

19_20_EO_ENE_VA_AM_RE_26_00	LUGLIO 2021	RELAZIONE ANALISI VERSANTI	Geol. Leonardo Gioia	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

OGGETTO:

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato " Sava Maruggio" con potenza complessiva di 182 MW da realizzare nei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA) , Torricella (TA) ed Erchie (BR)

COMMITTENTE:

RED ENERGY s.r.l.
Z.I. Lotto n. 31
74020 San Marzano di S.G (TA)

TITOLO:

Relazione Analisi Versanti

PROJETTO engineering s.r.l.

società d'ingegneria

direttore tecnico

Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO



Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)
 tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349 1735914

studio@projetto.eu

web site: www.projetto.eu

P.IVA: 02658050733



SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

19_20_EO_ENE_VA_AM_RE_26_00

SCALA:

ELAB.
RE_26

Indice

1. Premessa	2
2. Ubicazione del sito di studio	3
3. Caratteristiche geomorfologiche di dettaglio	6
3.2 Componente fisiografica	8
4. Caratteristiche geologiche di dettaglio	14
5. Sismicità di base	18
6. Generalità sull'analisi dei versanti.....	23
7. Criticità potenziali	24
8. Conclusioni.....	26

1. Premessa

Lo scrivente Geol. Leonardo Gioia, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n. 749, su incarico conferitogli dalla Progetto Engineering s.r.l., ha effettuato il presente studio per l'analisi dei versanti e di dettaglio a corredo del progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Sava Maruggio" con potenza complessiva di 182 MW da realizzare nei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA), Torricella (TA) ed Erchie (BR).

Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M del 11/03/1988, all'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico atto a fornire i caratteri stratigrafici, litologici, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità geologica del sito. La prima fase ha previsto un rilevamento geologico di dettaglio, avvalendosi della cartografia dell'area, ed è stato fatto riferimento alle informazioni bibliografiche disponibili e a precedenti lavori svolti nelle stesse aree. Successivamente si è giunti ad una ricostruzione del modello geologico e stratigrafico del sito come previsto dalle normative vigenti.

A tale scopo sono state effettuate una serie di indagini geognostiche specifiche, in particolare:

-n.16 Indagini sismiche tipo Masw per la valutazione delle $V_{s_{eq}}$ 30;

-n.22 Indagini penetrometriche dinamiche continue DPM (ubicata nei punti di realizzazione degli aerogeneratori) per valutare le caratteristiche litostratigrafiche dell'area di progetto.

2. Ubicazione del sito di studio

L'area di progetto è principalmente ubicata tra i comuni di Sava, Maruggio e Torricella, topograficamente, essendo di notevole estensione, l'area si trova a cavallo tra le province di Brindisi e Taranto, ricade nei fogli 202 e 203 della Carta d'Italia dell'I.G.M. Altimetricamente la zona risulta da sub-pianeggiante a debolmente collinare e si trova a quote variabili tra circa 40 metri slm nei pressi del comune di Torricella e nel territorio di Maruggio fino ai 90-100 metri nella zona centro-orientale del territorio di Sava e Manduria.

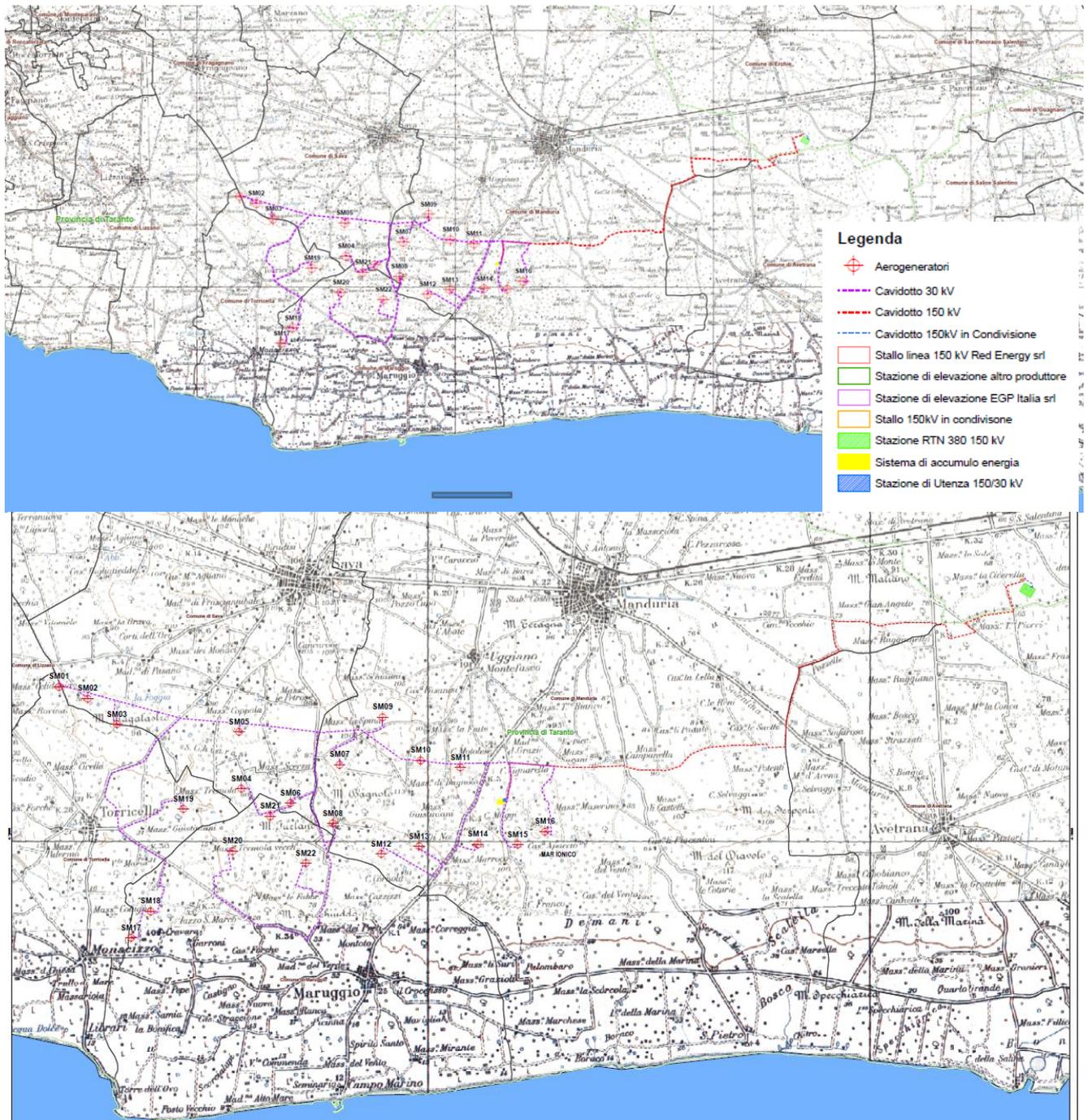


Fig.1: Ubicazione su cartografia IGM in scala 1:25.000

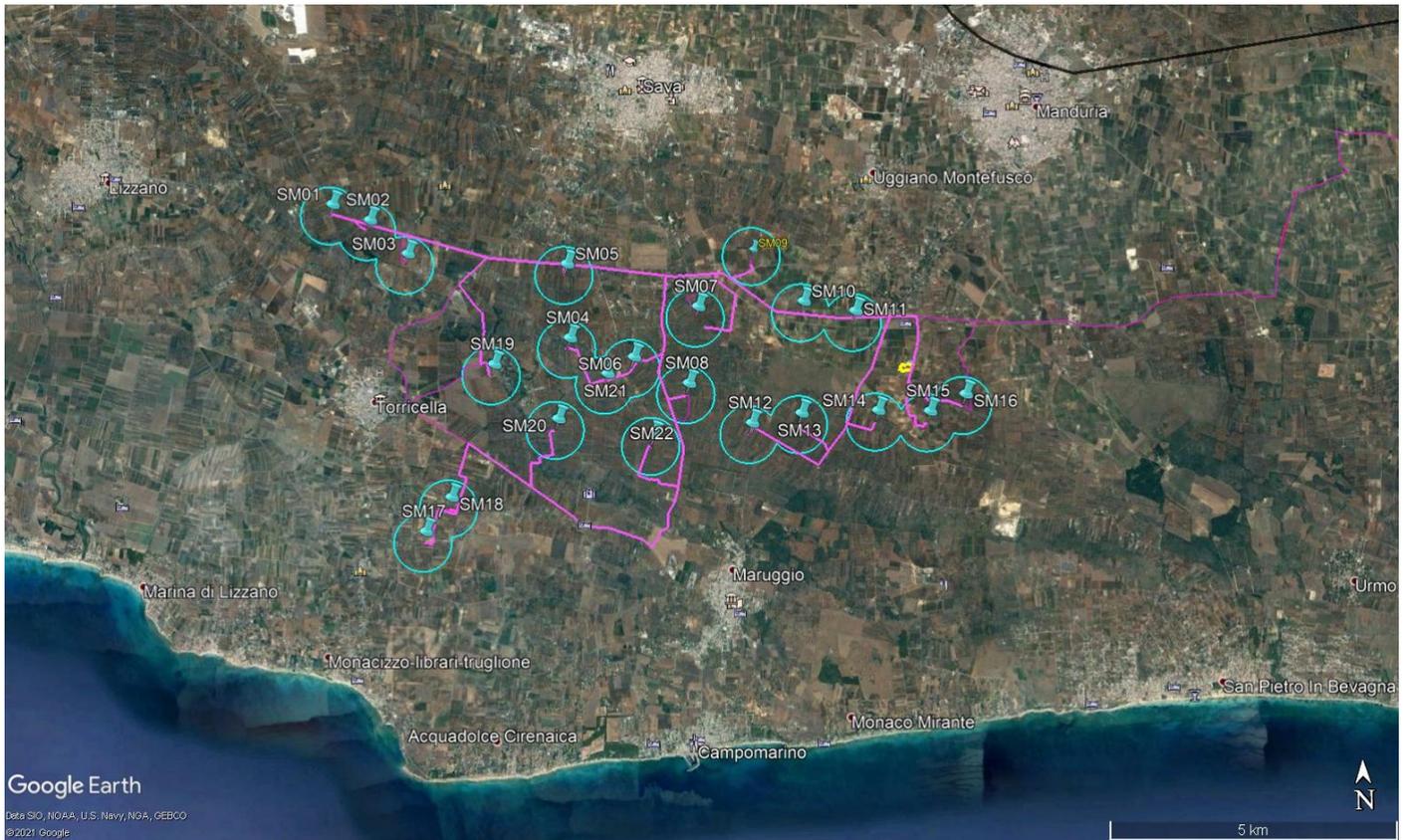
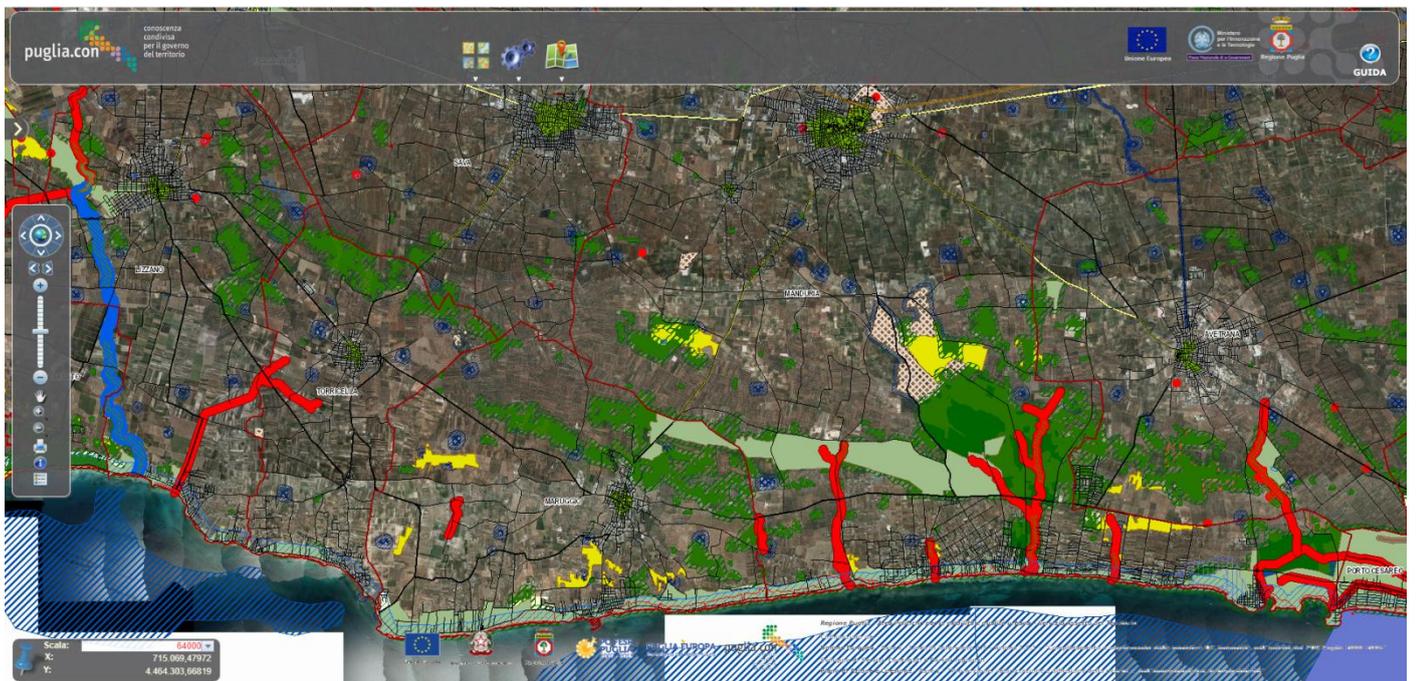


