

Comune
di Brindisi



Regione Puglia



Comune
di Mesagne



Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "MONDONUOVO"

Documento:

PROGETTO ESECUTIVO

N° Documento:

PEMN-PE-SEZ.12-CIV-12.9.1.1.R00

ID PROGETTO:

PENM

DISCIPLINA:

CIV

TIPOLOGIA:

Elaborato:

Studio di compatibilità idrologica ed idraulica

FOGLIO:

A4

SCALA:

Nome file:

RWE

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

Progettisti:


GEO TECNOLOGIE SRL
VIA DELLA RESISTENZA 48/G2
70125 BARI

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO

Dott. Ing.
PIERRE Elena
n° 2163


Sezione A
Settore:
Civile Ambientale
Industriale
Informazione

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	03/11/2023	PRIMA EMISSIONE	EP	-	-

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 1 di 47
---	---	--	--

INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	Impostazione dello studio idrologico	4
2	ANALISI MORFOLOGICA	8
2.1	Inquadramento generale dell’assetto dell’area. Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici.....	8
2.2	Analisi criticità	9
3	ANALISI IDROLOGICA	11
3.1	Analisi pluviometrica	11
3.2	Caratterizzazione del tempo di risposta e della potenzialità al deflusso dei bacini	16
3.2.1	Metodo del CN	16
4	Studio delle criticità.....	19
4.1	Analisi della sicurezza idraulica dell’area	19
4.1.1	Software di calcolo.....	20
4.2	Implementazione del modello per il Bacino 1	24
4.2.1	Risultati ottenuti	25
5	Calcolo profondità di erosione	38
6	REALIZZAZIONE TOC-MODALITÀ OPERATIVE	41
7	ACCORGIMENTI PER SCAVI A CIELO APERTO	42
8	CONCLUSIONI.....	44

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 2 di 47
---	---	--	--


1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto al fine di dare riscontro alle richieste del Dipartimento Autorità Idraulico, pervenute la Conferenza dei Servizi del Parco Eolico Mondonuovo, in particolare si affronteranno le tematiche idrologiche ed idrauliche.

Difatti nel parere citato l'autorizzazione definitiva è subordinata alla redazione di appositi studi idrologici ed idraulici con vari tempi di ritorno (tr 30, 200 e 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili, al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica.

Gli approfondimenti richiesti riguardano:

- Attraversamento TOC1- Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC2- Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica:
- Attraversamento TOC3- Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC4- Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC5- Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC6- Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica:
- Per quanto attiene le opere accessorie per il montaggio dell'aerogeneratore M02 contenute entro 100m dall'asse del reticolo idrografico Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) sia in destra idraulica che in sinistra idraulica (strada di accesso provvisoria, piazzola per montaggio gru, realizzazione di un tombino in

 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 3 di 47
---	---	--	--

cemento per consentire la continuità idraulica del reticolo idrografico attraversato dalla strada provvisoria di accesso ecc.), dovrà essere sviluppato con la progettazione esecutiva lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica di tali interventi per vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni), con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare l'idoneità del tombino provvisorio in cemento, la sicurezza idraulica delle aree interessate da tali opere provvisorie e la compatibilità delle attività che vi si svolgeranno. Tali opere accessorie (strada di accesso provvisoria, piazzola per montaggio gru, realizzazione di un tombino in cemento), dovranno essere rimosse alla fine dei lavori, ripristinando la morfologia dei luoghi e la permeabilità dei terreni originaria.


- Per quanto riguarda gli interventi di allargamento temporaneo della sede stradale denominati "Intervento 5 e 6" in corrispondenza del reticolo idrografico Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) dovrà essere sviluppato con la progettazione esecutiva lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica di tali interventi per vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni), con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare la non alterazione del regime idraulico, la sicurezza idraulica delle aree interessate da tali opere provvisorie e la compatibilità delle attività che vi si svolgeranno. Tali opere accessorie dovranno essere rimosse alla fine dei lavori, ripristinando la morfologia dei luoghi e la permeabilità dei terreni originaria.

In merito alla prescrizione di posare il cavidotto con tecnica TOC nei punti in cui interseca il canale Quercia ed il canale Li Macchie Torricella, è stato redatto uno studio idrologico e idraulico per la determinazione delle aree allagabili per periodi di ritorno pari a Tr 30, 200 e 500 anni, studio i cui contenuti sono descritti di seguito.

I punti di infissione e di uscita delle TOC sono stati previsti all'esterno delle suddette aree allagabili e il cavidotto sarà posato ad una profondità minima di 3 m dal fondo dell'alveo.

In merito alla realizzazione di un tombino in cemento funzionale alla risoluzione dell'interferenza tra la strada di accesso provvisoria alla torre M02 ed il Canale Li Macchie Torricella, si fa presente che il progetto esecutivo ha eliminato il tratto di strada interferente con il canale. Per accedere alla piazzola di montaggio dell'aerogeneratore verrà utilizzata la viabilità pubblica esistente. Per quanto attiene alla pista per il montaggio del braccio gru prevista in progetto esecutivo, questa non interferisce con le aree allagabili calcolate per periodi di ritorno Tr 30, 200 e 500 anni.

Per quel che riguarda gli interventi a carico della viabilità sono previsti modesti allargamenti della viabilità esistente.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 4 di 47
---	---	--	--

Come evidenziato anche negli elaborati grafici, questi interventi prevedono la posa di materiale misto stabilizzato previo scavo del terreno esistente, senza modificare l'orografia del terreno esistente, il che non comporta variazione della sezione di deflusso dei fossi eventualmente intercettati.

Per la descrizione degli interventi e dell'area di progetto si rimanda agli elaborati del progetto esecutivo.

1.1 Impostazione dello studio idrologico

Gli approfondimenti sull'assetto idrologico delle aree in esame saranno svolti con riferimento a tutte le opere elencate al paragrafo precedente.

Dalla consultazione degli elaborati grafici si può notare, che alcuni tratti di cavidotto intersecano aree il reticolo idrografico.


Il Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Interregionale della Puglia (PAI) oggi Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti necessari a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità del PAI sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Prescrizioni del PAI

 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 5 di 47
---	---	--	--

Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche e geomorfologiche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, dettano norme per le aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10 (relativamente all'assetto idraulico) e agli artt. 13, 14 e 15 (relativamente all'assetto geomorfologico).

In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);
- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);
- Fasce di pertinenza fluviale (art. 10);
- Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3) (art. 13);
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2) (art. 14);
- Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) (art. 15).


Relativamente alle aree a diversa pericolosità idraulica e geomorfologia (A.P., M.P., B.P., P.G.3, P.G.2, P.G.1), queste risultano realmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre, relativamente alle aree definite Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6) e Fasce di pertinenza fluviale (art. 10), la loro ubicazione segue i seguenti criteri:

- Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI 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.
- Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata al punto precedente, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Dalla consultazione degli elaborati grafici si può notare che le aree di progetto non sono interessata dal vincolo di Alta, Media e Bassa Pericolosità Idraulica e disciplinate dalle NTA allegate al Piano di Assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia- Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

In relazione alle finalità e gli obiettivi generali del PAI, ai fini di assicurare la compatibilità con essi dei interventi sul territorio, le Norme Tecniche di Attuazione prevedono che:

- all'interno delle aree a pericolosità idraulica, tutte le nuove attività ed i nuovi interventi devono essere tali da:

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 6 di 47
---	---	--	--

- ✓ migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- ✓ non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- ✓ non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- ✓ non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- ✓ garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
- ✓ limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- ✓ rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.
- ✓ all'interno del reticolo idrografico, ossia l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, il PAI prevede che sia consentita la realizzazione di opere di regimazione idraulica e lo svolgimento di attività che non comportino alterazioni morfologiche o funzionali ed un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone.
- ✓ all'interno delle fasce di pertinenza fluviale, ai fini della tutela e dell'adeguamento dell'assetto complessivo della rete idrografica, sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36 delle NTA, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino.

Trattandosi di interventi di ampliamento di infrastrutture pubbliche, gli stessi sono sempre consentiti a prescindere dall'esistenza del vincolo di pericolosità idraulica di qualsiasi grado, tuttavia l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

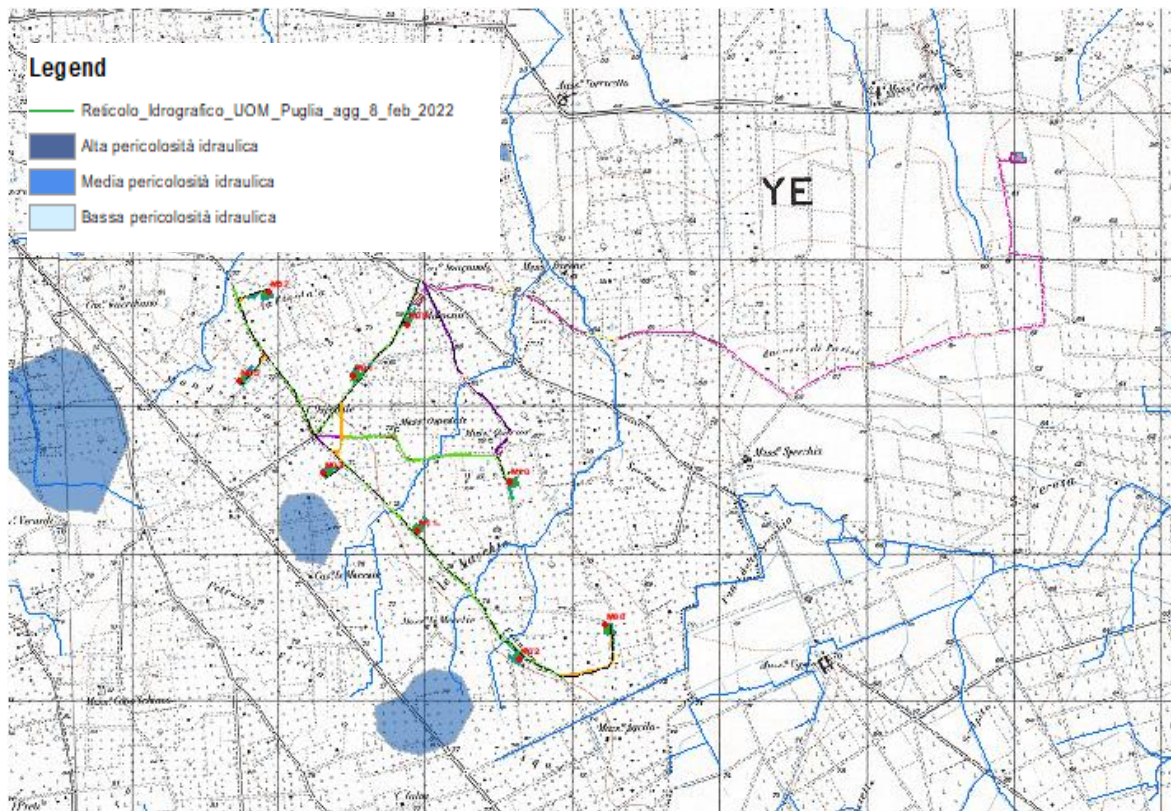


Figura 1 Planimetria di progetto con sovrapposizione aree PAI/PGRA

2 ANALISI MORFOLOGICA

2.1 Inquadramento generale dell'assetto dell'area. Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici

Il territorio di interesse ricade all'interno dell'ambito dei Bacini endoreici della piana salentina



Questo ambito, molto più esteso di quello analogo presente sull'altopiano murgiano, comprende anch'essa una serie numerosa di singoli bacini endoreici, ognuno caratterizzato da un recapito finale interno allo stesso bacino.

Fra questi il più importante è il Canale Asso, caratterizzato da un bacino di alimentazione di circa 200 Km² e avente come recapito finale un inghiottitoio carsico (Vora Colucci) ubicato a nord di Nardò. Negli ultimi decenni è stato realizzato un canale scolmatore che connette il tratto terminale dell'Asso al mare.

Molto più diffuse, rispetto ai bacini endoreici presenti nel settore murgiano, sono gli apparati carsici caratterizzati da evidenti aperture verso il sottosuolo, comunemente denominate "voragini" o "vore", ubicate quasi sempre nei punti più depressi dei bacini endoreici in cascata con possibili sormonti, a luoghi anche a costituire gruppi o sistemi di voragini, in molti casi interessati da lavori di sistemazione idraulica e bonifica.

Non sempre i reticoli idrografici che convogliano le acque di deflusso verso i recapiti finali possiedono chiare evidenze morfologiche; frequenti, infatti, sono i casi in cui le depressioni

morfologiche ove detti deflussi tendono a concentrarsi hanno dislivelli rispetto alle aree esterne talmente poco significativi che solo a seguito di attente analisi morfologiche o attraverso l'esame dei casi storici di allagamento si riesce a circoscrivere le zone di transito delle piene.

Ove invece i reticoli possiedono evidenze morfologiche dell'alveo di una certa significatività, gli stessi risultano quasi sempre oggetto di interventi di sistemazione idraulica e di correzione di tracciato.

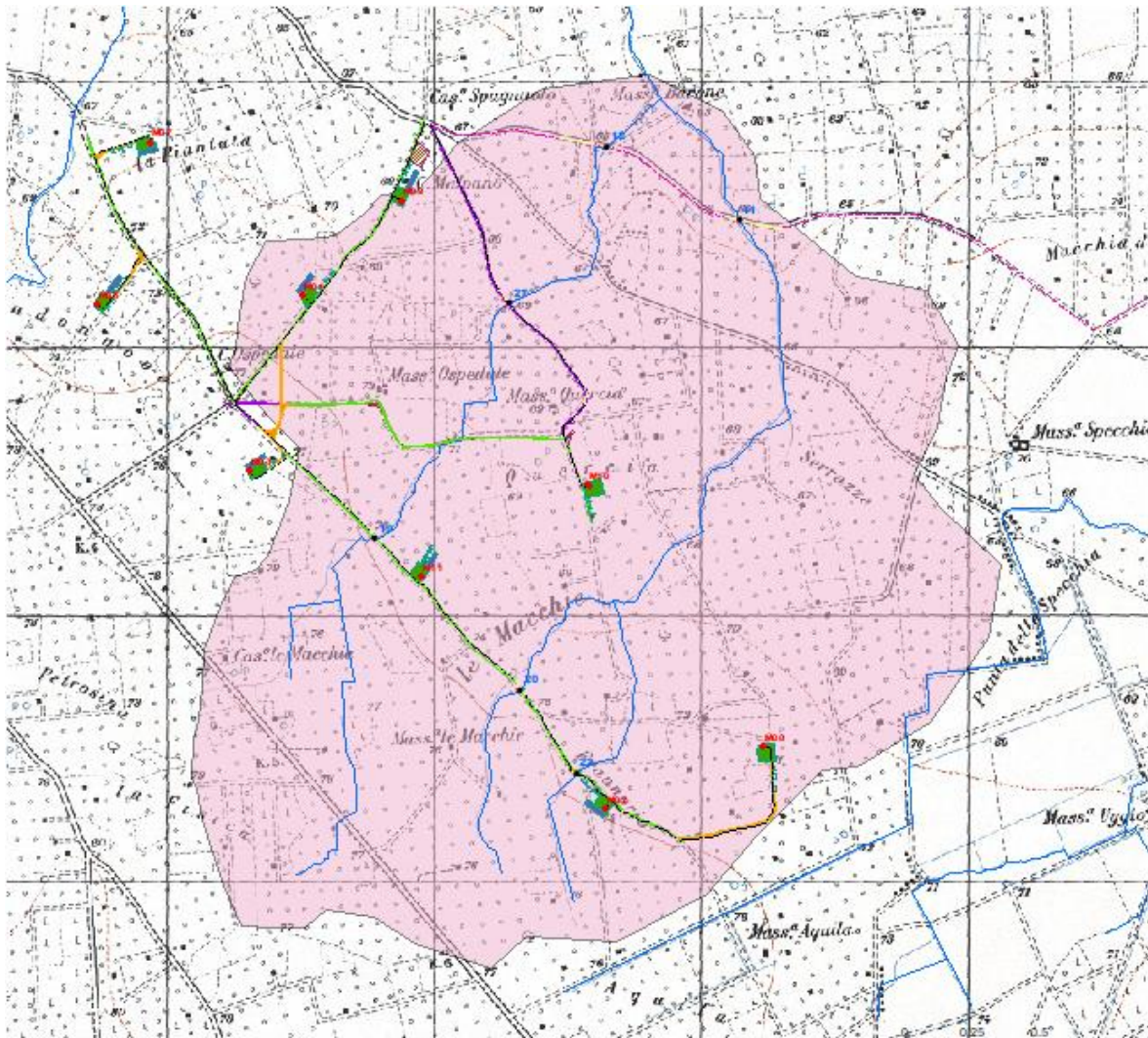
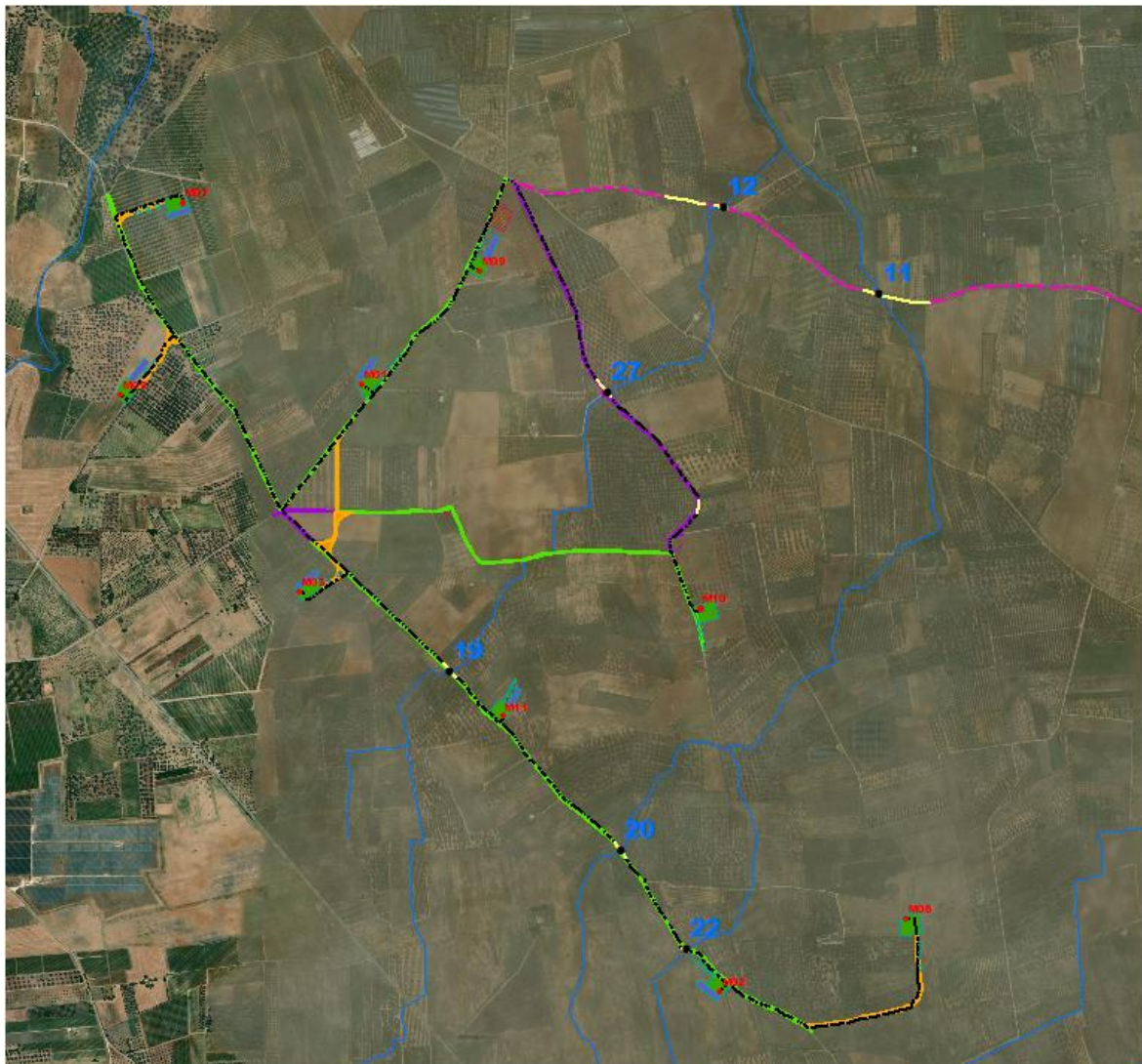


Figura 2 Bacino idrografico individuato

2.2 Analisi criticità


Come già anticipato nei precedenti paragrafi, alcuni tratti del cavidotto a servizio dell'impianto eolico tratti intersecano reticoli idrografici individuati nel file Reticolo ADB DAM Puglia.



In particolare sono state rilevate le seguenti criticità:

Intersezione		Reticolo idrografico
Denominazione Parere Autorità idraulica	Denominazione PE	
TOC 1	INTERSEZIONE 12	ID 91 CONSORZIO BONIFICA ARNEO
TOC 2	INTERSEZIONE 11	ID 80 CONSORZIO BONIFICA ARNEO
TOC 3	INTERSEZIONE 27	ID 91 CONSORZIO BONIFICA ARNEO
TOC 4	INTERSEZIONE 19	ID 91 CONSORZIO BONIFICA ARNEO
TOC 5	INTERSEZIONE 20	ID 80 CONSORZIO BONIFICA ARNEO
TOC 6	INTERSEZIONE 22	ID 80 CONSORZIO BONIFICA ARNEO

Tutte le intersezioni saranno oggetto di studi approfonditi.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	11 di 47

Le caratteristiche fisiografiche del bacino idrografico individuato (nell'ordine: pendenza media dei versanti, quota minima, massima e media s.l.m., lunghezza totale dell'asta alla cresta spartiacque) sono riportate nella tabella a seguire.

CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DEI BACINI IDROGRAFICI						
Bacini idrografici	Area (Km ²)	SI _{ave} (%)	H _{min} (m s.l.m.)	H _{max} (m s.l.m.)	H _{ave} (m s.l.m.)	L _{max} (Km)
Bacino 1	7.08	0.63	62.69	78.97	71.18	3.5

3 ANALISI IDROLOGICA


3.1 Analisi pluviometrica

In linea con quanto stabilito in merito agli indirizzi forniti dal D.P.C.M 29.09.1998, si è deciso di effettuare la determinazione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) dei bacini in studio, con riferimento agli eventi di pioggia di breve durata, attraverso la metodologia propria del progetto Va. Pi. Puglia, progetto all'interno del quale ricade anche l'area di studio.

A conforto di tale posizione i risultati forniti dal rapporto sintetico desunti e tarati dalle elaborazioni effettuate sui dati pluviometrici delle stazioni presenti nell'area considerata.

Il metodo Va.Pi. effettua la regionalizzazione delle piogge su sei zone omogenee, in cui è stata suddivisa la Puglia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.



	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 12 di 47
---	---	--	---

Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Rossi et al 1984); la peculiarità di questo modello e quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali. La TCEV (two components extreme value - legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente) ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Tale legge rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson (Rossi e Versace, 1982: Rossi et al 1984).

Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e quella ordinaria, appartengano a popolazioni diverse ma tuttavia interferiscono tra loro seguendo un processo poissoniano. Il processo individua una variabile X che rappresenta il massimo valore in una certa durata D , di una variabile casuale Y distribuita secondo la miscela di due esponenziali (Y_1 e Y_2) con funzione di probabilità cumulata (CDF):

$$FY(y) = [Y \leq y] = p(1 - e^{-y/\theta_1}) + (1-p)(1 - e^{-y/\theta_2}); Y \geq 0 \quad 0 < p \leq 1$$

dove gli indici 1 e 2 si riferiscono alla componente ordinaria e straordinaria e p indica la proporzione della prima componente nella miscela.

Il numero di occorrenze K , cioè il numero di superamenti della variabile Y , in una durata D , è distribuito secondo la legge di Poisson con parametri uguali a Λ_1 e Λ_2 tali che:


$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = E[Kt]$$

in cui Λ rappresenta la funzione parametro del processo, espressa come la media dei superamenti. Ipotizzando che Y_1 e Y_2 siano distribuite esponenzialmente con valori medi:

$$\theta_1 = E[Y_1] \quad \theta_2 = E[Y_2]$$

l'equazione diventa:

$$F_{kt}(k) = \exp [-\Lambda_1 \exp(-k/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-k/\theta_2)]$$

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 13 di 47
---	---	--	---

che definisce la distribuzione TCEV.

