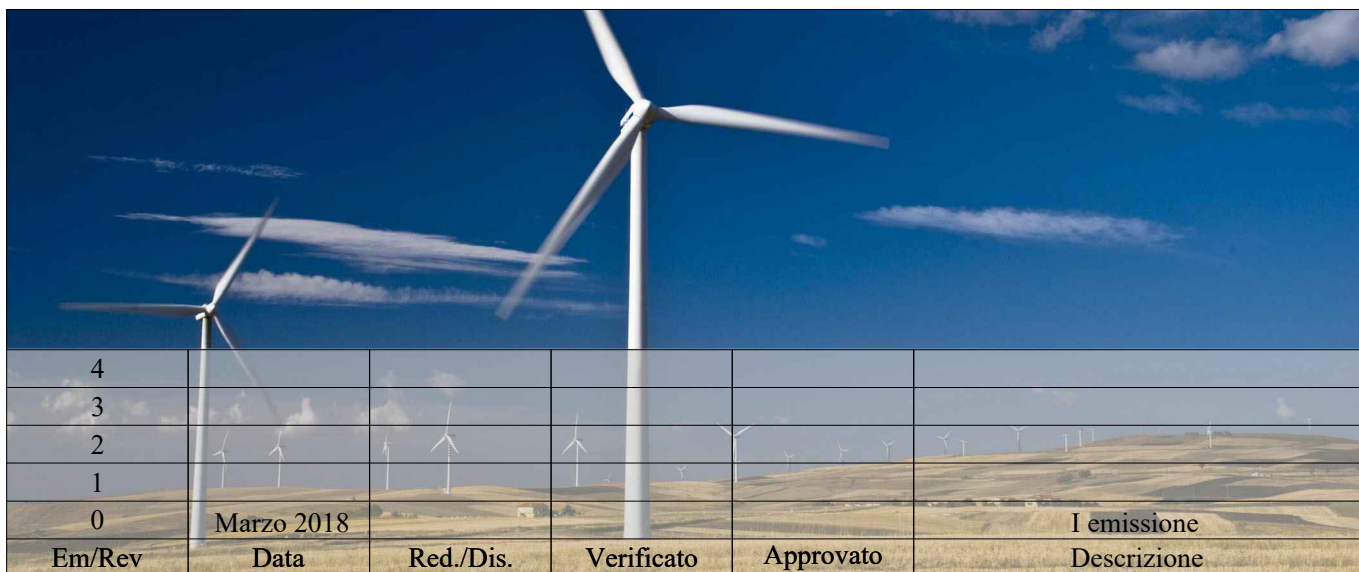
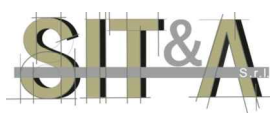


**COMUNE DI CERIGNOLA**  
**PROVINCIA DI FOGGIA**

**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DI UN PARCO EOLICO**  
**"CERIGNOLA VENETA NORD"**




Em/Rev	Data	Red./Dis.	Verificato	Approvato	I emissione Descrizione
4					
3					
2					
1					
0	Marzo 2018				



Redazione: SIT&A srl - Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente  
Sede legale: via C. Battisti n. 58 - 73100 LECCE - sito web: [www.sitea.info](http://www.sitea.info) e-mail: [info@sitea.info](mailto:info@sitea.info)

Sede operativa: O. Mazzitelli n. 264 - 70124 BARI Tel./Fax 080/9909280 e-mail: [sedebari@sitea.info](mailto:sedebari@sitea.info)

Titolo:	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	All:	<b>02C</b>
Committente:	<b>VENETA ENERGIA S.r.l.</b> con sede in Via I. Maggio n. 4 I - 31024 Ormelle (TV) P.I. 03954830281	Identificatore:	PDALL02C
		Cod.:	F23-17

Progettazione:	 <i>Tommaso Farenga</i>	<b>SIT&amp;A srl</b> Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente dott. ing. <b>Tommaso FARENGA</b>
Consulenze e collaborazioni:	geom. L. Caputo - geom. D. Ruggiero - ing. R. Iaccarino - ing. M. Marrazzo - arch. M.E. Di Giorgio - ing. G. Nuzzo	

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.INTERFERENZE DELLE OPERE DI PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DEL P.A.I. DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. STUDIO IDROLOGICO .....</b>	<b>9</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione idrologica, unitamente alla relazione idraulica, definisce e valuta le interferenze idrografiche legate alla realizzazione di un parco eolico costituito da n.12 aerogeneratori, collegati da cavidotti e provvisti di opere complementari, ricadenti in un'area ubicata a NNW dell'abitato di Cerignola fra Tressanti a nord e Mass. Acquarulo di Grillo a sud (cfr. corografia di Fig.1).