Fig.2: Inquadramento su ortofoto dell'area di impianto



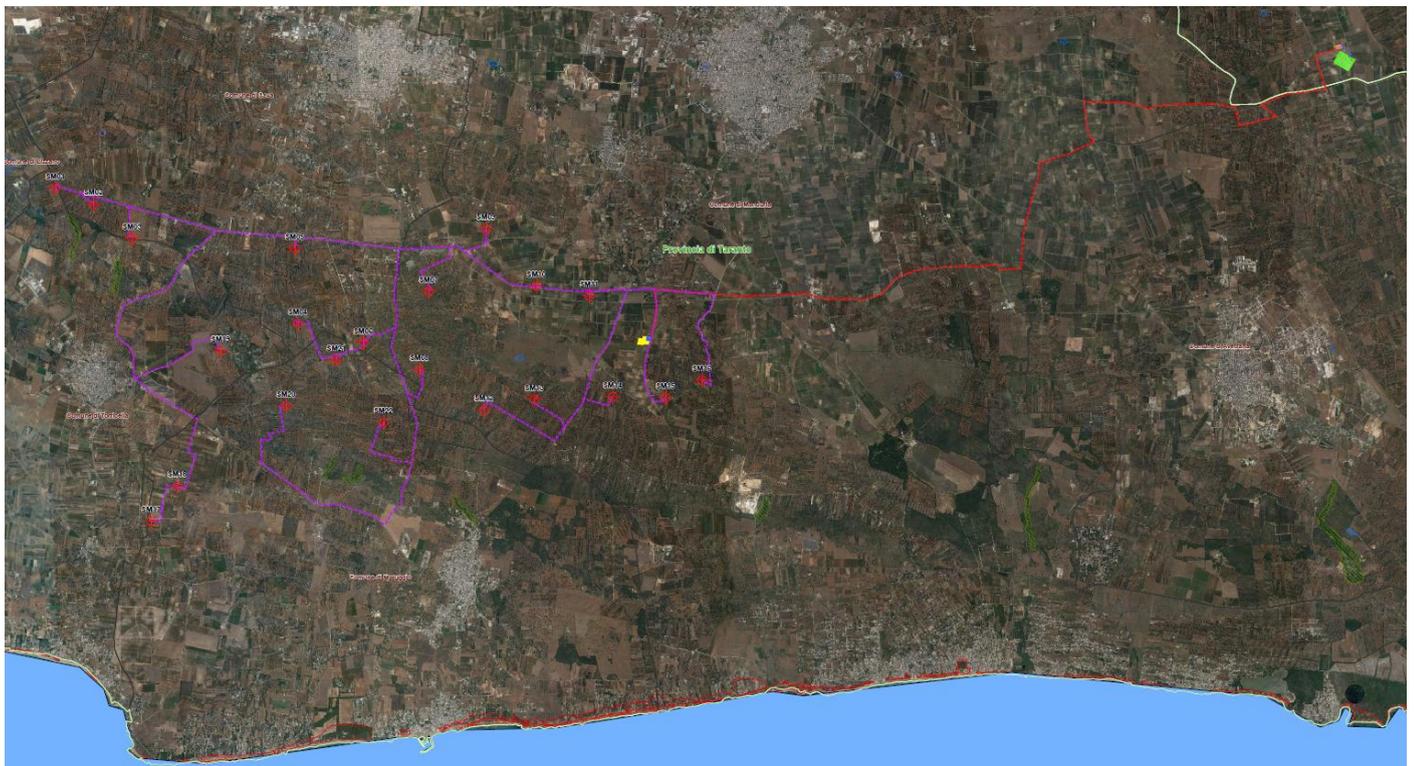
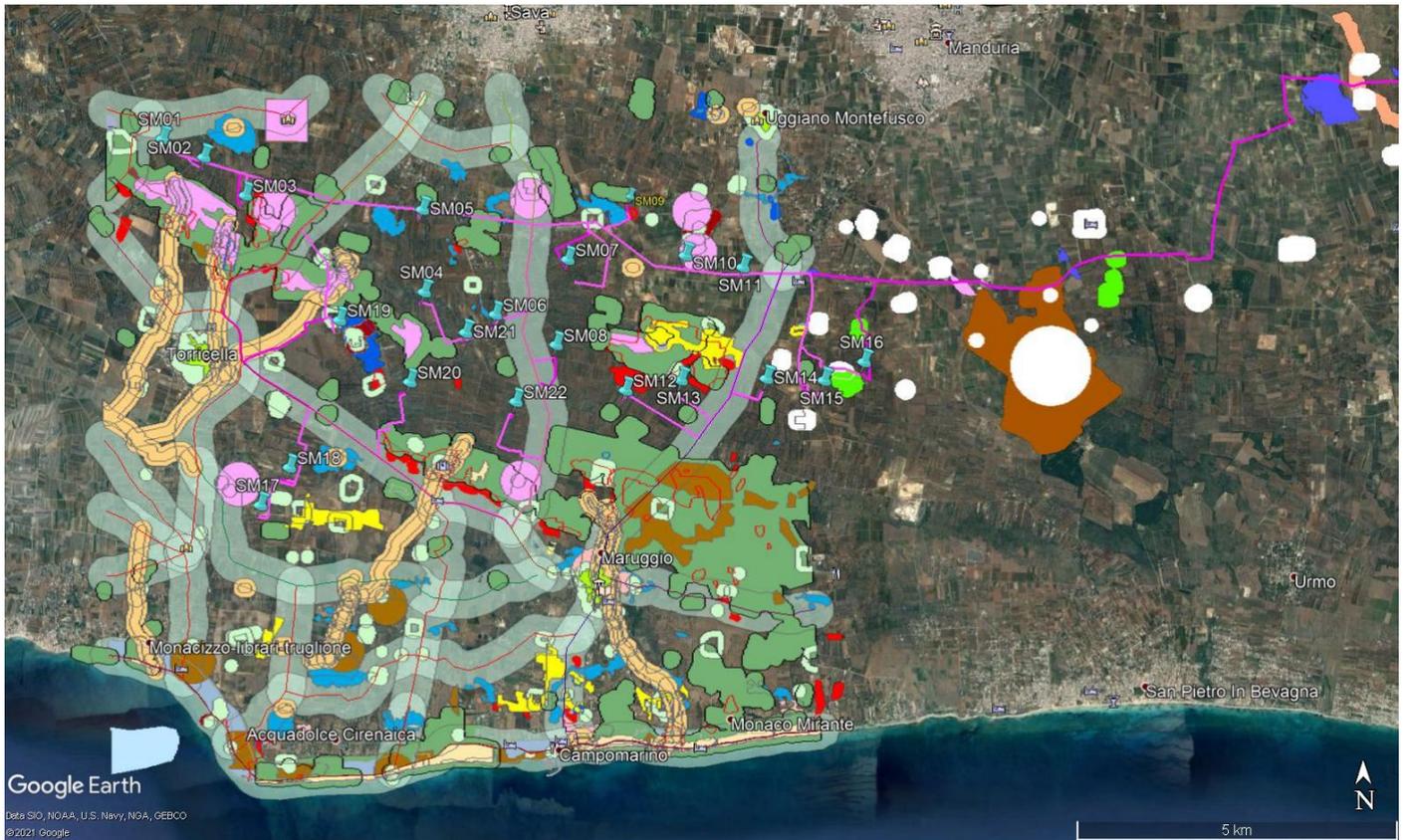
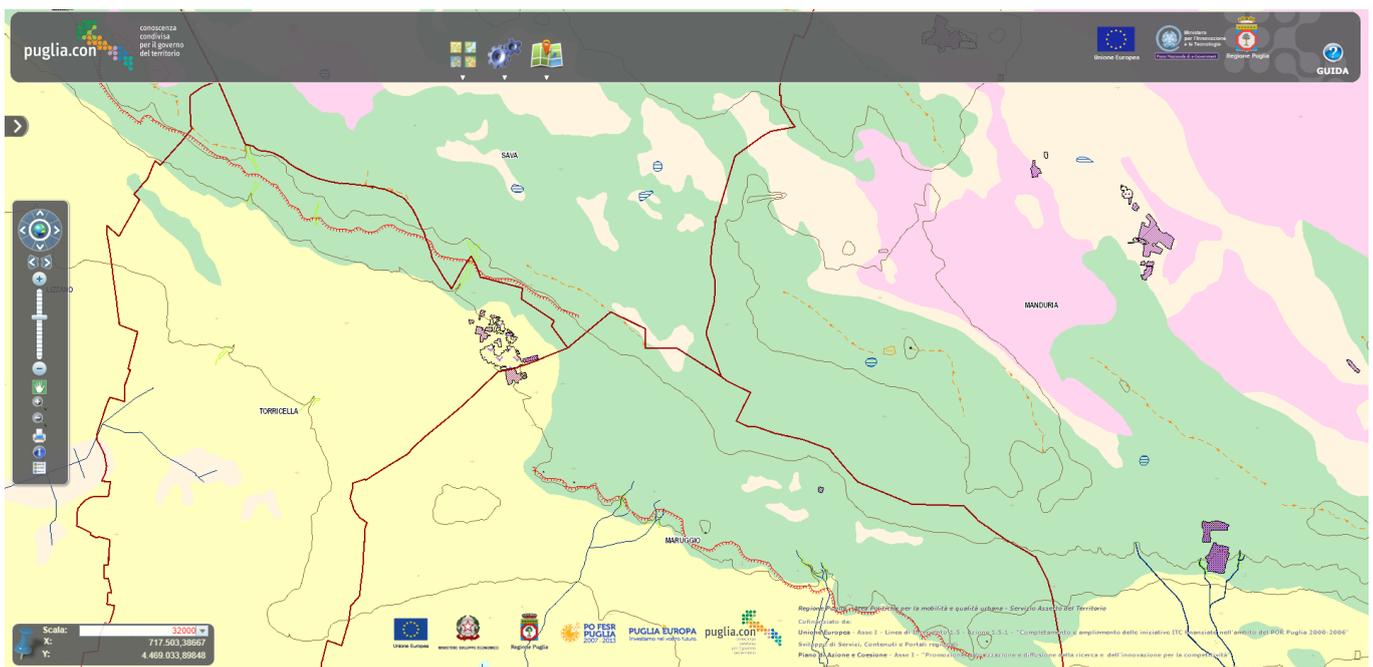
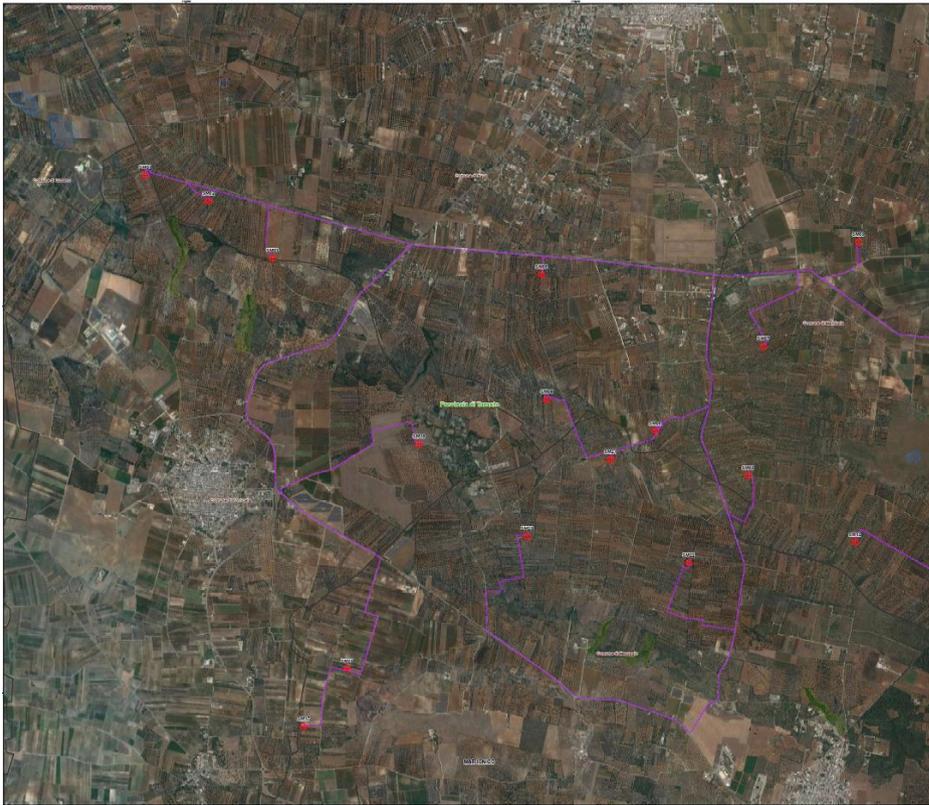


