1. PREMESSA 2

2. ELEMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI. 3

2.1 - Elementi geomorfologici. 3

2.2 - Elementi litologico-strutturali. 4

2.3 - Elementi idrogeologici. 5

3. INDAGINI DI DETTAGLIO. 6

3.1 - Indagini geofisiche 6

3.2 - Rilievo geostrutturale dell'ammasso roccioso. 9

4. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE 12

5. CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI SCIOLTI DI COPERTURA 12

6. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO. 12

7. SISMICITÀ DELL'AREA E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE 16

8. SCAVI E SBANCAMENTI 20

9. FONDAZIONI AEROGENERATORE 20

10. SISTEMAZIONE FINALE 21

11. STRADA DI ACCESSO. 21

12. CAVIDOTTO E CABINA ELETTRICA 24

13. FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO E COMPATIBILITÀ CON LA TUTELA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO 25

14. COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI BACINO DEL T. QUILIANO E IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL PO 26

ALLEGATI 27

RELAZIONE TECNICA

1. PREMESSA

La società TERSIA S.r.l. ha incaricato la scrivente di realizzare le indagini necessarie per la caratterizzazione geologica dell'area individuata nel territorio comunale di Altare per la realizzazione dell'impianto eolico di Monte Burot, costituita da due turbine eoliche per la generazione di energia elettrica.

L'indagine è stata sviluppata in osservanza del dettato del D.M. 14.01.08, di quello della L.R. n°4/99, nonchè della vigente normativa di Piano di Bacino del T. Quiliano, D.L. 11/06/1998 n°180, convertito in legge 03/08/1998 n°267 e s.m. e i. e della normativa del Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Po, approvato con il D.P.C.M. 24/05/2001.

Essa ha avuto lo scopo di verificare nel dettaglio la compatibilità delle opere in progetto con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del terreno, nonchè di valutare le interferenze ed il rapporto con le caratteristiche progettuali degli interventi.

Sulla base degli interventi previsti e delle caratteristiche dei luoghi, l'indagine è stata così articolata:

- analisi di dettaglio delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito;
- effettuazione di un rilievo geomeccanico di dettaglio, con l'individuazione di stazioni di misura poste sia in corrispondenza del sito, sia in un intorno significativo;
- caratterizzazione dell'ammasso roccioso costituente la quasi totalità del volume di intervento secondo i metodi di classificazione in uso;
- esecuzione di n°2 prospezioni sismiche a rifrazione;
- identificazione delle problematiche geologico-tecniche connesse con la progettazione esecutiva e la realizzazione degli interventi previsti;
- redazione di elaborati grafici e di sezioni rappresentanti le condizioni dell'area e gli elementi emersi nel corso dell'indagine;
- redazione di rapporto tecnico con indicazioni operative e commento ai vari elaborati.

Si riporta nel seguito quanto complessivamente emerso.

2. ELEMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI.

La zona in cui verranno collocati gli aerogeneratori in questione rappresenta una porzione della dorsale posta sull'allineamento Monte Burot-Monte Baraccone, qui orientata grosso modo N-S e che rappresenta un segmento dello spartiacque ligure-padano in Comune di Altare, provincia di Savona. Essa è individuata nella sezione 229050, elemento 229053 della Carta Tecnica Regionale (cfr. Tavola 3 Progetto – CTR, scala 1/5.000 e in calce alla presente Figura 0 – Inquadramento area impianti , scala 1:2.000).

Si riportano di seguito alcuni elementi di inquadramento complessivo della zona, per una miglior comprensione dei caratteri specifici in essi riscontrati; detti elementi sono stati rappresentati sulla Figura 1 – Area Impianti – Carta degli elementi geologici di insieme, scala 1:2.000.

2.1 - Elementi geomorfologici.

L'areale interessato dall'intervento si colloca in corrispondenza della fascia assiale della dorsale suddetta, caratterizzata da un crinale discretamente ampio, con pendenza limitata sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale tanto che, localmente, essa risulta a tratti subpianeggiante. Lungo la fascia assiale del tratto di dorsale considerato si ha una differenza di quota massima dell'ordine di 70 m s.l.m., tra una sella secondaria poco a Sud di Monte Burot a q.a. di 732 m s.l.m. e q.a. 790 m s.l.m., in corrispondenza di un rilievo posto poco a Nord di Monte Baraccone, tuttavia la localizzazione degli impianti in progetto è prevista a quote intermedie, tra loro più omogenee, variabili da un minimo di 740 m circa s.l.m., ad un massimo di 765 m circa s.l.m..

I fianchi della dorsale si sviluppano con pendenze poco accentuate, almeno nella fascia sommitale; essi ospitano i rami più in quota del reticolo idrografico che concorrono a formare il fiume Bormida, a ponente, e il torrente Quiliano, a levante.

Le coperture sciolte, nella zona di interesse, sono di spessore variabile, estremamente limitate e rappresentate per lo più dai prodotti della detrizione del substrato, in corrispondenza delle culminazioni della dorsale, di spessore più importanti in corrispondenza delle selle e delle testate dei solchi di deflusso.