Come si vedrà in seguito, gli studi idrografici e idrologici sono stati condotti nell'area di intervento tenendo in debito conto quanto riportato dal PAI approvato il 30/11/2005, dalle relative Norme Tecniche di Attuazione e dalla Cartografia Idrogeomorfologica elaborata dall'Autorità di Bacino di Puglia. La presente relazione tratta, in particolare, dell'area ricadente in gran parte nel bacino idrografico terminale della Marana Castello, che sfocia in corrispondenza del lato NW del Lago Salpi.

Gli aerogeneratori sono concentrati in aree ubicate a distanza di sicurezza dal reticolo idrografico definito dall'AdB/Puglia sulla Carta Idrogeomorfologica su base CTR/2008, come si rileva dalla Tav.II.

I cavidotti secondari di collegamento degli aerogeneratori corrono prevalentemente lungo la viabilità secondaria esistente e possiedono alcuni attraversamenti in corrispondenza del reticolo idrografico (cfr.Tav.II).

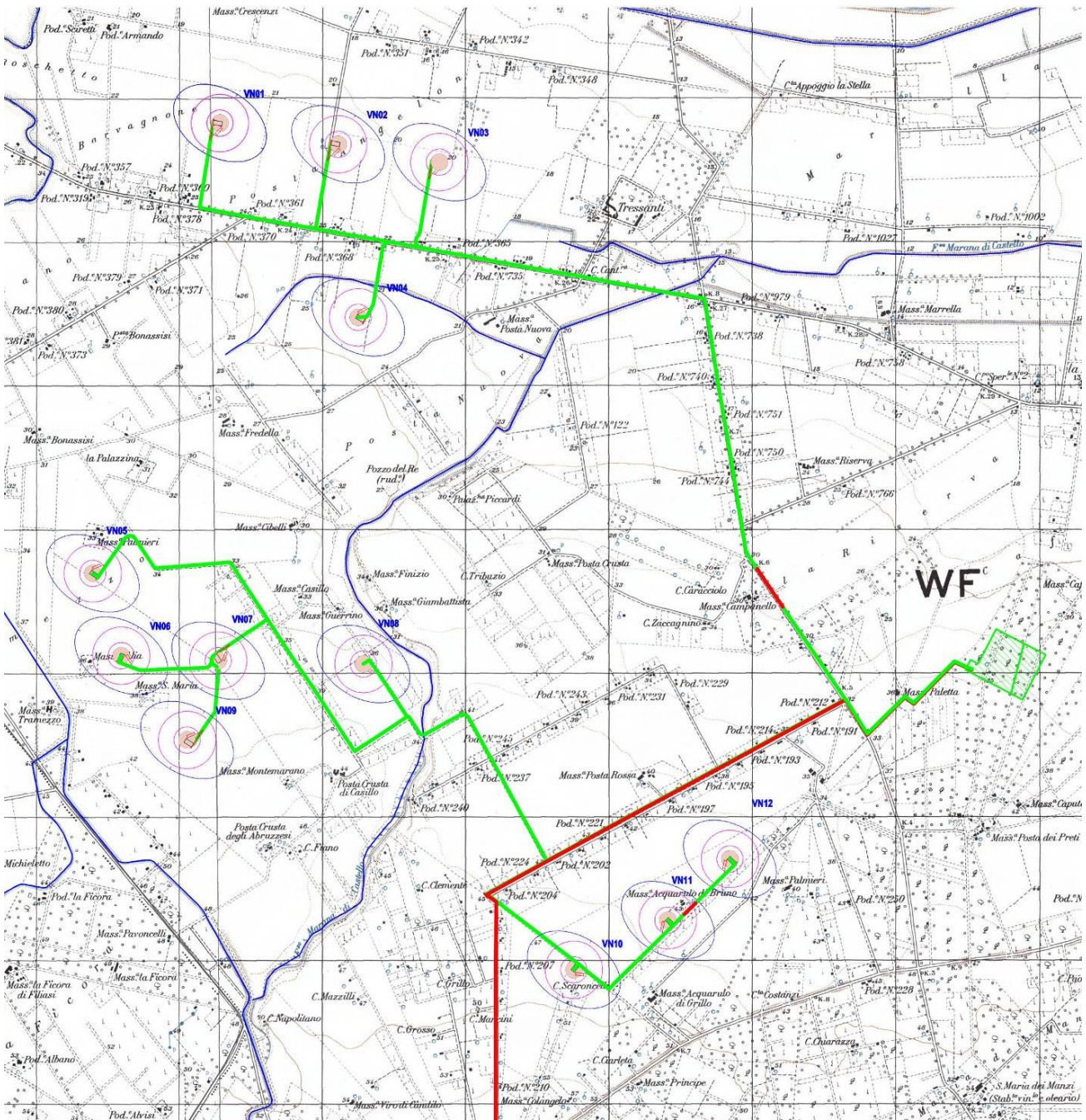


Fig.1 - Corografia del parco eolico di progetto

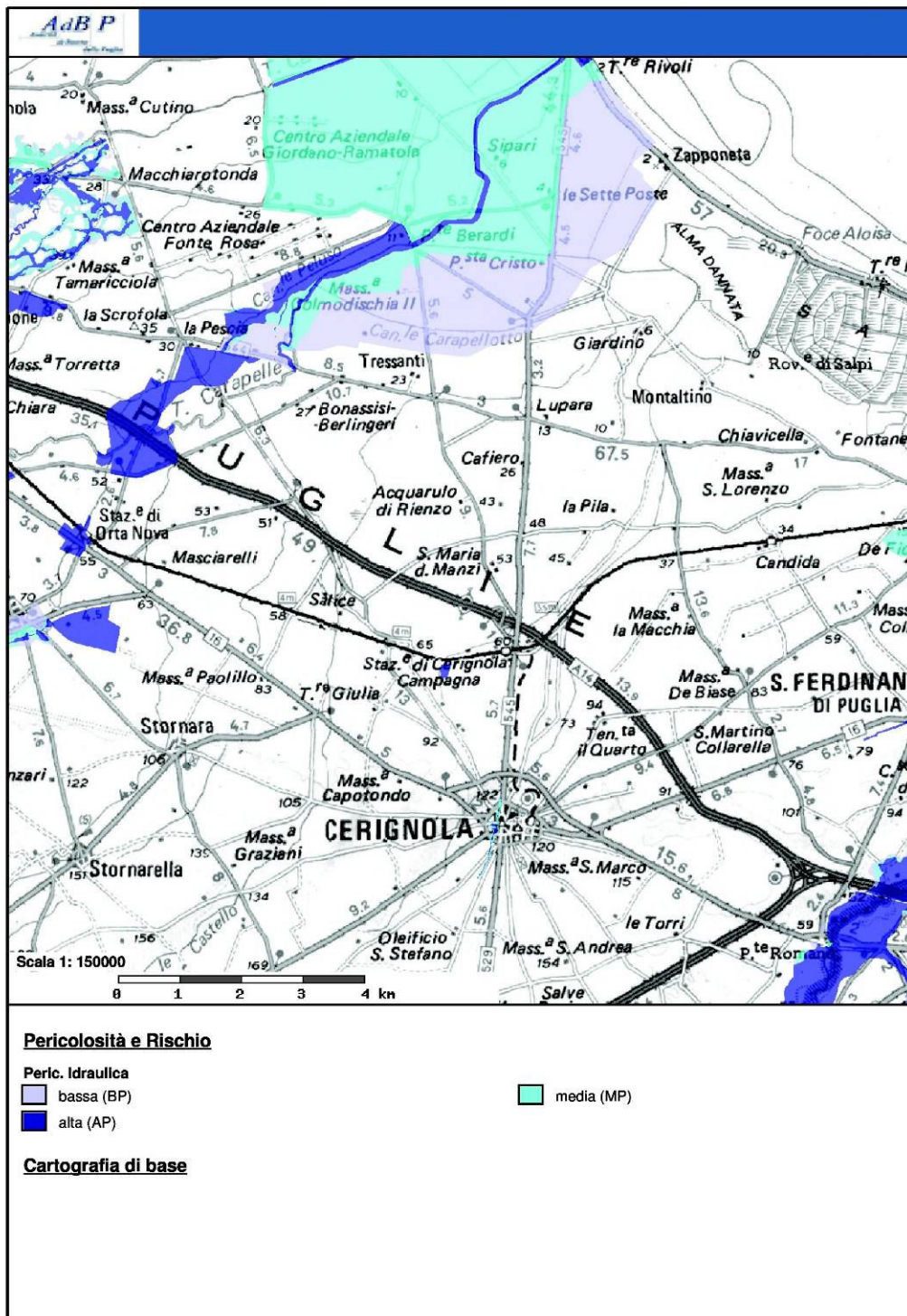


Fig.2 – Stralcio delle perimetrazioni delle aree allagabili già individuate dall’Adb

## **2.INTERFERENZE DELLE OPERE DI PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DEL P.A.I. DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA**

L'analisi di coerenza con le NTA del PAI dell'AdB Puglia ha origine dalla sovrapposizione delle opere di Progetto con il