



GRE CODE  
**GRE.EEC.R.25.IT.W.14706.00.012.01**

PAGE  
1 di/of 28

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

# “IMPIANTO EOLICO LATIANO”

## RELAZIONE IDRAULICA



REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	15/12/2020	REVISIONE	M.LABBRUZZI	F.DE CASTRO	G.CHIAIA
00	30/11/2020	PRIMA EMISSIONE	M.LABBRUZZI	F.DE CASTRO	G.CHIAIA

### GRE VALIDATION

-	DISCIPLINE	PUOSI
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT IMPIANTO EOLICO LATIANO	GRE.EEC.R.25.IT.W.14706.00.012.01																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	4	7	0	6	0	0	0	1	2	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
----------------	-------------------

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green PowerS.p.A.

## INDEX

1. INTRODUZIONE .....	3
2. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO.....	4
2.1.    INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....	4
3. ANALISI IDRAULICA .....	7
4. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA .....	8
4.1.    METODO RAZIONALE.....	8
4.2.    METODO DEL CURVE NUMBER .....	12
5. CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PORTATE DI PIENA .....	17
6. INTERSEZIONI OPERE DI PROGETTO-RETICOLI IDROGRAFICI.....	18
6.1.    INDIVIDUAZIONE DELLE INTERSEZIONI E INDICAZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI.....	19
6.2.    ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO CON LA TECNICA DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.) .....	21
7. COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI .....	25
8. CONCLUSIONI .....	28

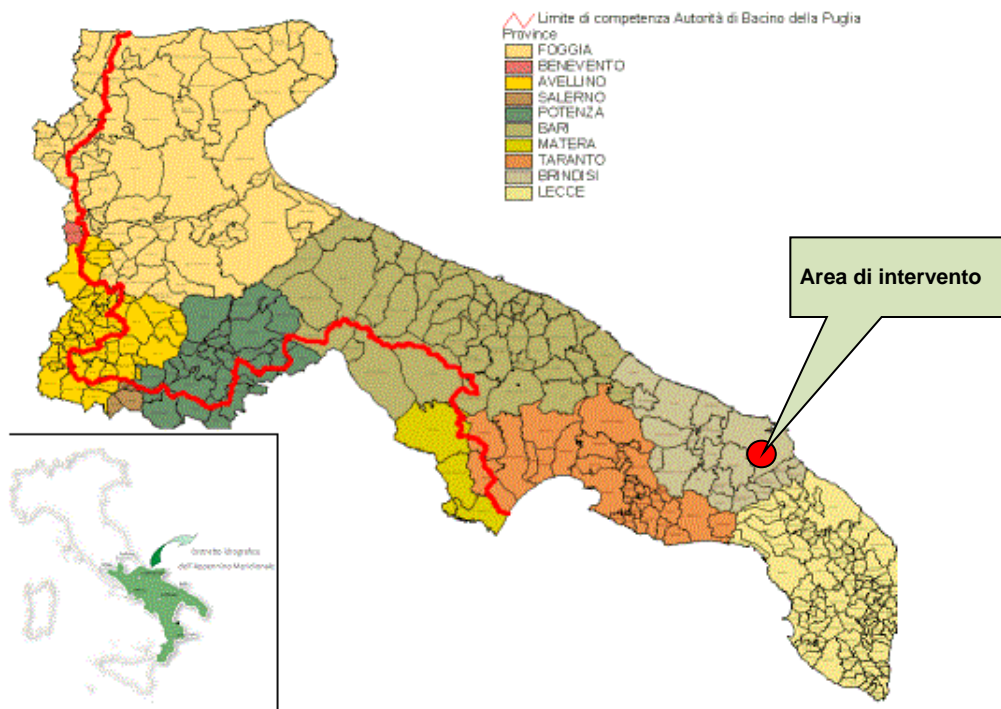
## 1. INTRODUZIONE

La presente **relazione** ha lo scopo di inquadrare dal punto di vista idrologico l'area di studio sulla base dei dati idroclimatici ufficiali (Servizio Idrografico) e delle caratteristiche orografiche del suolo.

La società "Enel Green Power Italia Srl", nell'ambito della propria attività imprenditoriale, ha previsto la realizzazione di un parco eolico denominato "Latiano" che ricade nell'ambito del territorio amministrato dai Comuni di Latiano e Mesagne, in Provincia di Brindisi.

Nella presente relazione, a partire dalle risultanze dell'analisi idrologica effettuata sul sito di interesse (GRE.EEC.R.25.IT.W.14706.00.011.00\_Relazione Idrologica), si fornisce una stima del valore delle portate di piena che, con assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), possono essere convogliate dal reticolo idrografico che lambisce l'impianto.

Come illustrato nella figura che segue, l'area interessata dall'intervento è ubicata nella Regione Puglia e ricade nei limiti territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia



**Figura 1: Inquadramento dell'area di studio.**

L'analisi idraulica è stata condotta mediante l'utilizzo dei classici metodi dell'Idraulica Tecnica che consentono di legare i deflussi (portate) agli afflussi meteorici.

## 2. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Come si è detto, le aree proposte per la realizzazione del parco eolico in progetto sono ubicate nei territori comunali di Latiano e Mesagne e sono ubicate a nord della SS7/E90, e sono adibite principalmente a seminativo e uliveti, con orografia pressoché pianeggiante.

### 2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area di intervento, in cui ricadono le sorgenti, aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0 - 170, è riportata nel Catasto Terreni dei Comuni di Latiano, Mesagne come nella tabella seguente.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			ID. CATASTO		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
1	727561	4497784	LATIANO	8	54
2	729449	4497237	LATIANO	9	306
3	730314	4497021	LATIANO	9	319
4	733012	4497300	LATIANO	17	35
5	728316	4495815	LATIANO	12	475
6	729376	4495890	LATIANO	13	126
7	731274	4495999	LATIANO	24	1
8	731967	4495907	LATIANO	24	8
9	732497	4496151	MESAGNE	10	1
10	732997	4496386	MESAGNE	10	45
11	730635	4495094	LATIANO	23	61
12	732072	4494258	LATIANO	32	68
13	733802	4495632	MESAGNE	11	1