La probabilità p_2 che un certo valore della X provenga dalla componente straordinaria e espresso dalla relazione:

$$p_2 = - \Lambda / \Theta \sum_j (-1)^j / j! \Lambda^{*j} \Gamma(j+1 / \Theta^*)$$

nella quale Γ è la funzione speciale e:


$$\Theta^* = \Theta_2 / \Theta_1, \quad \Lambda^* = \Lambda_2 / (\Lambda_1^{1/\Theta^*})$$

Se si dispone di un campione $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ della variabile X (massimo annuale delle Y) osservato in n anni, la stima dei parametri della distribuzione può essere effettuata utilizzando le serie dei massimi annuali applicando il metodo della massima verosimiglianza (ML).

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (G), quindi risultano costanti i due parametri Θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità della X e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento. L'analisi condotta per l'intero territorio pugliese suggerisce la presenza di una unica zona omogenea di primo livello (cioè caratterizzate dalla costanza di Θ^* e Λ^*), comprensiva di tutte le stazioni della Puglia, e di due sottozone omogenee al secondo livello.

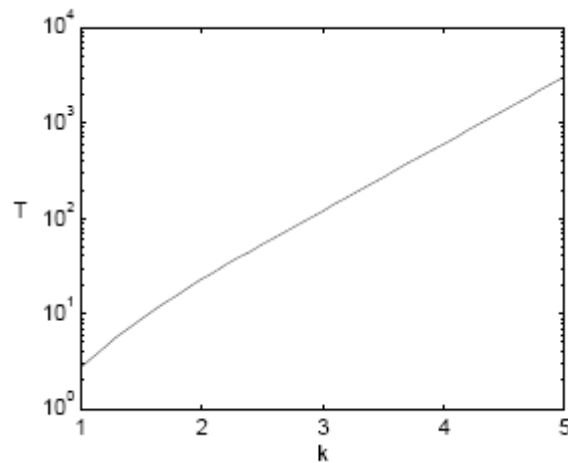
L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione e finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge $F(Xt)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata Xt come prodotto tra il suo valore medio $\mu(Xt)$ ed una quantità Kt, t , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$Kt, T = Xt, T / \mu(Xt) \quad (a)$$

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 14 di 47
---	---	--	---

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (a) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

È possibile rappresentare graficamente la funzione $K_T=K_T(T)$ al variare del tempo di ritorno T_r ; si riporta nel grafico successivo tale legge di variazione.



Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno

In alternativa alle rappresentazioni grafiche delle curve di crescita, il valore di KT può essere ricavato direttamente in funzione di T_r attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita. È utile sottolineare che l'uso di questa approssimazione comporta una leggera sottostima del fattore di crescita, con valori che sono superiori al 5% solo per $T < 40$ anni. La relazione è la seguente:

$$KT = a + b \ln T \quad (1)$$

in cui:


$$a = (\Theta \ln \Lambda^* + \ln \Lambda_1) / \eta$$

$$b = \Theta^* / \eta$$

$$\eta = \ln \Lambda_1 + C - T_0$$

T_0 è una funzione il cui valore è stato ottenuto grazie a un programma di calcolo iterativo.

Pertanto nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri a e b , e i relativi valori $\square\square$ e T_0 , che consentono di determinare nella forma (1) le leggi di crescita relative all'area in esame:

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	15 di 47

Zona omogenea	a	b	To	n
Puglia centro merid.	0.1599	0.5166	-0.6631	4.1053

Coefficienti utilizzabili per l'uso dell'espressione asintotica (1)

Le aree omogenee individuate al primo e secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica (Viparelli, 1964), per ciascuna stazione e stato possibile correlare il valore medio x_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$x_t = a \cdot t^n \quad (2)$$

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

Si riporta la relazione tra l'altezza media di precipitazione al variare della durata, in dipendenza con la quota del sito oggetto dello studio:

$$x_t = a \cdot t^{(C \cdot h + D + \log a - \log a) / \log 24} \quad (4)$$

dove:

a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di x_1 relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti nella zona omogenea;

$\alpha = x_g / x_{24}$ è rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata $t=24$ ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misura. Per la Puglia il valore del coefficiente a è risultato in pratica costante sull'intera regione e pari a 0.89.

C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota del sito di riferimento.

I valori delle stime dei parametri sono riportati nel prospetto seguente:


α	a	C	D
0.89	33.7	0.0022	4.1223

Valori delle stime dei parametri utilizzati nella relazione (4)

I bacini di interesse ricadono completamente nell'area omogenea di pioggia denominata "zona 6".

La curva di possibilità pluviometrica di base (C.P.P.) utilizzata per le valutazioni idrologiche è la seguente:

$$\text{zona 6: } x(t, z) = 33.7 t^{(0.00022z + 0.488) / 3.178}$$

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	16 di 47

appare evidente che la C.P.P. media dipende esclusivamente dalla durata dell'evento (t) . A queste andranno poi applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T , funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto ed al Fattore di Riduzione Areale K_A che tiene conto della non contemporaneità dell'evento sull'intera estensione dei bacini. Nel caso in esame il fattore di riduzione delle piogge all'area K_A è stato posto uguale a 1.

Per quanto concerne il Fattore di Crescita esso è espresso come:

$$K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T$$

Di seguito si riportano i valori singolari tabellati dal rapporto sintetico e, in corsivo, i valori ricavati dalla formula su esposta il cui uso consente una stima del fattore di crescita con errore inferiore al 3% per tempi di ritorno superiori a 5 anni:

	Tempo di Ritorno (anni)									
	5	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
K_T	1.26	1.53	1.81	<i>1.98</i>	2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43

TAB 1- valori di K_T al variare del Tempo di Ritorno

3.2 Caratterizzazione del tempo di risposta e della potenzialità al deflusso dei bacini

Effettuato lo studio morfologico dei bacini in esame, è ora possibile individuare, in base alle caratteristiche che gli stessi presentano, la metodologia più idonea per le successive analisi idrologiche con l'approccio più oggettivo.

3.2.1 Metodo del CN

Nell'individuazione delle caratteristiche pluviometriche, riveste particolare importanza la scelta della durata dell'evento, che di norma si assume pari al tempo critico di risposta del bacino oggetto di studio, assimilabile al tempo di corrivazione. È quindi fondamentale la determinazione di detta grandezza che, deve essere desunta attraverso procedure appropriate alla tipologia del bacino. Le peculiarità dei sottobacini in esame spingono la scelta verso il metodo SCS, secondo il quale, il tempo di ritardo del bacino idrografico viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:


$$t_r = 0.342 * (((L)^{0.8}) / ((s)^{0.5})) * (((1000/CN) - 9))^{0.7}$$

in cui s è la pendenza (%) del bacino ed L è la lunghezza massima dell'asta principale (Km).

Il passaggio dal tempo di ritardo al tempo di corrivazione del bacino avviene attraverso la seguente formula:

$$t_c = t_r / 0,6$$

Il metodo citato si basa innanzi tutto sulla determinazione del Curve Number (CN), parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 17 di 47
---	---	--	---

tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm). Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena relative ad eventi estremi, considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino soggetto all'evento meteorico si presenta in condizioni di elevato imbibimento e che il bacino in esame, nella parte di monte, ha pendenze elevate, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato alla classe standard dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}}$$

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi aventi, rispettivamente, potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa (B), moderatamente alta (C) e molto alta (D). La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

Il bacino scolante viene analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso; si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino viene ricavato poi un valore medio pesato sulle sub aree del parametro CN:

$$CN = p_1 CN_1 + p_2 CN_2 + \dots + p_n CN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n .

Nella individuazione e caratterizzazione delle zone omogenee si fa riferimento alla Carta dell'uso del suolo ed alle Carte litologiche.


 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 18 di 47
---	---	--	---

Tabella 2 Tabella di sintesi che indica il valore del parametro CN_{II} riferito alle varie zone omogenee.


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

Infine, i valori dei parametri CN_{II} e quelli dei derivati parametri CN_{III} , determinati come sopra descritto, sono riportati nella tabella a seguire, dove sono indicati anche il tempo di ritardo ed il tempo di corrivazione del bacino calcolato come specificato prima.

Bacino	CN_{II}	CN_{III}	Tempo di ritardo (ore)	Tempo di corrivazione (ore)
1	80.76	91.48	2.75	4.59

Ai fini dello studio della propagazione dei deflussi, il metodo di trasformazione afflussi – deflussi utilizzato per effettuare la separazione delle piogge, di tipo concettuale, è quello del SCS (Soil Conservation Service) – CN.

Il procedimento consente di ricavare il valore delle portate al colmo di piena Q_p attraverso la determinazione del volume V di deflusso della piena stessa così espresso:

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03/2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	19 di 47

$$V = (h - 0,2S)^2 / (h + 0,8S)$$

ove h è l'altezza di pioggia prima calcolata in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno ed S, che rappresenta il massimo volume di invaso del suolo, è calcolato come:

$$S = 25.4(1000/CN-10)$$

Per il calcolo della portata al colmo si considera un diagramma di piena 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).

$$t_a = 0.5 t_c + t_r$$

l'area sottesa da tale triangolo definisce la portata al colmo di piena, che, pertanto, assume la formulazione seguente:

$$Q_p = 0,208 V A / t_a$$

di seguito si riportano i valori significativi per il bacino studiato per eventi con tempi di ritorno pari a 200 anni e per un valore del CN coincidente con quello del CNIII.

Bacino	Q ₃₀ (mc/s)	Q ₂₀₀ (mc/s)	Q ₅₀₀ (mc/s)
1	18.95	31.61	37.77

Bacino	V ₃₀ (mm)	V ₂₀₀ (mm)	V ₅₀₀ (mm)
1	64.98	108.42	129.55


4 Studio delle criticità

Questa sezione dello studio contiene indicazioni progettuali volte a definire opere d'arte e modalità di esecuzione atte ad assicurare il mantenimento del naturale deflusso delle acque su tutto il territorio in esame, garantendo la continuità e la sicurezza idraulica per tutte le parti interessate dal parco eolico e per il parco eolico stesso.

4.1 Analisi della sicurezza idraulica dell'area

Rilevate le criticità nei paragrafi precedenti, per i bacini di studio è stato implementato un modello idraulico di calcolo bidimensionale a parametri distribuiti. Il metodo assunto, attraverso un applicativo implementato nel modello di calcolo che si utilizzerà, consente di inserire lo ietogramma funzione della pioggia netta bicentenaria individuata come descritto nei paragrafi precedenti e di propagare i corrispondenti deflussi sulle aree individuate dal dominio, simulando quanto accade per effetto di un evento dopo l'infiltrazione nel terreno di quota parte degli afflussi meteorici. In questo modo sarà possibile definire il comportamento del bacino quando è sollecitato da un evento estremo, osservando lo scorrimento dei deflussi idrici prima calcolati.

Di seguito vengono meglio descritte le varie fasi delle attività svolte e quindi presentati i principali risultati delle modellazioni eseguite.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 20 di 47
---	---	--	---

4.1.1 Software di calcolo

Il software utilizzato è il FLO-2D, il codice di calcolo bidimensionale FLO-2D è un modello commerciale distribuito dalla FLO-2D Inc. che rappresenta un punto di riferimento nell'ambito dei software per la modellazione bidimensionale, essendo accreditata presso la FEMA e la Corps Engineers tra i modelli idraulici per gli studi dei fiumi e dei fenomeni di inondazione. È un modello basato su processi fisici in grado di combinare gli aspetti idrologici (quantità di pioggia, ruscellamento, infiltrazione, etc.) con aspetti idraulici (effetti delle strade, degli edifici e di ostruzioni in genere sul flusso, variazione della velocità del flusso tra due elementi di calcolo), al fine di delineare il rischio da inondazione ed assistere nella scelta dei processi di mitigazione di quest'ultimo.

Pertanto, si presta sia a simulazione monodimensionali, come ad esempio canali con una geometria naturale o con sezioni schematizzate (rettangolari o trapezoidali), sia alla simulazione di un flusso non confinato in una piana inondabile, sia la modellazione dell'impatto dell'inondazione sugli edifici in base a parametri fisici come pressione e velocità.

Tutto ciò è reso possibile grazie allo schema di calcolo del flusso non confinato in otto direzioni con la conservazione di massa, utilizzando un passo tempo variabile che può aumentare o diminuire a seconda delle necessità, ricorrendo ad efficienti criteri di stabilità con la possibilità di avere un numero illimitato di elementi calcolo.

FLO-2D è un modello basato sulla semplice conservazione dei volumi, in cui i flussi di acqua sul dominio di calcolo sono controllati dalla topografia e dai fattori di resistenza alla propagazione.

La modellazione bidimensionale si realizza attraverso un'integrazione numerica delle equazioni del moto e con la conservazione dei volumi, sia per fenomeni alluvionali che per flussi di sedimenti iperconcentrati. Le equazioni che governano questi processi sono l'equazione di continuità e l'equazione del moto nella forma completa includendo anche il termine dell'accelerazione:

equazione di continuità:


$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

equazione del moto:

$$\partial S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

- h è l'altezza idrica,
- V_x è la componente x della velocità media della corrente,
- S_{fx} è la cadente,
- S_{ox} è la pendenza del fondo
- g è l'accelerazione di gravità (FLO-2D User Manual, 2007).


 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 21 di 47
---	---	--	---

L'eccesso dell'intensità di pioggia (i) può causare un flusso superficiale diverso da zero. La componente S_{fx} dell'attrito è funzione dalla pendenza ed è ricavata dall'equazione di Manning, mentre S_{ox} è la pendenza di fondo, e gli altri termini sono il gradiente della pressione ed il termine di accelerazione locale. Le equazioni del moto possono essere definite come quasi bidimensionali, poiché l'equazione del momento è risolta calcolando la velocità media del flusso in un determinato tempo per le componenti al contorno della griglia di calcolo. Esistono otto potenziali direzioni di flusso, le quattro direzioni cardinali più le altre quattro diagonali, ed ogni velocità è essenzialmente calcolata con una natura monodimensionale risolvendo lo schema in maniera indipendente alle altre sette direzioni. La stabilità dello schema numerico esplicito è basata su un criterio specifico per controllare la dimensione del passo temporale. In ogni singola cella della griglia di calcolo sono stoccate le informazioni inerenti la quota, la profondità di flusso, il valore di attrito di Manning (n), le dimensioni della cella e le portate nelle otto possibili direzioni pertanto la zona di flusso è descrivibile come il prodotto della larghezza della cella per la profondità media del flusso.

Con un sistema appropriato di stima delle resistenze al flusso, FLO-2D distribuisce numericamente il volume di liquido in blocchi (quelli della griglia di calcolo), per imitare i fenomeni di propagazione spazio-temporale di un'onda di piena. Concettualmente, FLO-2D non ha un approccio Lagrangiano al moto del fluido, poiché il movimento di questo ultimo nella griglia di calcolo è unicamente controllato dai criteri di stabilità. Ricorrendo a otto direzioni di flusso si risolve il problema di quei modelli che usano l'approssimazione diffusiva, la quale obbliga il flusso a seguire la massima pendenza anche quando il flusso non ha una propria pendenza e la sua direzione non è allineata con la griglia di calcolo. Quest'ultimo problema viene risolto tramite un riallineamento artificiale, che consente di eliminare il problema della perdita dell'accelerazione convettiva. Certamente in un modello con otto direzioni di flusso, la diagonale di flusso può incrociarsi in verso opposto con quella della cella adiacente, ma questo non viola il principio di conservazione del volume. La conservazione del volume è un criterio di stabilità numerica e di accuratezza. I volumi in entrata, quelli in uscita, il cambiamento della capacità di accumulo, di infiltrazione e la perdita per evapotraspirazione, sono sommati alla fine di ogni passo temporale. Il volume conservato si esprime come la differenza totale tra i volumi in entrata, quelli in uscita e quelli persi per evapotraspirazione.

L'inserimento di dati errati, fenomeni d'instabilità numerica e tecniche di simulazione inappropriate causano la perdita della conservazione dei volumi; pertanto la conservazione dei volumi può essere usata per discernere quale elemento della modellazione conduce all'instabilità, e più in generale come parametro di bontà della simulazione. È importante sottolineare come in nessuna simulazione la conservazione del volume sia esatta; per valori intorno allo 0.001 per cento o meno sarà sufficientemente accurata.

Lo schema risolutore delle equazioni differenziali della continuità e del momento è quello delle differenze centrali. La soluzione della forma differenziale dell'equazione del momento è il risultato

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 22 di 47
---	---	--	---

di una sua rappresentazione discreta in un punto. Questo schema numerico è di semplice formulazione, ma presenta l'inconveniente che deve essere limitato da un passo temporale piccolo e da ristretti criteri di stabilità numerica. Infatti, lo schema delle differenze finite può richiedere un elevato tempo di calcolo quando sono simulate onde di sommersione in lenta crescita o canali con sezioni molto variabili. È importante considerare un altro aspetto: le equazioni complete usate da FLO-2D sono equazioni differenziali di secondo ordine non lineari, in cui la velocità viene inizialmente calcolata con un'approssimazione diffusiva usando la pendenza media della superficie dell'acqua. La velocità è successivamente usata nel metodo della tangente di Newton – Raphson per determinare le radici dell'equazione completa. L'equazione di Manning è applicata per calcolare l'attrito dovuto alla pendenza. Se la soluzione di Newton-Raphson fallisce la convergenza dopo tre iterazioni, l'algoritmo passa automaticamente all'utilizzo della soluzione diffusiva.

Volendo riassumere l'algoritmo risolutore include i seguenti passi:

- il flusso medio, la rugosità, e la pendenza tra due celle vengono calcolati;
- la profondità di flusso (d) per calcolare la velocità attraverso gli elementi di contorno della griglia di calcolo al passo temporale i+1 è stimato al precedente passo temporale i usando una relazione lineare;

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

- la prima stima della velocità è calcolata usando l'approssimazione diffusiva; infatti l'unica variabile non nota in tale semplificazione è la velocità. Questo è il caso di flussi non confinati, canali e strade;
- il risultato al determinato passo temporale con approssimazione diffusiva è usato nella soluzione di Newton-Raphson per risolvere le equazioni complete ed ottenere la velocità;
- la portata Q attraverso le celle di contorno è calcolata moltiplicando la velocità per l'area di flusso;
- l'incremento di portata ad un determinato tempo, nelle otto direzioni calcolo, è il risultato della seguente somma:


$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw}$$

la variazione di volume (portata netta per il passo temporale) è distribuita sull'area di accumulo disponibile all'interno della griglia per determinare l'aumento della profondità del flusso.

$$\Delta d^{i+1} = \Delta Q_x^{i+1} \Delta t / SurfaceArea$$

I criteri di stabilità numerica sono testati per la nuova griglia della profondità precedentemente calcolata;

- se un qualunque criterio di stabilità viene superato, il tempo di simulazione viene azzerato e riportato al precedente passo temporale, il passo viene ridotto e tutti i calcoli sono cancellati e si riprende dal calcolo della velocità;

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 23 di 47
---	---	--	---

- la simulazione procede con l'aumento del passo temporale fino a che i criteri di stabilità sono superati.

Per quanto concerne i criteri di stabilità numerica, FLO-2D garantisce la stabilità con passo temporale sufficientemente piccolo. La chiave per una modellazione funzionale alle differenze finite sono i criteri di stabilità numerica, che sono condizionati dal rapporto tra la variazione di volume degli elementi della griglia e il passo temporale in base alla relazione:

$$\Delta V / \Delta t \cong 0$$

Inoltre, un brusco aumento delle portate in ingresso su una griglia di calcolo con elementi molto piccoli può produrre una forte instabilità. La stabilità numerica viene controllata per ogni elemento della griglia ad ogni intervallo temporale per assicurare la stabilità della soluzione. Se i criteri di stabilità numerica sono superati, il passo temporale diminuisce e tutti i calcoli idraulici precedenti sono cancellati.

Esistono tre metodi per i criteri di stabilità numerica:

- Specificare la percentuale di variazione della profondità dal precedente passo temporale;
- CFL (Courant-Friedrich-Lewy), mette in relazione la celerità dell'onda di sommersione con la suddivisione temporale e spaziale. L'interpretazione fisica del CFL asserisce che una particella del fluido non deve compiere un percorso superiore all'incremento spaziale N_x in un passo temporale N_t (Fletcher,1990). FLO-2D usa le condizioni CFL per le piane inondabili, i canali e le strade. Il passo temporale può essere limitato secondo la relazione:

$$\Delta t = C^* \Delta x / (v + c)$$

dove C è il numero di Courant ($C \leq 1.0$), N_x è la dimensione dell'elemento della griglia, v è la velocità media calcolata lungo la sezione trasversale, c è la celerità calcolata dell'onda;

- Dynamic Wave Stability Criteria, sviluppato da Ponce e Theurer (1982). Questo criterio è funzione della pendenza di fondo, delle portate e delle dimensioni degli elementi della griglia. Infatti in base alla seguente relazione:

$$\Delta t < \zeta^* \Delta x^2 / q_0$$

Dove q_0 è la portata unitaria, S_0 è la pendenza di fondo e z è un coefficiente empirico con valori compresi tra 0.10 e 1.0.

Gli effetti di una possibile instabilità numerica si manifestano con elevati valori di velocità e livelli degli idrometrici in uscita molto elevati. Come si può notare il fattore fondamentale è quello del passo temporale che generalmente si colloca in un intervallo di valori tra 0.1 secondi e 30 secondi. Il modello inizia la sua simulazione con un passo temporale minimo, cioè uguale ad 1 secondo e aumenta fino a che una delle tre condizioni di stabilità non viene superata, e successivamente il passo temporale torna a diminuire. Se i criteri di stabilità continuano ad essere superati, il passo temporale diminuisce fino al minimo valore. Se il minimo intervallo temporale non è sufficientemente piccolo per conservare il volume o la stabilità numerica si presentano tre possibili

soluzioni: a) riduzione del passo temporale; b) il coefficiente C di stabilità numerica viene adattato; c) vengono modificati i dati di input. I tre parametri fondamentali per la stabilità sono: le dimensioni della griglia, la portata di picco in ingresso ed il passo temporale. Piccole dimensioni degli elementi della griglia con un aumento delle portate dell'idrogramma in ingresso ed un'ampia portata di picco, necessitano di un passo temporale molto ridotto.

Nel caso in esame, trattandosi di overland flow, è sufficiente applicare il criterio di stabilità di Courant.

4.2 Implementazione del modello per il Bacino 1

Come già detto nel paragrafo precedente è stato implementato un modello bidimensionale puro.