Fig.3: Stralcio del PPTR ufficiale adottato dalla Regione Puglia e particolare componenti ambientali e geomorfologiche

3. Caratteristiche geomorfologiche di dettaglio

In generale nell'area vasta di studio esistono delle cave di attive ma principalmente abbandonate, esistono numerosi recapiti finali di bacini endoreici e diverse cavità o strutture carsiche intorno e soprattutto a sud dell'abitato di Sava, risultano anche evidenti diversi sistemi di orli di scarpate delimitanti forme semispianate che attraversano parzialmente l'area interessata dall'impianto di progetto nella sua parte centrale, inoltre l'area è caratterizzata da diversi cambi di pendenza e litologia, verso sud ci sono degli assi di displuvio e piccole creste smussate. Il sito risulta inserito in un ambiente con diverse doline quindi presenta un certo rischio geomorfologico. *L'area non presenta particolari criticità ma bisognerà porre particolare attenzione alle forme legate al carsismo ed alla presenza dei bacini endoreici che potrebbero causare periodicamente ristagni d'acqua, inoltre risultano evidenti cambi di pendenza e litologia. Il cavidotto intercetta in diversi punti dei reticoli idrografici poco gerarchizzati.*





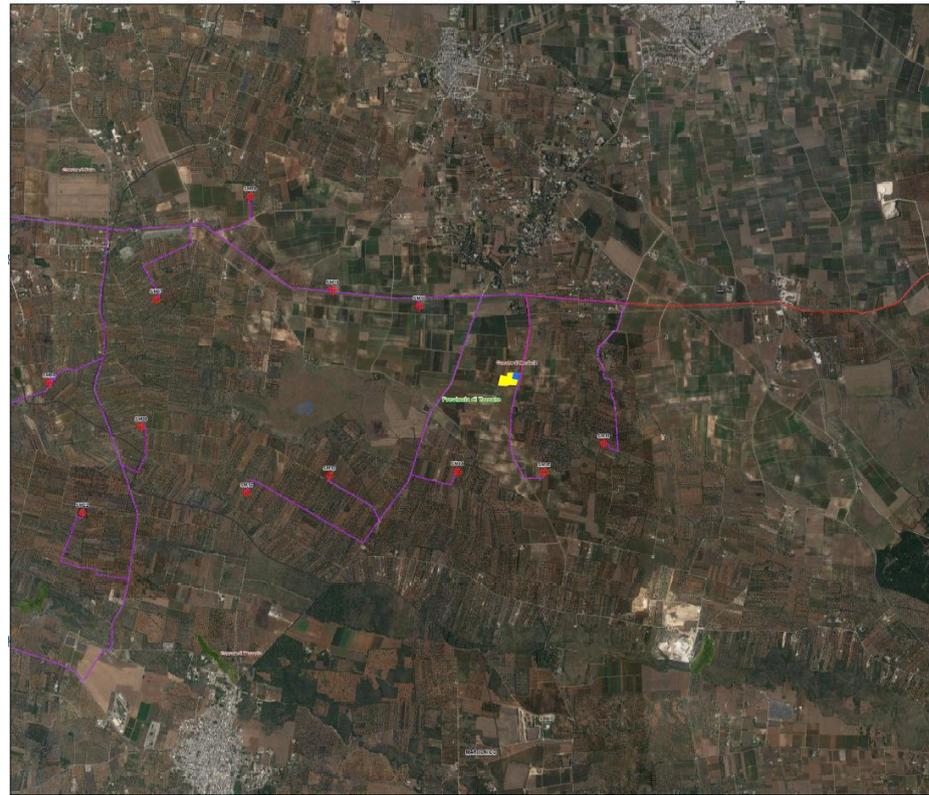
Legenda

- ⊕ Ampiamente
- Canale 30 kV
- Canale 150 kV
- Canale 150 kV in Condivisione
- ▭ Stato linea 150 kV Red Energy srl
- ▭ Stazione di elevazione a/cp produttore
- ▭ Stazione di elevazione a/cp Italia srl
- ▭ Stato 150 kV in condivisione
- ▭ Stazione RTN 300 150 kV
- ▭ Sistema di accumulo energia
- ▭ Stazione di linea 150/30 kV
- ▭ Confine Provinciale
- ▭ Confine comunale

PPTR - Componenti Geomorfologiche

- ▭ Latte e Granite
- ▭ Doline
- ▭ Cessati (Fracture tunnel)
- ▭ Inquadratori
- ▭ Condoni durati
- ▭ Grotte
- ▭ Versanti

Scale: 1:10,000



Legenda

- ⊕ Ampiamente
- Canale 30 kV
- Canale 150 kV
- Canale 150 kV in Condivisione
- ▭ Stato linea 150 kV Red Energy srl
- ▭ Stazione di elevazione a/cp produttore
- ▭ Stazione di elevazione a/cp Italia srl
- ▭ Stato 150 kV in condivisione
- ▭ Stazione RTN 300 150 kV
- ▭ Sistema di accumulo energia
- ▭ Stazione di linea 150/30 kV
- ▭ Confine Provinciale
- ▭ Confine comunale

PPTR - Componenti Geomorfologiche

- ▭ Latte e Granite
- ▭ Doline
- ▭ Cessati (Fracture tunnel)
- ▭ Inquadratori
- ▭ Condoni durati
- ▭ Grotte
- ▭ Versanti

Scale: 1:10,000

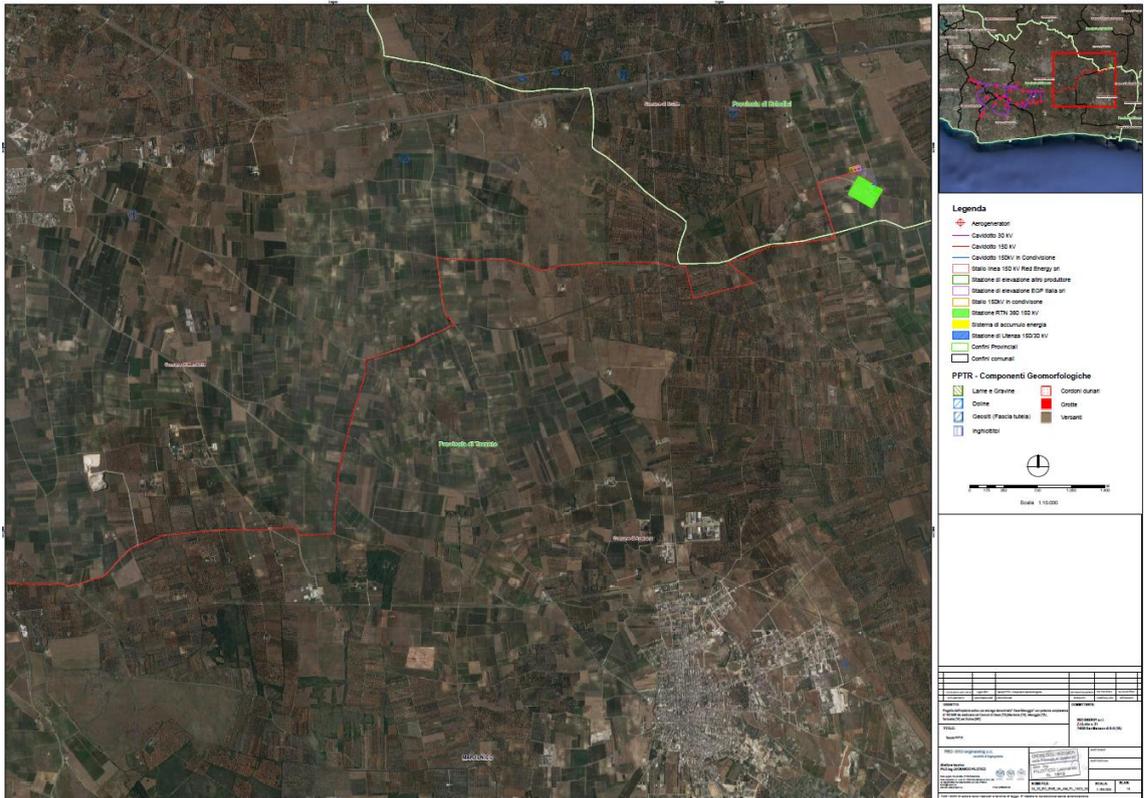


Fig.4: Stralcio carta idrogeomorfologica ufficiale redatta dall'Adb Regione Puglia e componenti geomorfologiche di dettaglio

3.2 Componente fisiografica

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisiografiche dell'area oggetto di studio si è utilizzata come bibliografia di riferimento il Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia; il suddetto piano suddivide l'intera Regione Puglia in nove differenti zone omogenee valutandone rispettivamente le caratteristiche geografiche, fisiche, altimetriche, fattori di forma dei bacini idrografici e geomorfologia del reticolo idrografico naturale.

In figura è riportata la fig. 1.1 dell'allegato pag. 3 del PtA elaborato dal SOGESID s.p.a. nel novembre del 2005.

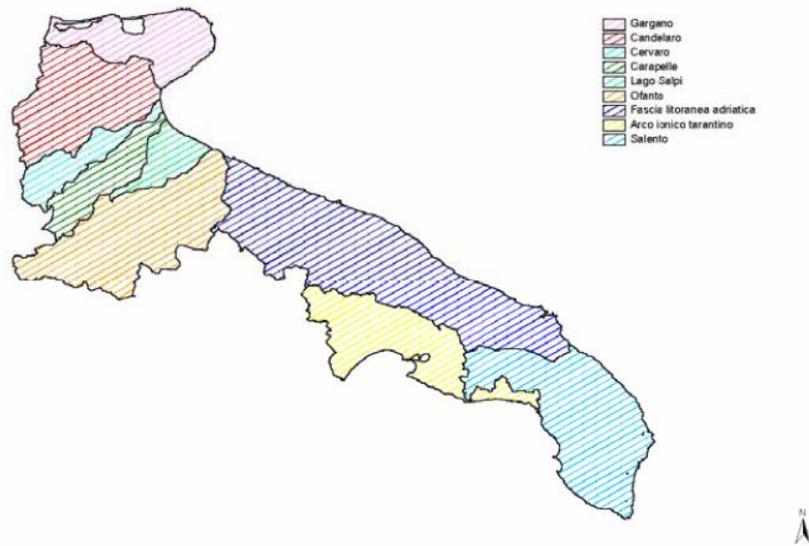


Fig.5: Aree omogenea per caratterizzazione fisiografica

I territori dei Comuni interessati dal progetto (Sava, Maruggio e Torricella) ricadono in parte nell'area retinata in blu "salento" ed in parte nell'area retinata in giallo "arco jonico tarantino".

Il Salento si estende complessivamente per 3261 Km². A partire dal modello digitale del terreno è stata realizzata una caratterizzazione altimetrica dell'area le cui quote minima, massima e media sono risultate rispettivamente pari a $H_{min} = 1.0$ m s.l.m., $H_{max} = 195$ m s.l.m., $H_{med} = 67.2$ m s.l.m..