**Tabella 1: Elenco delle sorgenti**



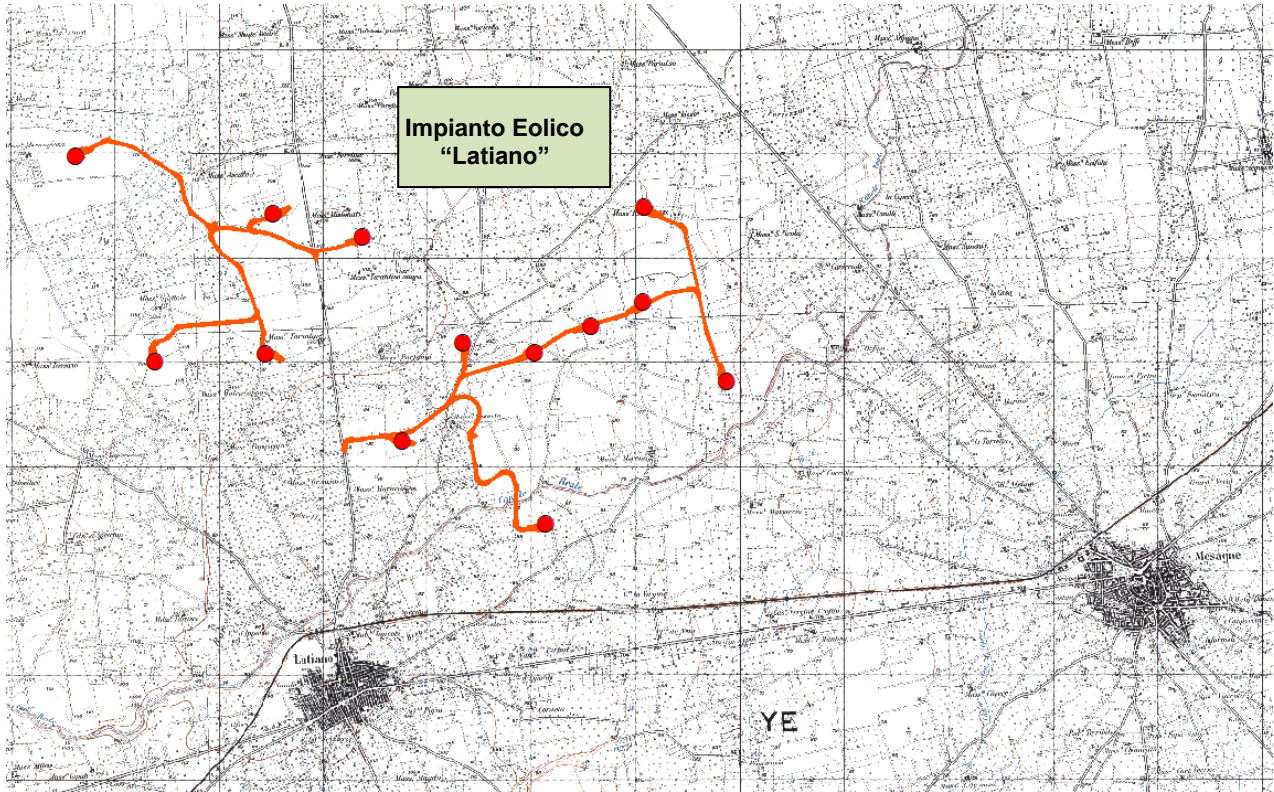


**Figura 2: Inquadramento regionale**

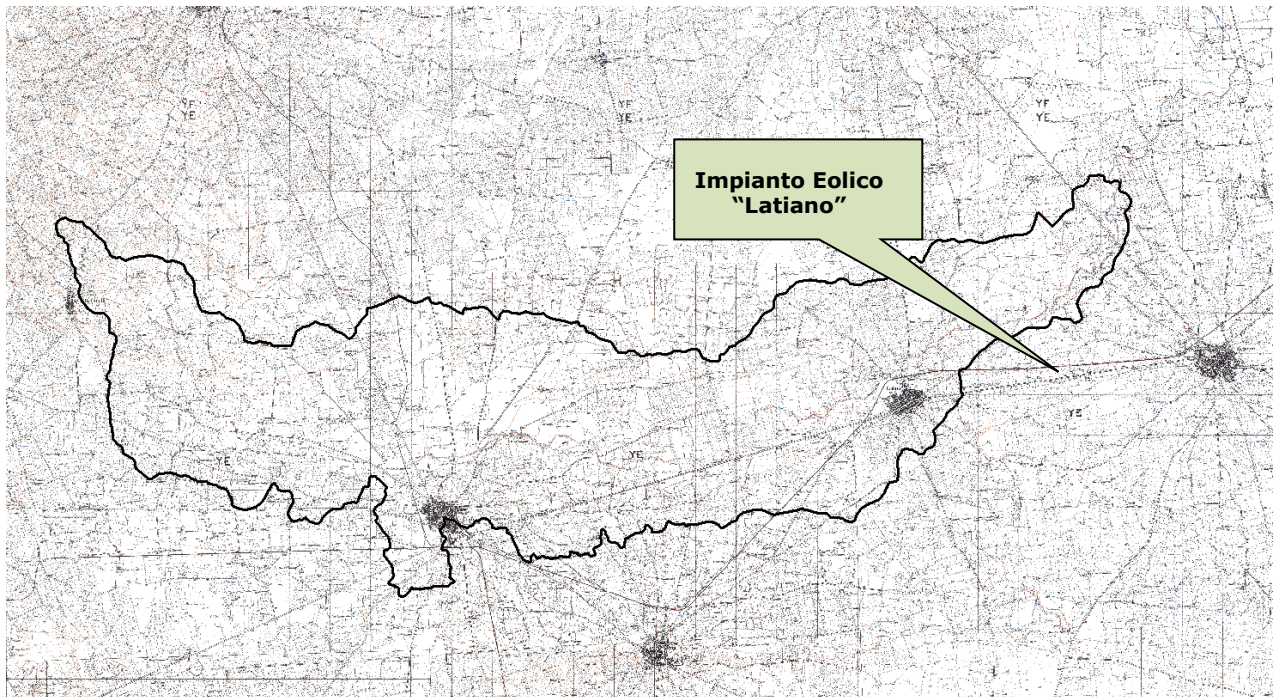


**Figura 3: Inquadramento area di Intervento su Ortofoto**





**Figura 4: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000.**



**Figura 5: Inquadramento del bacino idrografico su carta IGM 1:25.000**

### 3. ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per il bacino imbrifero afferente all'area in questione, può essere condotta secondo vari approcci, tra i quali possono essere considerati:

- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici, che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi e deflussi.

L'approccio da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre: se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente, ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

Naturalmente, prima della applicazione del metodo, occorre valutare la pioggia efficace, ossia la componente della pioggia che partecipa al deflusso, depurando la pioggia totale da quella persa per infiltrazione, per evaporazione oppure trattenuta dal suolo o dalla vegetazione.