Anche in funzione della bassa pendenza non si hanno, a grande scala, situazioni di franosità in atto o potenziali, per cui sono buone le complessive condizioni di stabilità.

2.2 - Elementi litologico-strutturali.

Il substrato roccioso è rappresentato dalla “Formazione di Murialdo”, datate al Carbonifero Superiore e rappresentati nell’area da filladi sericitiche e micascisti carboniosi; hanno colorazione grigio-scura o grigio-verdastra per l’abbondante presenza di grafite e di clorite; estremamente tettonizzate, mostrano una marcata cotica di alterazione nei livelli più esterni e frequente presenza di accentuati diaframmi milonitici, anch’essi ad elevato grado di alterazione chimica. In affioramento la roccia appare molto scistosa ed estremamente deformata; sono presenti molto spesso livellini centimetrici di colore chiaro costituiti essenzialmente da quarzo e feldspati.

La formazione è stata oggetto di fenomenologie tettoniche di varia epoca, manifestatesi con fitti piegamenti, faglie e superfici tettoniche complesse. In conseguenza di tali dislocazioni, la roccia mostra una discreta tendenza all'alterazione ed alla disarticolazione in scaglie e prismi le cui caratteristiche geometriche risultano strettamente legate alla scistosità e alla frequenza delle famiglie di discontinuità dell'ammasso roccioso.

Complessivamente si è osservato che la scistosità, pur essendo soggetta a fitti ripiegamenti, evidenzia una giacitura preferenziale verso SW, mentre la fratturazione si mostra attraverso due famiglie principali.

Tutti i poli delle discontinuità rilevate sono stati riportati nell'allegato stereogramma polare di Schmidt; mediante lo studio statistico della densità dei poli, si sono distinte le seguenti famiglie di discontinuità:

Famiglia	Immersione	Inclinazione
Sc	210-240	35-50
F1	90-110	75-85
F2	30-40	50-65

Le discontinuità, inoltre, facilitano l'innescarsi dei fenomeni di alterazione della roccia con la formazione di un cappellaccio costituito prevalentemente da

elementi lapidei disarticolati e fortemente alterati e che fa passaggio, gradualmente, alla roccia sana.

Come già detto in precedenza, i livelli superficiali sono caratterizzati dalle coperture detritiche ed eluviali medio-grossolane, in cui è presente una matrice fine limoso-argillosa.

In copertura si ha un modestissimo livello di terreno vegetale, il cui spessori aumentano lungo i versanti, dove è presente una discreta copertura vegetale anche di essenze cespugliose e di alto fusto.

2.3 - Elementi idrogeologici.

L'idrologia superficiale della zona appare abbastanza semplice:

- sulla fascia assiale della dorsale parte delle acque di pioggia migrano a valle prevalentemente per ruscellamento diffuso; localmente si hanno modesti solchi di deflusso, comunque, stante la posizione del sito, le portate sono modeste;
- le stesse acque possono anche concorrere a creare locali sacche di impregnazione, laddove le coperture sciolte assumono spessori significativi; il reticolo idrografico vero e proprio si sviluppa a quote ben inferiori rispetto a quelle della dorsale.

La circolazione ipogea è più complessa in quanto la formazione a substrato, come sopra accennato, risulta marcatamente fratturata e comunque risente, in grande, di disarticolazioni conseguenti a fenomeni tettonici di sovrascorrimento.

Si hanno pertanto assorbimenti di acque di pioggia o da fusione delle nevi, con percolazione in profondità, formazione di una falda idrica e sua successiva venuta a giorno, sotto forma di allineamenti sorgentizi, laddove il versante interseca il contatto con ammassi rocciosi meno permeabili. Il fenomeno è particolarmente evidente sul versante Ovest della dorsale, tuttavia a quote di almeno 100-200 m inferiori rispetto a quelle della fascia di crinale e ben al di fuori delle fasce di rispetto delle sorgenti.

Si esclude pertanto fin da ora che l'installazione delle strutture del campo eolico, quale sia la soluzione fondazionale, possa interferire con la conservazione delle sorgenti.

3. INDAGINI DI DETTAGLIO.

Per caratterizzare l'assetto stratigrafico, geotecnico e geomeccanico di dettaglio dell'area, i dati provenienti dal rilevamento geologico di superficie sono stati integrati attraverso:

- Esecuzione di indagini geofisiche.
- Rilievo geostrutturale dell'ammasso roccioso.

3.1 - Indagini geofisiche

Al fine di avere indicazioni circa la stratigrafia delle zone direttamente interessate dall'intervento, nella posizione indicata sulla Figura 1 – Area impianti, Carta degli elementi geologici di insieme scala 1:2.000, è stato realizzato, in corrispondenza di ogni aerogeneratore, uno stendimento sismico a rifrazione.

Tomografie sismiche a rifrazione

Per valutare lo spessore e l'andamento dei materiali di presenti nel sito di indagine, sono state eseguite quattro prospezioni sismiche a rifrazione.