L'analisi delle quote del DTM del bacino, inoltre ha mostrato le seguenti classi altimetriche di seguito riportate in figura.

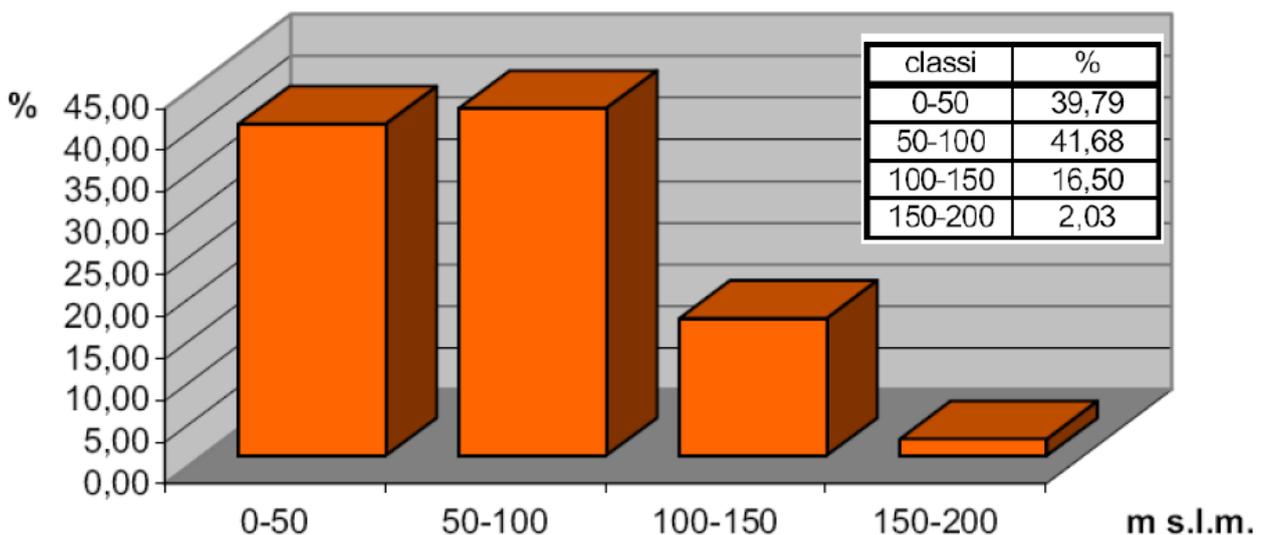


Fig.6: Distribuzione delle fasce altimetriche e divisione in classi e relativa percentuale

Dalla matrice altimetrica, opportunamente elaborata con procedure di calcolo finalizzate all'analisi dei dati spazialmente distribuiti, sono state ricavate informazioni utili circa la pendenza e l'esposizione dei versanti.

La distribuzione spaziale dei valori della pendenza dei versanti dell'area adriatica ha mostrato, per le classi considerate, le percentuali riportate in tabella seguente con relativo istogramma delle fasce di pertinenza

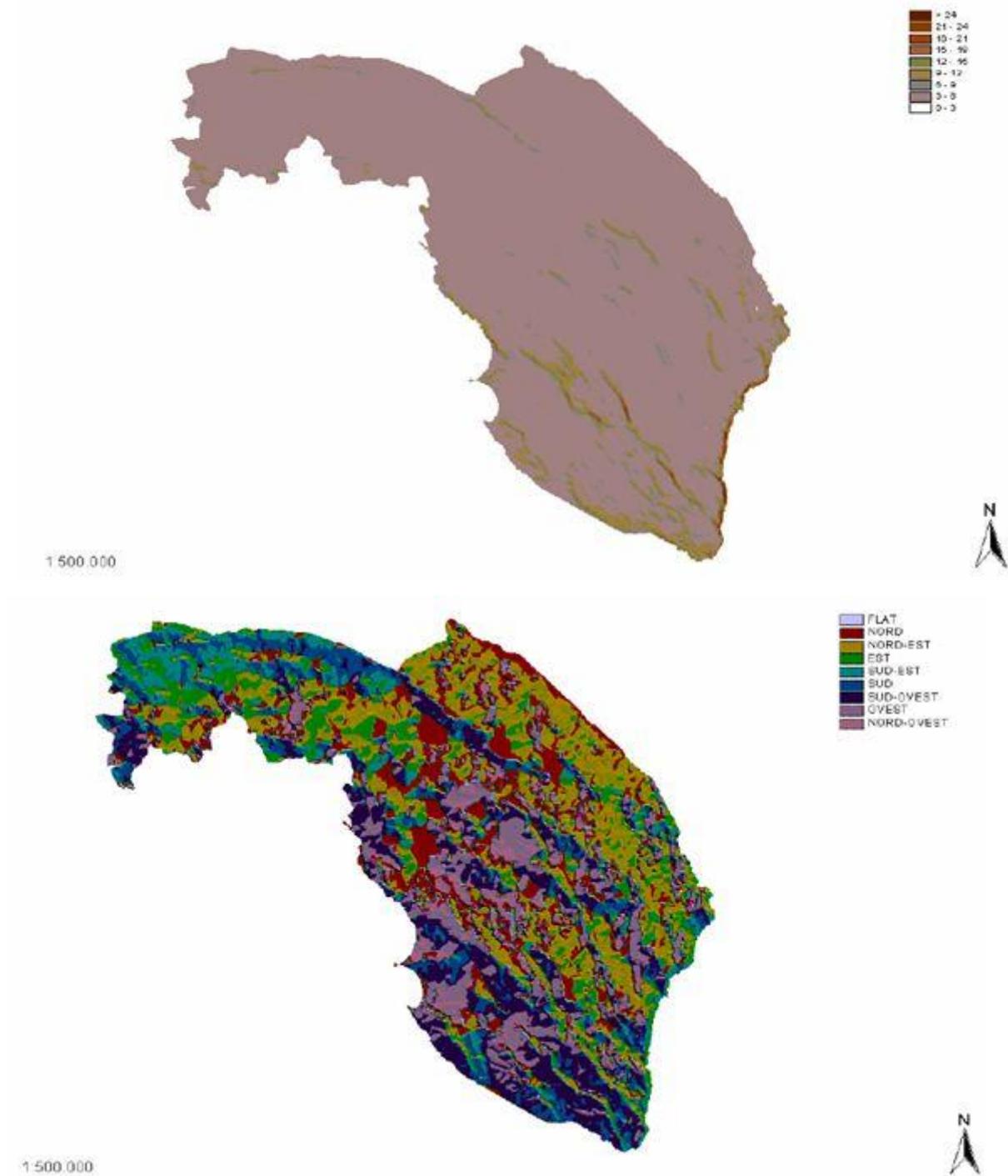


Fig.7: Distribuzione spaziale delle pendenze dei versanti dei bacini del salento; distribuzione spaziale delle esposizioni dei versanti del bacino della fascia adriatica

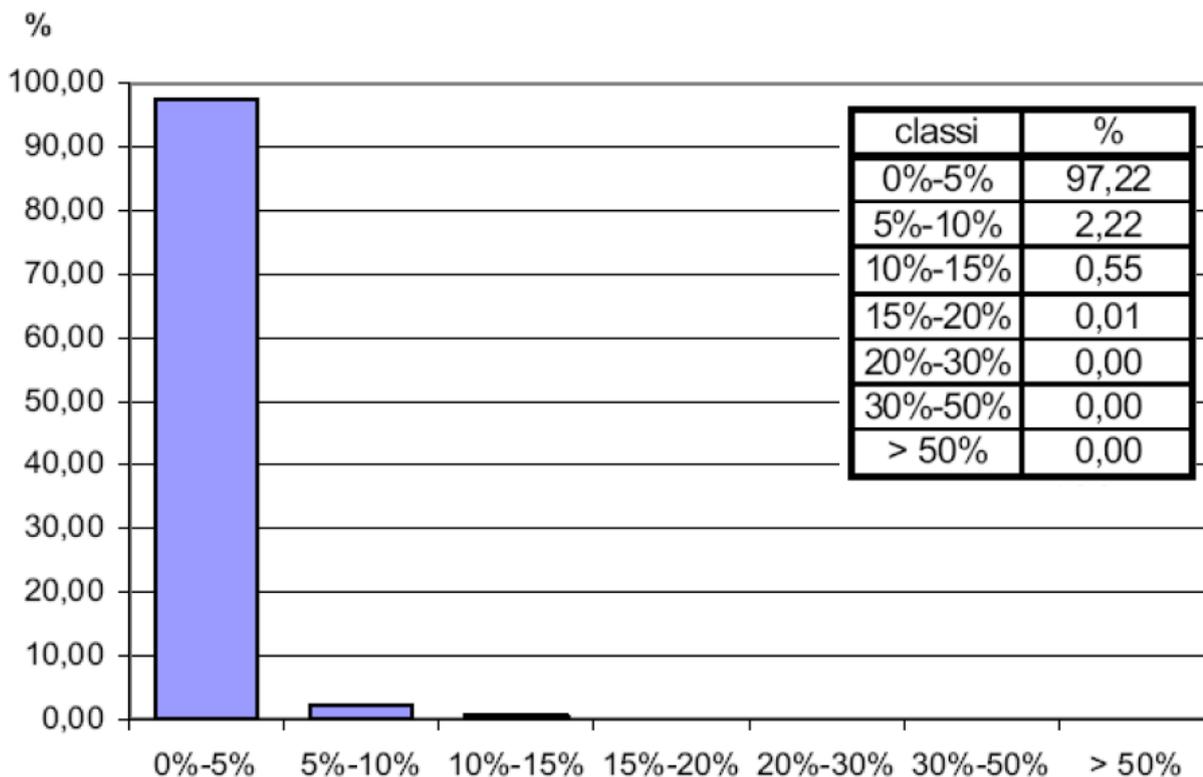


Fig.8: Distribuzione delle pendenze dei versanti suddivise in classi e relativa percentuale

L'arco ionico tarantino si estende complessivamente per 2.130 Km². A partire dal modello digitale del terreno è stata realizzata una caratterizzazione altimetrica dell'area le cui quote minima, massima e media sono risultate rispettivamente pari a $H_{min} = 1.0$ m s.l.m., $H_{max} = 515.0$ m s.l.m., $H_{med} = 168.8$ m s.l.m. L'analisi delle quote del DTM del bacino, inoltre ha mostrato le seguenti classi altimetriche di seguito riportate in figura.

Dalla matrice altimetrica, opportunamente elaborata con procedure di calcolo finalizzate all'analisi dei dati spazialmente distribuiti, sono state ricavate informazioni utili circa la pendenza e l'esposizione dei versanti.

La distribuzione spaziale dei valori della pendenza dei versanti dell'area adriatica ha mostrato, per le classi considerate, le percentuali riportate in tabella seguente con relativo istogramma delle fasce di pertinenza.