#### 4. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando due distinti approcci: quello semiempirico del Metodo Razionale e quello analitico semplificato del Curve Number (CN).

##### 4.1. METODO RAZIONALE

Il metodo è basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

- A. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
- B. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- C. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = \frac{\phi \times h \times A \times k}{t_c} \quad (1)$$

Q = portata di piena [m<sup>3</sup>/sec]

Φ = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il *tempo di corrivazione* è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il valore di *h* rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione *t<sub>c</sub>*. Infatti, se la durata della precipitazione è inferiore al tempo *t<sub>c</sub>* solo una parte del bacino *A* contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacini idrografici aventi superficie (**A**) variabile tra 170 e 70000 km<sup>2</sup>, che si esplicita nella seguente formula:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (2)$$

nella quale **t<sub>c</sub>** è espresso in ore, **A** in km<sup>2</sup> mentre **L**, la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e **H<sub>m</sub>**, altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (3)$$

nella quale **t<sub>c</sub>** è espresso in ore e **L** in km. Il parametro **i<sub>a</sub>** rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto



una correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto  $L/\sqrt{i_a}$ . Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77} \quad (4)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni (Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich) può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8} \quad (5)$$

nella quale  $t_c$  è espresso in minuti e L in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento parametri geomorfologici del bacino di interesse (GRE.EEC.R.25.IT.W.14706.00.011.00\_Relazione Idrologica), si sono ottenuti i seguenti risultati:

Bacino idrografico	P-C-W-K	Giandotti	Pezzoli	Kirpich	Chow	Watt-Chow
	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]
A	14.42	17.01	30.10	8.52	5.46	11.13

**Tabella 2 – Valori del tempo di corrivazione ( $t_c$ ) del Bacino idrografico di interesse con le diverse relazioni presenti in letteratura.**

La valutazione della portata di piena è stata effettuata facendo riferimento al tempo di corrivazione calcolato con la relazione del P-C-W-K (5) in quanto è quella che meglio si adatta alle dimensioni del bacino oggetto del presente studio.

I tempi di corrivazione utilizzati sono pertanto i seguenti:

Bacino idrografico	$t_c$
	[ore]
A	14.42

**Tabella 3 – Valori dei tempi di corrivazione ( $t_c$ ) utilizzati per il bacino di interesse.**

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40

**Tabella 4 - Valori del coefficiente di deflusso suggeriti dal Manuale di Ingegneria Civile**

Tipologia urbanistica	
Costruzioni dense	0.80
Costruzioni Spaziate	0.60
Aree con ampi cortili e giardini	0.50
Zone a villini sparsi	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade	0.20
Parchi e boschi	0.05-0.10

**Tabella 5 - Valori del coefficiente di deflusso consigliati nella letteratura tecnica tedesca.**

Il coefficiente di deflusso globale è stato determinato con la seguente procedura:

1. Individuazione, nel bacino, di sottoaree omogenee dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo.
2. Attribuzione a queste di valori del coefficiente di deflusso indicati nelle Tabelle 4 e 5
3. Calcolo della media pesata dei coefficienti di deflusso assumendo come peso l'estensione delle sotto rispetto all'area totale del bacino

**Seguendo questo approccio si è ottenuto il valore  $\Phi=0,35$ .**

Come indicato nella Relazione Idrologica, il bacino di interesse hanno le seguenti caratteristiche:

Bacino idrografico	Superfici	Lungh. asta principale	H massima del bacino	H minima del bacino	H media del bacino	H monte dell'asta principale	H media dell'asta principale	Pendenza media bacino	Pendenza media dell'asta principale
	S [km <sup>2</sup> ]	L [m]	H <sub>max</sub> [m]	H <sub>min</sub> [m]	H	H <sub>m</sub> [m]	H <sub>a</sub> [m]	i <sub>m</sub> [%]	i <sub>a</sub> [%]
A	117.76	30824	28.84	56.60	192.62	154.41	15.60	0.84%	0.32%

**Tabella 6 : Parametri geomorfologici del bacino idrografico**

Il coefficiente a e l'esponente n della curva di pioggia determinati con la metodologia GUMBEL assumono al variare del tempo di ritorno, i seguenti valori (cfr. Relazione Idrologica):

T [anni]	a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n [-]
5	38.71	0.267
10	45.12	0.274
20	51.26	0.279
30	54.80	0.281
50	59.22	0.283
100	65.18	0.286
200	71.12	0.288
500	78.96	0.290

**Tabella 7 : Parametri del VAPI ottenuti per diversi tempi di ritorno**

La applicazione della formula Razionale (1) restituisce le portate di piena di seguito indicate

T [anni]	intensità di pioggia al Tc	Altezza di pioggia al Tc	Portata di calcolo M.R.
	i <sub>c</sub> [mm/h]	h [mm]	Q <sub>MR</sub> [m <sup>3</sup> /s]
5	4.20	60.54	<b>48.07</b>
10	5.72	82.41	<b>65.43</b>
20	7.23	104.27	<b>82.80</b>
30	8.12	117.06	<b>92.95</b>
50	9.24	133.18	<b>105.75</b>
100	10.75	155.05	<b>123.11</b>
200	12.27	176.91	<b>140.48</b>
500	14.28	205.82	<b>163.43</b>

**Tabella 8 – Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino A.**



#### 4.2. METODO DEL CURVE NUMBER

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number ("*Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method*", detto comunemente *Curve Number*), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (6)$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P > I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di  $I_a$  si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \times S \quad (7)$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \times \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (8)$$

$S_0$  è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice **CN** è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.

- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Di seguito, per ciascun gruppo, si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

**Tabella 9 - Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.**

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
<b>I</b> (Terreno secco)	$0 < P < 50$
<b>II</b> (Umidità media)	$50 < P < 110$
<b>III</b> (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

*Tabella 10 - Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).*

Secondo il corrente approccio, la superficie del bacino deve essere classificata in base al suo grado di umidità pregresso rispetto al verificarsi dell'evento meteorico che dà luogo alla piena. In particolare sono state individuate tre possibili classi ad umidità pregressa crescente (**Tabella 10**)

I valori del CN riportati nella **Tabella 9** si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II) in CN (I) e CN (III).

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{0,43+0,0057 \times CN_{II}} \quad (9)$$

$$CN_{III} = \frac{23 \times CN_{II}}{10+0,13 \times CN_{II}} \quad (10)$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III)**, che, essendo a parità di copertura maggiore del CN(II), risulta più cautelativo (dà luogo a deflussi maggiori).

