considerarsi omogenee nei confronti dei parametri statistici della distribuzione di probabilità che si è deciso di adottare, e che sono via via più ampie man mano che l'ordine dei parametri aumenta.

La regionalizzazione che ne consegue è di tipo gerarchico, basata su livelli successivi di indagine, in modo tale da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati e dal numero disponibili di stazioni della zona studiata.

I° Livello: Regione Puglia

II° Livello: Puglia settentrionale Puglia centro – meridionale

III° Livello:

- Zona 1 Gargano
- Zona 2 Tavoliere
- Zona 3 Murge
- Zona 4 Subappennino
- Zona 5 Nord Barese – Murgia centrale
- Zona 6 Penisola salentina

In definitiva il territorio pugliese è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee (fig.9), per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica ottenendo così anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata t.

Per stimare le portate di piena con tempo di ritorno di 200 anni, è necessario valutare gli afflussi meteorici che le generano, desumibili dalla "Curva di possibilità pluviometrica"; tale curva può essere ricavata dai risultati della regionalizzazione eseguita dal CNR-GNDCI, che suddivide il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia in sei aree omogenee pluviometriche, per ognuna delle quali è possibile calcolarla sulla base delle seguenti equazioni:

- Zona 1:  $X(t, z) = 28.66 t^{(0.000503z+0.720 / 3.178)}$
- Zona 2:  $X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$
- Zona 3:  $X(t, z) = 25.325 t^{(0.696+0.000531z) / 3.178}$
- Zona 4:  $X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$
- Zona 5:  $X(t, z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002z) / 3.178}$
- Zona 6:  $X(t, z) = 33.7 t^{(0.488+0.0022z) / 3.178}$

dove t = durata della precipitazione e z = altezza media del bacino considerato.

I bacini idrografici dell'area di studio ricadono internamente nella **zona omogenea 4**

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: <a href="http://www.pheedra.it">www.pheedra.it</a>	RELAZIONE IDROLOGICA	Pag. 11 di 20
---	----------------------	---------------