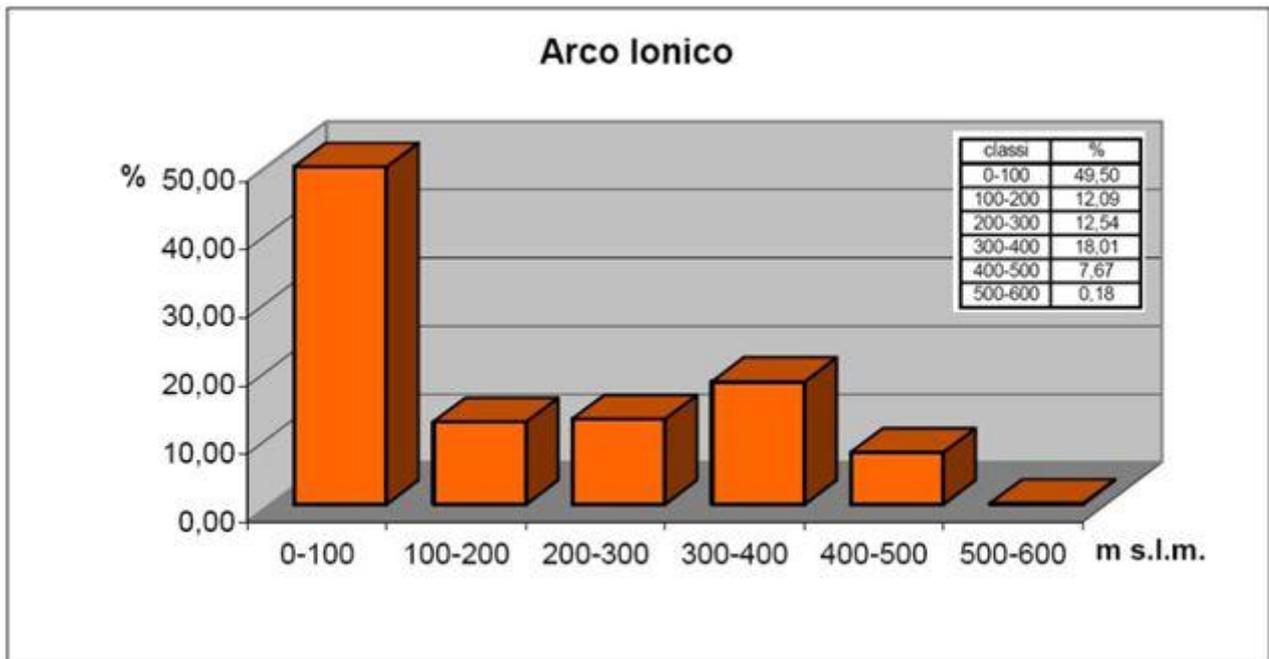


Fig.9: Distribuzione delle fasce altimetriche e divisioni in classi e relativa percentuale; distribuzione spaziale delle pendenze dei versanti del bacino dell'arco Ionico-salentino

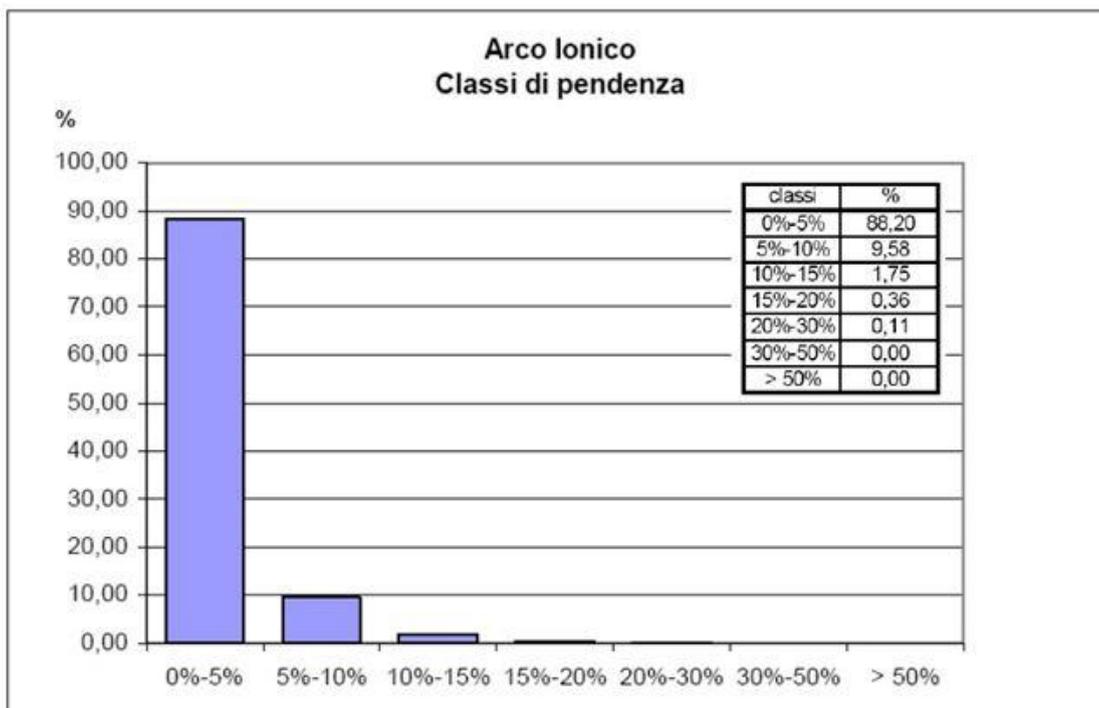
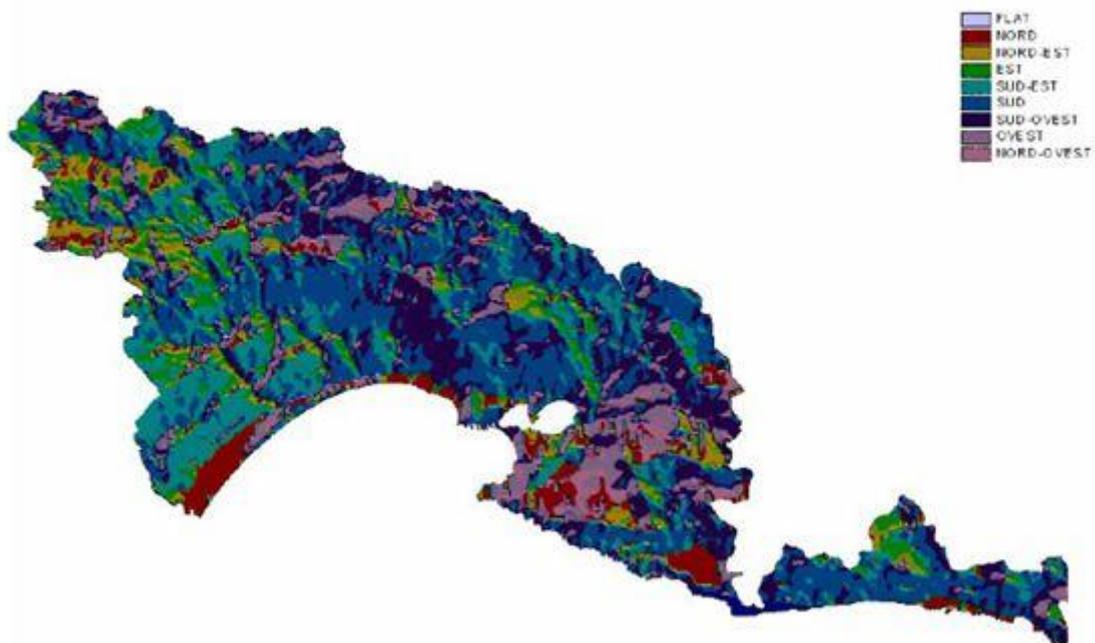


Fig.10: distribuzione spaziale delle esposizioni dei versanti del bacino della fascia adriatica; distribuzione delle pendenze dei versanti suddivise in classi e relativa percentuale

4. Caratteristiche geologiche di dettaglio

L'area morfologicamente pianeggiante e geologicamente caratterizzata dalla sovrapposizione, per trasgressione, di una serie sedimentaria clastica pleistocenica su di un substrato mesozoico carbonatico, a tratti affiorante. Il quadro lito-stratigrafico che si è ottenuto, è il risultato del complesso lavoro di coordinamento e correlazione di dati ottenuti dal rilevamento geologico di dettaglio, con i dati di letteratura e con informazioni precedentemente acquisite per zone limitrofe.

Nel territorio in esame, è stata quindi accertata la presenza di due formazioni note in letteratura come **Calcarea di Altamura** e terreni appartenenti alla **Formazione di Gallipoli** termine col quale in letteratura si intende una sequenza di Calcareniti, sabbie argillose e sabbie mediamente cementate di età Calabrianica, di seguito si descrivono.

Formazione di Gallipoli

Le calcareniti intercalate a vari livelli alle sabbie argillose sono rocce costituite essenzialmente da calcarea granulata tenera, porosa e poco compatta, di colore bianco- giallastro, a grana variabile da rudite a siltitica.

Le sabbie coprono abbondantemente i banchi calcarenitici e ad essi si intercalano. Sono essenzialmente sabbie calcaree poco cementate, sabbie argillose grigio-azzurre con presenza spesso volte di livelli esclusivamente argillosi che danno a questa formazione carattere di bassa permeabilità.

Le calcareniti, interessano la maggior parte dei terreni in affioramento sono note anche come "tuffi calcarei", di natura detritico-organogenica sono di colore bianco o bianco- giallastro, risultano essere composte da detriti organici e da frammenti calcarei derivanti sia dal disfacimento dei sottostanti calcari cretacei che dalla sedimentazione chimico-organogenica in ambiente marino costiero. La granulometria ed il grado di cementazione risultano variabili sia lateralmente che verticalmente.

La stratigrafia è stata desunta dalla correlazione tra le prove effettuate in sito e quelle eseguite in occasione di altri lavori svolti nelle vicinanze dell'area di interesse.

Le indagini effettuate in sito hanno consentito di suddividere in due macro-aree la zona studiata in base alle proprie caratteristiche litostatigrafiche.

In particolare la zona centrale dell'area di progetto è caratterizzata dall'affioramento, in superficie o poco al di sotto del p.c., di Calcari dolomitici fratturati (di conseguenza le penetrometrie si sono arrestate entro il primo metro di profondità).

La zona nord-est ha mostrato caratteristiche variabili che evidenziano la presenza di materiale, costituito da sabbie più o meno limose o calcaree moderatamente addensate con rari livelli calcarenitici tipo panchina, passante in profondità (mediamente superiori a 4 metri) a calcareniti compatte in corrispondenza degli aerogeneratori SM10 e SM11.

La zona poco a sud-ovest (nei pressi dell'abitato di Torricella), in corrispondenza degli aerogeneratori SM 17, 18 e 19 è caratterizzata dalla presenza di Calcareniti e di calcari bioclastici, stessa cosa può dirsi per gli aerogeneratori SM 15 e 16.

Di seguito si riporta la cartografia esplicativa e la rispettiva legenda.

Legenda:

Calcari dolomitici fratturati

Sabbie limose e/o calcaree (Calcareniti del Salento)

WTG	PENETROMETIA PROFONDITA'
SM01	0,3
SM02	0,2
SM03	1
SM04	rocce affioranti
SM05	0,5
SM06	0,4
SM07	0,8
SM08	0,4
SM09	0,9
SM10	5,1
SM11	4,5
SM12	1
SM13	0,8
SM14	0,4
SM15	1,3
SM16	1,8
SM17	0,6
SM18	0,7
SM19	0,7
SM20	rocce affioranti
SM21	0,7
SM22	rocce affioranti

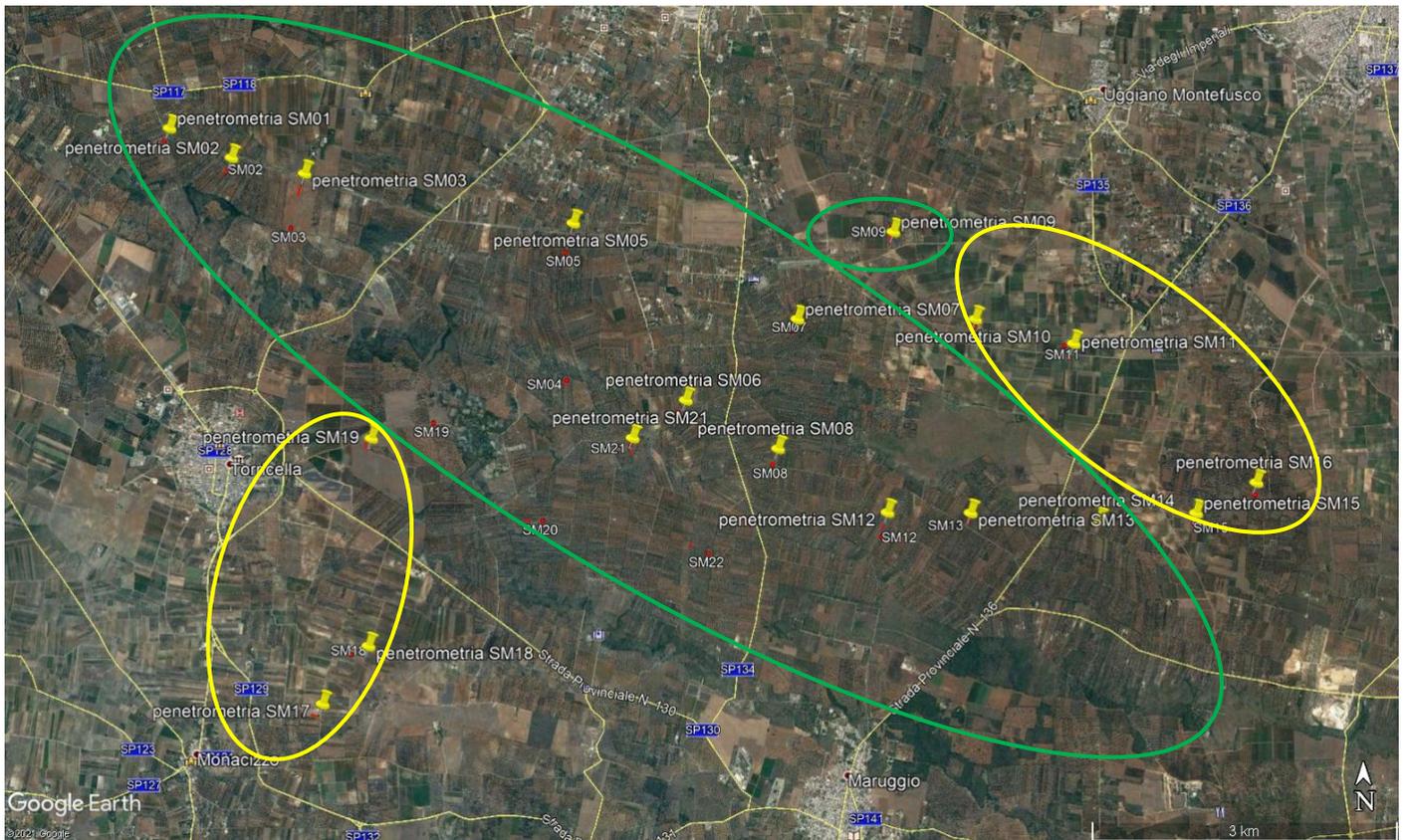


Fig. 11: Individuazioni macroaree, cerchiare in verde le zone di affioramento dei calcari e in giallo zone dei terreni calcarenitici