La definizione dei valori di CN(II) di partenza è stata effettuata sovrapponendo il bacino idrografico alla cartografia tematica pertinente e, segnatamente, alla carta di uso del suolo e a quella geologica. Si sono in tal modo ricavate una serie di superfici omogenee in base alla qualità colturale ed alla tipologia di suolo.

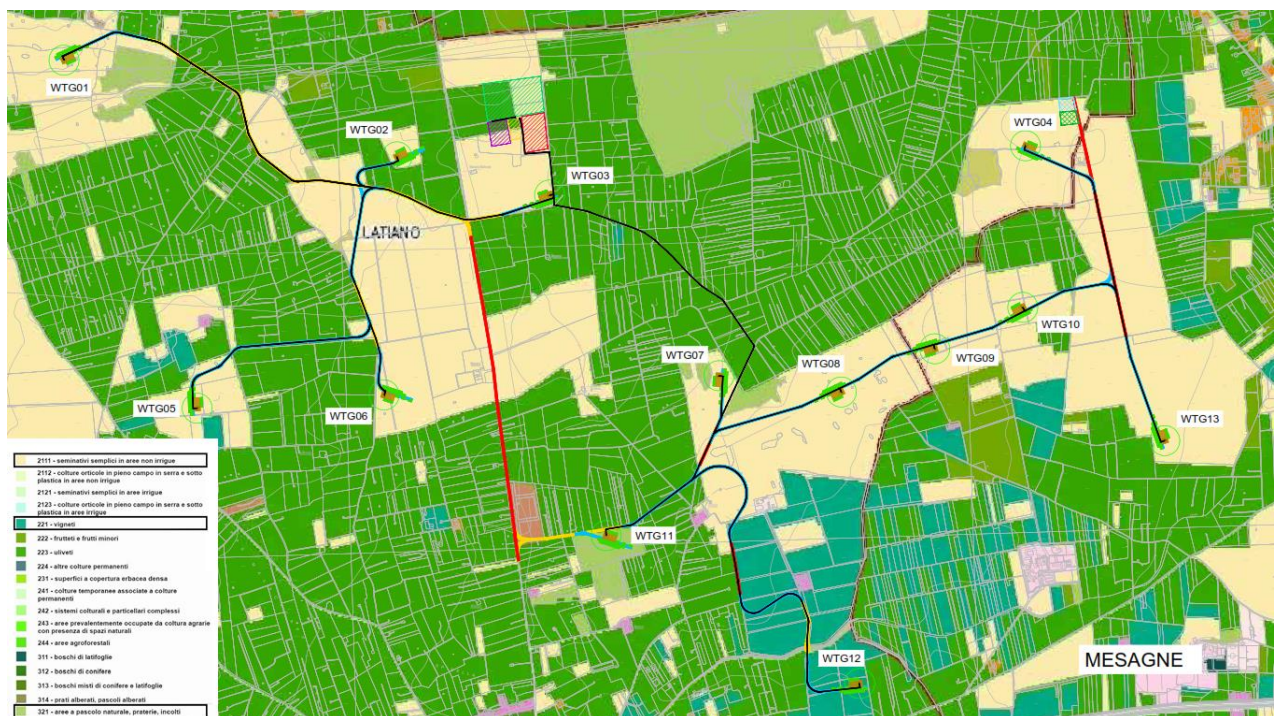


Figura 6: Uso del Suolo

Per il bacino di interesse è stato infine ricavato un valore medio del CN effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche, utilizzando come peso la superficie della singola area rapportata a quella complessiva del bacino.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, il **GRUPPO B (Suoli aventi permeabilità media; elevata capacità di infiltrazione e moderata potenzialità di deflusso)**.

Di seguito si riportano i valori medi ricavati per ciascun bacino:



Bacino idrografico	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>
A	73.77	86.74

**Tabella 11 - Valori del CN del bacino idrografico di interesse.**

La applicazione della (7), della (8), quindi, della (6) ha condotto al calcolo della pioggia netta. Per la trasformazione di questo dato in portata, è necessario riferirsi al "tempo di ritardo"  $t_L$  (lag time) del bacino, generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluviogramma netto. Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto tra questo ed il tempo di corrivazione ( $t_L/t_c$ ) è pari a 0.6.

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

$$t_L = 0,342 \times \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \times \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad (11)$$

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

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) si 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:

$$V = \frac{Q_p}{2} \times (t_a + t_e) = \frac{Q_p \times t_b}{2} \quad (12)$$

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:

$$t_b = 2,67 \times t_a \quad (12)$$

Combinando la (12) e la (13) si ottiene la seguente espressione della portata al colmo:

$$Q_p = \frac{V \times 0,749}{t_a} \quad (13)$$

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, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 \times t_p + t_L \quad (14)$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come "t<sub>c</sub>" i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo precedente (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni del bacino oggetto del presente studio).

Il volume V che compare nella (13) è naturalmente pari al prodotto tra la altezza di pioggia netta e l'area A del Bacino. I risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle:

Altezza di pioggia netta	Volume V	Vx0,749	Tempo di ritardo	Tempo di accumulazione		Portata di calcolo C.N.
P <sub>net</sub>	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	T <sub>L</sub> [h]	[ore]	[s]	Q <sub>CN</sub> [mc/s]
30.40	3579865	2681319	11.62	18.83	67779.42	<b>39.56</b>
49.10	5781296	4330191				<b>63.89</b>
68.81	8103451	6069485				<b>89.55</b>
80.64	9496433	7112829				<b>104.94</b>
95.76	11276508	8446104				<b>124.61</b>
116.55	13724492	10279645				<b>151.66</b>
137.56	16199190	12133194				<b>179.01</b>
165.59	19498990	14604743				<b>215.47</b>

**Tabella 12 – Valori delle portate di piena con il metodo del Curve Number del Bacino A.**

## 5. CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PORTATE DI PIENA

Nella tabella che segue, per ciascun bacino e per i diversi tempi di ritorno, le portate ricavate con i due differenti approcci sono poste a confronto.