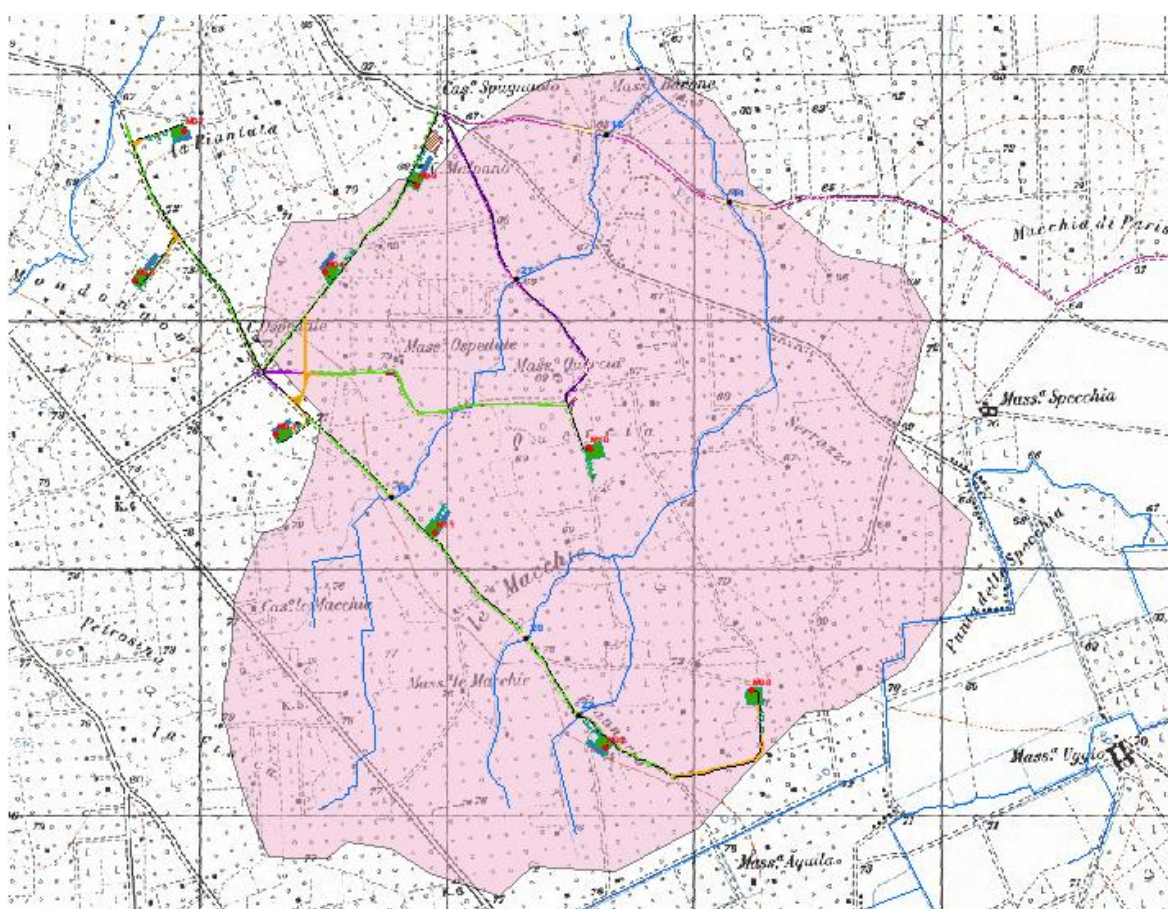

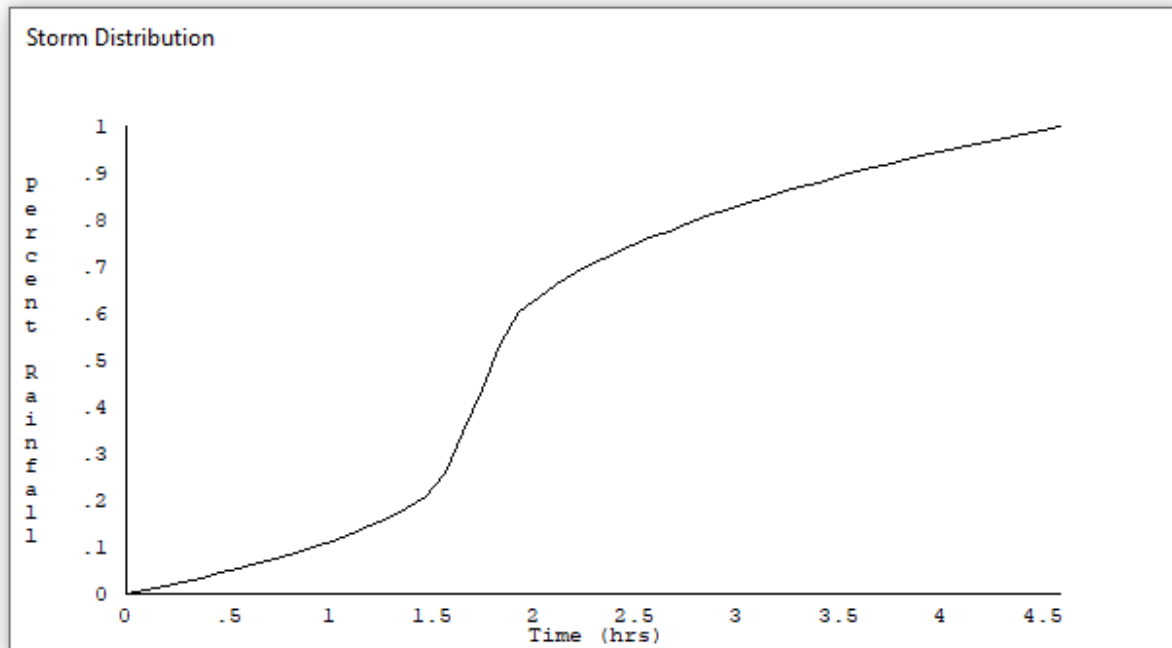


Figura 3 Dominio di studio in rosa

Il dominio di calcolo, coincidente con l'estensione del bacino idrografico 1, è stato creato in ambiente di pre-processamento GDS; lo stesso è stato discretizzato con celle di 10 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM proveniente dai dati di rilievo, CTR regionale.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 25 di 47
---	---	--	---

La valutazione delle dinamiche idrauliche sull'area di interesse è stata effettuata inserendo nel dominio di calcolo bidimensionale lo ietogramma netto di pioggia sulla base del volume specifico di deflusso prima definito con la metodologia dell'SCS-CN, per una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione.



Come condizioni al contorno di valle sono state semplicemente impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura immediatamente a monte della sezione di chiusura.


4.2.1 Risultati ottenuti

Le valutazioni idrauliche condotte, come meglio dettagliato nel seguito, hanno consentito di definire il comportamento del bacino stesso quando è sollecitato da un evento estremo.

L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sé un fattore di pericolosità; d'altronde, particolari condizioni di allagamento, possono generare condizioni di pericolo per persone e/o cose presenti nelle aree in cui esse si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. A tal proposito, l'Autorità di Bacino del Tevere propone una serie di approcci per la delimitazione delle fasce fluviali, definendo tre differenti tipologie di inondazione:

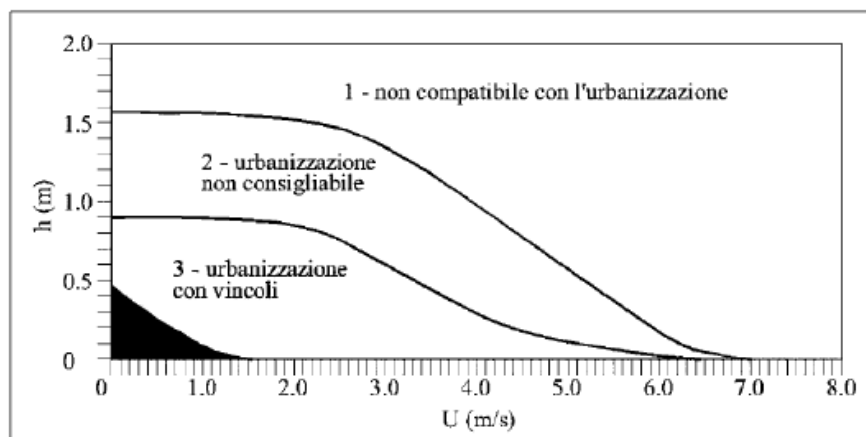
1. Aree di inondazione diretta, in immediata comunicazione con il corso d'acqua, dove l'inondazione è rapida e le velocità di deflusso sono relativamente elevate;
2. Aree di inondazione indiretta, inondate solo attraverso passaggi ristretti che limitano drasticamente la rapidità di allagamento;

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	26 di 47

3. Aree di inondazione marginale, in cui la velocità e l'altezza idrica sono talmente basse da non causare seri pericoli alle persone.

Per la determinazione delle aree marginali, l'AdB del Fiume Tevere ha fatto riferimento al diagramma rappresentato nella figura seguente, diagramma velocità - tirante, in cui tramite curve a uguale spinta totale sono determinate combinazioni di diversa pericolosità.

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione 4 del grafico della figura sottostante o al di sotto della retta di figura 4.



fonte: A.B. Tevere, 2002

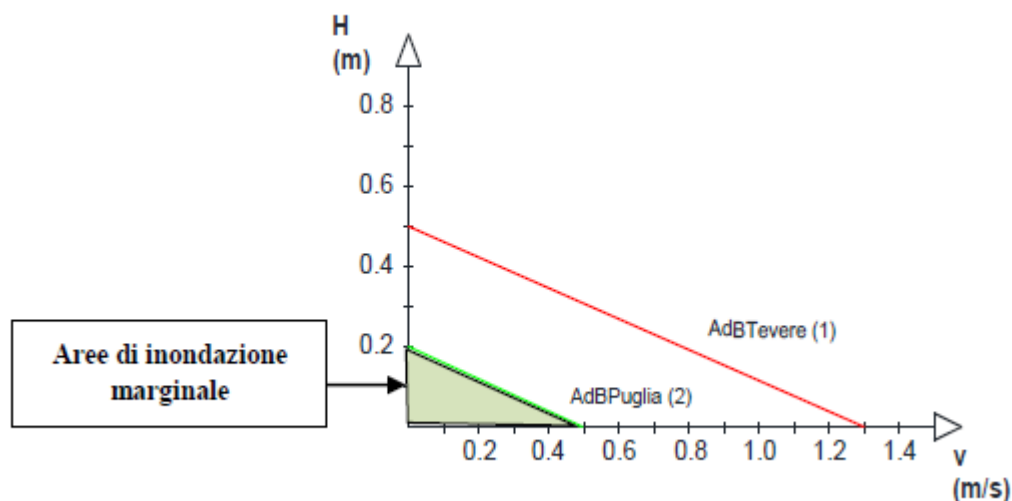



Figura 4 Diagramma della vulnerabilità delle persone in funzione della violenza dell'evento

In definitiva viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico ma anche il fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	27 di 47

Ciò detto, secondo una prassi in uso presso la stessa Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Sede Operativa della Puglia con l'AdB Puglia, i valori soglia adottati risultano essere pari a 0,2 m per i tiranti e 0,5 m/s per le velocità

Pertanto, le aree inondabili generate dai modelli di calcolo utilizzati per la definizione delle aree a diversa pericolosità idraulica, sono state "depurate" dalle suddette "aree di inondazione marginale", ossia da quelle aree che, per combinazione tra tiranti e velocità raggiunte nella singola cella di calcolo, non rappresentano fonte di pericolo per persone o cose, ricercando le aree con potenziale di pericolosità sono state ricercate attraverso l'intersezione tra la mappa dei tiranti e la mappa delle velocità, utilizzando la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Grid Element Ground Surface Elevation

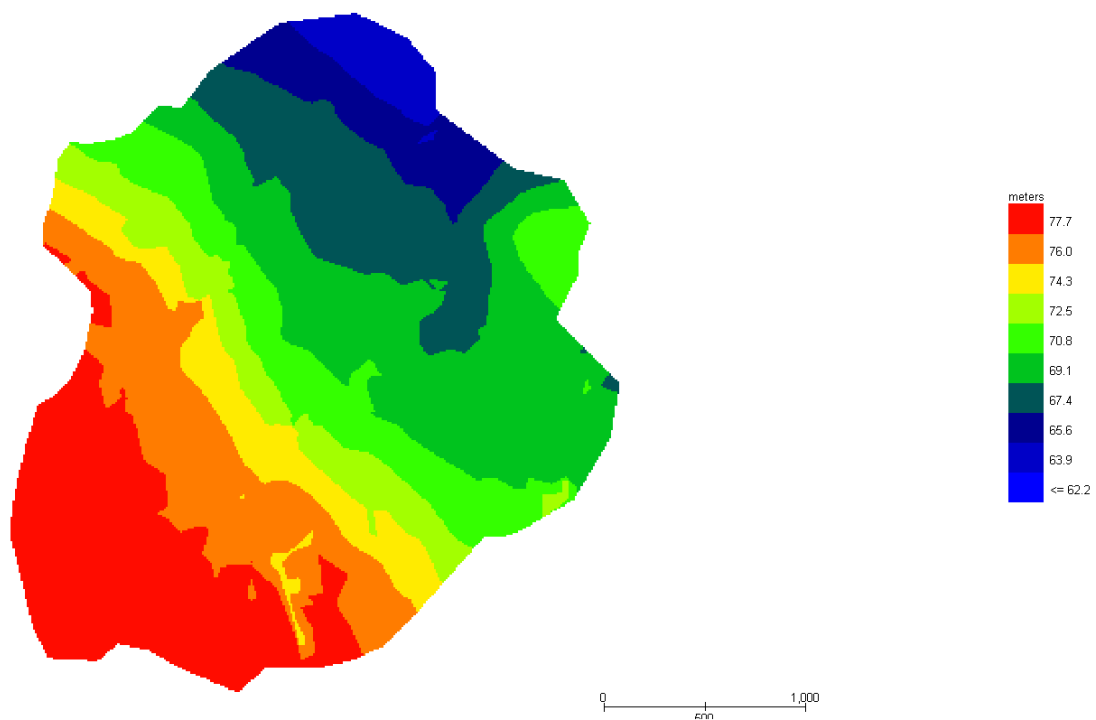



Figura 5 Modello Bacino 1 DTM

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 28 di 47
---	---	--	---

Grid Element Maximum Flow Depth

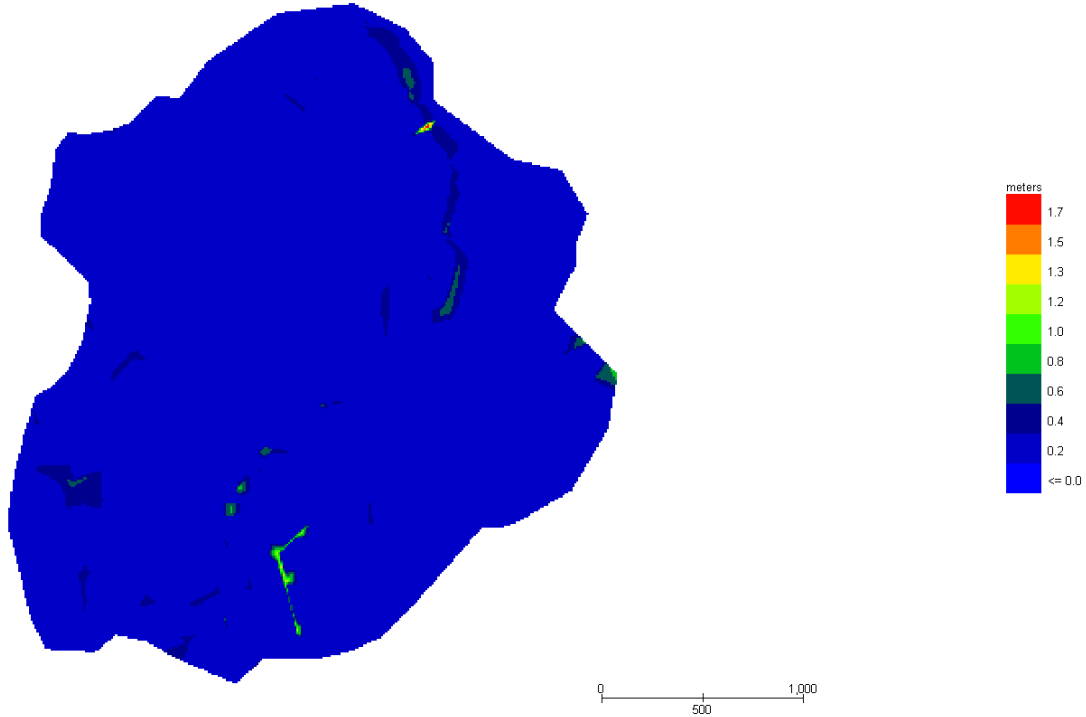


Figura 6 Modello Bacino 1 Tiranti Tr 30 anni

Grid Element Maximum Velocity

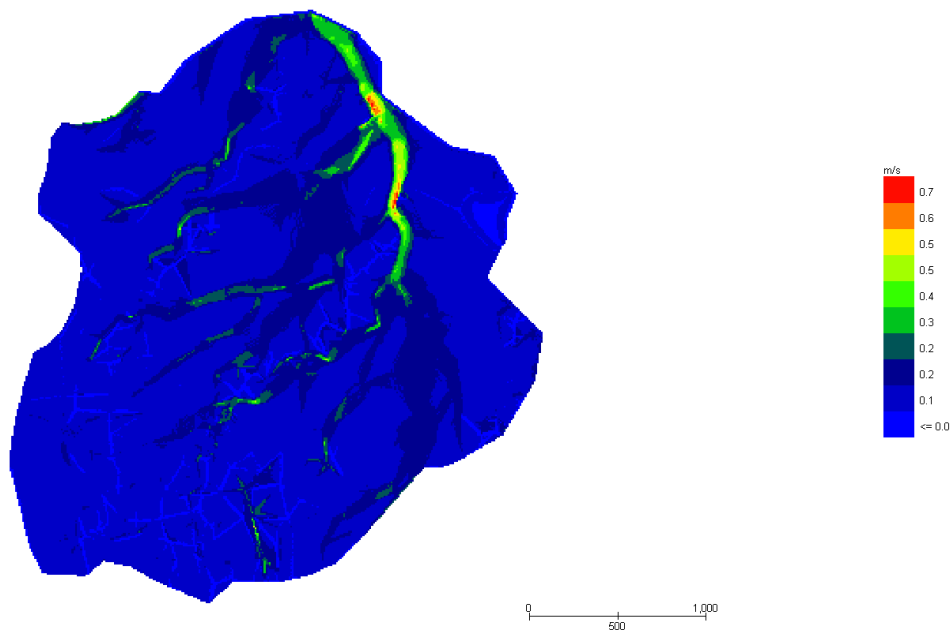



Figura 7 Modello Bacino 1 Velocità Tr 30 anni

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 29 di 47
---	---	--	---

Grid Element Maximum Flow Depth

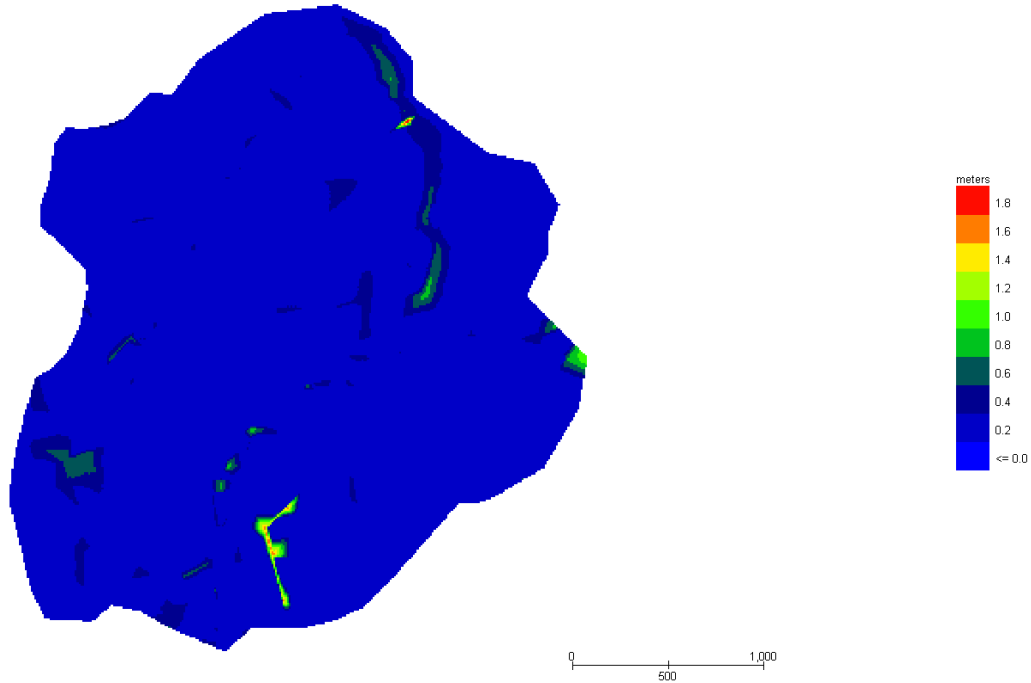


Figura 8 Modello Bacino 1 Tiranti Tr 200 anni

Grid Element Maximum Velocity

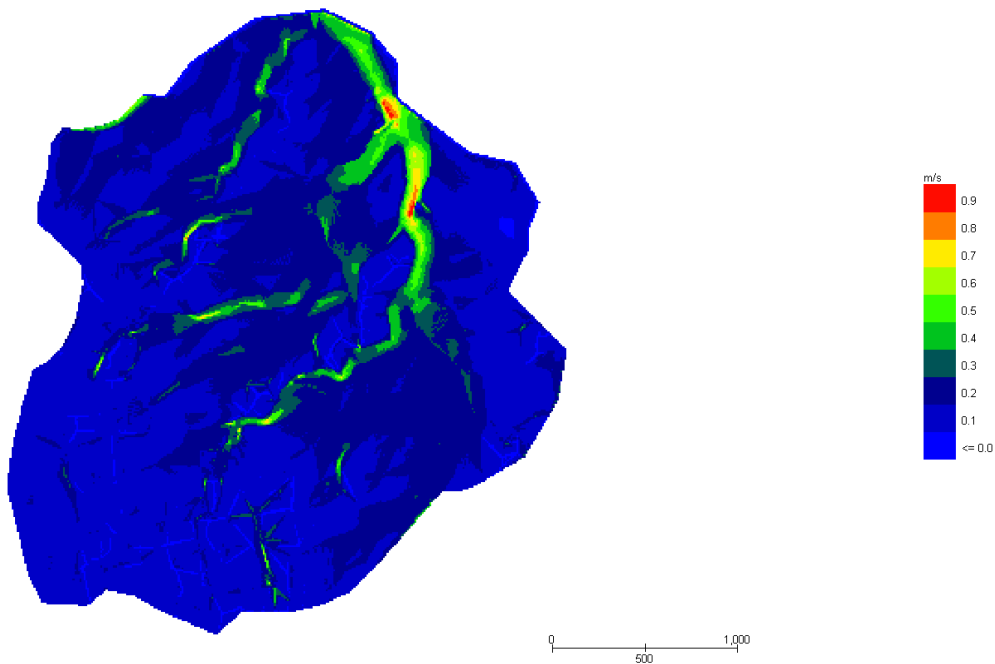



Figura 9 Modello Bacino 1 Velocità Tr 200 anni

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 30 di 47
---	---	--	---

Grid Element Maximum Flow Depth

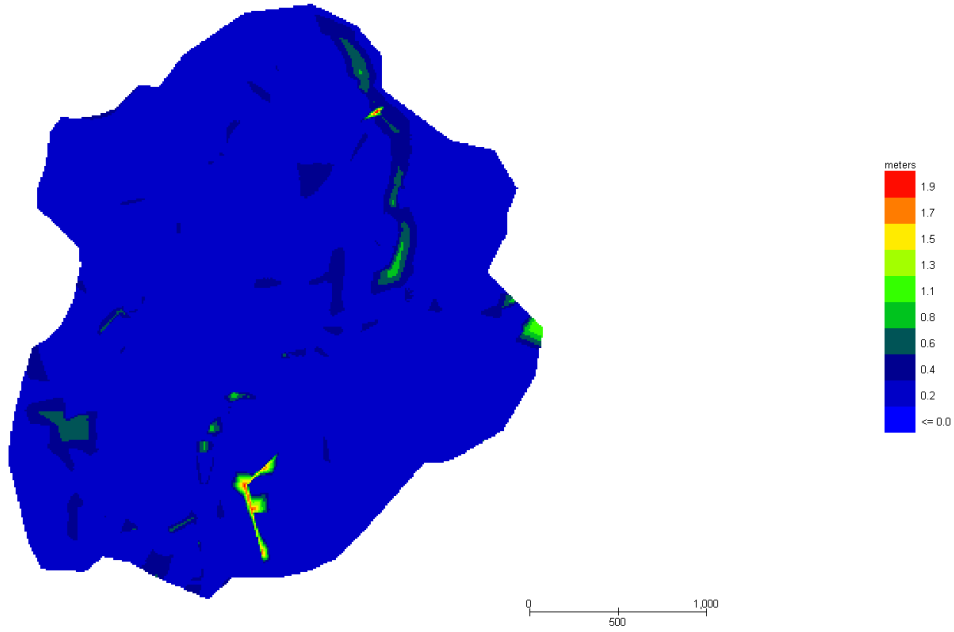


Figura 10 Modello Bacino 1 Tiranti Tr 500 anni

Grid Element Maximum Velocity

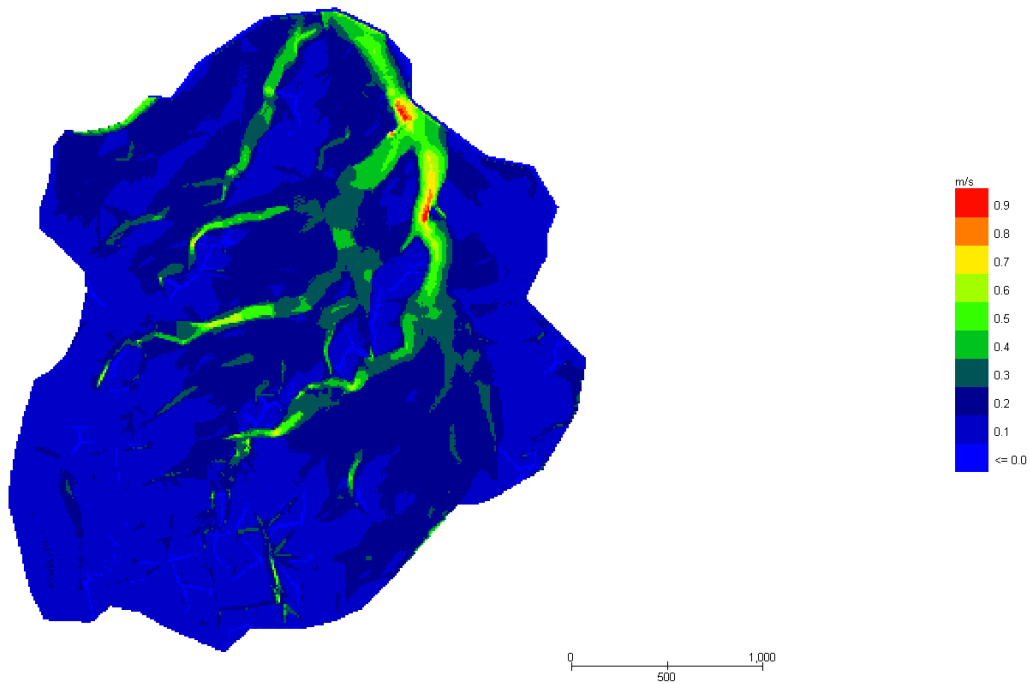


Figura 11 Modello Bacino 1 Velocità Tr 500 anni

Dall'applicazione dell'espressione prima indicata:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

si ottiene:

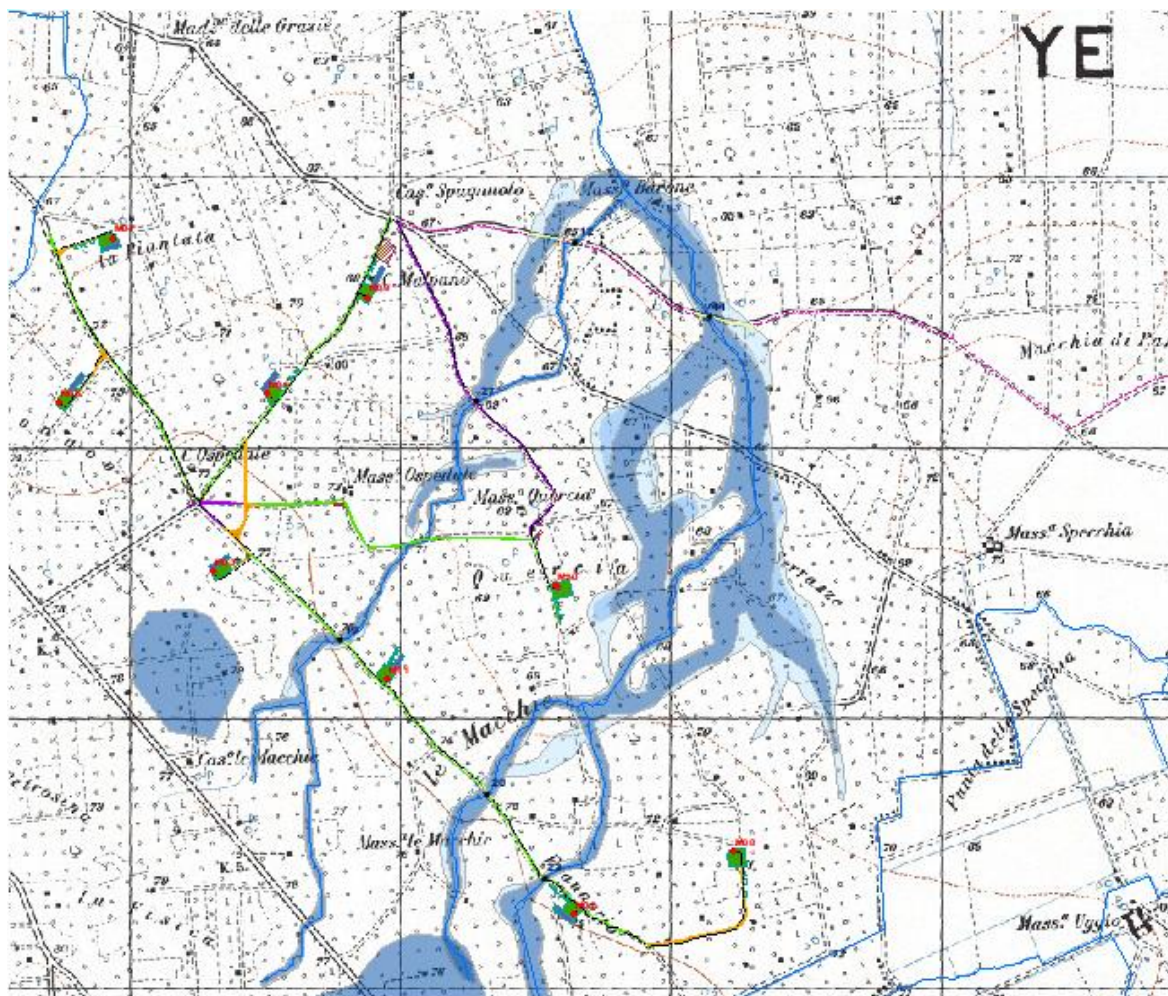


Figura 12 Aree allagabili Tr 30, 200 e 500 anni


In riferimento all'analisi svolta:

- per il superamento dell'intersezione 12 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 31,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata duecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;



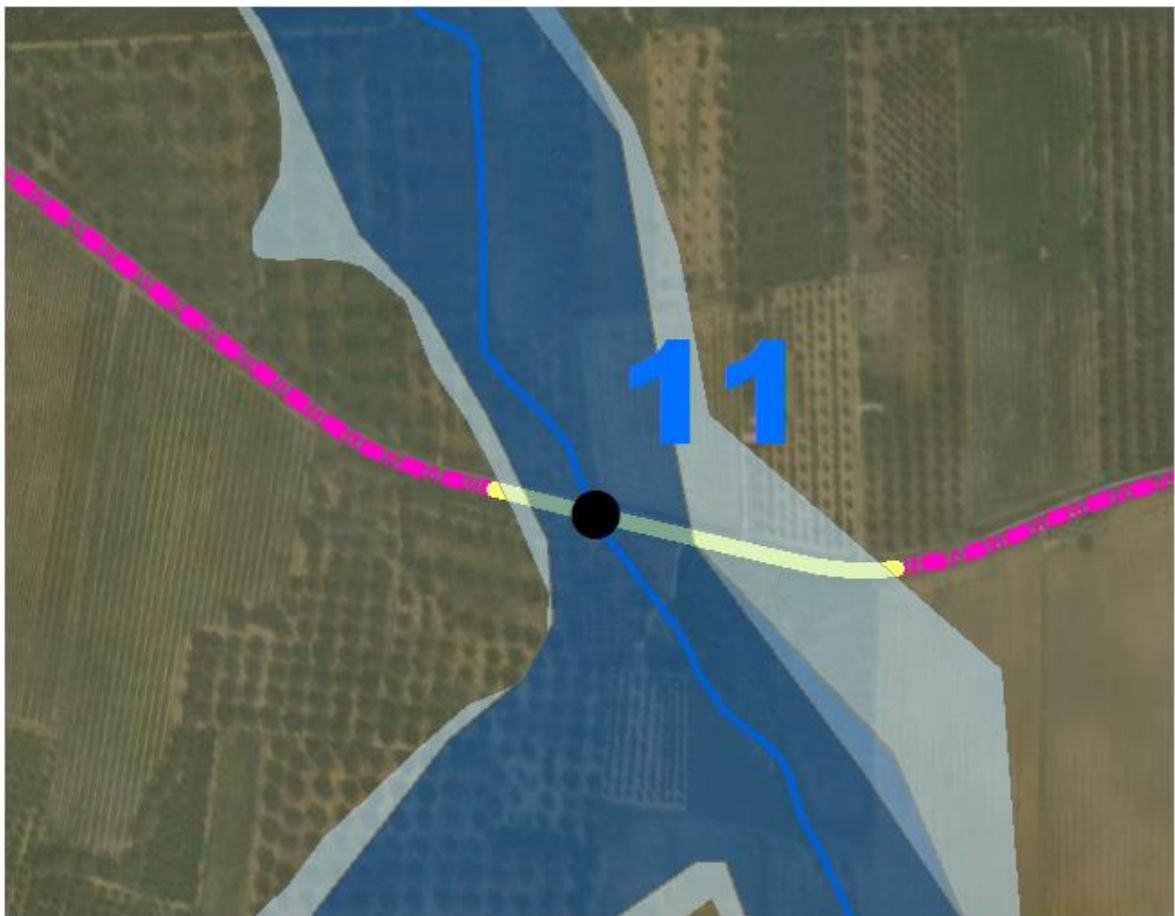
Figura 13 Dettaglio Intersezione 12


- per il superamento dell'intersezione 12 bis attribuibile all'intersezione del cavidotto con le arre allagabili rinvenienti dallo studio idrologico ed idraulico di dettaglio, si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 120,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata duecentennale. Il cavidotto in

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	33 di 47

corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;

- per il superamento dell'intersezione 11 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 207,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;



	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 34 di 47
---	---	--	---

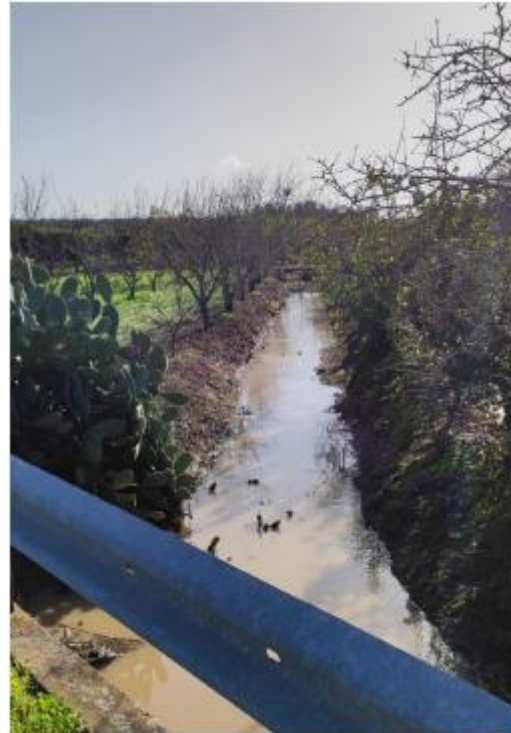



Figura 14 Dettaglio Intersezione 11

- In corrispondenza dell'intersezione 27 il modello non evidenzia criticità, tuttavia a vantaggio di sicurezza si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 64,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale, il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;



Figura 15 Dettaglio Intersezione 27

- per il superamento dell'intersezione 19 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 55,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza

 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 36 di 47
---	---	--	---

del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;



Figura 16 Dettaglio Intersezione 19

- per il superamento dell'intersezione 20 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 55,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;



Figura 17 Dettaglio Intersezione 20

- per il superamento dell'intersezione 22 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 20,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impiuvio esistente;

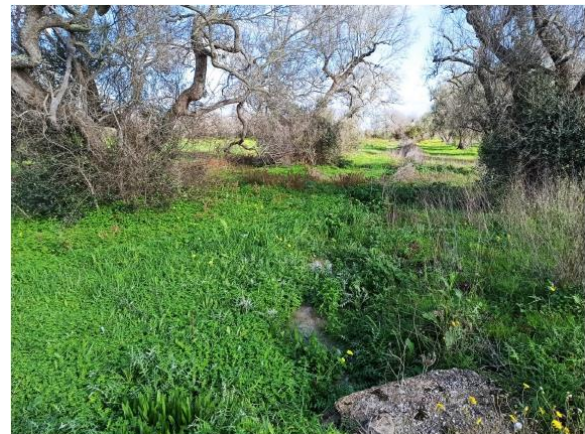



Figura 18 Dettaglio Intersezione 22

5 Calcolo profondità di erosione

Per avere garanzie sulla bontà della scelta di assicurare 3,00 m di profondità per la posa del cavo al disotto del punto più depresso delle aree allagabili, si sono individuate le azioni di trascinamento che la corrente può esplicare in corrispondenza dei tratti di attraversamento, in modo tale da verificare che la relativa profondità di escavazione non possa raggiungere il cavo stesso.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03/2023 03/11/2023 00 39 di 47
---	---	--	--

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile.

L'erosione provoca l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento a spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono i seguenti fenomeni:

- erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a precipitazioni eccezionali: si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;
- erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie: si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica; la saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto; questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Il caso in esame, dove gli attraversamenti delle aree allagabili sono previsti lungo tratti indisturbati dell'alveo in modellamento attivo, privi di opere puntuali, è da ricondurre all'erosione di tipo generalizzata.

La profondità della erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può essere definita con delle formulazioni empiriche.

Infatti la sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico individuato.

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione δ come differenza tra il tirante d'acqua h antecedente alla erosione e il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

Il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto si ricava dalle formule, del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dell'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{per sabbia e limo} \quad \text{con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$$


$$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \quad \text{per sabbia e ghiaia} \quad \text{con } 0.002 < d_{50} \text{ (m)}$$

la formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$$h_e = 0.365 q^{0.784} d_{50}^{-0.157} \quad \text{per sabbia e ghiaia con} \quad d_{75} \text{ (m)} < 0.006$$

dove per q = portata nell'unità di larghezza del canale.

Per le sezioni oggetto di interesse si sono utilizzati i dati rinvenuti dal modello di calcolo:

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00
		Data creazione	01/03//2023
		Data ultima modif.	03/11/2023
		Revisione	00
		Pagina	40 di 47

	Sezione 12	Sezione 11	Sezione 27	Sezione 19	Sezione 20	Sezione 22
h₂₀₀ (m)	2.41	4.91	1.39	2.41	4.91	1.39
v₂₀₀(m/s)	3	2.09	1.18	3	2.09	1.18


Al fine di determinare il d_{50} , sono state effettuate indagini speditive in sito, analisi e studio della carta geologica a grande scala, nonché consultazione di campionamenti eseguiti sullo stesso reticolo in sezioni molto prossime a quelle di interesse, e ancora prelievo di materiale in alveo in corrispondenza delle sezioni di studio.

Dati i valori del d_{50} , per la ricerca della profondità di escavazione deve essere applicata la prima delle due formule di Blench sopra indicate.

Si ottiene:

Ident	d_{50} (mm)	he (m)	$\delta = h_e - h$ (m)
12	0.063	0.41	0.21
11	0.063	0.74	0.52
27	0.07	0.80	0.56
19	0.07	0.61	0.39
20	0.07	0.66	0.31
22	0.096	1.76	0.52

Alla luce dei risultati ottenuti la profondità di posa del cavidotto a 3 m risulta estremamente cautelativa.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 41 di 47
---	---	--	---

6 REALIZZAZIONE TOC-MODALITÀ OPERATIVE

Al fine di assicurare che la posa dei cavi interrati non alteri l'attuale equilibrio dei materiali che costituiscono il fondo delle aree interessate dal transito delle piene bicentinarie, lungo i tratti di intersezione denominati 12,11,27,19,20 e 22 gli attraversamenti saranno realizzati con tecnica T.O.C., che si articola secondo tre fasi operative:

- 1) esecuzione del foro pilota: questo sarà di piccolo diametro e verrà realizzato mediante l'utilizzo dell'utensile fondo foro, il cui avanzamento all'interno del terreno è garantito dalla macchina perforatrice che trasmetterà il movimento rotatorio ad una batteria di aste di acciaio alla cui testa è montato l'utensile fresante. La posizione dell'utensile sarà continuamente monitorata attraverso il sistema di localizzazione;
- 2) trivellazione per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste: una volta completato il foro pilota con l'uscita dal terreno dell'utensile fondo foro (exit point) verrà montato, in testa alla batteria di aste di acciaio, l'utensile per l'allargamento del foro pilota, di diametro superiore al precedente, e il tutto viene tirato verso l'impianto di trivellazione (entry point). Durante il tragitto di rientro del sistema di trivellazione, l'alesatore allargherà il foro pilota;
- 3) tiro della tubazione o del cavo del foro: completata l'ultima fase di alesatura, in corrispondenza dell'exit point verrà montato, in testa alle condotte da posare già giuntate tra loro, l'utensile per la fase di tiro-posa e questo viene collegato con l'alesatore. Tale utensile ha lo scopo di evitare che durante la fase di tiro, il movimento rotatorio applicato al sistema dalla macchina perforatrice non venga trasmesso alle tubazioni. La condotta viene tirata verso l'exit point. Raggiunto il punto di entrata la posa della condotta si può considerare terminata.

A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della TOC.

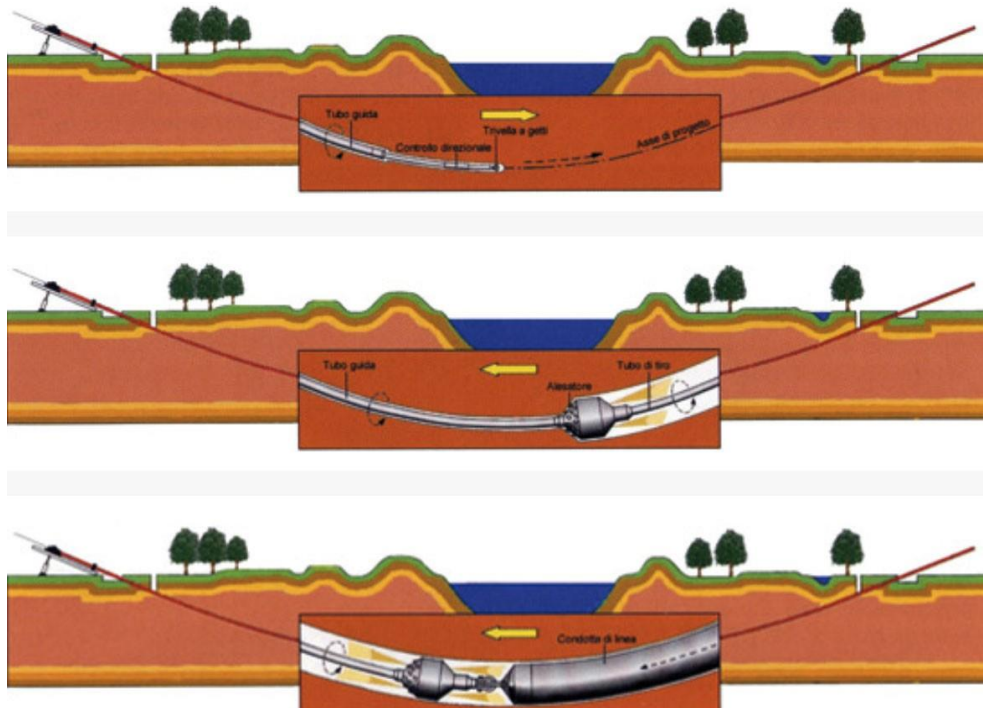
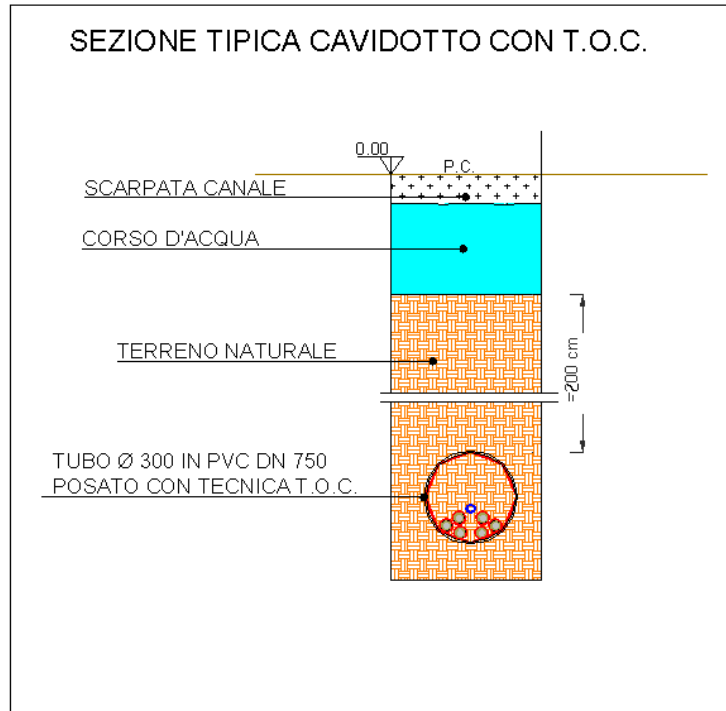




Figura 19 Operazioni di scavo direzionali con TOC

7 ACCORGIMENTI PER SCAVI A CIELO APERTO

In fase di realizzazione degli scavi si adotteranno i seguenti accorgimenti:

 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 43 di 47
---	---	--	---

- le operazioni di scavo e rinterro per la posa dei cavidotti non modificheranno il libero deflusso delle acque superficiali;
- saranno realizzate opere atte ad impedire il trasferimento nel sottosuolo di eventuali acque superficiali che si dovessero infiltrare nella trincea di scavo anche in funzione della pendenza longitudinale del fondo;
- durante l'esercizio delle opere si eviterà, in modo assoluto, l'infiltrazione delle acque piovane nelle trincee realizzate per la posa dei cavidotti;
- il materiale di risulta provenienti dagli scavi, non utilizzato, sarà portato nel più breve tempo possibile alle discariche autorizzate.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 44 di 47
---	---	--	---


8 CONCLUSIONI

Il presente elaborato è stato redatto al fine di dare riscontro alle richieste del Dipartimento Autorità Idraulico, pervenute la Conferenza dei Servizi del Parco Eolico Mondonuovo, in particolare si affronteranno le tematiche idrologiche ed idrauliche.

Difatti nel parere citato l'autorizzazione definitiva è subordinata alla redazione di appositi studi idrologici ed idraulici con vari tempi di ritorno (tr 30, 200 e 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili, al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica.

Gli approfondimenti richiesti riguardano:

- Attraversamento TOC1- Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC2- Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica:
- Attraversamento TOC3- Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC4- Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC5- Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica
- Attraversamento TOC6- Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) - studio di compatibilità idrologica ed idraulica con vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni) con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare che i pozzetti di perforazione di ingresso e di uscita della TOC siano in posizione di sicurezza idraulica:
- Per quanto attiene le opere accessorie per il montaggio dell'aerogeneratore M02 contenute entro 100m dall'asse del reticolo idrografico Canale Li Macchie Torricella (ID 80 Consorzio Bonifica Arneo) sia in destra idraulica che in sinistra idraulica (strada di accesso provvisoria, piazzola per montaggio gru, realizzazione di un tombino in

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 45 di 47
---	---	--	---

cemento per consentire la continuità idraulica del reticolo idrografico attraversato dalla strada provvisoria di accesso ecc.), dovrà essere sviluppato con la progettazione esecutiva lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica di tali interventi per vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni), con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare l'idoneità del tombino provvisorio in cemento, la sicurezza idraulica delle aree interessate da tali opere provvisorie e la compatibilità delle attività che vi si svolgeranno. Tali opere accessorie (strada di accesso provvisoria, piazzola per montaggio gru, realizzazione di un tombino in cemento), dovranno essere rimosse alla fine dei lavori, ripristinando la morfologia dei luoghi e la permeabilità dei terreni originaria.


- Per quanto riguarda gli interventi di allargamento temporaneo della sede stradale denominati "Intervento 5 e 6" in corrispondenza del reticolo idrografico Canale Quercia (ID 91 Consorzio Bonifica Arneo) dovrà essere sviluppato con la progettazione esecutiva lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica di tali interventi per vari tempi di ritorno (Tr 30, 200, 500 anni), con la determinazione delle aree allagabili al fine di verificare la non alterazione del regime idraulico, la sicurezza idraulica delle aree interessate da tali opere provvisorie e la compatibilità delle attività che vi si svolgeranno. Tali opere accessorie dovranno essere rimosse alla fine dei lavori, ripristinando la morfologia dei luoghi e la permeabilità dei terreni originaria.

In merito alla prescrizione di posare il cavidotto con tecnica TOC nei punti in cui interseca il canale Quercia ed il canale Li Macchie Torricella, è stato redatto uno studio idrologico e idraulico per la determinazione delle aree allagabili per periodi di ritorno pari a Tr 30, 200 e 500 anni, studio i cui contenuti sono descritti di seguito.

I punti di infissione e di uscita delle TOC sono stati previsti all'esterno delle suddette aree allagabili e il cavidotto sarà posato ad una profondità minima di 3 m dal fondo dell'alveo.

In merito alla realizzazione di un tombino in cemento funzionale alla risoluzione dell'interferenza tra la strada di accesso provvisoria alla torre M02 ed il Canale Li Macchie Torricella, si fa presente che il progetto esecutivo ha eliminato il tratto di strada interferente con il canale. Per accedere alla piazzola di montaggio dell'aerogeneratore verrà utilizzata la viabilità pubblica esistente. Per quanto attiene alla pista per il montaggio del braccio gru prevista in progetto esecutivo, questa non interferisce con le aree allagabili calcolate per periodi di ritorno Tr 30, 200 e 500 anni.

Per quel che riguarda gli interventi a carico della viabilità sono previsti modesti allargamenti della viabilità esistente.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 46 di 47
---	---	--	---


Come evidenziato anche negli elaborati grafici, questi interventi prevedono la posa di materiale misto stabilizzato previo scavo del terreno esistente, senza modificare l'orografia del terreno esistente, il che non comporta variazione della sezione di deflusso dei fossi eventualmente intercettati.