Stratigrafia semplificata:

Area centrale

Terreno vegetale fino ad una profondità $\approx 0,50$ m

Calccare fratturato ad una prof. tra 0,50 e 3,00 m

Calccare dolomitico a profondità $>3,00$ m

Area Nord-est, Sud-Ovest

Terreno vegetale fino ad una profondità $\approx 1,00$ m

Sabbie limose o calcaree moderatamente addensate con livelli tipo panchina tra $\approx 1,00$ e 4,0 m

Calcarenite $> 4,00$ m

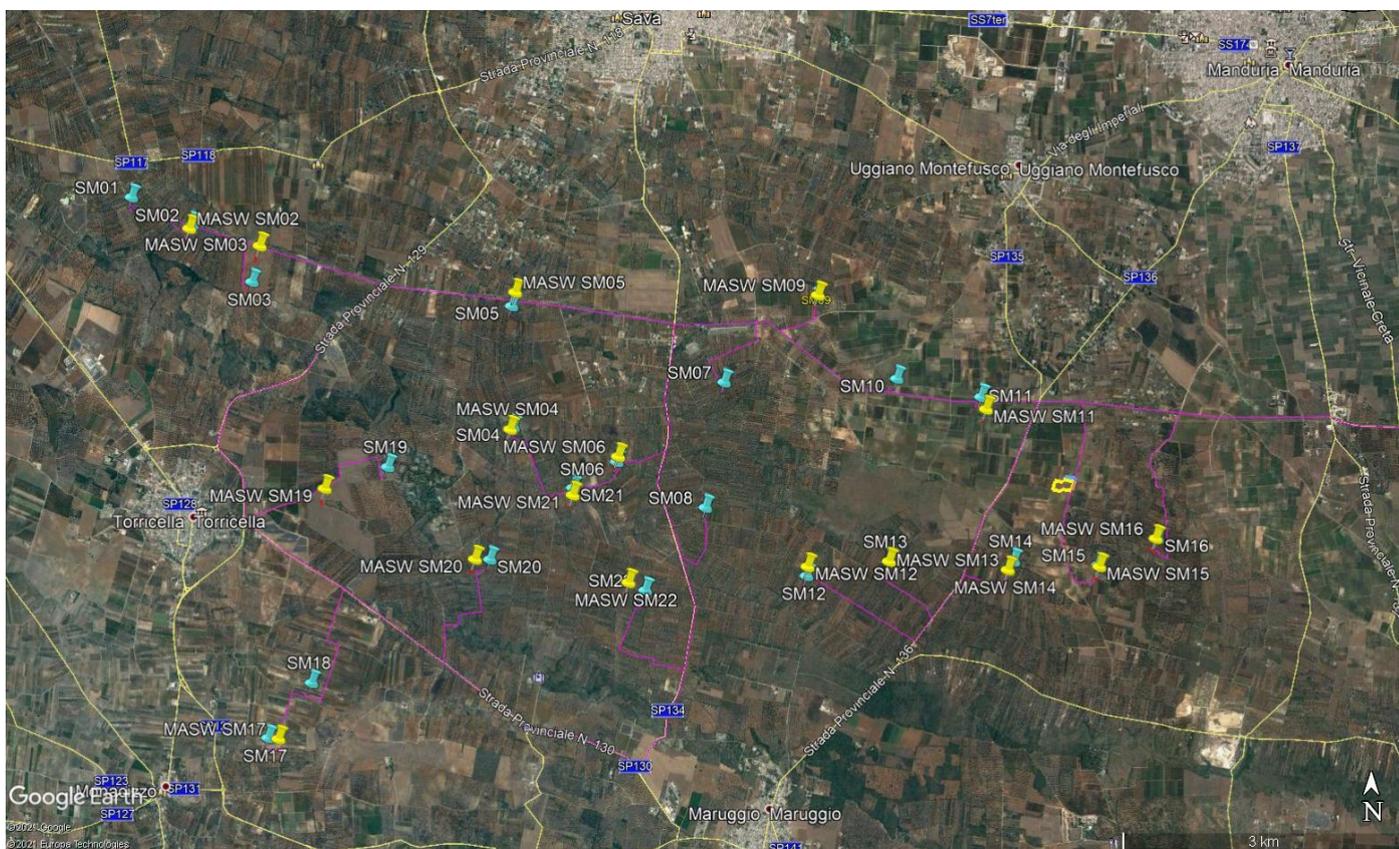
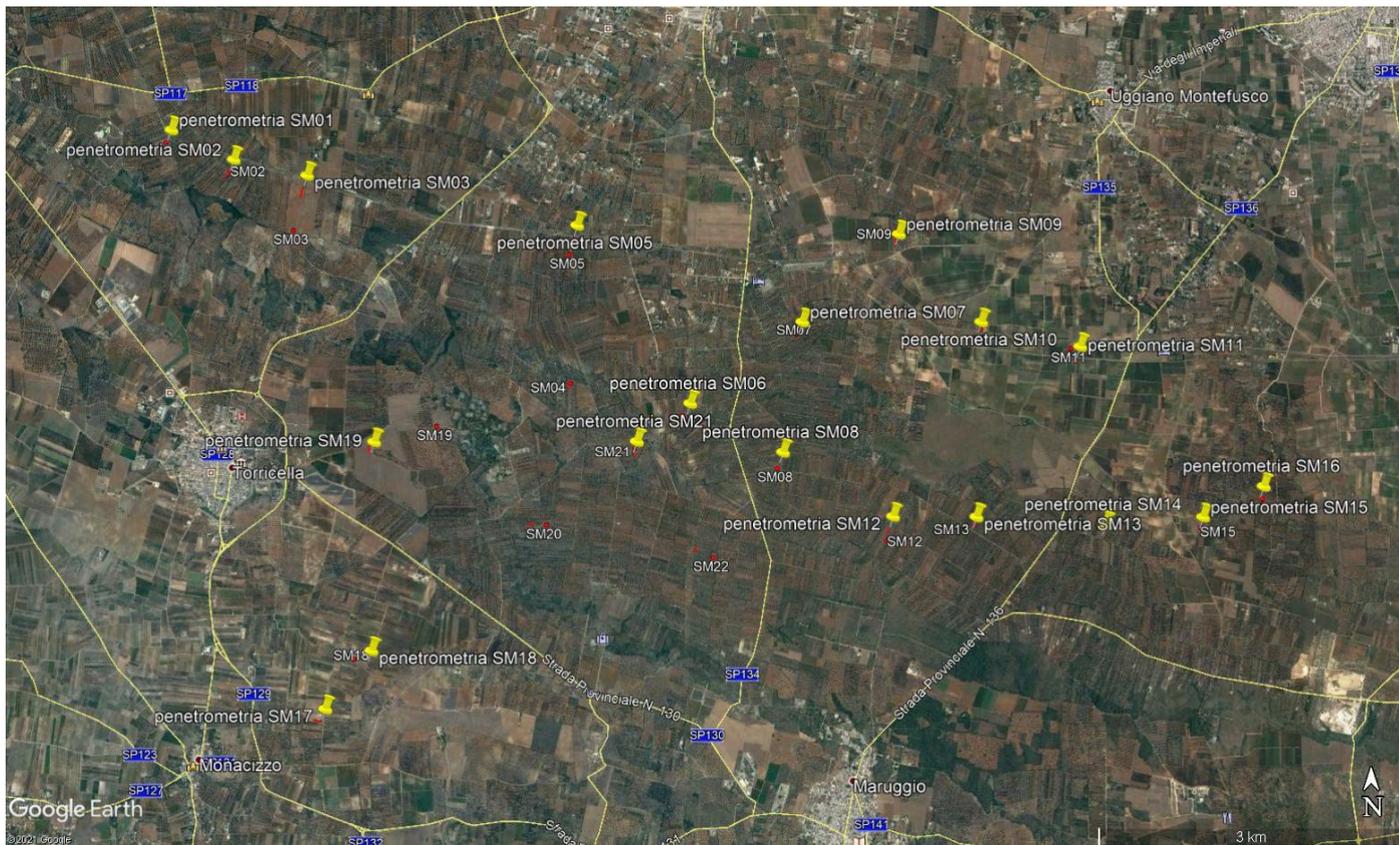


Fig. 12: Ubicazione indagini geognostiche

Di seguito una tabella riassuntiva con le indagini geognostiche effettuate in sito.

WTG	PENETROMETRIA PROFONDITA'	MASW Vs 30
SM01	0,3	
SM02	0,2	831 m/s
SM03	1	582 m/s
SM04	rocce affioranti	1228 m/s
SM05	0,5	1090 m/s
SM06	0,4	1288 m/s
SM07	0,8	
SM08	0,4	
SM09	0,9	1081 m/s
SM10	5,1	
SM11	4,5	763 m/s
SM12	1	1190 m/s
SM13	0,8	1048 m/s
SM14	0,4	
SM15	1,3	1231 m/s
SM16	1,8	684 m/s
SM17	0,6	526 m/s
SM18	0,7	
SM19	0,7	1171 m/s
SM20	rocce affioranti	873 m/s
SM21	0,7	1222 m/s
SM22	rocce affioranti	1181 m/s

5. Sismicità di base

L'azione sismica di riferimento, in base alla normativa italiana, in accordo con gli eurocodici è legata da un lato alla sismicità dell'area e dall'altro alle caratteristiche locali del terreno. A seguito della riclassificazione sismica nazionale, indicata all'interno dell'OPCM 3274, l'intero territorio italiano è suddiviso in quattro zone sismiche ciascuno delle quali è contrassegnata da un diverso valore di a_g , accelerazione orizzontale massima su suolo rigido, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ossia con un tempo di ritorno di 475 anni. Si evidenzia che l'Ordinanza 3274 attribuisce alle singole Regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica per le costruzioni sui territori in zona sismica categoria 4. A livello regionale la normativa vigente è rappresentata dalla "Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153 - L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi." I valori convenzionali di a_g assegnati nelle quattro zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido per il quale il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali. In presenza di suoli di tipo B, C, D, E, S_1 , S_2 il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'imput sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche,

ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono, salvo più accurate determinazioni, che possono portare a differenze comunque non superiori al 20% dell'accelerazione per le zone 1 e 2 e non superiori a 0.05g nelle altre zone:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0.15g
4	0,05g

Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il **territorio di Erchie (BR)** rientra nella **“Zone sismica 4” “Rischio minimo”**. (Cfr. Carta Zone Sismiche)