Tr	BACINO A	
	RAZIONALE	CN
5	<b>48.07</b>	39.56
10	<b>65.43</b>	63.89
20	82.80	<b>89.55</b>
30	92.95	<b>104.94</b>
50	105.75	<b>124.61</b>
100	123.11	<b>151.66</b>
200	140.48	<b>179.01</b>
500	163.43	<b>215.47</b>

**Tabella 13 – Confronto tra i valori delle portate di piena calcolate con i due differenti approcci. In grassetto i valori maggiori**

Come può notarsi **le portate ricavate utilizzando il metodo del Curve Number (CN) sono risultate sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo del Metodo Razionale, fatta eccezione per tempo di ritorno pari a 5 e 10 anni.**

Nella tabella seguente si riporta l'involuppo dei valori massimi determinati con i due approcci al variare del tempo di ritorno (5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 500 anni):

T [anni]	Bacino A
5	48.07
10	65.43
20	89.55
30	104.94
50	124.61
100	151.66
200	179.01
500	215.47

**Tabella 14 - Valori di portata di piena al variare del tempo di ritorno (5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 500 anni).**



## 6. INTERSEZIONI OPERE DI PROGETTO-RETICOLI IDROGRAFICI

Il presente paragrafo è redatto al fine di fornire un'ampia ed esaustiva descrizione di come verrà effettuata la posa del cavidotto, necessario alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, nei tratti interessati dall'intersezione dello stesso cavidotto con il reticolo idrografico presente sul territorio, così come riportato sulle cartografie redatte dall'AdB.

Il tracciato del cavidotto di MT interessa sia strade esistenti che strade di progetto. In particolare, si sono rilevate, analizzando la cartografia a disposizione e dai sopralluoghi in sito, due potenziali intersezioni che corrispondono con le strade di progetto (cfr. Allegato 1 alla GRE.EEC.R.25.IT.W.14706.00.011.00\_Relazione Idrologica e al documento GRE.EEC.D.25.IT.W.14706.00.086.00\_Planimetrai interferenze cavidotto MT esterno per i particolari costruttivi delle intersezioni delle opere di progetto ed la sovrapposizione con i reticoli idrografici).



**Figura 7 Inquadramento delle intersezioni del progetto con i reticoli idrografici sulla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia redatta dell'AdB.**

La scelta del tracciato dell'elettrodotta dal parco eolico al punto di consegna è stata dettata dalle seguenti motivazioni:

- a. privilegiare l'uso della viabilità esistente, al fine di non eseguire operazioni di cantiere invasive e potenzialmente impattanti sulle componenti ambientali e paesaggistiche del contesto locale,
- b. minimizzare l'attraversamento di terreni agricoli, al fine di interessare un numero minimo di proprietari nella procedura espropriativa e ridurre l'impatto sulle componenti naturali presenti nelle aree di intervento,
- c. ottimizzare la lunghezza del tracciato, in funzione della fattibilità tecnica delle operazioni di cantiere previste,

- d. minimizzare le interferenze con i sottoservizi esistenti nelle aree di intervento,
- e. minimizzare le interferenze con gli elementi del reticolo idrografico superficiale, mediante l'adozione della tecnica della perforazione orizzontale teleguidata, la quale consente di non interferire con il naturale deflusso superficiale delle acque e di non compromettere le condizioni statiche dei manufatti idraulici esistenti sui canali e impluvi interessati dal tracciato del cavidotto,
- f. garantire la compatibilità idraulica degli attraversamenti da realizzare, interrando i cavidotti ad una profondità scelta in funzione della potenziale erodibilità degli alvei, assicurando un adeguato franco di sicurezza in corrispondenza dei manufatti idraulici interessati,

Sulla scorta di quanto evidenziato nei punti precedenti, si è deciso di predisporre un percorso alternativo per i cavidotti, rispetto al percorso stradale, che nei punti di interferenza sfrutta la viabilità esistente e non modifica perciò l'assetto idrologico e idraulico dell'area. Per questo motivo, la potenziale interferenza 1 evidenziata nella figura precedente è stata evitata.

Gli aspetti tecnici elencati avvalorano la scelta del percorso del tracciato effettuata, motivando, pertanto, la **non delocalizzabilità degli interventi previsti** per la realizzazione della linea di connessione del parco eolico alla Rete Elettrica Nazionale.

A supporto di quanto detto, prevedendo, contrariamente a quanto scelto, un tracciato della linea di connessione che si sviluppasse prevalentemente in terreni agricoli, si sarebbero riscontrati i seguenti aspetti:

- ❖ aumento del numero dei soggetti interessati dalla procedura espropriativa,
- ❖ realizzazione di operazioni di cantiere maggiormente invasive e impattanti sulle componenti ambientali e paesaggistiche del contesto di riferimento
- ❖ maggior numero di interferenze con gli elementi del reticolo idrografico superficiale, che si presenta piuttosto ramificato nell'area di intervento, con il conseguente aumento dell'onerosità degli interventi necessari per la realizzazione degli attraversamenti e per garantirne la relativa sicurezza idraulica.

**Alla luce delle osservazioni e delle valutazioni tecniche sopra esposte, si conclude che il tracciato scelto per l'elettrodotto di connessione del parco eolico alla Rete Elettrica risulta il più vantaggioso sia dal punto di vista della fattibilità tecnica, che dal punto di vista della compatibilità degli interventi previsti con il contesto ambientale e paesaggistico che caratterizza le aree di intervento, giustificando, quindi la non delocalizzabilità degli stessi interventi.**

#### **6.1. INDIVIDUAZIONE DELLE INTERSEZIONI E INDICAZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI**

**Data la non delocalizzabilità degli interventi previsti** (strade e cavidotto) per la realizzazione della linea di connessione del parco eolico alla Rete Elettrica Nazionale, è previsto che l'intersezione del cavidotto con il reticolo idrografico, sia risolta con l'utilizzo della tecnica

della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità di 1,5 m al di sotto del fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflussi superficiali che degli eventuali scorrimenti in subalvea.

La scelta della T.O.C. per tutti gli attraversamenti, oltre che per motivi di minore interferenza sul regime idraulico e, in generale, minore impatto ambientale, deriva anche dalla impossibilità tecnica di eseguire sistemi alternativi di attraversamento.

Come detto nel paragrafo precedente, **le intersezioni del cavidotto con il reticolo o l'eventuale posizione dello stesso a meno di 150 m da un corso d'acqua episodico segnato dalla cartografia ufficiale (fascia di pertinenza fluviale 75+75 m), si sono individuati gli due attraversamenti in rosso** (cfr. Figura 7); in fase esecutiva verranno modellati le aste idrografiche in modo da poter individuare l'ampiezza dell'area inondabile duecentennale e quindi individuare i punti in cui non verranno realizzati i pali di fondazione dei pali di linea della linea aerea, per non farli interferire con eventuali aree soggette a pericolosità inondabile.





In questo modo, l'utilizzo della linea aerea garantisce che, nella sezione di attraversamento:

- non venga alterata la conformazione fisica e geologica del canale;
- non venga ristretta la sezione libera del canale;
- non venga alterato in alcun modo il naturale deflusso delle acque, anche in regime di piena.