Le verifiche idrauliche eseguite in corrispondenza dei punti d'interferenza dei reticoli idrografici hanno permesso di individuare le aree esondabili con tempo di ritorno 30, 200 e 500 anni, così come richiesto dalle NTA del PAI redatto dall'AdB della Puglia.

Per l'analisi idrologica ed idraulica delle interferenze rilevate è stato individuato un unico bacino idrografico, di seguito si riporta una sintesi delle risultanze del presente studio.

In riferimento all'analisi svolta:

- per il superamento dell'intersezione 12 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 31,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata duecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;
- per il superamento dell'intersezione 11 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 207,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;
- In corrispondenza dell'intersezione 27 il modello non evidenzia criticità, tuttavia a vantaggio di sicurezza si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 64,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale, il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;
- per il superamento dell'intersezione 19 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 55,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;
- per il superamento dell'intersezione 20 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza pari a 55,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;
- per il superamento dell'intersezione 22 si propone di posare il cavidotto tramite TOC di lunghezza minima pari a 20,00 m. I punti di infissione e uscita della TOC saranno esterni

 TENPROJECT	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PEMN-PE-SEZ.12-CIV12.9.1.1.R00 01/03//2023 03/11/2023 00 47 di 47
---	---	--	---

all'area allagabile calcolata per una portata cinquecentennale. Il cavidotto in corrispondenza del punto di intersezione sarà posato ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo dell'impluvio esistente;

A vantaggio di sicurezza e al fine di definire compiutamente le eventuali azioni erosive della corrente in alveo sono stati prelevati campioni di materiale in corrispondenza delle intersezioni individuate, dai calcoli effettuati risulta che la scelta di posare il cavidotto in corrispondenza dei punti di intersezione ad una profondità non inferiore a 3,0 m rispetto al fondo degli impluvi esistenti è estremamente cautelativa.

A seguito delle analisi svolte e degli accorgimenti progettuali previsti è possibile affermare che il parco eolico nella sua interezza risulta essere in condizioni di sicurezza idraulica.

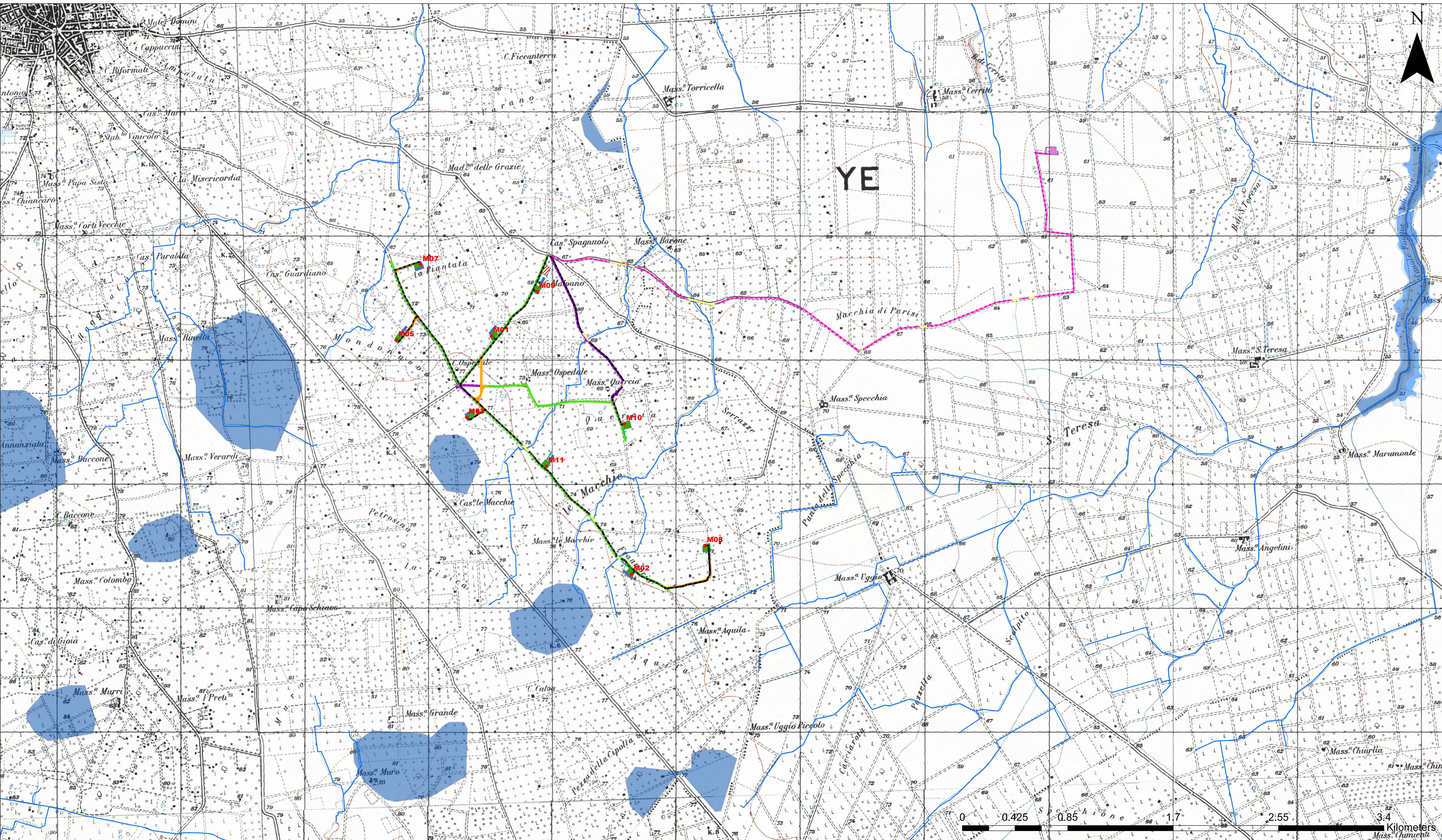


TAVOLA 1 COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO CON RAPPRESENTAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO E DELLE PERIMETRAZIONI PAI VIGENTI

<ul style="list-style-type: none"> ● Torri --- Cavidotto esterno --- Cavidotto in TOC --- Cavidotto interno --- Strade di cantiere --- Strade esistenti da adeguare --- Strade esistenti da adeguare. 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Allargamenti temporanei ▨ Piazzola di Montaggio ▨ Piazzola di Stoccaggio ▨ Piazzole ausiliarie appoggio gru ▨ Stazione elettrica ▨ Aree di cantiere 	<ul style="list-style-type: none"> — Reticolo Idrografico ▨ Alta pericolosità idraulica ▨ Media pericolosità idraulica ▨ Bassa pericolosità idraulica
--	--	---

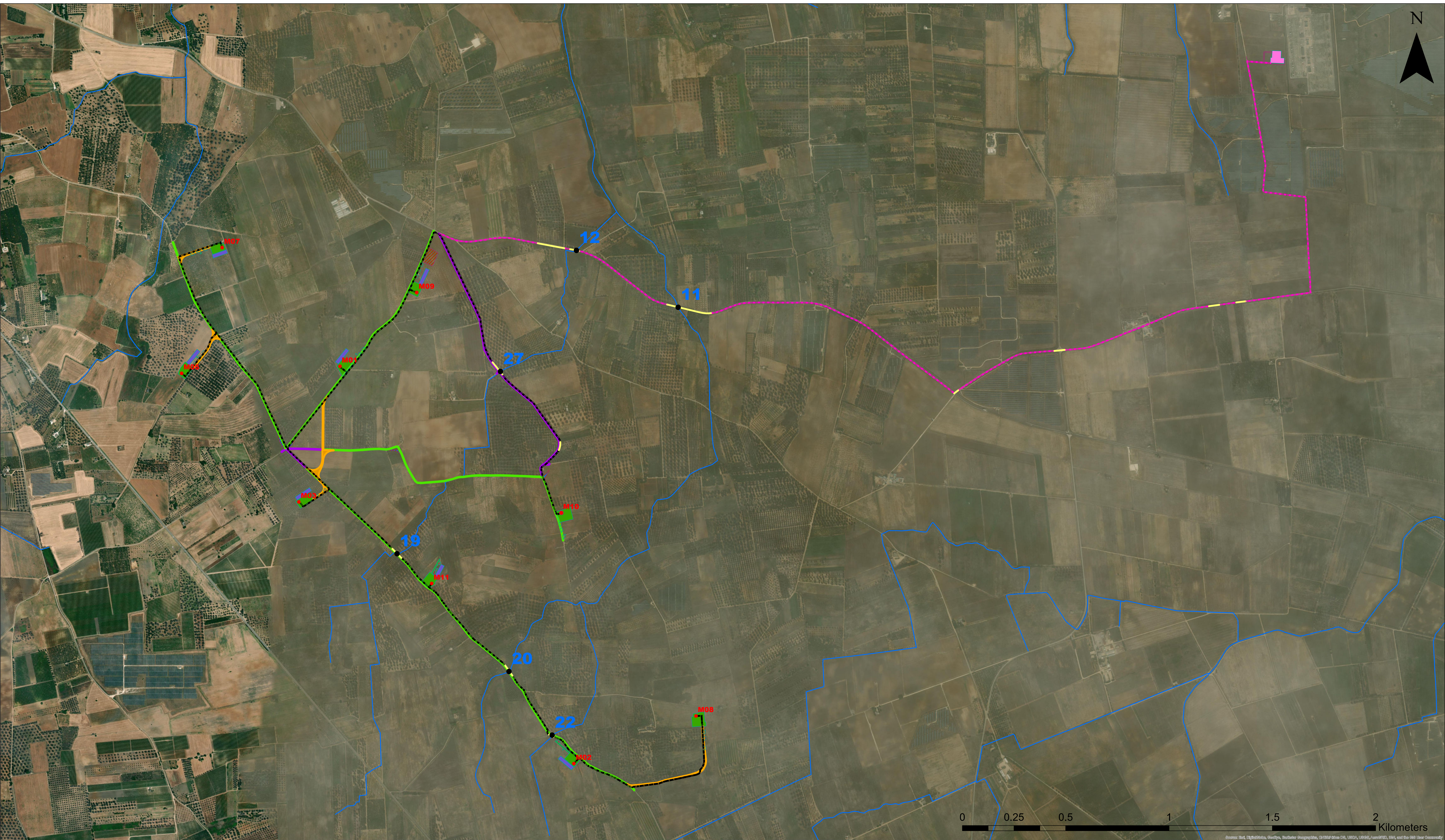


TAVOLA 2 COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO CON RAPPRESENTAZIONE DELLE INTERSEZIONI DEL CAVIDOTTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

Legend

- Torri
- Cavidotto esterno
- Cavidotto in TOC
- - - Cavidotto interno
- Strade di cantiere
- Strade esistenti da adeguare
- Strade esistenti da adeguare.
- ▨ Allargamenti temporanei
- Piazzola di Montaggio
- Piazzola di Stoccaggio
- ▨ Piazzole ausiliarie appoggio gru
- Stazione elettrica
- ▨ Aree di cantiere
- Reticolo_Idrografico
- Intersezini cavidotto-reticolo idrografico

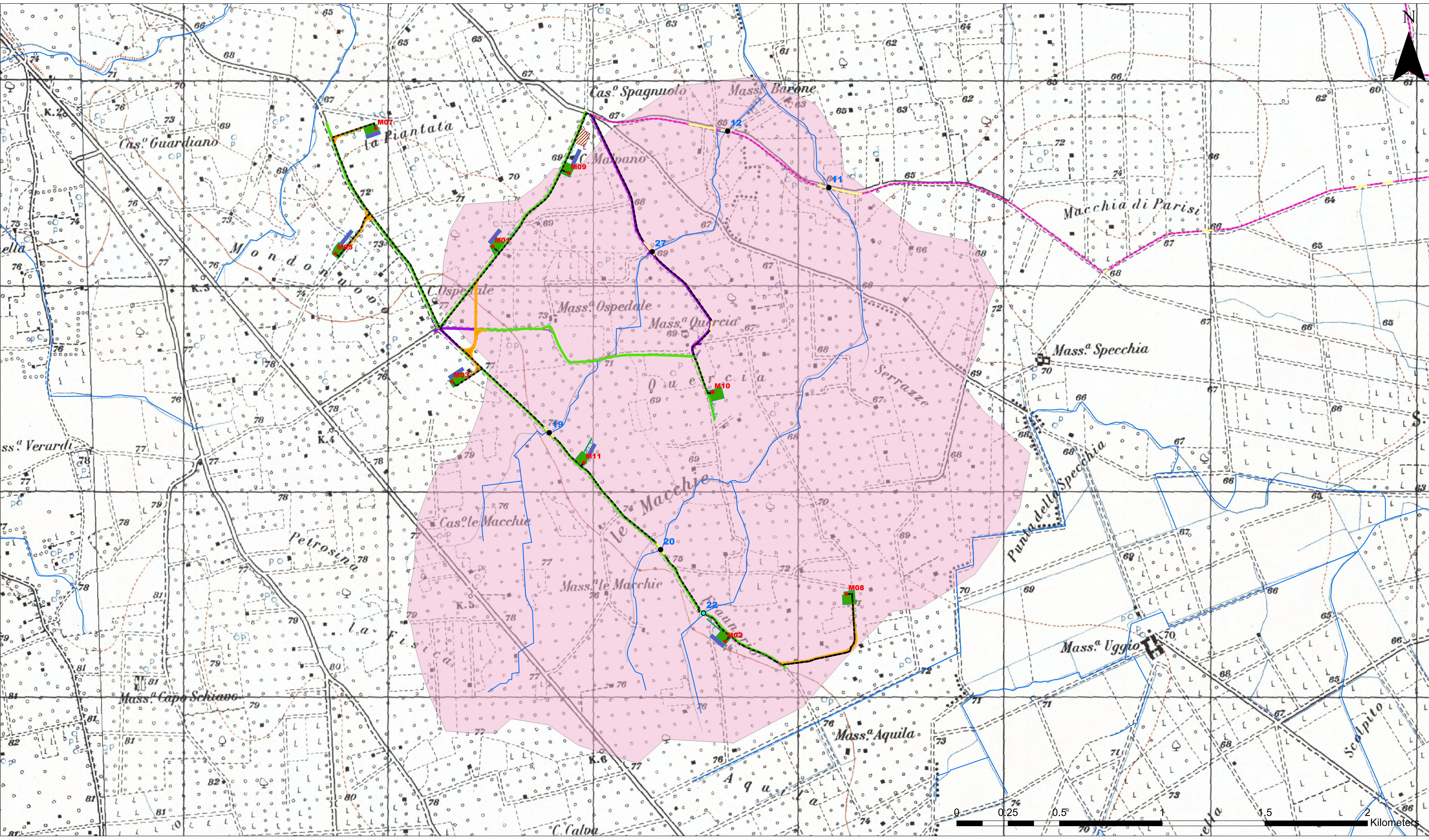


TAVOLA 3 CARTA BACINO IDROGRAFICO

Legend

- Torri
- Cavidotto esterno
- Cavidotto in TOC
- Cavidotto interno
- Strade di cantiere
- Strade esistenti da adeguare
- Strade esistenti da adeguare.
- Allargamenti temporanei
- Piazzola di Montaggio
- Piazzola di Stoccaggio
- Piazzole ausiliarie appoggio gru
- Stazione elettrica
- Aree di cantiere
- Reticolo_Idrografico
- Bacini
- Intersezioni cavidotto-reticolo idrografico

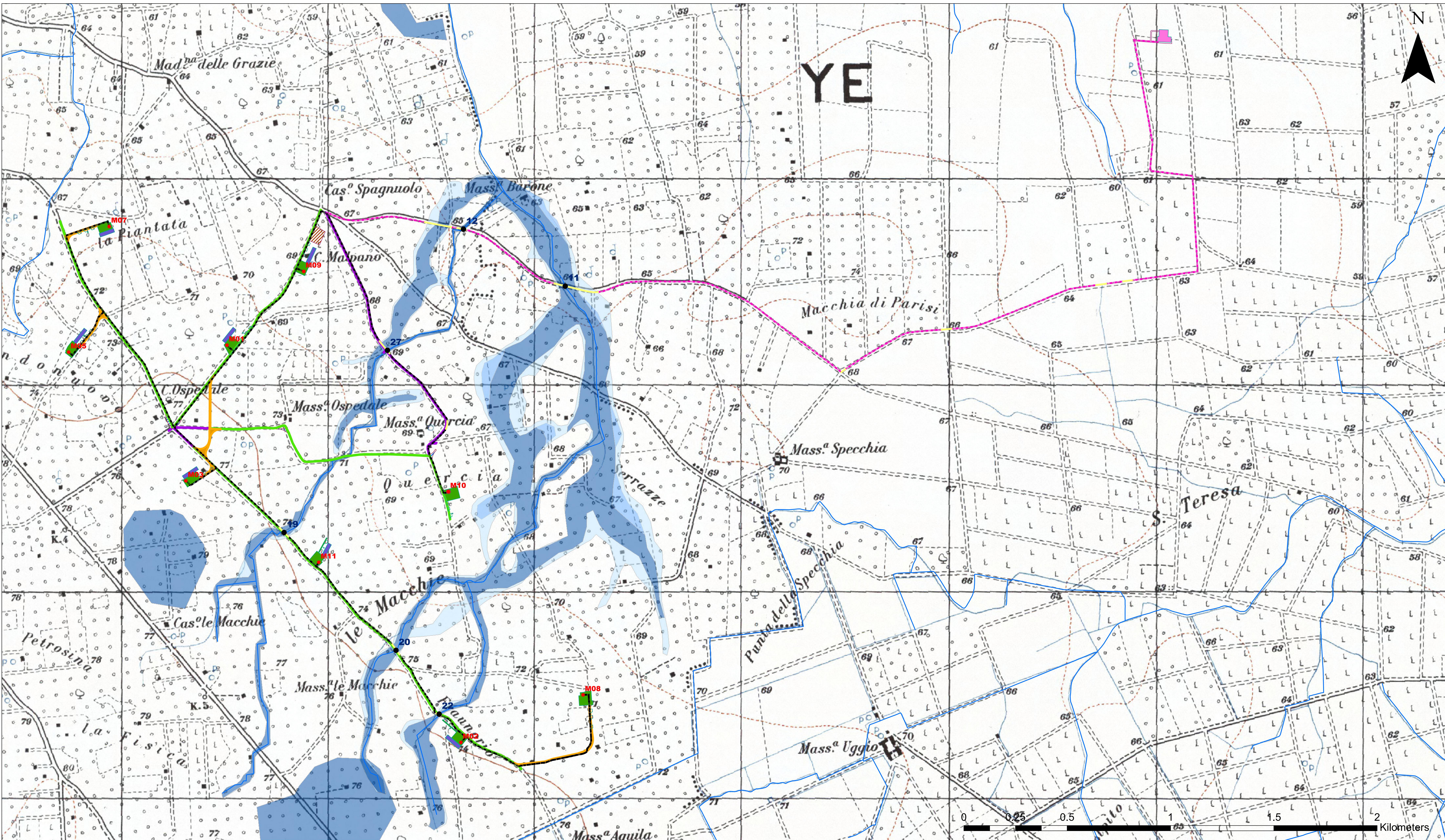


TAVOLA 4 CARTA AREE ALLAGABILI DA MODELLO DI PROGETTO

Legend

- | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|---|
| ● Torri | Allargamenti temporanei | Reticolo Idrografico |
| Cavidotto esterno | Piazzola di Montaggio | ● Intersezioni cavidotto-reticolo idrografico |
| Cavidotto in TOC | Piazzola di Stoccaggio | Alta pericolosità idraulica |
| Cavidotto interno | Piazzole ausiliarie appoggio gru | Media pericolosità idraulica |
| Strade di cantiere | Stazione elettrica | Bassa pericolosità idraulica |
| Strade esistenti da adeguare | Aree di cantiere | |
| Strade esistenti da adeguare. | | |



Laborgeo s.r.l.
Via Dei Mestieri n° 16 – 75100 MATERA
Tel. 0835.387641 - E-mail: laborgeo@tin.it



UNI EN ISO 9001:2015

Art. 59 DPR 380/2001 – Circ. 7618/STC – C.S.L.P.
Decreto 0000073 del 09.04.2020 Settore "A" e "B"
Prove di laboratorio su Terre, Rocce e Aggregati

PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

Committente:
RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

Verbale di accettazione n° 13T/2023 del 03.02.2023

Certificati emessi dal n° 260T/2023 al n° 271T/2023

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale		%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,0	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A4	I.G. = 4

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,7	%
Sabbia	44,9	%
Limo	45,7	%
Argilla	8,7	%
D 10	0,005511	mm
D 50	0,063070	mm
D 60	0,091266	mm
D 90	0,250255	mm
Passante set. 10	98,6	%
Passante set. 42	96,5	%
Passante set. 200	54,4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m

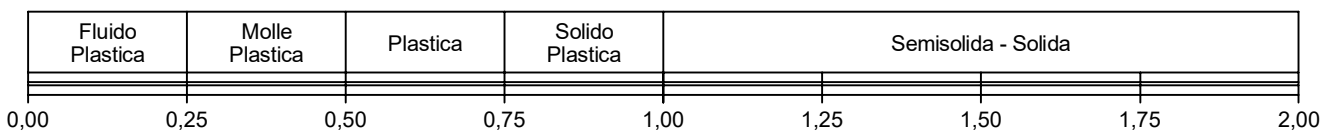
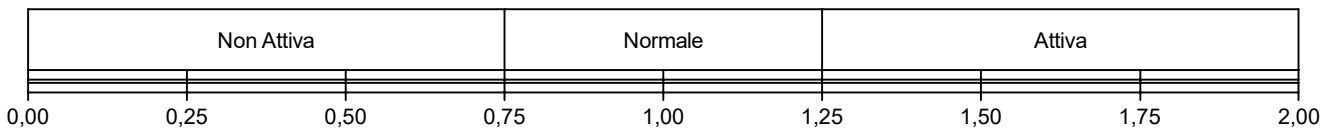
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

Limo con sabbia debolmente argilloso

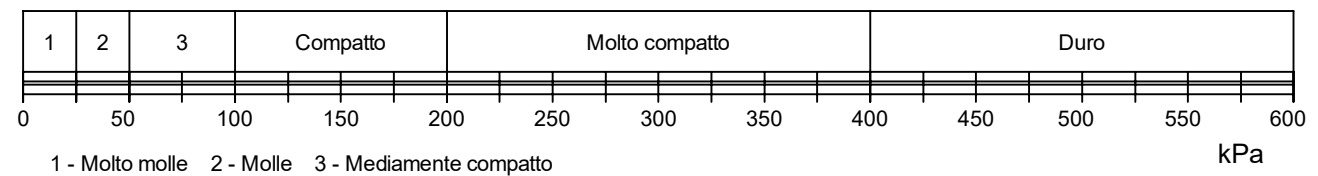
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

 $I.C. = \text{Indice di consistenza} = (LL - W_n) / IP = 0,00$

 $A = \text{Attività (Skempton)} = IP / CF \text{ (clay fraction)} = 0,00$


CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

 $O.C.R. \text{ (Over Consolidation Ratio)} = 0,00$


Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00260	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 06/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 07/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,0 kN/m³**

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,0 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