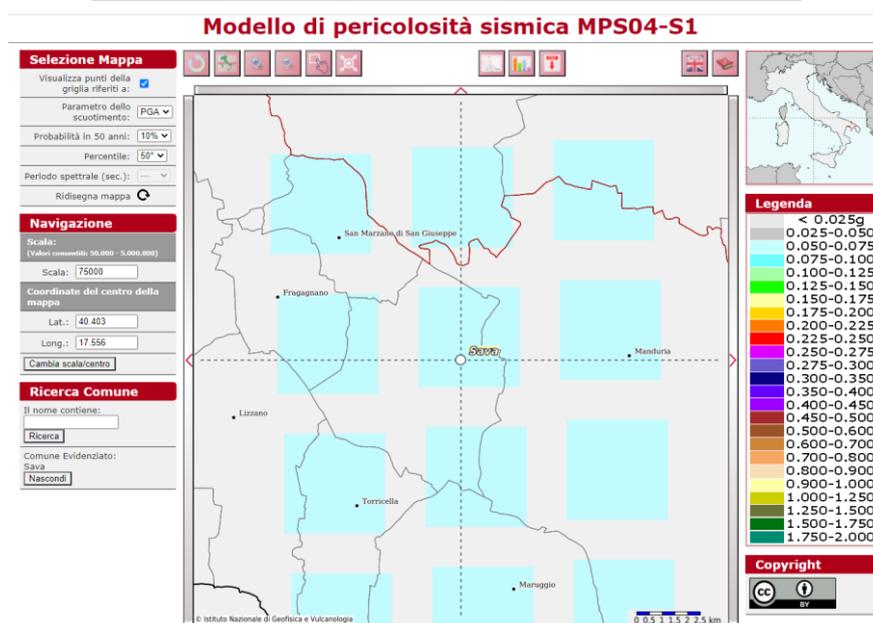
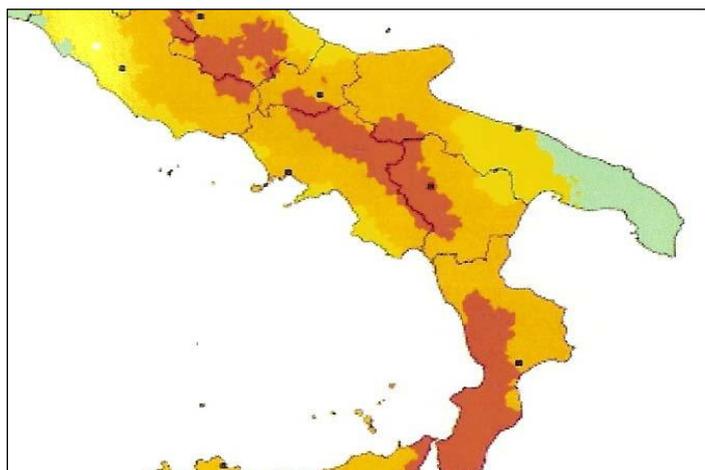


Fig.13: Classificazione Sismica (OPCM 3274/2004, D.M 17/01/2018) e Mappa di pericolosità sismica

Di seguito si riportano i risultati delle indagini di tipo masw effettuate in sito.

L'elaborazione dei dati, mediante il processo di inversione, ha portato al calcolo del parametro delle Vs30.

La Vs 30 calcolata per l'area di impianto risulta essere:

SM 02 Vs 30 = **831 m/sec**

SM 03 Vs 30 = **582 m/sec**

SM 04 Vs 30 = **1228 m/sec**

SM 05 Vs 30 = **1090 m/sec**

SM 06 Vs 30 = **1228m/sec**

SM 09 Vs 30 = **1081 m/sec**

SM 11 Vs 30 = **763 m/sec**

SM 12 Vs 30 = **1190 m/sec**

SM 13 Vs 30 = **1048 m/sec**

SM 15 Vs 30 = **1231 m/sec**

SM 16 Vs 30 = **684 m/sec**

SM 17 Vs 30 = **526 m/sec**

SM 19 Vs 30 = **1171 m/sec**

SM 20 Vs 30 = **873 m/sec**

SM 21 Vs 30 = **1222 m/sec**

SM 22 Vs 30 = **1181 m/sec**

Il calcolo delle Vs, permette di classificare il terreno di fondazione in una delle categorie di suolo in ottemperanza del D.M 14/09/2005 e D.M 14/01/2008 ed infine 17/01/2018. Le aree oggetto di indagine rientrano tutte in **CATEGORIA A**, a parte le Masw fatte in corrispondenza degli aerogeneratori **SM 03, 11, 16 e 17** che rientrano in **CATEGORIA B**.

N.B. :

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

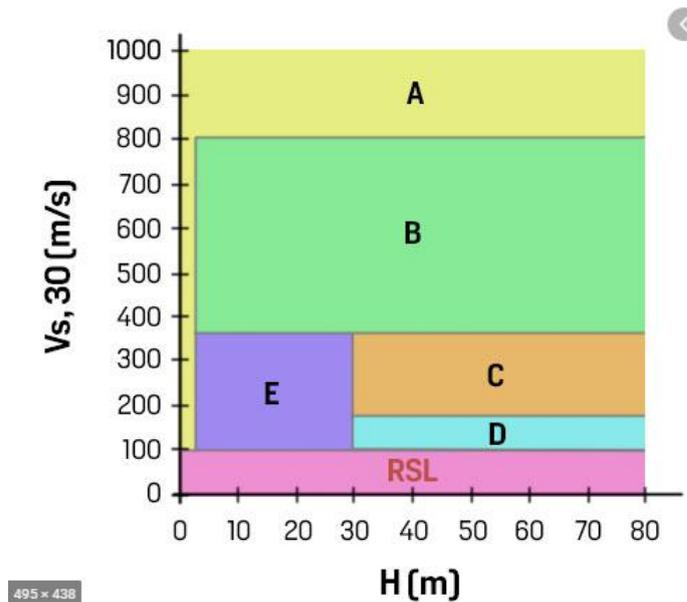
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Capitolo 3, 3.2.2 – D.M. 17 gennaio 2018

Seguendo le indicazioni della normativa di riferimento del 2018 e tenendo conto dello schema riportato di seguito si può, con buona approssimazione, considerare la categoria di sottosuolo individuata dalle V_{s30} uguale a quella delle $V_{s,eq}$.



CategoriaA

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente compresenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

CategoriaB

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

CategoriaC

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

CategoriaD

Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

CategoriaE

Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

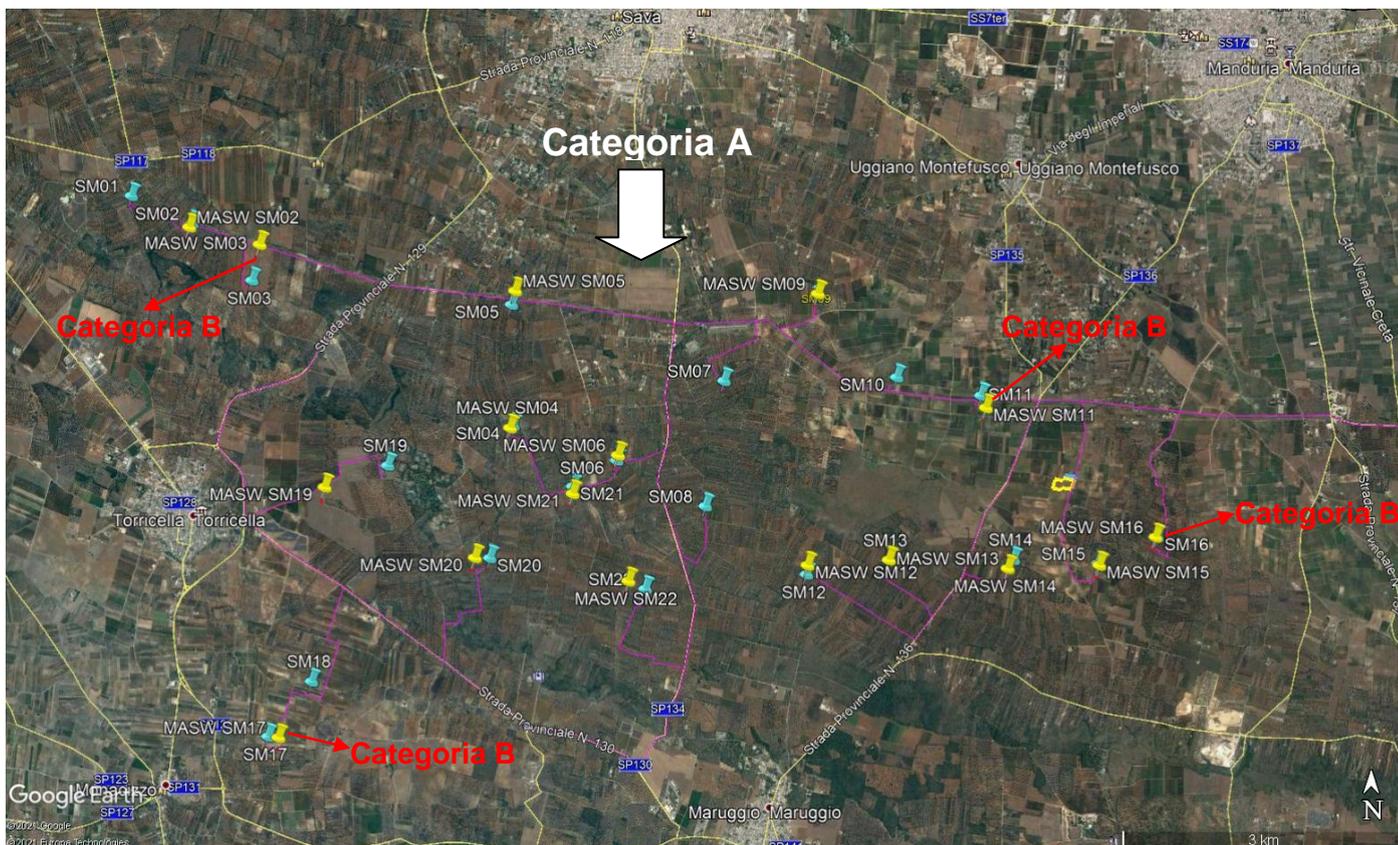


Fig.14: Sintesi delle categorie di sottosuolo risultanti dalle indagini geofisiche

Le aree oggetto di indagine rientrano tutte in **CATEGORIA A**, a parte le Masw fatte in corrispondenza degli aerogeneratori **SM 03, 11, 16 e 17** che rientrano in **CATEGORIA B**.

6. Generalità sull'analisi dei versanti

Le analisi per la valutazione della stabilità dei pendii consentono di stimare in modo quantitativo la loro suscettibilità a franare.

È opportuno distinguere i casi in cui la rottura non si è ancora manifestata rispetto ai casi in cui la rottura è già avvenuta. Nel primo caso l'analisi di stabilità serve ad accertarsi che il pendio non sia suscettibile a rotture mentre nel secondo caso lo scopo dell'analisi di stabilità è principalmente quello di fornire le basi per la comprensione del fenomeno, ovvero individuare i fattori scatenanti la frana. I metodi di calcolo utilizzabili per la valutazione della stabilità di un pendio sono quelli dell'equilibrio limite, degli elementi finiti e delle differenze finite.

I metodi di analisi della stabilità dei pendii sono i più semplici, diffusi ed impiegati, tali metodi ipotizzano che il terreno non si deformi fino alla rottura e che, in condizioni di rottura, la resistenza al taglio si mantenga costante e indipendente dalle deformazioni accumulate (si ipotizza dunque un comportamento rigido – perfettamente plastico del terreno).

Dalle dette ipotesi ne consegue che: 1. la rottura si manifesta lungo una superficie netta di separazione tra la massa in frana e il terreno stabile; 2. la massa in frana è un blocco rigido in moto di roto-traslazione; 3. la resistenza mobilitata lungo la superficie di scorrimento in condizioni di equilibrio limite è costante nel tempo, indipendente dalle deformazioni e quindi dai movimenti della frana, e ovunque pari alla resistenza al taglio; 4. non è possibile determinare né le deformazioni precedenti la rottura, né l'entità dei movimenti del blocco in frana, né la velocità del fenomeno.

I metodi all'equilibrio limite studiano le condizioni di equilibrio di volumi di terreno limitati inferiormente da superfici di scorrimento di forma cilindrica analizzando di norma una o più sezioni longitudinali del versante. Con i metodi all'equilibrio limite il parametro indicativo del grado di stabilità di una frana è il Fattore di Sicurezza (F.S.), ottenuto come il rapporto tra le resistenze disponibili e le resistenze mobilizzate. Il fattore di sicurezza è il valore che si associa alla superficie dove è più probabile che si inneschi il movimento.

Le verifiche di stabilità sono condotte in termini quantitativi, e solitamente si utilizzano per valutare le condizioni di stabilità del versante oggetto di studio ante operam e come queste si modificano post operam, in condizioni statiche e dinamiche.

Per risposta sismica locale si intende l'insieme delle modifiche che il moto sismico subisce nell'immediato sottosuolo a causa delle condizioni geologiche, morfologiche e geotecniche locali.