**Figura 8 Inquadramento delle intersezioni del cavidotto con i reticoli idrografici sulla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia redatta dell'AdB.**



N	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.
1	Attraversament o corso d'acqua in zona di vigneti			EVITATO PER MEZZO DI PERCORSO ALTERNATIV O
2	Attraversament o corso d'acqua in zona di seminativi semplici in aree non irrigue			TOC

**Figura 9 – Individuazione interferenze cavidotto con reticolo idrogeomorfologico**

## 6.2. ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO CON LA TECNICA DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di cm 150 dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) (cfr. Figura 10).



**Figura 10 – Sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).**



Tale tecnica consente di posare, per mezzo della perforazione orizzontale controllata, linee di servizio sotto ostacoli quali strade, fiumi e torrenti, edifici e autostrade, con scarso o nessun impatto sulla superficie.

L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di tre fasi di lavoro:

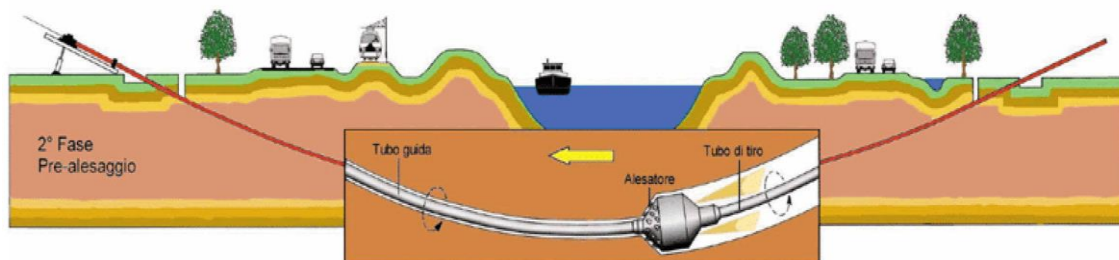
- Fase 1 - Esecuzione del foro pilota (*Pilot bore hole*);
- Fase 2 - Trivellazione/i di allargamento del perforo (*Back-Reaming*);
- Fase 3 - Tiro-posa della condotta (*Pull-Back*).

La prima fase consiste nella realizzazione di un foro pilota ad opera di una testa tricono fresante seguita da un elemento angolare (*Bend-Sub*). Questo elemento angolare ha il compito di cambiare la direzione di lavoro dello scalpello di trivellazione (*Tool-Face*). L'operazione di trivellazione consiste nel fare avanzare lo scalpello all'interno del terreno per mezzo di una macchina esterna (*RIG*) la quale, mediante movimento rotazionale di spinta, fa avanzare la punta anzidetta mediante l'ausilio di una batteria di aste in acciaio anche esse poste in rotazione dalla stessa macchina (cfr. Figura 11).



**Figura 11 – Schema della fase di realizzazione del foro pilota (*Pilot bore hole*).**

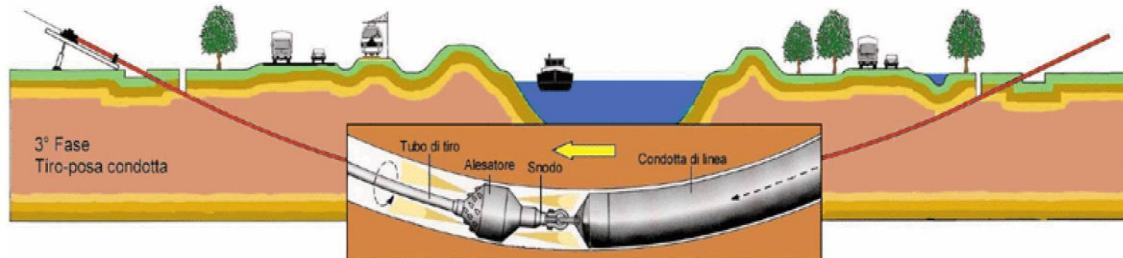
La seconda operazione nell'ambito esecutivo di una trivellazione orizzontale è l'allargamento del foro pilota (*Pre-Reaming*). Per fare ciò viene montato uno specifico apparecchio di trivellazione sul lato di uscita (exit point) del foro pilota (*Alesatore o Barrel Reamer*). L'alesatore accoppiato dinamicamente con il tronco di trivellazione viene tirato in modo rotante all'impianto di trivellazione (*RIG*) attraverso il suolo allargando il foro di trivellazione a seguito del suo maggiore diametro esterno facendogli raggiungere un nuovo diametro (cfr. Figura 12).



**Figura 12 – Schema della fase di trivellazione/i di allargamento del perforo (*Back-Reaming*).**

Completata la fase di ultima alesatura, viene effettuato generalmente un nuovo passaggio di pulitura del foro sempre con l'alesatore; fatto ciò si può procedere al varo della

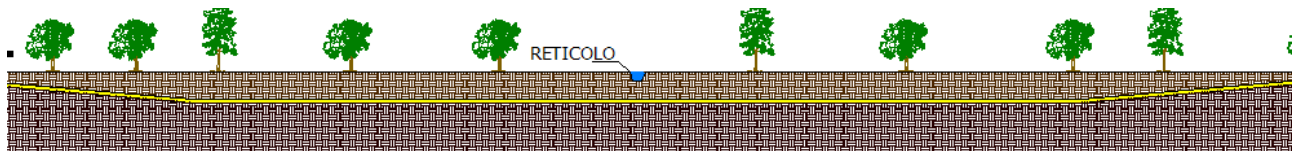
condotta. Prima del varo la condotta viene posizionata su rulli e l'infilaggio della stessa all'interno del perforo viene favorita dalla creazione di un angolo di imbocco mediante il sollevamento con appositi Side-Boom dotati di Roli Cradles i quali consentono lo scorrimento della condotta in fase di tiro da parte del RIG. Il varo della condotta ha termine allorché la testa della colonna di varo raggiunge l'entry point in corrispondenza del RIG (cfr Figura 13).



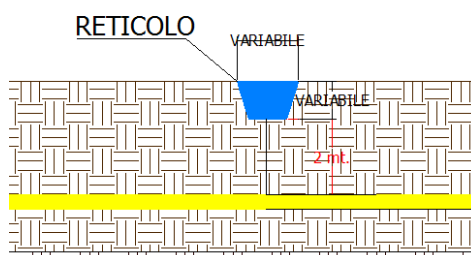
**Figura 13 – Schema della fase di posa del cavidotto (Pull-Back).**

Il cavidotto verrà spinto fino a raggiungere una profondità pari a 1,50 m rispetto alla quota del fondo dell'alveo (cfr. figure seguenti).