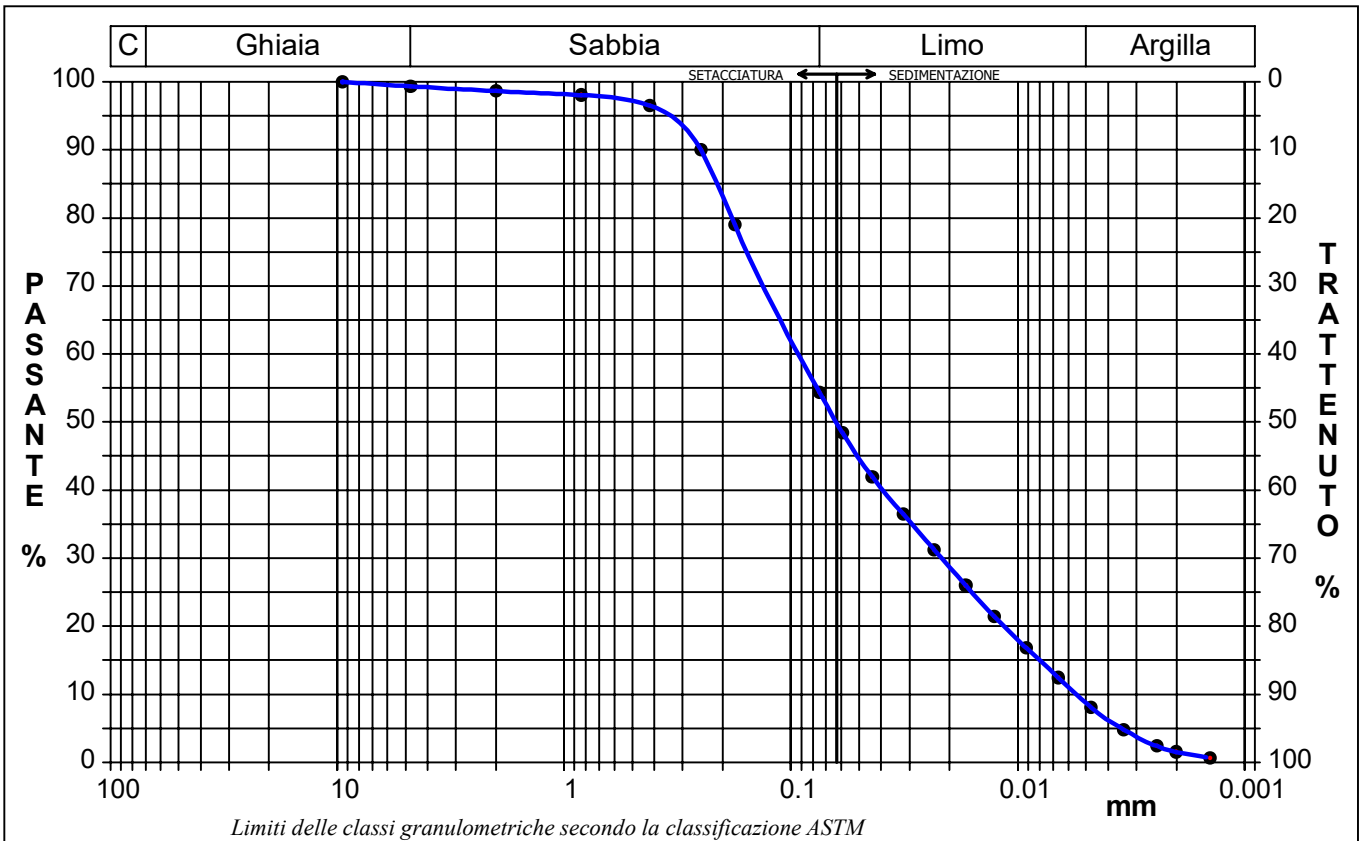
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00261	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,6 %	D10	0,00551 mm
Sabbia	44,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,5 %	D30	0,02165 mm
Limo	45,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	54,4 %	D50	0,06307 mm
Argilla	8,7 %			D60	0,09127 mm
Coefficiente di uniformità		16,56	Coefficiente di curvatura		0,93
				D90	0,25026 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	89,99	0,0320	36,47	0,0066	12,45	0,0014	0,66
4,7500	99,33	0,1770	79,00	0,0233	31,23	0,0048	8,08		
2,0000	98,64	0,0750	54,37	0,0170	25,99	0,0034	4,80		
0,8410	98,05	0,0594	48,48	0,0127	21,40	0,0024	2,40		
0,4200	96,51	0,0438	41,93	0,0092	16,81	0,0020	1,53		

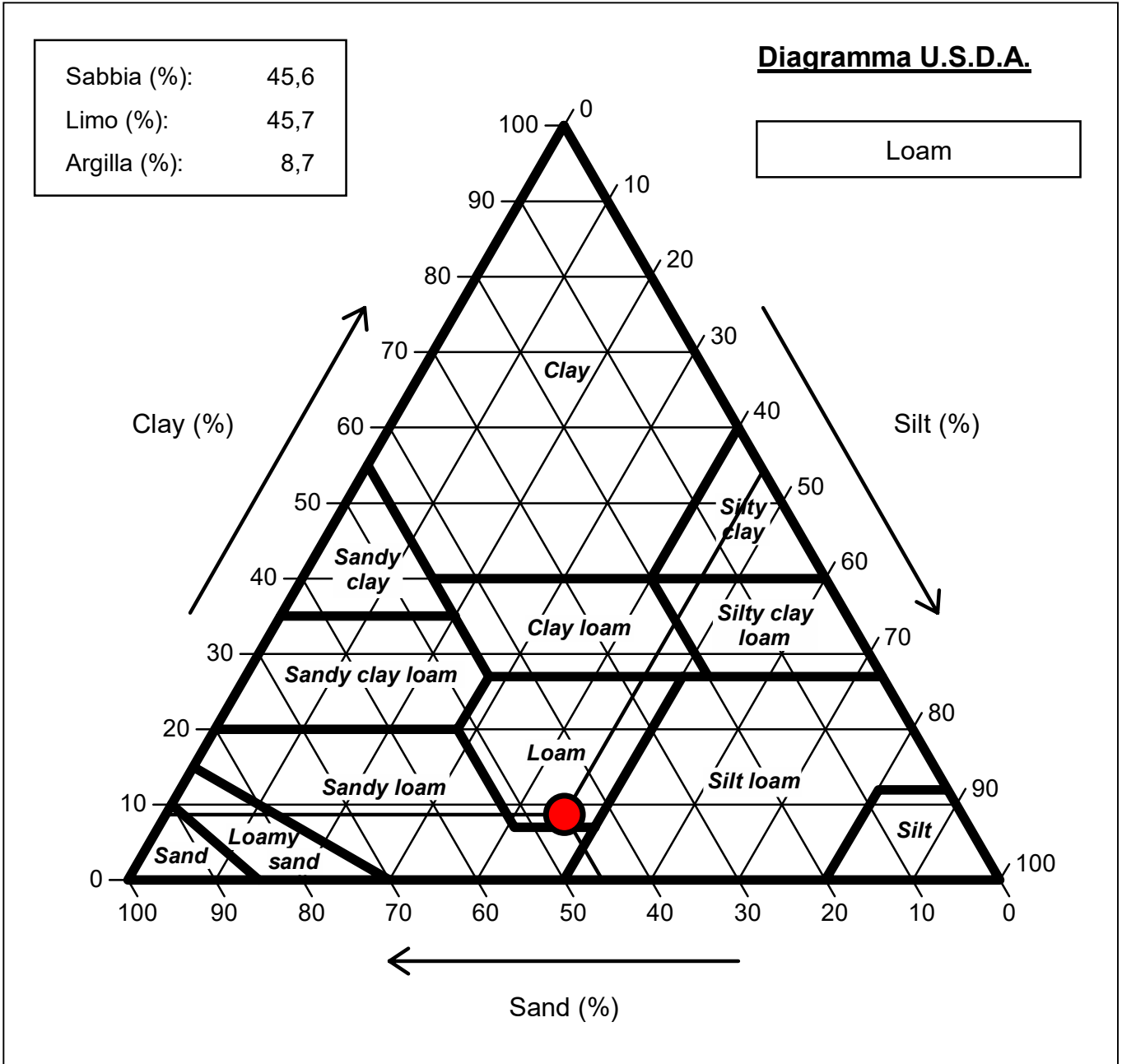
Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00261	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale		%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,0	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A4	I.G. = 4

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,7	%
Sabbia	44,9	%
Limo	45,7	%
Argilla	8,7	%
D 10	0,005511	mm
D 50	0,063070	mm
D 60	0,091266	mm
D 90	0,250255	mm
Passante set. 10	98,6	%
Passante set. 42	96,5	%
Passante set. 200	54,4	%

PERMEABILITA'

 Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

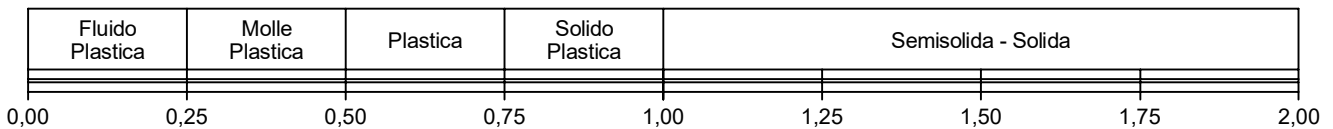
Classifica A.G.I.

Limo con sabbia debolmente argilloso

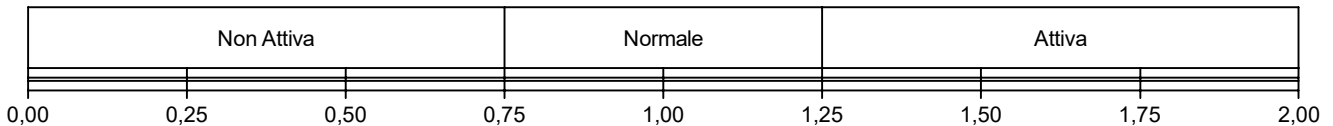
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,00$

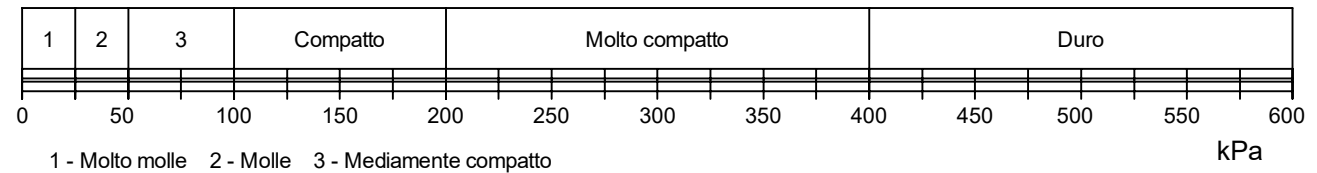


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00262	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 06/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 07/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,0 kN/m³**

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,0 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

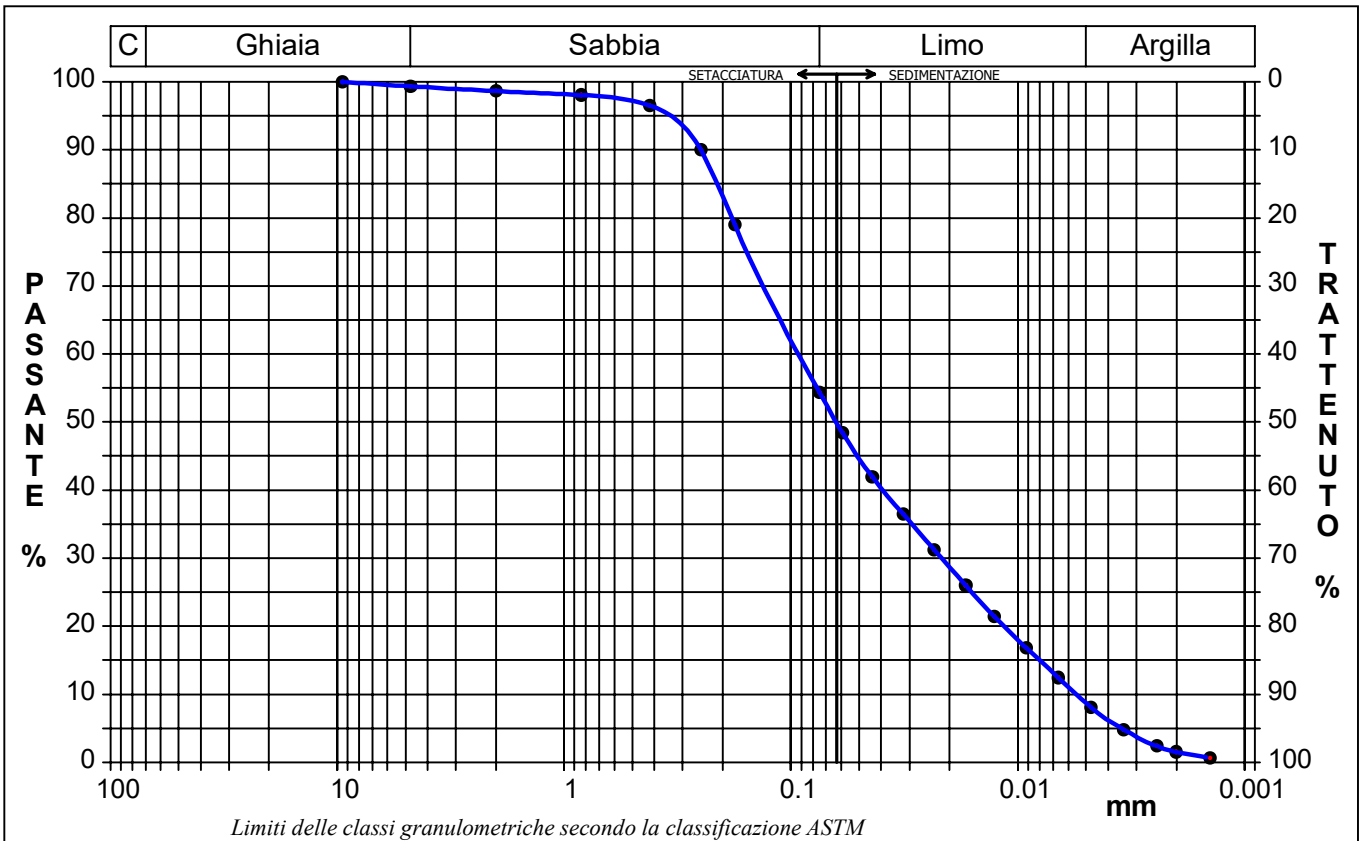
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00263	Pagina 1/1	DATA DI	14/02/23	Inizio analisi:	09/02/23	
EMISSIONE: VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23		del	03.02.23	03.02.23	Fine analisi:	10/02/23

COMMITTENTE:	RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.				
RIFERIMENTO:	PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)				
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	C2	PROFONDITA':	m	

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,6 %	D10	0,00551 mm
Sabbia	44,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,5 %	D30	0,02165 mm
Limo	45,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	54,4 %	D50	0,06307 mm
Argilla	8,7 %			D60	0,09127 mm
Coefficiente di uniformità		16,56	Coefficiente di curvatura		0,93
				D90	0,25026 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	89,99	0,0320	36,47	0,0066	12,45	0,0014	0,66
4,7500	99,33	0,1770	79,00	0,0233	31,23	0,0048	8,08		
2,0000	98,64	0,0750	54,37	0,0170	25,99	0,0034	4,80		
0,8410	98,05	0,0594	48,48	0,0127	21,40	0,0024	2,40		
0,4200	96,51	0,0438	41,93	0,0092	16,81	0,0020	1,53		

Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00263	Allegato 1	DATA DI	14/02/23	Inizio analisi:	09/02/23	
EMISSIONE: VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23		del	03.02.23	03.02.23	Fine analisi:	10/02/23

COMMITTENTE:	RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.				
RIFERIMENTO:	PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)				
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	C2	PROFONDITA':	m	

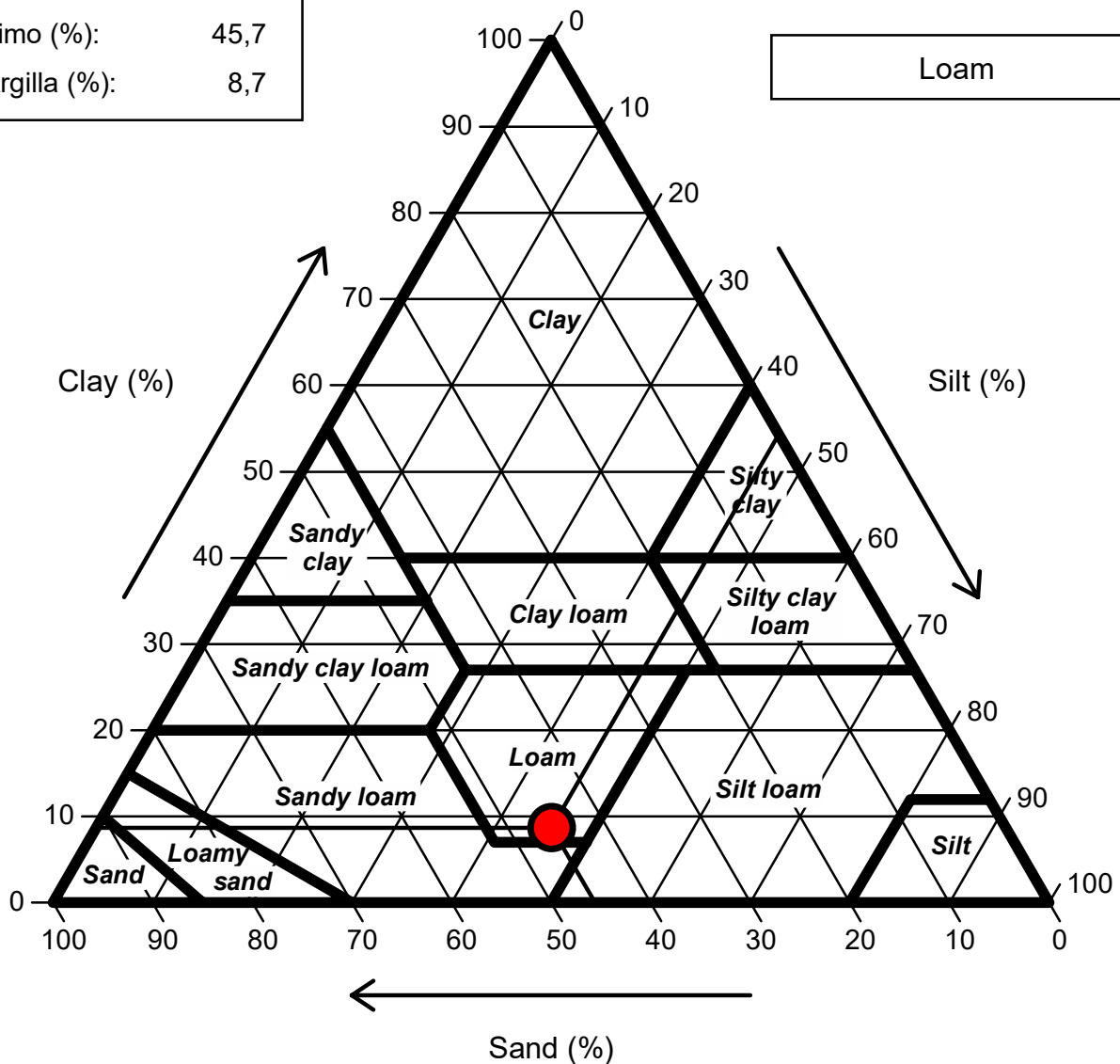
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Sabbia (%):	45,6
Limo (%):	45,7
Argilla (%):	8,7

Diagramma U.S.D.A.

Loam



Limo con sabbia, debolmente argilloso di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	26,3 kN/m ³
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	A4 I.G. = 3

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,2	%
Sabbia	48,2	%
Limo	46,9	%
Argilla	3,7	%
D 10	0,008740	mm
D 50	0,073699	mm
D 60	0,094751	mm
D 90	0,231908	mm
Passante set. 10	98,1	%
Passante set. 42	95,8	%
Passante set. 200	50,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

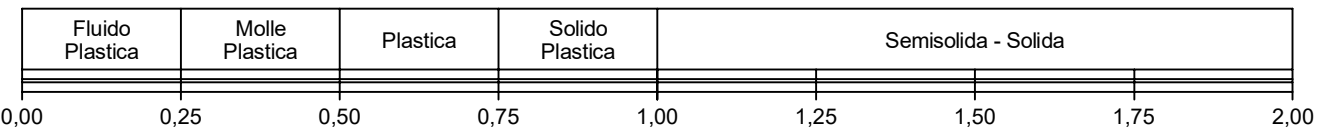
Classifica A.G.I.

Sabbia con limo

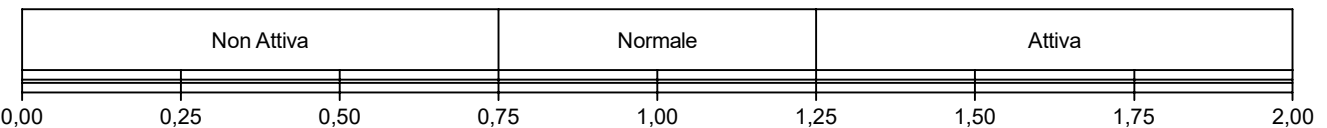
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,00$

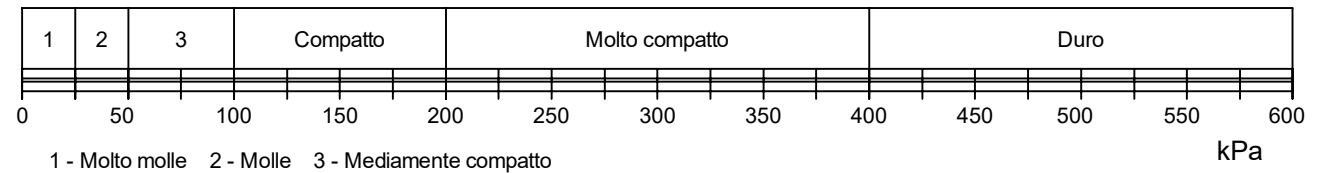


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa

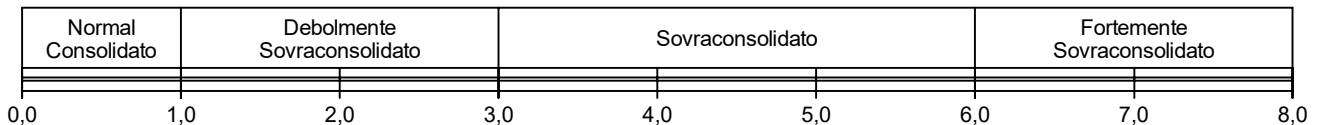


CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00264	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 06/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 07/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,3 kN/m³**

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,3 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Sabbia con limo di colore marrone

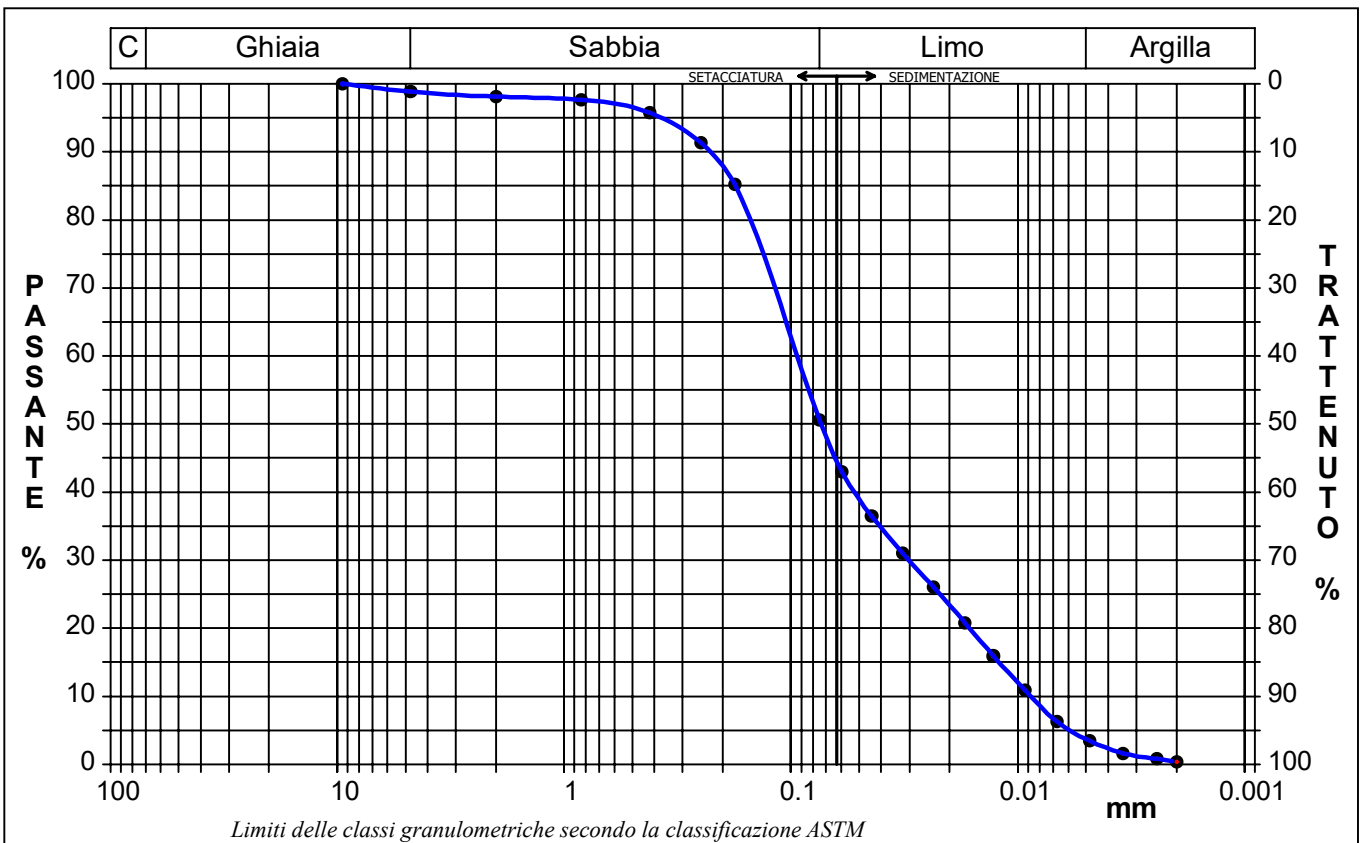
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00265	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	1,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,1 %	D10	0,00874 mm
Sabbia	48,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,8 %	D30	0,03016 mm
Limo	46,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	50,6 %	D50	0,07370 mm
Argilla	3,7 %			D60	0,09475 mm
Coefficiente di uniformità		10,84	Coefficiente di curvatura		1,10
				D90	0,23191 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	91,34	0,0323	31,08	0,0067	6,26		
4,7500	98,82	0,1770	85,18	0,0235	26,03	0,0048	3,43		
2,0000	98,11	0,0750	50,58	0,0171	20,79	0,0034	1,61		
0,8410	97,63	0,0596	42,98	0,0128	15,94	0,0024	0,81		
0,4200	95,75	0,0441	36,53	0,0093	10,90	0,0020	0,40		