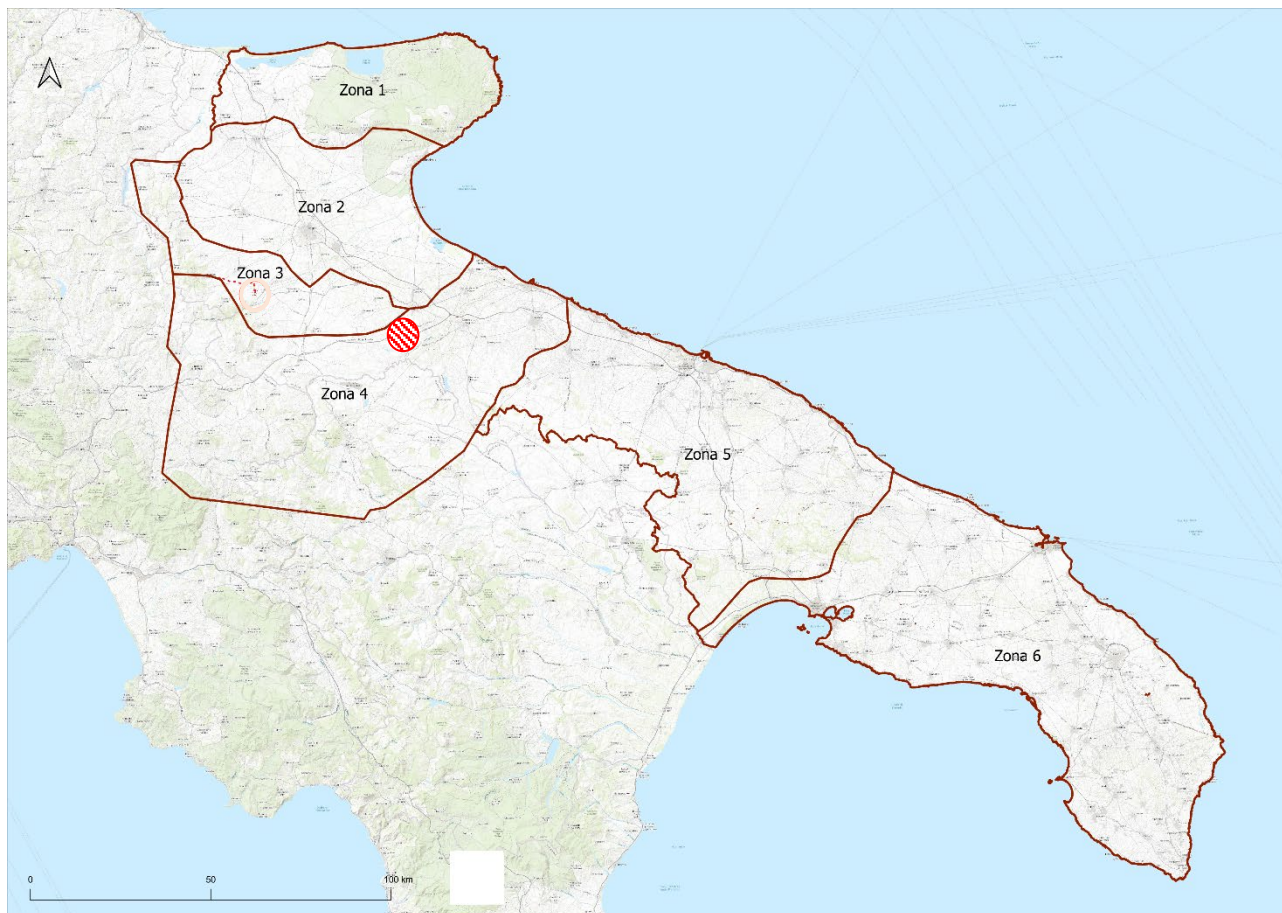


Figura 4 - Livello di regionalizzazione della Regione Puglia

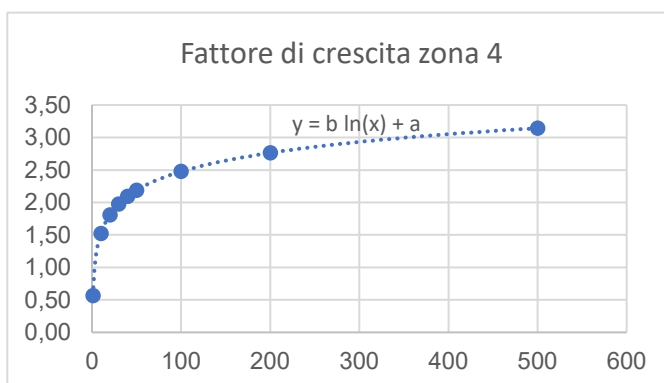
Andando quindi a considerare la formulazione prevista per tale zona:

Zona 4:  $X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$

Si è determinato il fattore di crescita delle portate Kt funzione del tempo di ritorno che ci consente di differenziare la portata secondo i tempi di ritorno prescelti:

$KT = 0.415 \ln T + 0.5648$  (zone 1-2-3-4)