reticolo idrografico e, laddove esistenti, con perimetrazioni di aree allagabili già elaborate dalla stessa AdB/Puglia. Nella fattispecie, volendo procedere ordinatamente, si parte dagli elementi cartografici disponibili sul sito dell'AdB/Puglia, sostanzialmente rappresentati dalla Carta del Reticolo Idrografico (cfr. Tav.II e Fig.3) e dalla Carta delle Aree Allagabili già perimetrate di Fig.2.

Per valutare attentamente le intersezioni dei cavidotti secondari e principale o di opere complementari con lo stesso reticolo, è stata appositamente elaborata la Planimetria di Tav. II.

Come è noto, ai sensi degli Articoli 6 e 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI dell'AdB Puglia, in assenza di rilievi topografici specifici dei corsi d'acqua ed in presenza di una fascia golenale definita (da ripe fluviali) la stessa viene classificata area ad Alta Pericolosità idraulica (AP), mentre una fascia di 75m in destra e sinistra idraulica (a partire dalle ripe) viene classificata area a Media Pericolosità idraulica (MP). In assenza di rilievi topografici specifici dei corsi d'acqua ed in assenza di una fascia golenale morfologicamente definita, va considerata una fascia di vincolo di Alta Pericolosità (AP) di 75 m in destra e 75 m in sinistra idraulica rispetto all'asse di deflusso ed una ulteriore fascia di vincolo di Media Pericolosità (MP) di 75 m in destra e 75 m in sinistra idraulica.