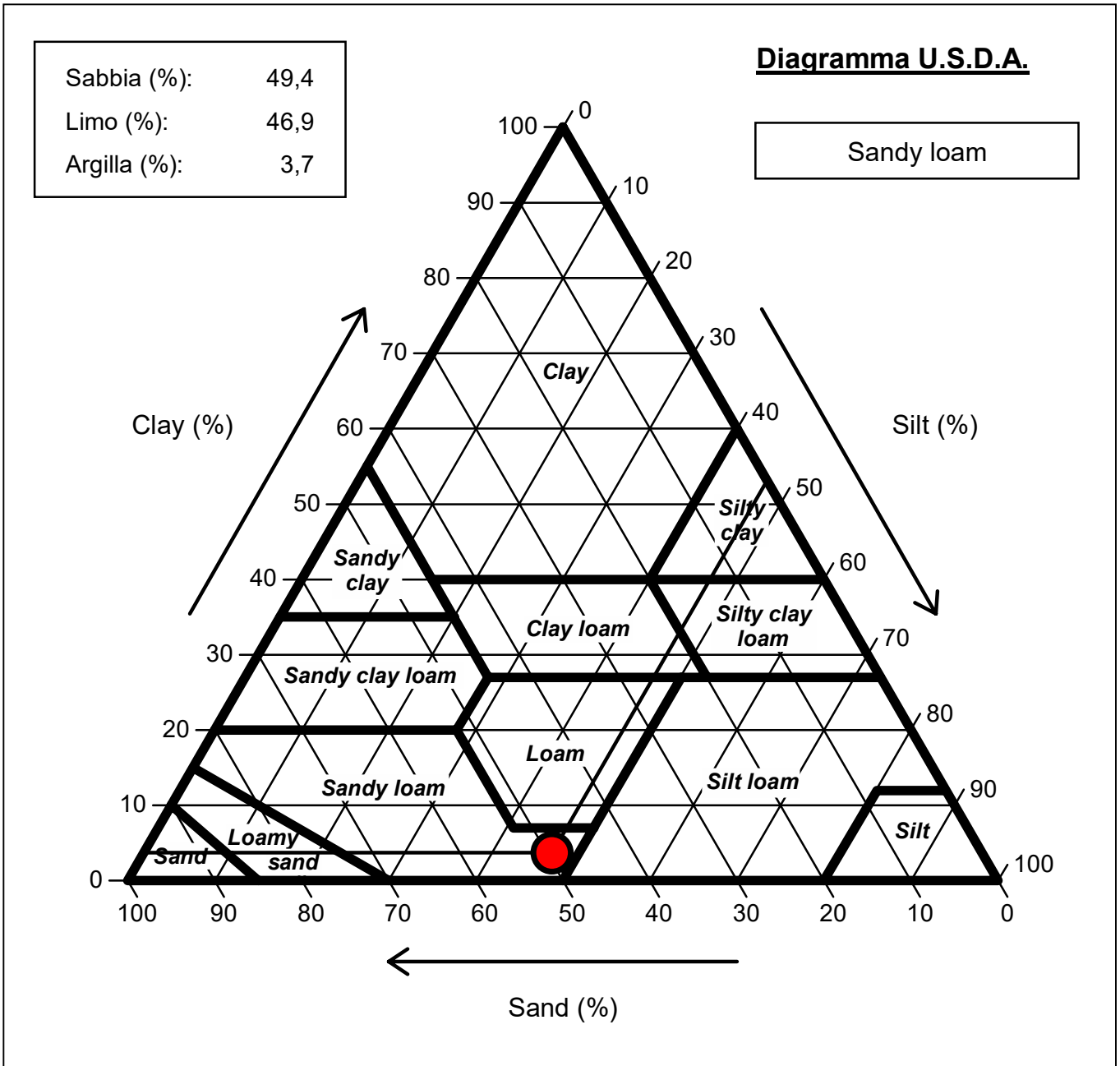
Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00265	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C4

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	26,3 kN/m ³
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	A4 I.G. = 3

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,2	%
Sabbia	48,2	%
Limo	46,9	%
Argilla	3,7	%
D 10	0,008740	mm
D 50	0,073699	mm
D 60	0,094751	mm
D 90	0,231908	mm
Passante set. 10	98,1	%
Passante set. 42	95,8	%
Passante set. 200	50,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C4

PROFONDITA': m

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

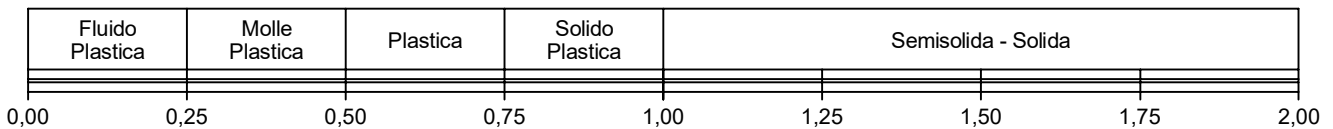
Classifica A.G.I.

Sabbia con limo

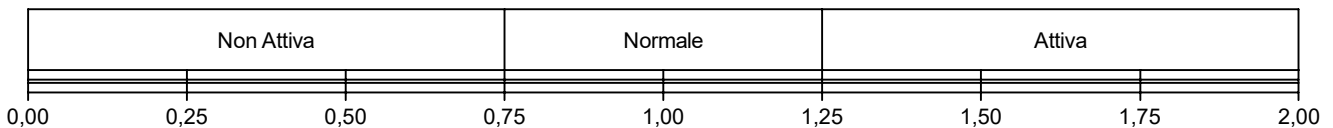
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,00$

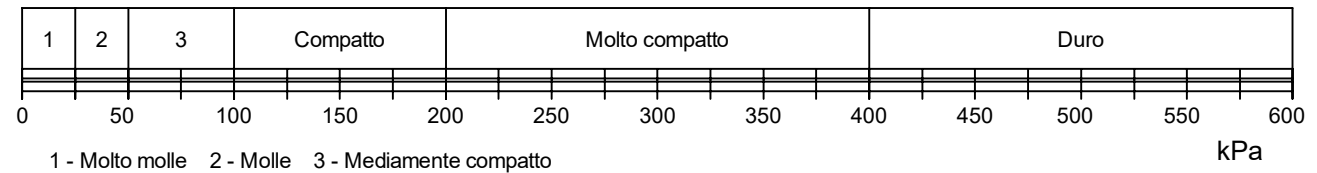


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00266	Pagina 1/1	DATA DI	14/02/23	Inizio analisi:	06/02/23	
EMISSIONE: VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23		del	03.02.23	03.02.23	Fine analisi:	07/02/23

COMMITTENTE:	RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.				
RIFERIMENTO:	PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)				
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	C4	PROFONDITA':	m	

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,3 kN/m³**

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,3 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Sabbia con limo di colore marrone

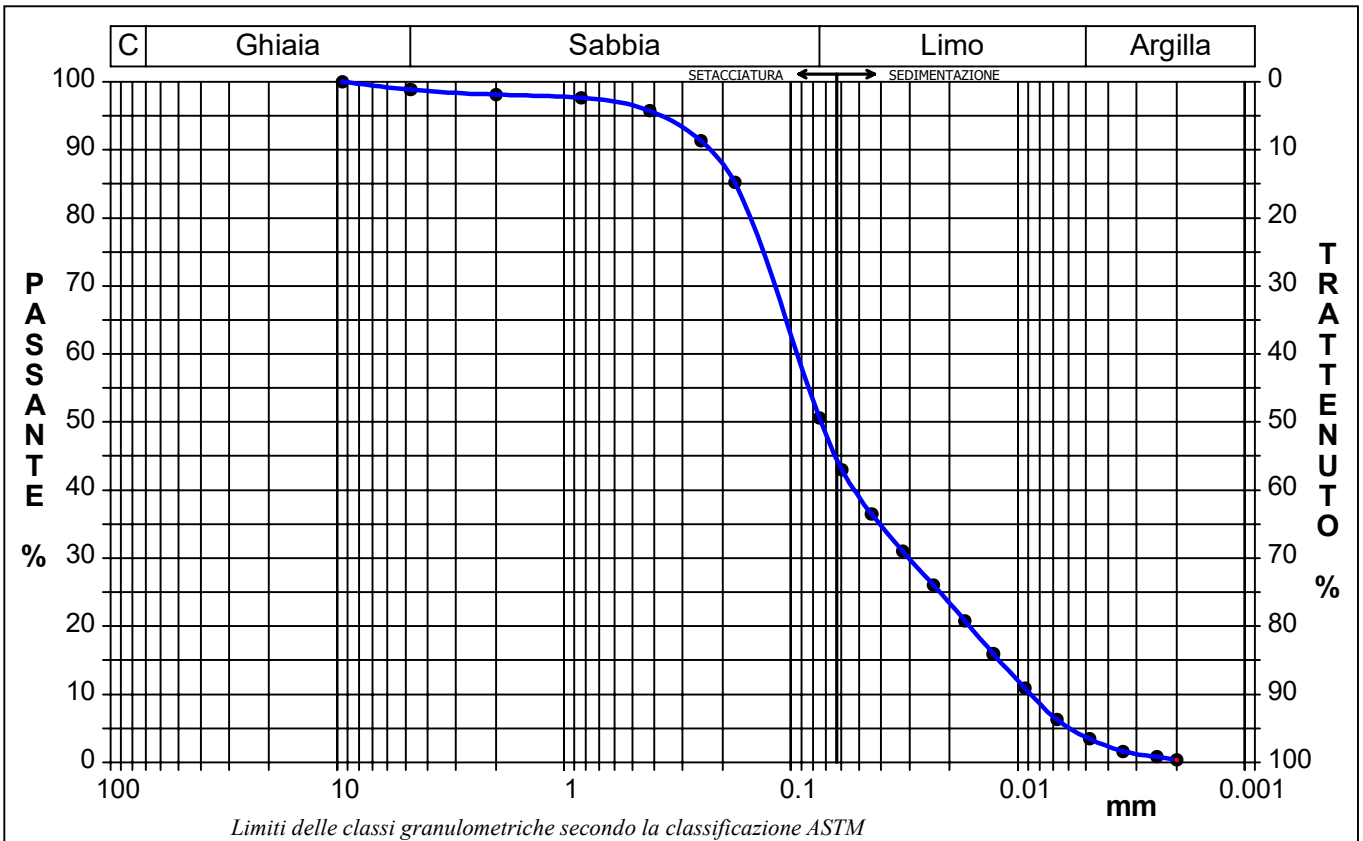
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00267	Pagina 1/1	DATA DI	14/02/23	Inizio analisi:	09/02/23	
EMISSIONE: VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23		del	03.02.23	03.02.23	Fine analisi:	10/02/23

COMMITTENTE:	RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.				
RIFERIMENTO:	PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)				
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	C4	PROFONDITA':	m	

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	1,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,1 %	D10	0,00874 mm
Sabbia	48,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,8 %	D30	0,03016 mm
Limo	46,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	50,6 %	D50	0,07370 mm
Argilla	3,7 %			D60	0,09475 mm
Coefficiente di uniformità		10,84	Coefficiente di curvatura		1,10
				D90	0,23191 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	91,34	0,0323	31,08	0,0067	6,26		
4,7500	98,82	0,1770	85,18	0,0235	26,03	0,0048	3,43		
2,0000	98,11	0,0750	50,58	0,0171	20,79	0,0034	1,61		
0,8410	97,63	0,0596	42,98	0,0128	15,94	0,0024	0,81		
0,4200	95,75	0,0441	36,53	0,0093	10,90	0,0020	0,40		

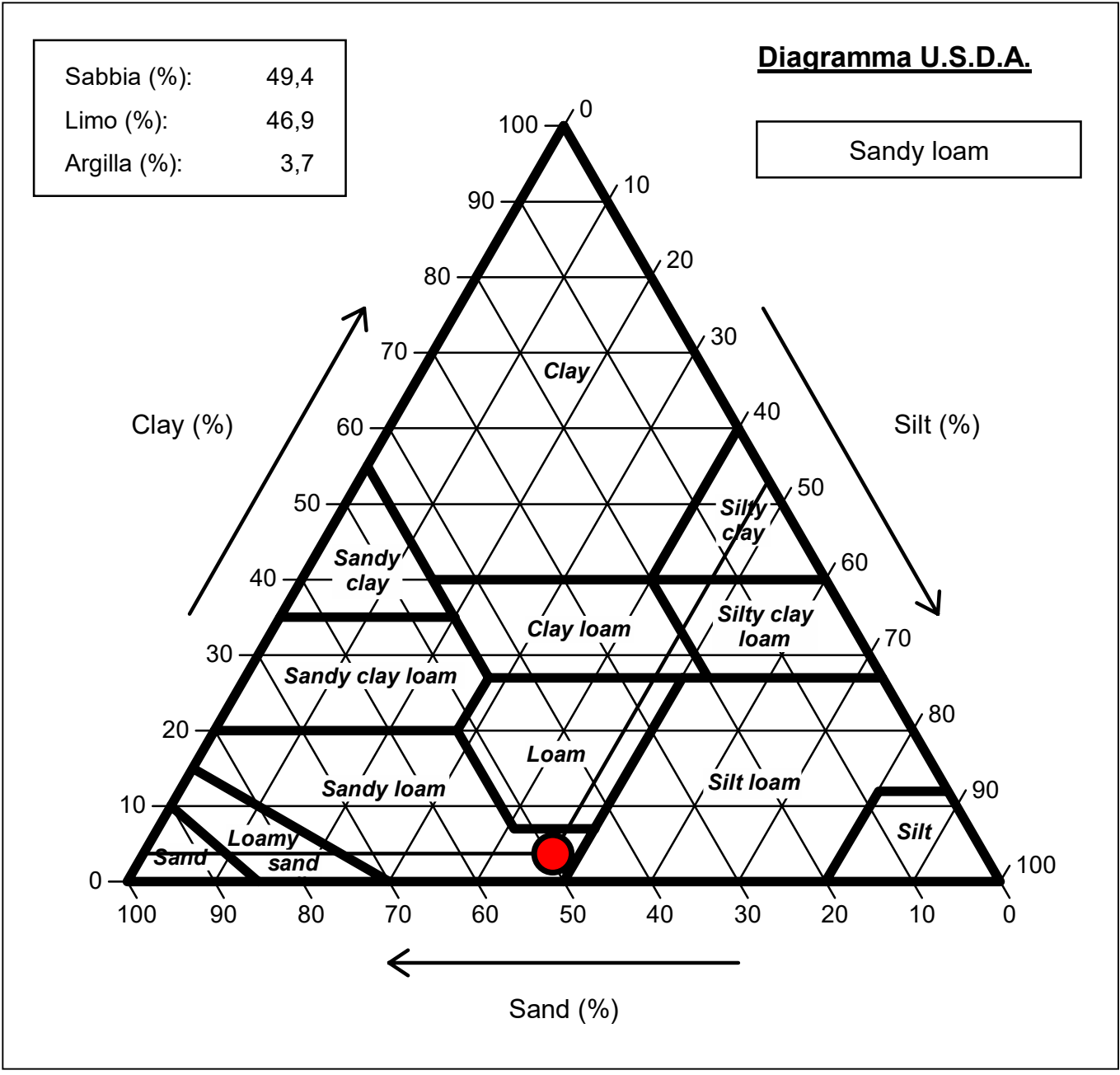
Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00267	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C5

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	26,3 kN/m ³
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,7	%
Sabbia	50,9	%
Limo	42,6	%
Argilla	5,8	%
D 10	0,007167	mm
D 50	0,079070	mm
D 60	0,109387	mm
D 90	0,274322	mm
Passante set. 10	98,5	%
Passante set. 42	96,7	%
Passante set. 200	48,4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia con limo, debolmente argillosa di colore marrone chiaro

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C5

PROFONDITA': m

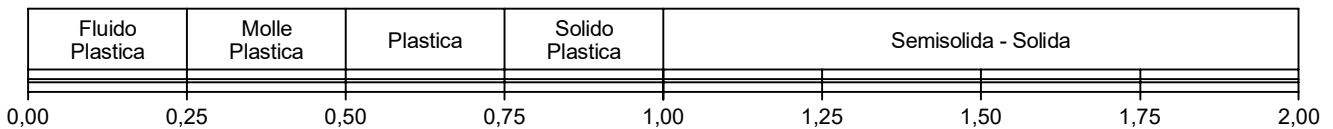
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

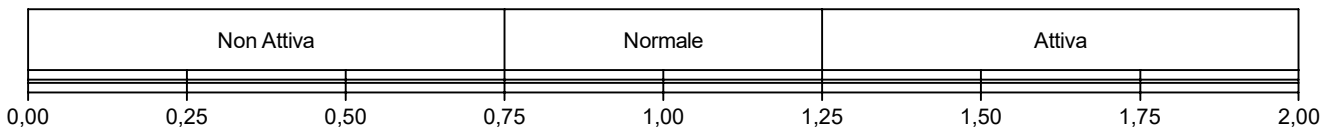
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,00$

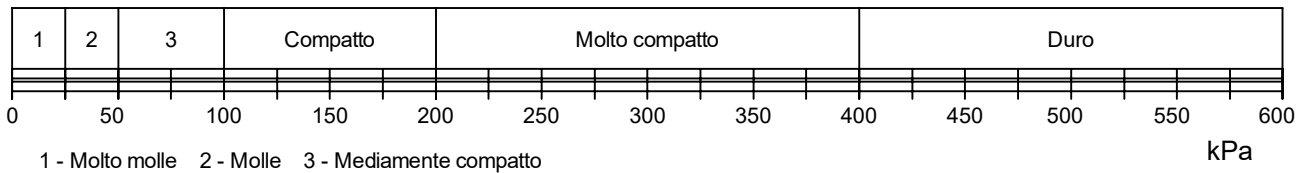


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Sabbia con limo, debolmente argillosa di colore marrone chiaro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00268	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 06/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 07/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,3 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,3 kN/m³

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Sabbia con limo, debolmente argillosa di colore marrone chiaro

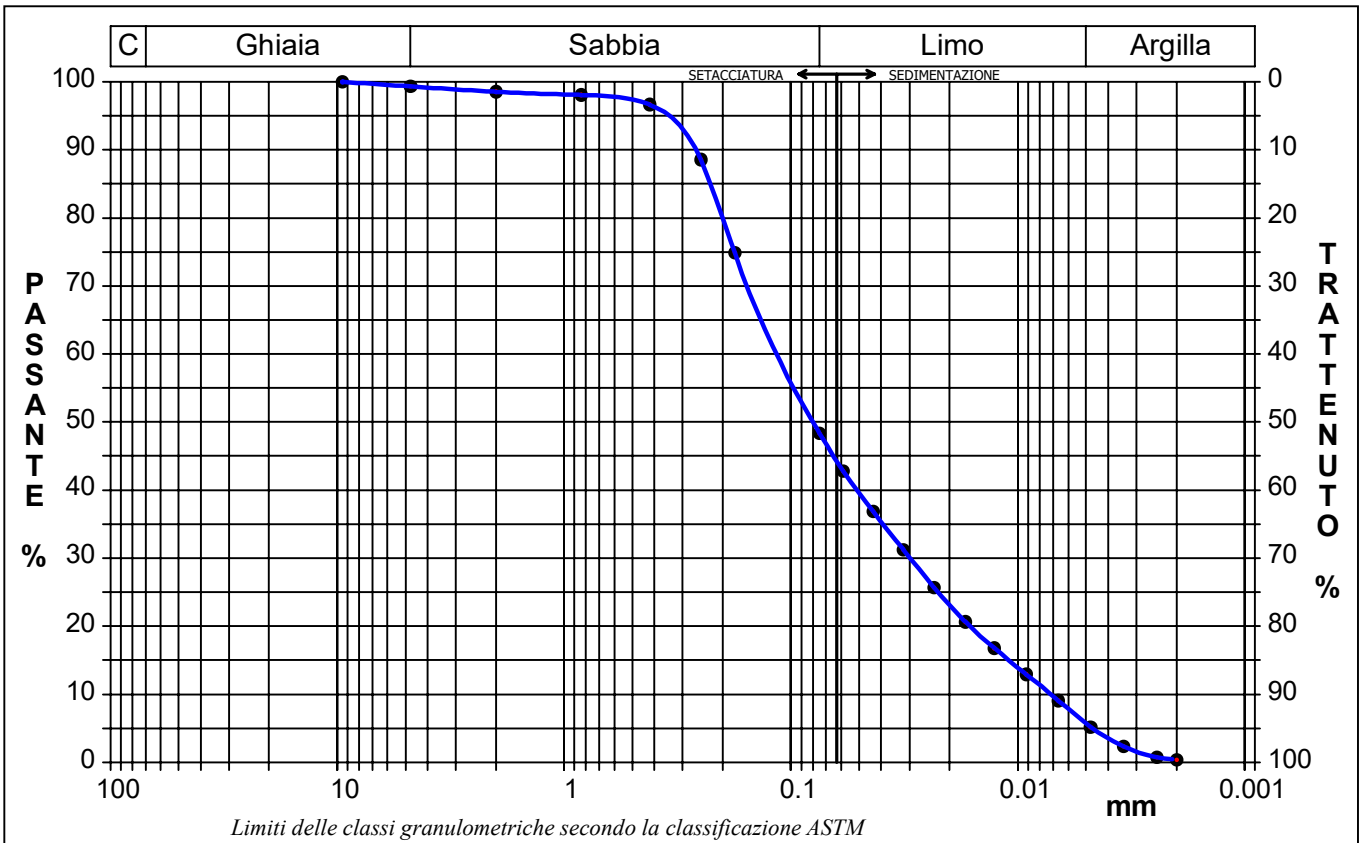
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00269	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,5 %	D10	0,00717 mm
Sabbia	50,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,7 %	D30	0,02978 mm
Limo	42,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	48,4 %	D50	0,07907 mm
Argilla	5,8 %			D60	0,10939 mm
Coefficiente di uniformità		15,26	Coefficiente di curvatura		1,13
				D90	0,27432 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	88,55	0,0319	31,25	0,0066	9,07		
4,7500	99,31	0,1770	74,83	0,0234	25,66	0,0048	5,21		
2,0000	98,53	0,0750	48,37	0,0170	20,64	0,0034	2,32		
0,8410	98,06	0,0588	42,83	0,0127	16,78	0,0024	0,77		
0,4200	96,65	0,0435	36,85	0,0092	12,93	0,0020	0,39		