fattori di crescita		
K	(T30)	1,98
K	(T200)	2,76
K	(T500)	3,14

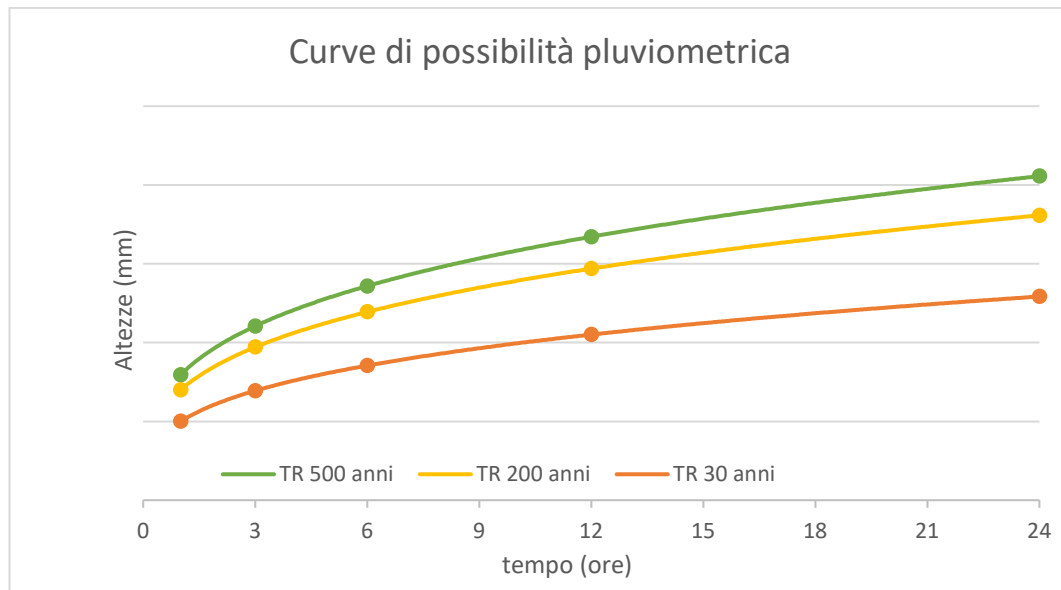


Si sono così determinate le altezze di pioggia relative al tempo di ritorno:

KT	1,98	2,76	3,14
<b>ALTEZZE DI PIOGGIA</b>			

Tempo (ore)	TR30 h (mm)	TR200 h (mm)	TR500 h (mm)
1	48,81	68,26	77,65
3	64,67	90,43	102,87
6	77,22	107,99	122,85
12	92,22	128,96	146,70
24	110,12	153,99	175,18

Da cui derivano le curve di possibilità pluviometriche relative a 30 200 e 500 anni:





Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

### 2.3. METODO DEL CURVE NUMBER

Il calcolo è stato eseguito con il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti. La formulazione usata permette di ricavare la pioggia netta depurata in base all'espressione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)}$$

dove  $h_{lorda}$  è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità,  $S$  (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

$$S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

ed  $I$  è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro  $S$  dalla relazione  $I_a = 0,2 \cdot S$ .

In particolare, il metodo del CN sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN che definisce la relazione precipitazione-volume di deflusso in bacini idrografici di cui è nota, oltre che la morfologia, la copertura vegetale e il tipo idrologico di suolo presenti nelle carte tematiche.

Il parametro CN, ricavato dall'analisi qualitativa delle carte tematiche, rappresenta la capacità di una porzione di terreno del bacino imbrifero di produrre deflusso ed è stato calcolato sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

Il valore del CN si ottiene per incrocio delle caratteristiche del suolo (quattro tipi A, B, C, D) a permeabilità decrescente e delle caratteristiche di uso prevalente.

- Gruppo A: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, in condizioni di saturazione, molto levata; comprende sabbie profonde, con bassa percentuale di limi e argille molto permeabili.
- Gruppo B: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, anche in condizioni di saturazione, elevata; comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto al gruppo A;
- Gruppo C: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta e scarsa capacità di infiltrazione e saturazione; comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argille e colloidali.
- Gruppo D: Suoli aventi potenzialità di deflusso molto elevate e scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione; comprende argille ad elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

I valori del CN normalmente utilizzati per i tipi di suolo A, B, C e D e per una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC", Antecedent Moisture Condition, di classe II) sono riportati nella seguente tabella.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: <a href="http://www.pheedra.it">www.pheedra.it</a>	RELAZIONE IDROLOGICA	Pag. 14 di 20
---	----------------------	---------------

Tipo di suolo	Descrizione
<b>A</b> deflusso superficiale potenziale basso	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<b>B</b> deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo</p>
<b>C</b> deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limosa, franco-argilloso-sabbioso, franco-argillosa, e franco-argilloso-limosa.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<b>D</b> deflusso superficiale potenziale alto	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) è <math>\leq 0,36</math> cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.</p>

Tabella 1 - Tabella che descrive le diverse classi in funzione dei gruppi di Tipo di suolo

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95
CANTIERI	133	90	92	94	95
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84
CIMITERI	143	57	77	85	89
VIGNETI	221	72	81	88	91
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89
OLIVETI	223	72	81	88	91
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI	224	67	78	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	63	73	82	88
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	313	39	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100
SALINE	422	100	100	100	100
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100
MARI	523	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	1111	89	92	94	96
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME A CARATTERE RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E FABBRICATI RURALI A CARATTERE TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	72
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	1212	89	92	94	95
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI, SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E SIMILI)	1223	92	93	94	95
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE (TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95



Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
DISCARICHE	1321	90	92	94	95
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85
PRATI ARTIFICIALI. COLTURE FORAGGERE OVE SI PUÒ RICONOSCERE UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I SEMINATIVI E UNA CERTA PRODUTTIVITÀ, SONO SEMPRE POTENZIALMENTE RICONVERTITI A SEMINATIVO, POSSONO ESSERE RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
RISAIE	2122	98	98	98	98
VIVAI	2123	66	77	85	89
COLTURA IN SERRA	2124	98	98	98	98
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	2412	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI E SEMINATIVI ARBORATI CON COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL 25%)	2413	59	74	82	86
BOSCO DI LATIFOGLIE	3111	39	51	63	70
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI (LATIFOGLIE)	3112	39	51	63	70
BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3122	39	51	63	70
FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE, STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE (ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI ECC.)	3221	51	58	73	80
FORMAZIONI DI RIPANON ARBOREE	3222	51	58	73	80
MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
GARIGA	3232	51	58	73	80
AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3312	56	73	82	86
AREE DUNALI CON COPERTURA VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A 25 M	3313	56	73	82	86
LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	5212	100	100	100	100
ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	5231	100	100	100	100
ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
SUGHERETE	31122	39	51	63	70
CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
ALTRO	31124	39	51	63	70

*Tabella 2 - Valore del Curve Number in funzione dell'uso del suolo (Corine) e del tipo di suolo*

Dalla combinazione della attribuzione della classe di tipo di suolo e dell'uso del suolo, tramite la Tabella 3 sopra riportata è stato possibile ricavare il valore del CN-II medio dell'intera area che nel caso di specie ha condotto allo stesso valore:

**CN II = 82**

Nella presente trattazione si sono ipotizzate, a seconda delle caratteristiche dei bacini oggetto di studio, condizioni AMC tipo III (Antecedent Moisture Conditions) che prevede l'assunzione di un unico valore CN III, determinato a partire dal valore di CN II attraverso la seguente formulazione:

$$CN\ III = \frac{CN\ II}{0,43 + 0,0057 \cdot CN\ II} = 91,38$$

Con riferimento al calcolo della portata al colmo  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) il metodo SCS-CN considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2,67 t_a$$

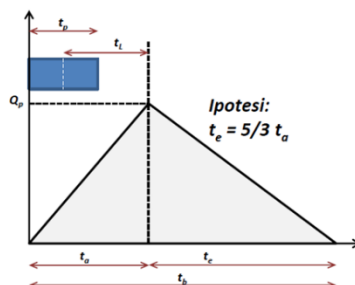
Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso  $V$  in  $mm$ , il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $Km^2$  si ottiene:

$$Q_p = 0,208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $T_L$  il tempo di ritardo, calcolato con la formula di Mokus:

$$T_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dispiuviale espressa in  $km$ .



Per la determinazione della durata di pioggia si è determinato:

$$t_a = 0,5 T_c + T_L \quad - \quad t_b = 8/3 t_a$$

Committente: <b>Edison Rinnovabili S.p.A.</b> Foro Buonaparte 31 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG) NELLE LOCALITA' "LA MOSCHELLA" E "BELLAVEDUTA"	Nome del file:  <b>CRE-CIV-REL-024_01</b>
---	---	---

Si è infine determinato il tempo di corrivazione  $0,6 T_L$  ottenendo un valore del tempo di corrivazione **Tc**.  
 Si sono così determinate le portate al colmo per i tempi di ritorno di 30 e 200 e 500 anni.

I risultati possono essere così sintetizzati:

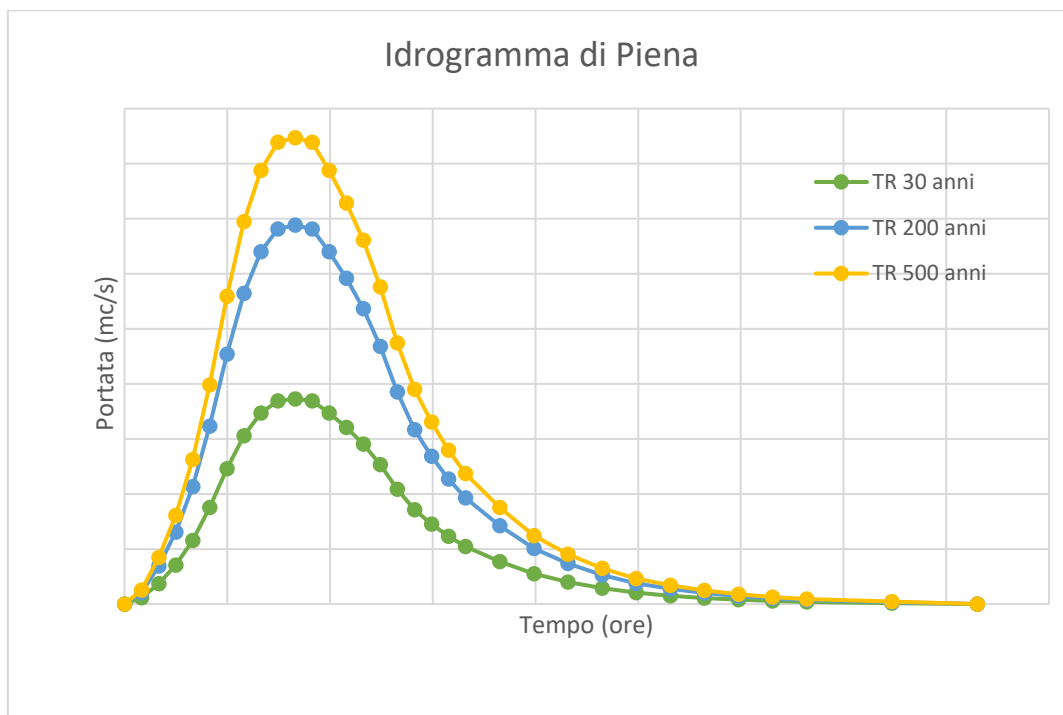
METODO SCS CN (DETERMINAZIONE PORTATA AL COLMO)		
<b>Curve Number</b>		
CN(II)	82,00	
CN(III)	91,38	
<b>Tempi</b>		
TL (Mokus)	2,15	Tempo di ritardo
Tc (0,6*TL)	1,29	Tempo di corrivazione
ta (ore)	2,80	Tempo di accumulo
tb (ore)	7,46	Durata totale
<b>Determinazione perdite per infiltrazione</b>		
S	23,96	Volume specifico di saturazione
la	4,79	Perdite iniziali
<b>Altezza di Pioggia relativa al tempo di corrivazione</b>		
Hc	26,37	
<b>Altezze di pioggia relative ai tempi di ritorno</b>		
H 30 (mm)	48,81	Pioggia lorda (TR 30 anni)
H 200 (mm)	68,26	Pioggia lorda (TR 200 anni)
H 500 (mm)	77,65	Pioggia Lorda (TR 500 anni)
<b>Altezza di pioggia netta</b>		
Pe netta 30 (mm)	22,45	Pioggia netta (TR 30 anni)
Pe netta 200 (mm)	41,89	Pioggia netta (TR 200 anni)
Pe netta 500 (mm)	51,29	Pioggia netta (TR 500 anni)

Portate al colmo di piena	
Q 30 (mc/s)	12,84
Q 200 (mc/s)	23,96
Q 500 (mc/s)	29,33

L'idrogramma unitario SCS relativo ad un volume di deflusso V pari a un millimetro, si costruisce a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus che è una curva adimensionale, ricavata da numerosi idrogrammi unitari ottenuti da idrogrammi di piena registrati in bacini di differente estensione e posizione geografica, che mette in relazione il rapporto tra la generica portata Q all'istante t e la portata al colmo Qp che si verifica all'istante ta (durata della fase di crescita) con la variabile adimensionale t/ta.

Per il suddetto idrogramma unitario il 37,5% del volume totale di deflusso, che corrisponde ovviamente all'intera area ricadente tra l'idrogramma e l'asse delle ascisse  $t/t_a$ , si verifica in corrispondenza della sola fase ascendente dell'idrogramma stesso. In altri termini il volume di deflusso corrispondente alla fase crescente dell'idrogramma è pari al 37,5% del volume totale di deflusso.

Si sono determinati gli idrogrammi di piena dei bacini sulla base della formulazione dell'idrogramma di Mockus:



### 3. CONCLUSIONI

A seguito di un accurato studio idrologico, sono stati valutati gli eventi di piena caratteristici dei bacini idrografici che interessano le aree in progetto e se ne sono determinate oltre che le portate al colmo riferite ai tempi di ritorno di 30, 200, 500 anni anche gli idrogramma di piena ottenuti con il metodo di Mockus.