In sintesi occorre verificare, in linea generale, l'esistenza di una distanza minima dell'opera dal "corso d'acqua", di 150 m per non redigere la verifica di compatibilità idraulica richiesta dalle N.T.A. del PAI.

Nel caso in esame ci si è occupati della verifica d'interferenza idraulica per quanto riguarda gli aerogeneratori, i cavidotti e le opere complementari con il reticolo della Carta idrogeomorfologica (cfr. Tav.II ), che in generale nella zona in esame, coincide con quello riportato sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000.



Fig.3 – Carta del reticolo idrografico (fonte PAI/Puglia)

La carta idrologica di Tav.II, riporta i nodi di interferenza riferiti ai cavidotti che corrono in prevalenza su strade esistenti, asfaltate o sterrate. Gli attraversamenti degli elementi di reticolo e relative fasce golenali e di pertinenza sono ammessi dal PAI purché si provveda alla protezione idraulica del tratto di cavidotto interessato dal fronte di deflusso idrico bicentenario. Allo scopo quindi di proteggere il cavidotto da infiltrazioni idriche o da galleggiamento (nell'attraversamento di corsi d'acqua o nell'attraversamento di aree allagabili) si propone di collocarlo in tubazioni in HDPE di adeguato spessore, tali da renderlo assolutamente impermeabile e nello stesso tempo resistere all'erosione con lo zavorraggio del tubo mediante riempimento dello scavo con pietrame (cfr. schema di Fig.4).