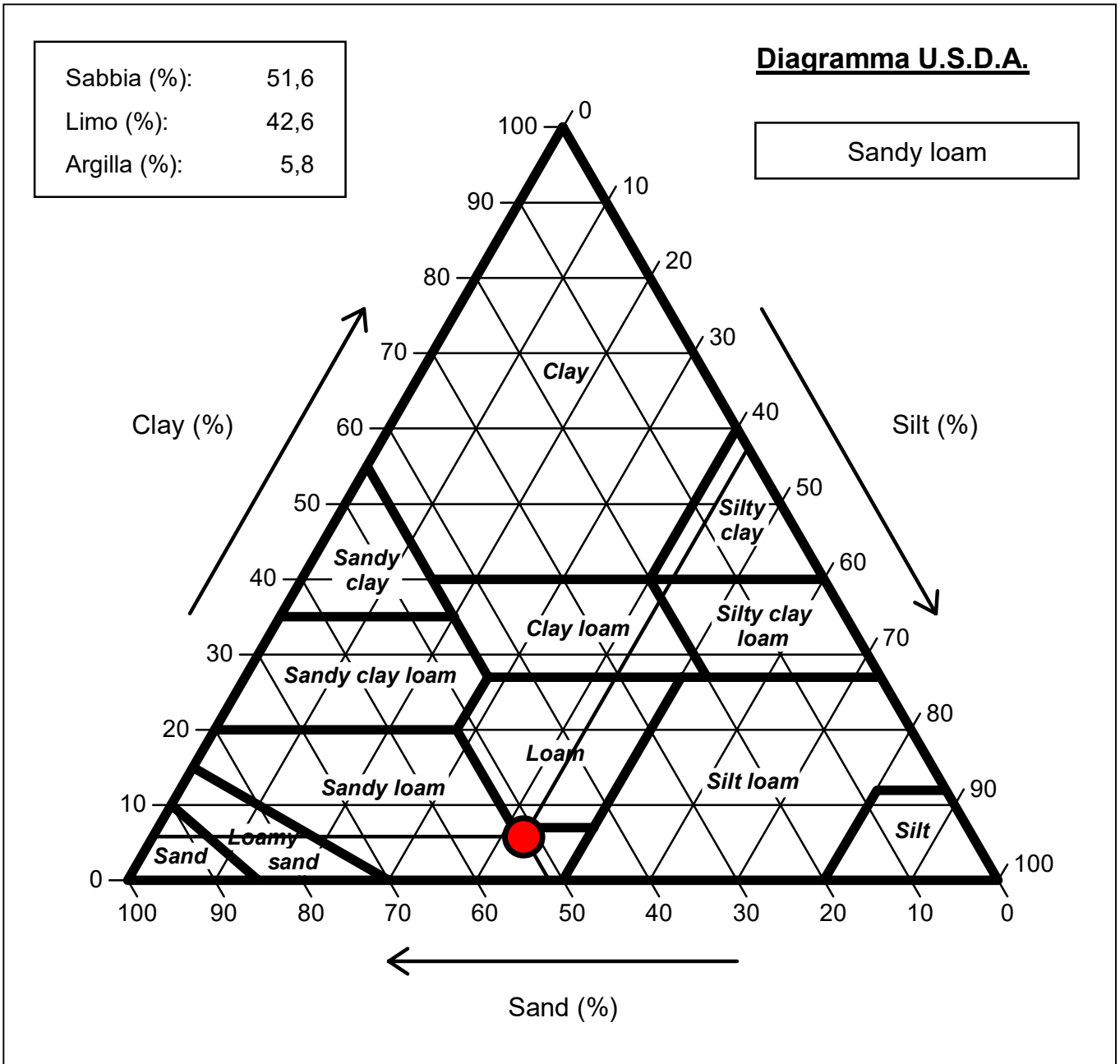
Sabbia con limo, debolmente argillosa di colore marrone chiaro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00269	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Sabbia con limo, debolmente argillosa di colore marrone chiaro

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C3

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale		%
Peso di volume		kN/m ³
Peso di volume secco		kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico	26,3	kN/m ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A4	I.G. = 3

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,2	%
Sabbia	48,2	%
Limo	46,9	%
Argilla	3,7	%
D 10	0,008740	mm
D 50	0,073699	mm
D 60	0,094751	mm
D 90	0,231908	mm
Passante set. 10	98,1	%
Passante set. 42	95,8	%
Passante set. 200	50,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE:	RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.	
RIFERIMENTO:	PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)	
SONDAGGIO:	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m

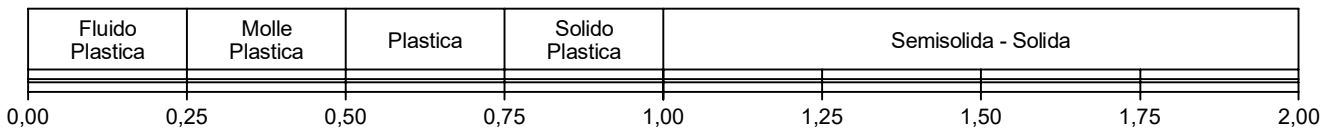
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Sabbia con limo
-------------------	-----------------

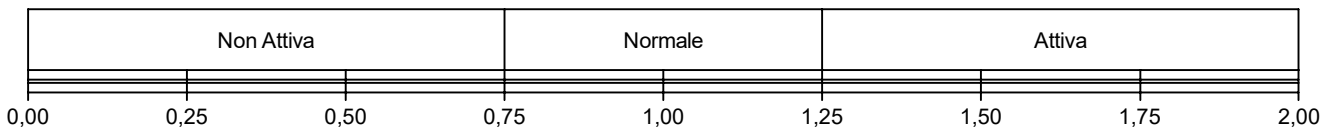
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	
-----------------------------------	--

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,00$



A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



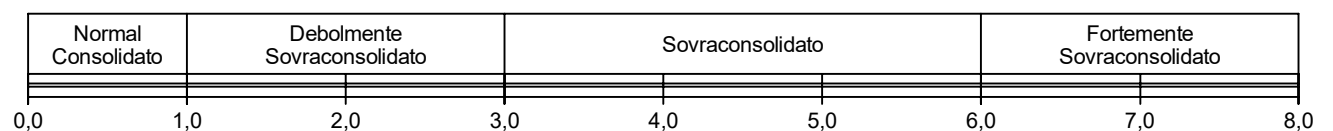
CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa
1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00264	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 06/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 07/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,3 kN/m³**

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,3 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Sabbia con limo di colore marrone

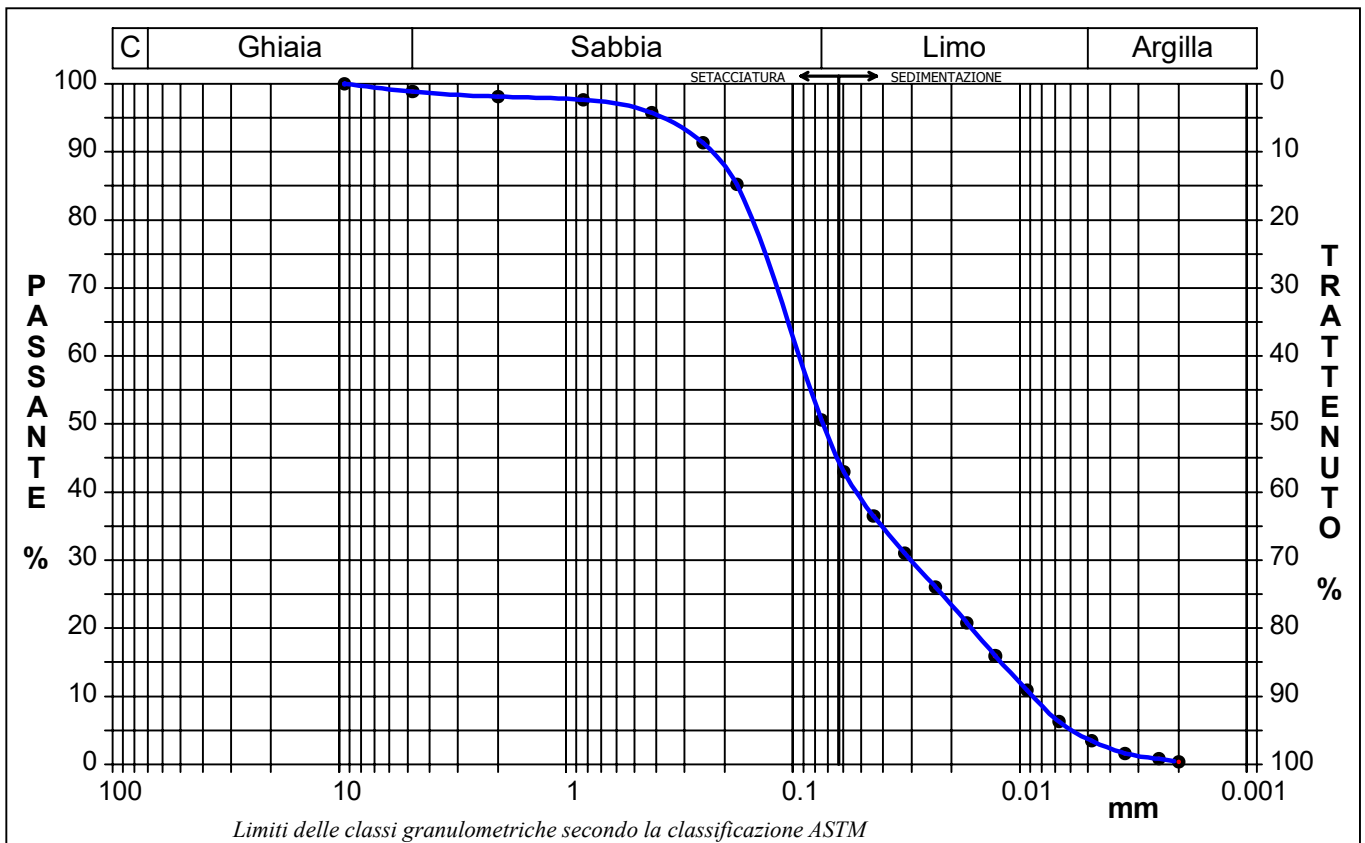
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00265	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	1,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,1 %	D10	0,00874 mm
Sabbia	48,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,8 %	D30	0,03016 mm
Limo	46,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	50,6 %	D50	0,07370 mm
Argilla	3,7 %			D60	0,09475 mm
Coefficiente di uniformità		10,84	Coefficiente di curvatura		1,10
				D90	0,23191 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	91,34	0,0323	31,08	0,0067	6,26		
4,7500	98,82	0,1770	85,18	0,0235	26,03	0,0048	3,43		
2,0000	98,11	0,0750	50,58	0,0171	20,79	0,0034	1,61		
0,8410	97,63	0,0596	42,98	0,0128	15,94	0,0024	0,81		
0,4200	95,75	0,0441	36,53	0,0093	10,90	0,0020	0,40		

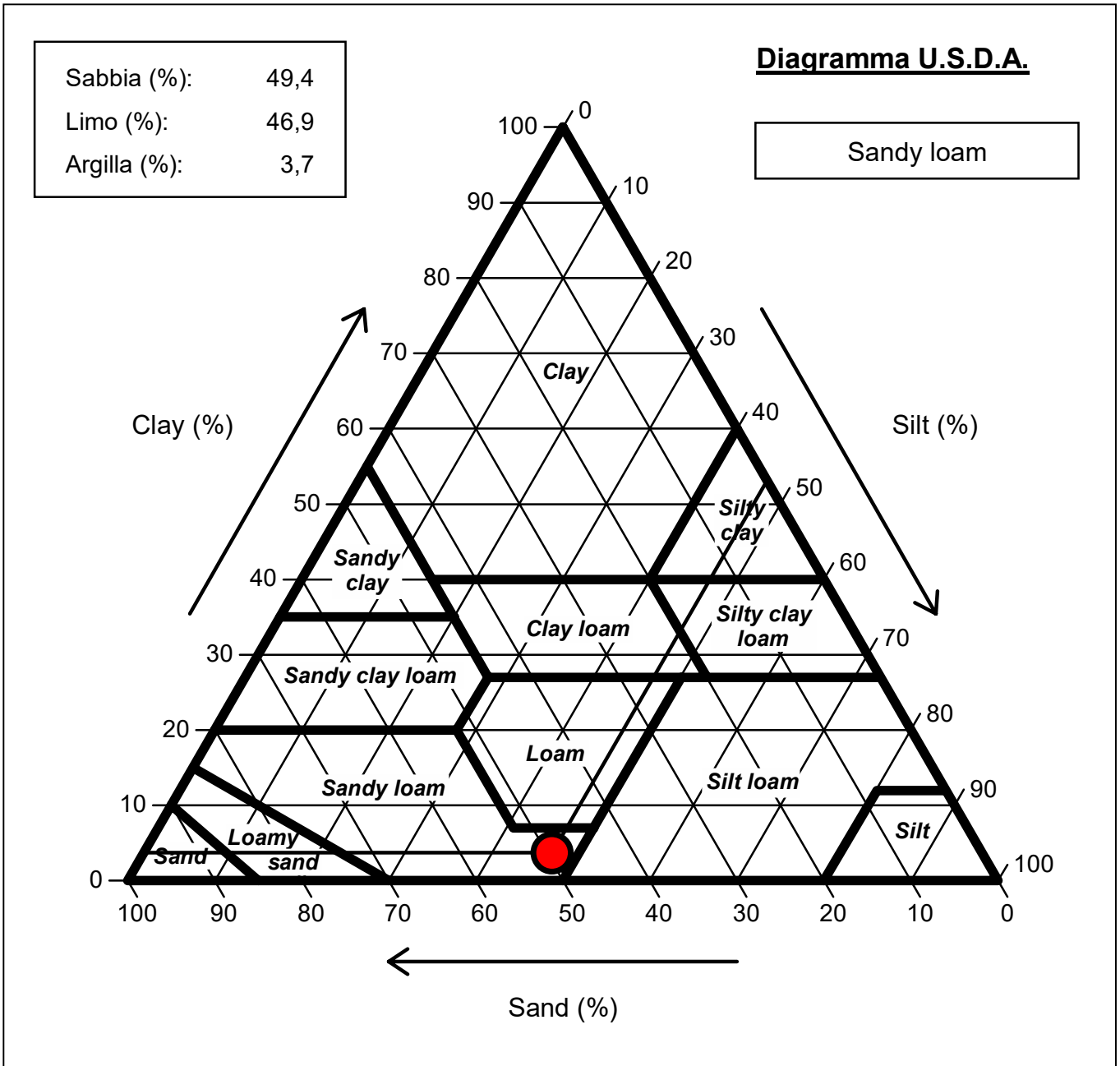
Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00265	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C6

PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	26,1 kN/m ³
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,5	%
Sabbia	57,6	%
Limo	36,6	%
Argilla	4,3	%
D 10	0,009131	mm
D 50	0,096488	mm
D 60	0,127366	mm
D 90	0,353706	mm
Passante set. 10	97,6	%
Passante set. 42	93,2	%
Passante set. 200	40,9	%

PERMEABILITA'

 Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c' Res	kPa	ϕ' Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia con limo di colore marrone

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.

RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: C6

PROFONDITA': m

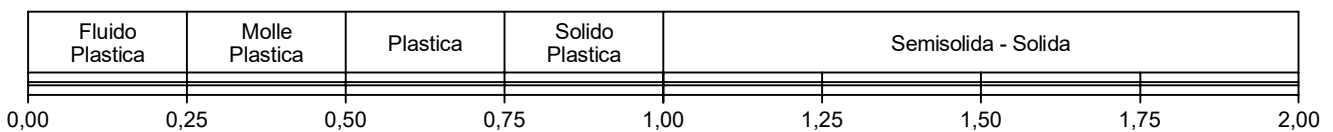
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

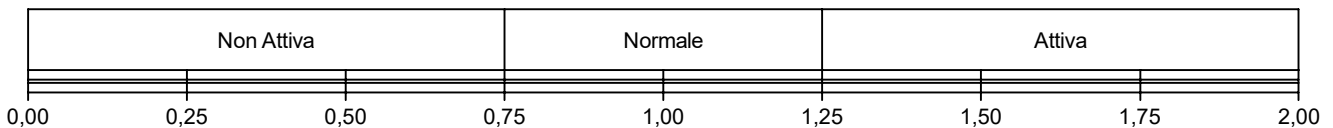
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,00$

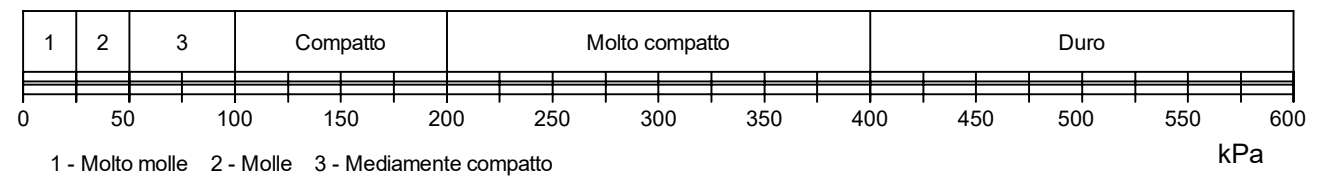


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00270	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 06/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 07/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C6 PROFONDITA': m

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,1 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,1 kN/m³

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Sabbia con limo di colore marrone

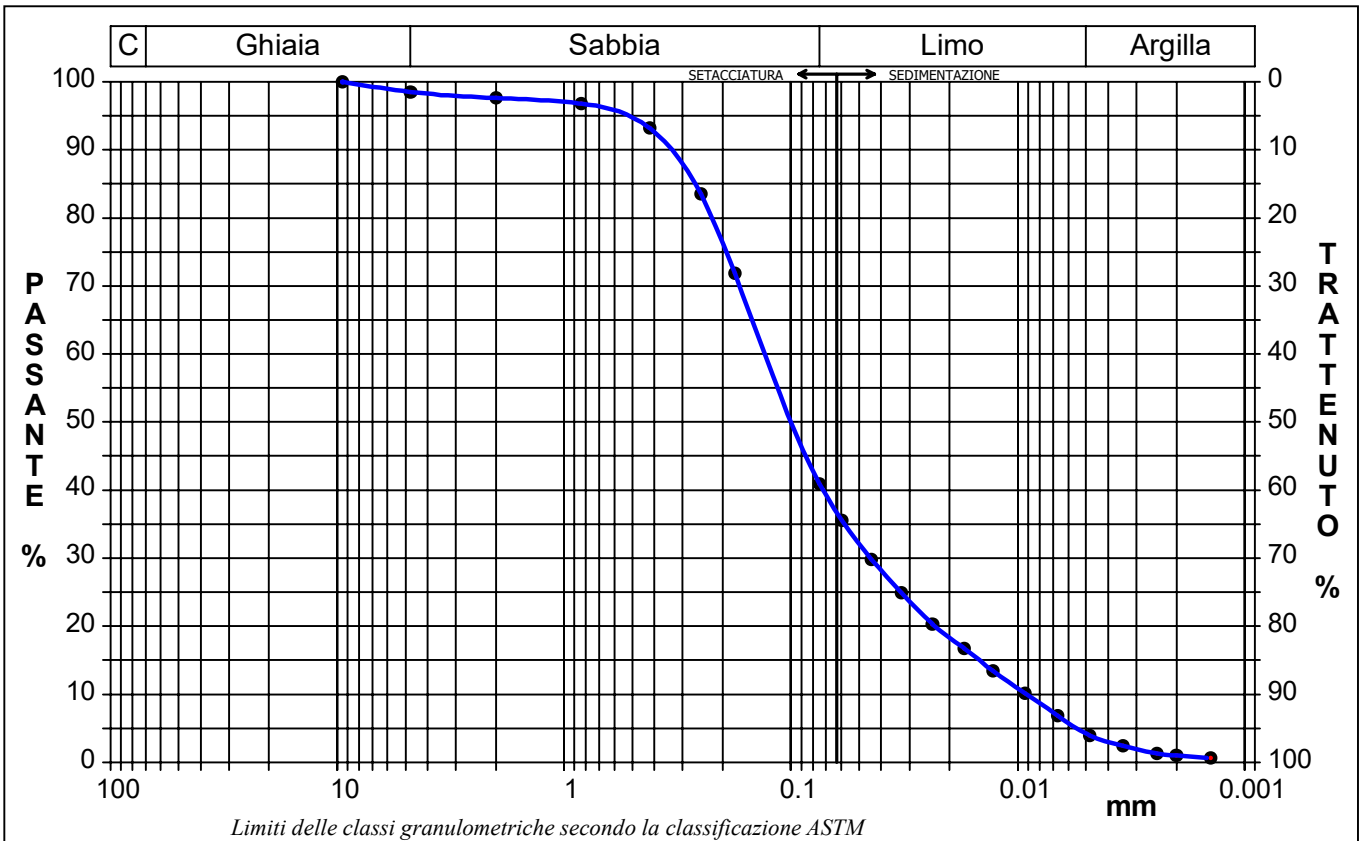
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00271	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C6 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	1,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	97,6 %	D10	0,00913 mm
Sabbia	57,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,2 %	D30	0,04463 mm
Limo	36,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	40,9 %	D50	0,09649 mm
Argilla	4,3 %			D60	0,12737 mm
Coefficiente di uniformità		13,95	Coefficiente di curvatura		1,71
				D90	0,35371 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	83,49	0,0325	24,92	0,0067	6,89	0,0014	0,66
4,7500	98,49	0,1770	71,85	0,0238	20,33	0,0048	3,94		
2,0000	97,61	0,0750	40,93	0,0172	16,72	0,0034	2,46		
0,8410	96,78	0,0596	35,58	0,0129	13,44	0,0024	1,31		
0,4200	93,22	0,0443	29,84	0,0093	10,17	0,0020	0,98		

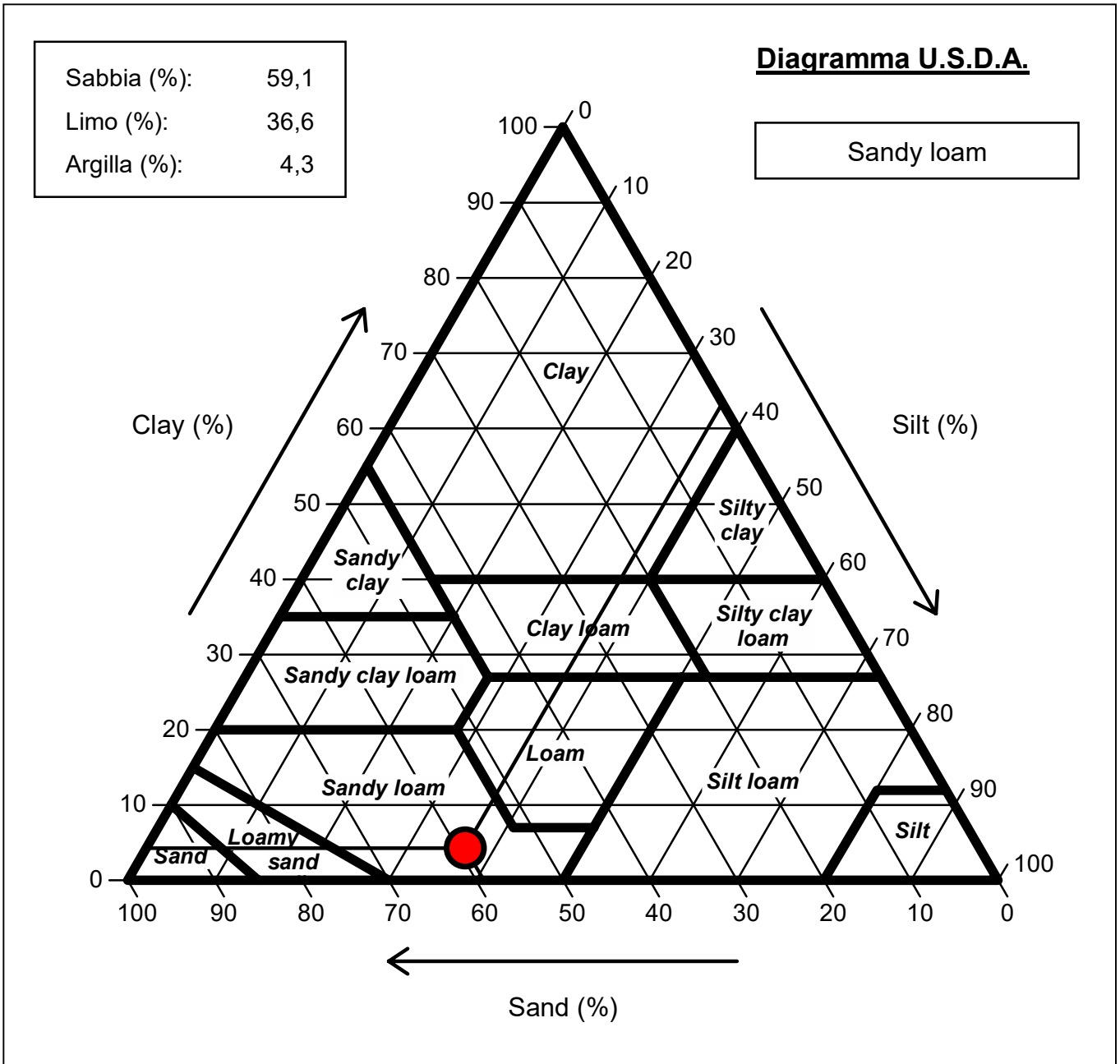
Sabbia con limo di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00271	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/23	Inizio analisi: 09/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA13T-23 del 03.02.23		Apertura campione: 03.02.23	Fine analisi: 10/02/23

COMMITTENTE: RWE RENEWABLES ITALIA s.r.l.
RIFERIMENTO: PARCO EOLICO MONDONUOVO NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)
SONDAGGIO: CAMPIONE: C6 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Sabbia con limo di colore marrone