La risposta sismica locale è il risultato di molteplici fenomeni fisici (riflessioni multiple, diffrazione,

focalizzazione, risonanza etc.) che le onde subiscono in corrispondenza delle eterogeneità e discontinuità degli strati più superficiali e in corrispondenza delle irregolarità topografiche. A seconda dei principali fenomeni fisici responsabili si possono distinguere:

- 1) effetti stratigrafici, che hanno luogo in corrispondenza di depositi soffici poggianti su un basamento rigido in condizioni essenzialmente di strati piani e paralleli;
- 2) effetti di valle o di bordo che hanno luogo allorché la morfologia del contatto tra basamento e terreni soffici di copertura assume andamenti complessi caratterizzati da geometrie marcatamente;
- 3) effetti topografici che hanno luogo in prossimità delle strutture morfologiche superficiali, es. alla cresta di un rilievo roccioso dove il moto sismico è generalmente amplificato rispetto alla base dello stesso.

7. Criticità potenziali

Di seguito si riporta un elenco delle criticità potenziali che potrebbero creare condizioni di instabilità dei versanti coinvolti nel presente studio o una qualsiasi variazione nel rapporto tra le resistenze disponibili e le resistenze innescanti.

-L'intera area di studio risulta essere pianeggiante o sub-pianeggiante con categoria topografica di tipo T1, non sono presenti fattori di amplificazione topografica. Inoltre, non si ravvisano problematiche morfologico-strutturali (faglie, pieghe, assi di displuvio, scarpate, cambi di quota o punti sommitali) di grande rilievo.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

-Non risultano evidenze di fenomeni franosi in atto o potenziali, non sono presenti né frane

profonde né scorrimenti superficiali. In definitiva, non sono stati riscontrati fenomeni franosi neanche di tipo quiescente o stabilizzato.

-Non si evidenziano caratteristiche lito-stratigrafiche tali da poter generare, in condizioni simiche, fenomeni di amplificazione stratigrafica.

L'unica area che presenta delle problematiche potenziali è quella più a nord-est corrispondente agli areogeneratori SM 10, 11 e parzialmente 15 e 16 infatti, in questa zona, la profondità del bedrock è superiore rispetto alle altre aree indagate e si evidenzia la presenza di sabbie limose e/o calcaree poco addensate. In queste aree la categoria sismica di sottosuolo è B.

-Non sono state riscontrate falde superficiali ed in generale l'intera zona oggetto di studio possiede una discreta permeabilità soprattutto nelle aree dove è presente il calcare dolomitico e una permeabilità media e bassa dove sono presenti i terreni sabbiosi a causa della loro eterogeneità orizzontale, verticale e della componente fine limosa oltre alla presenza di livelli calcarenitici compatti.

In generale la permeabilità dell'acquifero in tutta l'area vasta di studio è buona a causa dell'imponente carsismo e delle litologie calcaree e calcarenitiche che lo caratterizzano.

-L'azione sismica è minima e l'amplificazione sismica locale è potenzialmente legata solo a quei terreni (sabbie limose) suscettibili a problematiche di interazione con le acque di falda che, come già detto non sono state riscontrate nei primi metri di profondità.

Complessivamente mancano le condizioni che possano favorire l'insorgere di movimenti di tipo franoso, in conclusione l'area può essere considerata sostanzialmente stabile e al livello topografico e morfologico omogenea.

8. Conclusioni

Lo studio effettuato riguarda l'intero impianto comprensivo di aerogeneratori e relative opere di connessione.

Morfologicamente

L'area di progetto è principalmente ubicata tra i comuni di Sava, Maruggio e Torricella, topograficamente, essendo di notevole estensione, l'area si trova a cavallo tra le province di Brindisi e Taranto, ricade nei fogli 202 e 203 della Carta d'Italia dell'I.G.M. Altimetricamente la zona risulta da sub-pianeggiante a debolmente collinare e si trova a quote variabili tra circa 40 metri slm nei pressi del comune di Torricella e nel territorio di Maruggio fino ai 90-100 metri nella zona centro-orientale del territorio di Sava e Manduria.

In generale nell'area vasta di studio esistono delle cave di attive ma principalmente abbandonate, esistono numerosi recapiti finali di bacini endoreici e diverse cavità o strutture carsiche intorno e soprattutto a sud dell'abitato di Sava, risultano anche evidenti diversi sistemi di orli di scarpate delimitanti forme semispianate che attraversano parzialmente l'area interessata dall'impianto di progetto nella sua parte centrale, inoltre l'area è caratterizzata da diversi cambi di pendenza e litologia, verso sud ci sono degli assi di displuvio e piccole creste smussate. Il sito risulta inserito in un ambiente con diverse doline quindi presenta un certo rischio geomorfologico. *L'area non presenta particolari criticità ma bisognerà porre particolare attenzione alle forme legate al carsismo ed alla presenza dei bacini endoreici che potrebbero causare periodicamente ristagni d'acqua, inoltre risultano evidenti cambi di pendenza e litologia.*

Il cavidotto intercetta in diversi punti dei reticoli idrografici poco gerarchizzati.

Geologicamente

Nel territorio in esame, è stata accertata la presenza di due formazioni note in letteratura come **Calcarea di Altamura** e terreni appartenenti alla **Formazione di Gallipoli** termine col quale in letteratura si intende una sequenza di Calcareniti, Sabbie argillose e sabbie mediamente cementate di età Calabrianica. I litotipi affioranti, facenti parte della Formazione di Gallipoli presenta una permeabilità medio-bassa che tende ad aumentare con la profondità, incontrando le calcareniti permeabili per porosità, mentre i calcari hanno una permeabilità per fratturazione medio-alta.

Stratigrafia

La stratigrafia è stata desunta dalla correlazione tra le prove effettuate in sito e quelle eseguite in occasione di altri lavori svolti nelle vicinanze dell'area di interesse. Le indagini effettuate in sito hanno consentito di suddividere in due macro-aree la zona studiata in base alle proprie caratteristiche litostatigrafiche.

In particolare la zona centrale dell'area di progetto è caratterizzata dall'affioramento, in superficie o poco al di sotto del p.c., di Calcari dolomitici fratturati (di conseguenza le penetrometrie si sono arrestate entro il primo metro di profondità).

La zona nord-est ha mostrato caratteristiche variabili che evidenziano la presenza di materiale, costituito da sabbie più o meno limose o calcaree moderatamente addensate con rari livelli calcarenitici tipo panchina, passante in profondità (mediamente superiori a 4 metri) a calcareniti compatte in corrispondenza degli aerogeneratori SM10 e SM11.

La zona poco a sud-ovest (nei pressi dell'abitato di Torricella), in corrispondenza degli aerogeneratori SM 17, 18 e 19 è caratterizzata dalla presenza di Calcareniti e di calcari bioclastici, stessa cosa può dirsi per gli aerogeneratori SM 15 e 16.

Stratigrafia semplificata:

Area centrale

Terreno vegetale fino ad una profondità $\approx 0,50$ m

Calcare fratturato ad una prof. tra 0,50 e 3,00 m

Calcare dolomitico a profondità $>3,00$ m

Area Nord-est, Sud-Ovest

Terreno vegetale fino ad una profondità $\approx 1,00$ m

Sabbie limose o calcaree moderatamente addensate con livelli tipo panchina tra $\approx 1,00$ e 4,0 m

Calcarenite $> 4,00$ m

Idrologia e vincolistica

Nell'area di progetto, la falda acquifera di base non risulta interagente con le opere previste in particolare non esistono problemi di interferenza tra gli aerogeneratori di progetto e i reticoli idrografici.

La falda, il cui carico idraulico nell'area di studio si attesta a circa 3-6 m s.l.m, mostra una generale direzione di deflusso verso mare. Le basse cadenti piezometriche, variabili dallo 0.08 al 3 per mille, sono indicative di un discreto grado di permeabilità d'insieme dell'acquifero su tutta l'area.

Considerando l'ingombro previsto dall'eventuale realizzazione degli aerogeneratori e la parziale impermeabilizzazione di alcune aree, si ritiene che esista un impatto rispetto al libero deflusso delle acque ma complessivamente non si ravvisano grandi problematiche d'interferenza tra il programma di progetto proposto e le acque di scorrimento.

Dalle cartografie Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – aree a pericolosità di inondazione ed aree a rischio- si evince che **le aree individuate per la realizzazione degli aerogeneratori non sono inserite in zone denominate a pericolosità idraulica ed in aree a rischio.**

Sismica

Per ciò che concerne l'aspetto sismico, si ricorda che l'area è inserita nella zona **4** della nuova classificazione sismica (Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003).

Il calcolo delle Vs, permette di classificare il terreno di fondazione in una delle categorie di suolo in ottemperanza del D.M 14/09/2005 e D.M 14/01/2008 ed infine 17/01/2018. Le aree oggetto di indagine rientrano tutte in **CATEGORIA A**, a parte le Masw fatte in corrispondenza degli aerogeneratori **SM 03, 11, 16 e 17** che rientrano in **CATEGORIA B**.

Nell'ambito di tale classificazione, considerando i terreni presenti e seguendo le indicazioni della normativa di riferimento del 2018 si può, con buona approssimazione, considerare la categoria di sottosuolo individuata dalle Vs30 uguale a quella delle Vs_{eq}.

CategoriaA

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

CategoriaB

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Viste le caratteristiche geolitologiche, stratigrafiche, e la particolarità delle opere in progetto si suggerisce la posa in opera delle fondazioni, opportunamente dimensionate e verificate all'interno degli strati lapidei più compatti e meno fratturati.

In particolare, nelle aree centrali dove è stata riscontrata la presenza dei calcari, si consiglia di approfondire le fondazioni a profondità sempre > di 3 metri dal piano campagna.

Nelle aree nord-est e sud-ovest dove risultano evidenti terreni con proprietà meccaniche discontinue ed eterogenee sarebbe consigliabile approfondire le fondazioni a profondità tali da intercettare il bedrock calcarenitico non alterato.

Se ritenuto opportuno si potrebbe anche asportare la porzione superficiale del terreno vegetale.

Criticità potenziali

Di seguito si riporta un elenco delle criticità potenziali che potrebbero creare condizioni di instabilità dei versanti coinvolti nel presente studio o una qualsiasi variazione nel rapporto tra le resistenze disponibili e le resistenze innescanti.

-L'intera area di studio risulta essere pianeggiante o sub-pianeggiante con categoria topografica di tipo T1, non sono presenti fattori di amplificazione topografica. Inoltre, non si ravvisano problematiche morfologico-strutturali (faglie, pieghe, assi di displuvio, scarpate, cambi di quota o punti sommitali) di grande rilievo.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

-Non risultano evidenze di fenomeni franosi in atto o potenziali, non sono presenti né frane profonde né scorrimenti superficiali. In definitiva, non sono stati riscontrati fenomeni franosi neanche di tipo quiescente o stabilizzato.

-Non si evidenziano caratteristiche lito-stratigrafiche tali da poter generare, in condizioni simiche, fenomeni di amplificazione stratigrafica.

L'unica area che presenta delle problematiche potenziali è quella più a nord-est corrispondente agli areogeneratori SM 10, 11 e parzialmente 15 e 16 infatti, in questa zona, la profondità del bedrock è superiore rispetto alle altre aree indagate e si evidenzia la presenza di sabbie limose e/o calcaree poco addensate. In queste aree la categoria sismica di sottosuolo è B.

-Non sono state riscontrate falde superficiali ed in generale l'intera zona oggetto di studio possiede una discreta permeabilità soprattutto nelle aree dove è presente il calcare dolomitico e una permeabilità media e bassa dove sono presenti i terreni sabbiosi a causa della loro eterogeneità orizzontale, verticale e della componente fine limosa oltre alla presenza di livelli calcarenitici compatti.

In generale la permeabilità dell'acquifero in tutta l'area vasta di studio è buona a causa dell'imponente carsismo e delle litologie calcaree e calcarenitiche che lo caratterizzano.

-L'azione sismica è minima e l'amplificazione sismica locale è potenzialmente legata solo a quei terreni (sabbie limose) suscettibili a problematiche di interazione con le acque di falda che, come già detto non sono state riscontrate nei primi metri di profondità.

Complessivamente mancano le condizioni che possano favorire l'insorgere di movimenti di tipo franoso, in conclusione l'area può essere considerata sostanzialmente stabile e al livello topografico e morfologico omogenea.

Il tecnico
Geol. Leonardo Gioia

A circular professional stamp of the Italian Geological Society (Ordine dei Geologi). The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOL." at the top, "geologo LEONARDO GIOIA" in the center, and "N° 749" and "PUGLIA" at the bottom. A blue ink signature is written over the stamp.