SCHEMA TIPO DEL CAVIDOTTO CON SISTEMA DI ZAVORRAGGIO E TENUTA IDRAULICA SUPPLEMENTARE

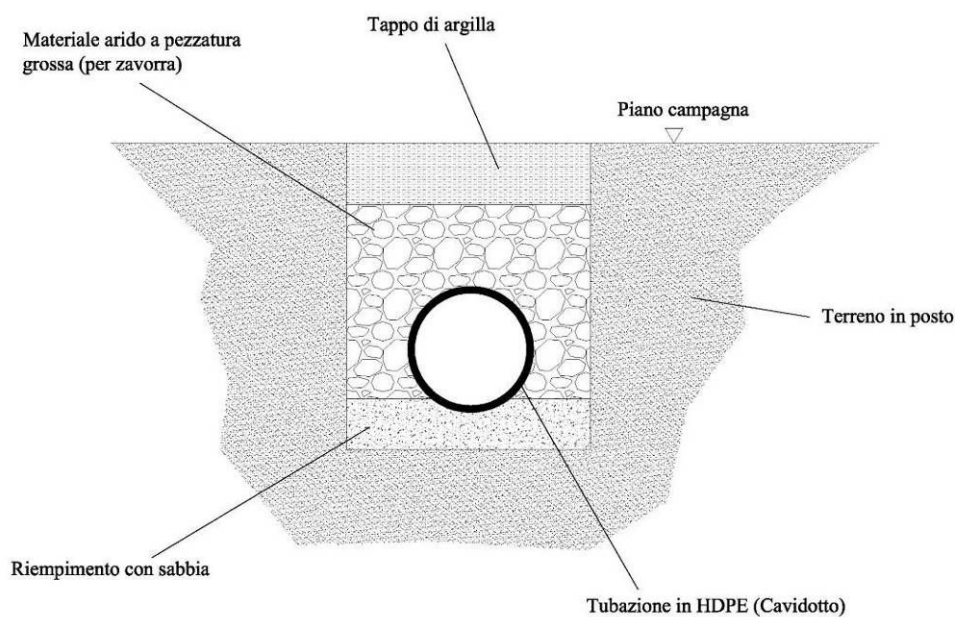


Fig.4



Come si evince dalla Tav.II si rilevano tre nodi di interferenza idraulica.

Per tali nodi è stato redatto uno studio di compatibilità idrologica e idraulica.

I dettagli delle interferenze sono riportati di seguito.

#### Nodo Idraulico I1 di Tav.II

Si tratta dell'attraversamento di un affluente in sinistra idraulica della Marana Castello da parte del cavidotto e relativa nuova pista di collegamento con l'AG VN04. Verrà redatto lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica per valutare la lunghezza del cavidotto da proteggere e la tipologia e dimensioni del tombino da realizzare lungo la pista di nuova costruzione.

#### Nodi Idraulici I2 e I3 di Tav.II

Si tratta dell'attraversamento da parte del cavidotto, della Marana Castello nel tratto fra la Torre VN03 e la stazione di consegna e nel tratto fra l'AG VN08 e la stazione di consegna. Verrà redatto lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica per valutare la lunghezza dei tratti di cavidotto da proteggere.

### 3. STUDIO IDROLOGICO

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, caratterizzano un bacino idrografico.

Ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, *“ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno...dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR”*. Nel caso dei bacini idrografici oggetto di tale studio, si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI (Valutazione Piene), per la determinazione delle altezze critiche di precipitazione e delle curve di possibilità pluviometrica, e più ancora agli elementi di indirizzo contenuti nella Relazione del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Lo studio è stato condotto sui bacini idrografici B1 e B2 e B3 mostrati in Tav.II. Lo studio idrologico è stato sviluppato in quattro fasi distinte ma propedeutiche:

- Fase 1:           analisi morfo-idrologica
- Fase 2:           ricerca delle precipitazioni di progetto
- Fase 3:           correlazione afflussi-deflussi
- Fase 4:           elaborazione delle portate di piena caratteristiche

### Fase 1: Dati morfometrici generali

Al fine di caratterizzare dal punto di vista morfo-idrologico i bacini idrografici interferenti con le opere di Progetto, sono stati determinati i seguenti parametri:

$S_B$  = Superficie bacino in kmq

$L$  = Lunghezza asta principale in km

$q_{med}$  = quota media bacino in m slm

$q_0$  = quota sezione di chiusura in m slm

$i_a$  = pendenza dell'asta principale del bacino idrografico in %

### Fase 2: Precipitazioni critiche

In sintonia con quanto determinato negli studi sulla Valutazione delle Piene in Puglia dal Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli studi della Basilicata e con le direttive del PAI dell'AdB Puglia in materia di pericolosità idraulica, sono stati ricercati i valori delle precipitazioni critiche dotate di tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni, considerando la seguente espressione valida per i bacini della Marana Castello, elemento idrografico a carattere di canale di bonifica, sub parallelo alla parte terminale del T. Carapelle:

$$H_{TR} = h_{TR} \times K_A \times K_T \quad (1) \quad \text{precipitazione critica corretta, di durata pari a } t = T_c$$

Assumendo:

$h_{TR} = 25,325 T_c^{[(0,696 + 0,000531z)/3,178]}$  (altezza critica "indice" in mm per l'area geografica 3 del PAI, corrispondente a  $T_c$ , con  $z = q_{med}$ )

$$K_A(S_B, T_c) = 1 - (1 - e^{-0,0021S_B})e^{(-0,53T_c^{0,25})} \quad (\text{fattore di correzione areale})$$

$$K_T(TR) = 0,5648 + 0,415 \ln TR$$

### Fase 3: Correlazione afflussi-deflussi (metodo del *Curve Number*)

La metodologia del *Curve Number* per il calcolo dell'altezza di pioggia efficace è stata proposta dal *Soil Conservation Service* statunitense (SCS) nel 1972 e trova ampia applicazione grazie ad una diffusa letteratura a riguardo. Tale metodo è basato sul calcolo di un parametro adimensionale

decescente, il *Curve Number*, in funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Per quanto riguarda quest'ultima variabile, la procedura SCS definisce tre classi di umidità del suolo, stimate in base all'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti all'evento meteorico in esame.

Classe di umidità	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 – 28 mm	36 – 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

I termini “stagione di riposo” e “stagione di crescita” si riferiscono alle fasi vegetative delle piante che coprono il suolo.

La classe di umidità condiziona la scelta del *Curve Number* che, quindi, può assumere tre valori differenti, cioè  $CN_I$ ,  $CN_{II}$  e  $CN_{III}$ .

Nel caso in esame si è fatto riferimento al  $CN_{II}$ .

Per quanto concerne la litologia superficiale, sono definite quattro classi di permeabilità:

Classe Litologica	Permeabilità
A	Alta
B	Media
C	Bassa
D	Nulla

Nel caso in esame i bacini in studio sono caratterizzati dal generale affioramento di terreni sabbiosi mediamente permeabili (classe B).

Mediante l'utilizzo di una carta geologica, sovrapposta ad una carta di *land use*, si procede all'individuazione dei valori del  $CN_{II}$  (ampiamente tabulato in letteratura), in funzione delle classi litologiche e dell'uso del suolo.

Nel caso di impiego vario del suolo, è sufficiente calcolare la media ponderata dei  $CN_{II}$  utilizzando come pesi le estensioni delle superfici di terreno che presentano caratteristiche omogenee (nel caso in esame trattasi di prevalenti uliveti-mandorleti non irrigui).

Il valore del  $CN_{II}$  risultante è pari, nel caso in esame a 62.