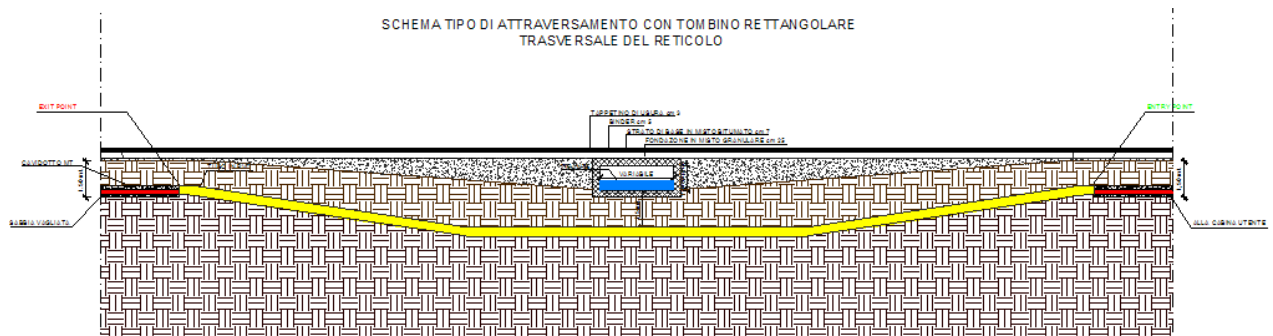
L'intervento verrà eseguito rigorosamente in sicurezza idraulica al fine di avere il cavo di MT in posizione di tutta sicurezza rispetto alle possibili ondate di piena.



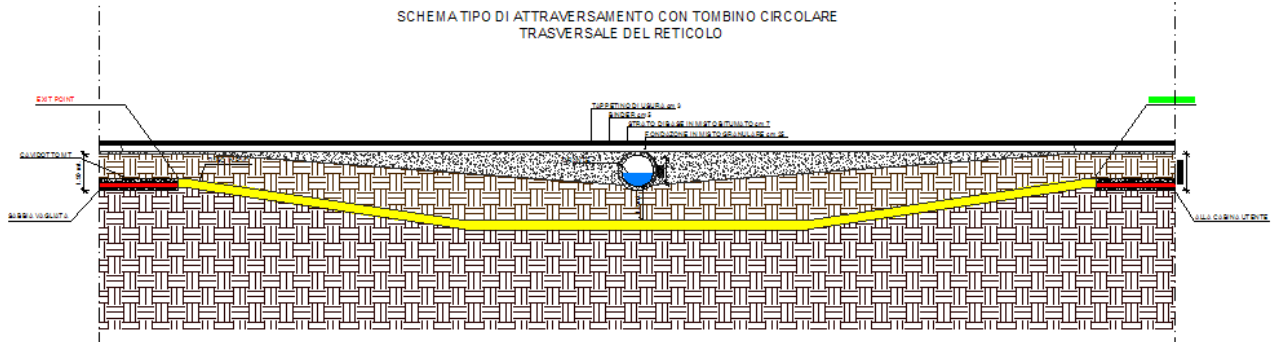
**Figura 14 - Tipologia di attraversamento dell'alveo.**



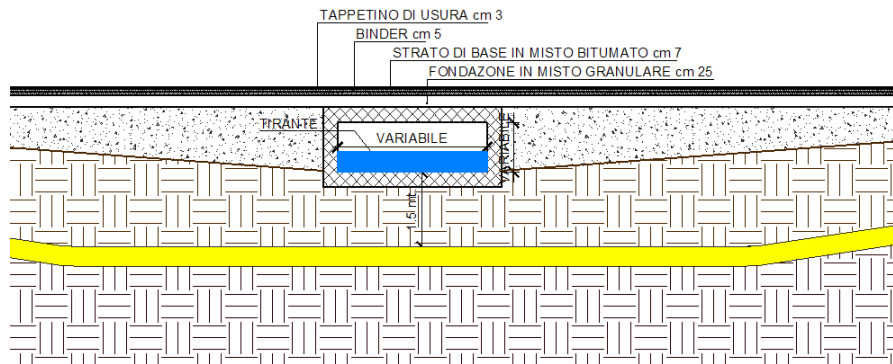
**Figura 15 - Posizione del cavidotto rispetto all'alveo.**



**Figura 16 Tipologia di attraversamento dell'alveo in caso di tombino rettangolare.**



**Figura 17** Tipologia di attraversamento dell'alveo in caso di tombino circolare.



**Figura 18** Posizione del cavidotto rispetto all'alveo.

## 7. COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI

Il Piano di Assetto Idrogeologico individua i reticoli idrografici in tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali.

Le aree golenali e quelle di pertinenza fluviale, sono sottoposte a regime di tutela, e qualsiasi intervento effettuato al loro interno deve ottemperare a precise prescrizioni finalizzate alla loro salvaguardia.

Il regime vincolistico, in assenza di arginature, si estende fino ad una distanza di 150 m dalla linea azzurra che individua il corso d'acqua sulla carta Idrogeomorfologica predisposta dalla stessa AdB. Tale ampiezza della fascia di sicurezza risulta dall'applicazione contemporanea degli art.6 e 10 delle NTA del PAI così come di seguito riportati:

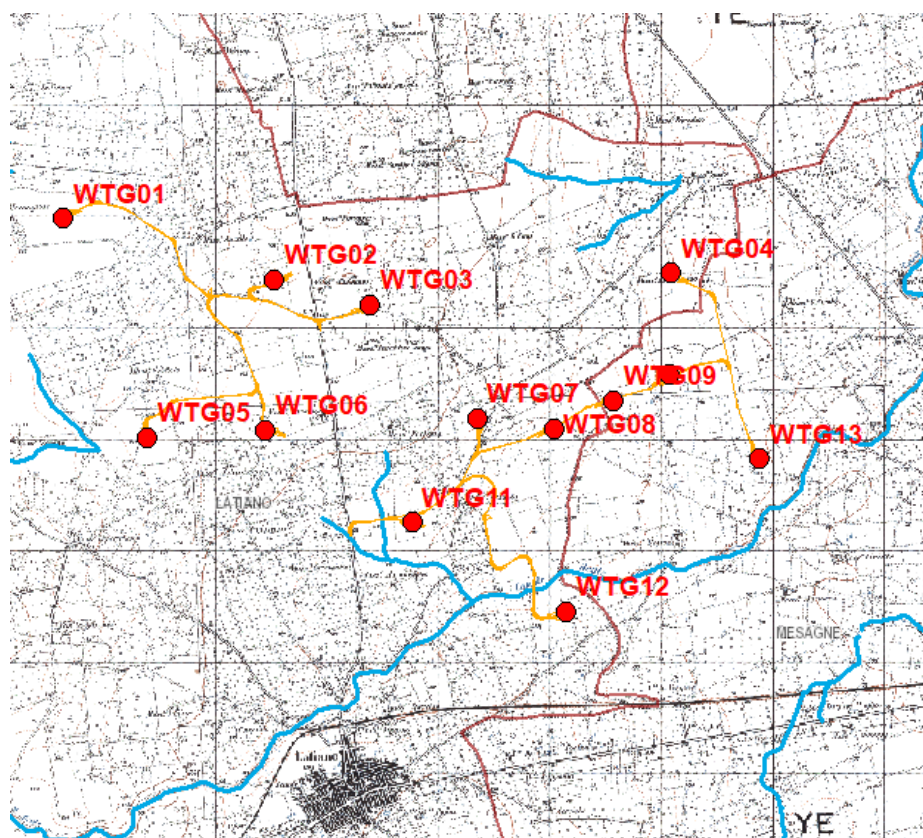
- *Art. 6 comma 8 quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono realmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m.*
- *Art. 10 comma 3, quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermine all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.*

Dall'analisi della cartografia riguardante l'assetto idraulico delle aree a pericolosità e rischio idraulico del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia (AdB), **L'area interessata dall'intervento non è soggetta né a vincolo per pericolosità idraulica, né a vincolo per pericolosità geomorfologica.**



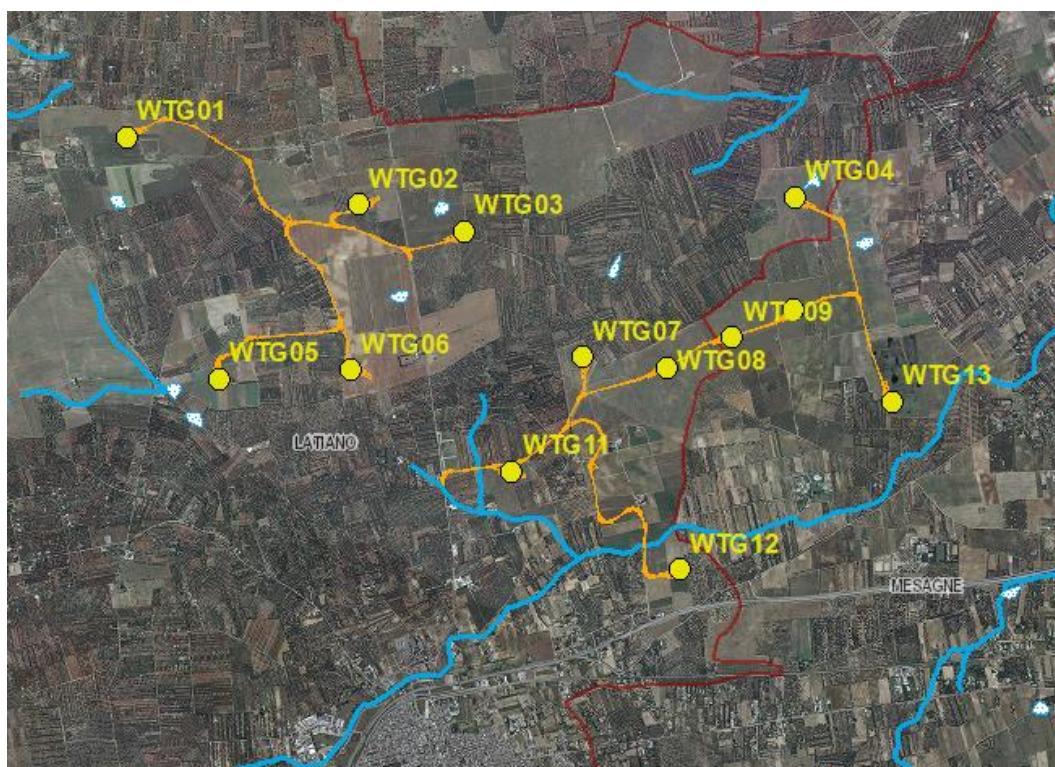


**Figura 19: Inquadramento dell'area di intervento su carta della pericolosità idraulica (fonte: [http://webgis.adb.puglia.it/gis/map\\_default.phtml](http://webgis.adb.puglia.it/gis/map_default.phtml)).**



**Figura 20: Inquadramento dell'area di intervento su carta IGM 1:25.000.**





**Figura 21: Inquadramento dell'area di intervento sulla carta idrogeomorfologica redatta dalla AdB Puglia**

Dalla analisi della cartografia (**Figura 21**) si evince che **l'intervento** (strade, piazzole, aerogeneratori) **non interferisce con il citato Buffer di 150 m dalle linee azzurre, e pertanto non risultano applicabili al caso in esame le prescrizioni degli Artt. 6 e 10 delle N.T.A. del P.A.I.**

## 8. CONCLUSIONI

Nella presente relazione, seguendo due distinti approcci della letteratura tecnica di settore, si sono ricavate le massime portate di piena che, potenzialmente, potrebbero essere generate dal bacino idrografico la cui sezione di chiusura sono prossime all'impianto.

In ogni caso si è verificato che l'intervento proposto non ricade all'interno di aree perimetrate dal PAI nè interferisce con aree buffer di corsi d'acqua in modellamento attivo. Ad esso pertanto non si applicano le NTA del PAI.

Si può, pertanto, asserire che **le opere di progetto non comportano alcuna modifica al perimetro delle aree a media probabilità di inondazione (MP)** (corrispondenti rispettivamente al passaggio delle portate di piena aventi tempo di ritorno pari a 200 anni), **e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.**

Inoltre, la stessa opera (torri, piazzole, cavidotti, stazioni di raccolta e stazione di utenza) non comporta alcuna modifica della morfologia dei reticoli idrografici e delle caratteristiche naturali esistenti.

Relativamente all'intersezione del tracciato del cavidotto con il reticolo idrografico, **si può asserire che la realizzazione mediante la tecnica della T.O.C., che prevede una posa del cavo ad una profondità di 1,50 m dal fondo alveo, non comporta alcuna modifica alla morfologia del reticolo idrografico, garantendo allo stesso tempo un ampio margine di sicurezza idraulica sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.**

**Pertanto, gli interventi di progetto risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.**