Il  $CN_I$  ed il  $CN_{III}$  sono calcolati dal  $CN_{II}$ , come segue:

$$CN_I = CN_{II} / (2,3 - 0,013 \times CN_{II}) = 41$$

$$CN_{III} = CN_{II} / (0,43 - 0,0057 \times CN_{II}) = 79$$

*Ai fini dei calcoli idrologici è stato assunto il valore di  $CN_{II}$  pari a 71, corrispondente ad un preponderante land use a carattere seminativo.*

Il calcolo della pioggia efficace è stato fatto impiegando la formula seguente, proposta dal *Soil Conservation Service*:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove  $P_e$  è l'altezza di precipitazione efficace,  $P$  è l'altezza di precipitazione lorda,  $I_a$  rappresenta l'assorbimento iniziale (cioè la quantità di acqua meteorica assorbita inizialmente dal terreno e dalla vegetazione) ed  $S$  è il volume specifico di saturazione, parametro che corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione e, quindi, sottratto al deflusso superficiale.

Quest'ultimo parametro è funzione del CN:

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

L'assorbimento iniziale ( $I_a$ ), a sua volta, è correlato al volume specifico di saturazione:

$$I_a = 0,2 S$$

Per la ricerca del tempo di corrivazione del bacino, si è fatto riferimento alla formula di FERRO, che appare adatta a casi di questo genere:

$$T_c \text{ (min)} = 0,02221(L/\sqrt{i_a})^{0,8}$$

dove:

$L$  = lunghezza dell'asta principale, in m;

$i_a$  = pendenza dell'asta principale come numero puro.

#### **Fase 4: Portate di piena**

La valutazione del fenomeno di trasformazione degli afflussi in deflussi, ovvero della valutazione della portata alla sezione di chiusura del bacino per una certa intensità di pioggia, è un problema

risolvibile solo attraverso modelli matematici adeguati. Questi simulano la risposta di un bacino determinato ad un certo evento meteorico che si manifesta con determinate caratteristiche di intensità, durata e volume, al netto dei fenomeni di assorbimento del suolo e di evapotraspirazione. Le portate di piena sono state calcolate con il metodo SCS, utilizzando la seguente formula:

$$Q^{TR} = 0,208 \times \frac{V \times S_B}{T_c}$$

dove:  $S_B$  = Superficie Bacino (km<sup>2</sup>)

$T_c$  = tempo di corrivazione SCS in ore

$V = (H_{TR} - 0,2S)^2 / H_{TR} + 0,8S$  (mm)

[ $H_{TR}$  = precipitazione critica zona 3 (mm) –

$S$  = Volume specifico saturazione]

Come mostrato nella planimetria idrologica di Tav.II, sono stati individuati 2 bacini relativi ad elementi di reticolo che interferiscono o possono interferire con le opere di progetto. Per tali bacini è stata elaborata un'analisi idrologica finalizzata alla determinazione delle portate di piena e quindi alla perimetrazione eventuale delle aree allagabili. Per il nodo II non è stato studiato il relativo bacino in quanto ricade in un'area già perimetrata dall'AdB/Puglia.

### **3.1 Risultati dell'analisi idrologica dei 3 bacini idrografici chiusi ai nodi individuati per il cavidotto**

Il metodo di analisi idrologica discusso precedentemente, è stato applicato ai bacini idrografici di Tavv.II. I risultati dell'analisi sono riassunti nella Tab. 1.

**Tab.1 - Caratterizzazione idrologica dei bacini e valutazione delle portate di piena**

Bacino	$S_B$ ( $\text{km}^2$ )	L (km)	$q_{med}$ (m slm)	$q_0$ (m slm)	$q_{max}$ (m slm)	$I_a$ (%I)	Tc (ore)	CN <sub>II</sub>	H <sub>30</sub> (mm)	H <sub>200</sub> (mm)	H <sub>500</sub> (mm)	Q <sub>30</sub> ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Q <sub>200</sub> ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Q <sub>500</sub> ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
<b>B1</b>	1,47	1,27	23,4	21,0	28,2	0,23	1,28	71	53	74	84	1,8	4,3	5,7
<b>B2</b>	17,41	6,50	32	15,1	45	0,46	3,58	71	65	92	104	13,4	29,4	37,5
<b>B3</b>	1,59	2,30	40	33	45	0,51	1,50	71	55	77	87	1,9	4,4	5,7

Bari, maggio 2018

 SIT&A srl  
 ing. Tommaso Farenga