Le caratteristiche delle stese sono riportate nella seguente tabella:

Stesa	Lunghezza complessiva (m)	Spaziatura Intergeofonica (m)	Stazioni di energizzazione
SS1	120	5	8
SS3	120	5	8

Nel metodo sismico a rifrazione viene registrata la propagazione di onde elastiche, generate artificialmente all'interfaccia atmosfera – terreno e rifratte lungo superfici di discontinuità sepolte.

In superficie vengono disposti trasduttori elettromagnetici, chiamati geofoni, in grado di rilevare la perturbazione prodotta propagatasi nel terreno.

I geofoni sono collegati, attraverso un cavo multipolare, ad un sismografo multicanale che misura e registra i tempi di percorrenza dell'impulso elastico, generato artificialmente, nei tragitti compresi tra il punto sorgente ed ogni singolo geofono.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono, può avere seguito un percorso “diretto” (tragitto più breve tra sorgente e ricevitore), oppure avere subito una o più rifrazioni in corrispondenza di superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento.

La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell’ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione) è definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo e delle finalità dell’indagine.

Il metodo sismico a rifrazione da superficie permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento di geofoni fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 dello sviluppo lineare dello stesso.

I tempi di percorso diretto e rifratto tra i punti in cui viene energizzato il terreno ed i singoli geofoni, costituiscono le dromocrone e sono riportati su diagrammi nei quali sono leggibili, in ascissa, le posizioni dei singoli geofoni (proiettate sul piano orizzontale) e in ordinata i tempi in secondi.

Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d’onda degli impulsi sismici alle varie profondità. Tali velocità sono proporzionali al grado di addensamento dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi – intercetta e pendenza delle dromocrone, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti, fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.

Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione dei loro spessori al di sotto dello sviluppo della stesa, può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

Sono state effettuate energizzazioni all’interno ed all’esterno dello stendimento secondo gli usuali schemi di acquisizione.

Quest’ultima è stata effettuata mediante un sismografo GEODE Geometrics a 24 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia; i canali utilizzati sono 12 e 24. I segnali di ciascun canale sono stati digitalizzati tramite un convertitore A/D a 16 bit in 2.048 campioni per una lunghezza di registrazione pari a 512 millesimi di secondo, visualizzati a video

in tempo reale e quindi memorizzati su supporto magnetico mediante il programma di acquisizione Geometrics SGOS.

Le energizzazioni del terreno, per la generazione delle onde di compressione, sono state effettuate mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 5 kg) su piastra di acciaio.

La lettura di tutti i tempi relativi ai primi arrivi é stata effettuata con routine automatica e controllo manuale da tastiera utilizzando il programma SeisOpt Picker v 1.5.

Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati, rispettivamente, gruppi di geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza naturale di 14 Hz.

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il supporto della tecnica di modellizzazione mediante il programma di tomografia sismica SeisOpt 2D v.3.5 che consente di interpretare il sottosuolo attraverso un potente algoritmo di inversione della velocità, denominato RIOTS (Refraction Inversion OpTimization System), capace di fornire una sezione tomografica del sottosuolo in funzione della velocità sismica di propagazione.

Analisi dei dati

La sequenza degli strati sismici, definiti da intervalli di velocità, è stata tarata e ricondotta alle tipologie di materiali e formazioni presenti nell'area in esame.

Questi sono rappresentati da:

- Livello A: coltre eluviale, caratterizzata da Vp inferiori a 750 m/s;
- Livello B: substrato roccioso fratturato e a basso gradi di alterazione, 750< Vp>1800 m/s;
- Livello C: substrato roccioso compatto, Vp > 1800 m/s.

Stesa sismica SS1

La tomografia sismica derivante dalla stesa SS1 presenta una stratificazione a due strati.

Il livello A, caratterizzato dalla coltre eluviale passante in profondità al cappellaccio di alterazione della roccia, presenta un andamento con variazioni di spessore anche marcati, che variano da 1-2 m fino circa 5-6 m in corrispondenza di g1, tra i geofoni g5 e g6, g9 e g10, g13-g15, g18-g21 e tra g23 e g24.

Più in profondità si riscontra il livello B. Esso è rappresentato dal cappellaccio di alterazione passante alla roccia sana, con Vp compresi tra 750 m/s e 1.800 m/s. Infine il livello di fondo è rappresentato dalla roccia sana, con Vp> 1800 m/s e che si pone a profondità generalmente superiori a 10 m.

Stesa sismica SS3

La tomografia sismica derivante dalla stesa SS3 mostra una stratificazione a tre strati.

Essa presenta il livello A lungo tutta la stesa, caratterizzato da spessore massimo di 4-5 m, con Vp < 750 m/s.

Più in profondità, si riscontra il livello B, rappresentato dal cappellaccio di alterazione passante alla roccia sana, che raggiunge una profondità massima di circa 9-10 m, con Vp comprese tra 750 e 1.800 m/s.

Il livello C in sequenza al livello B, presenta Vp > 1800 m/s ed è senz'altro ascrivibile alla roccia sana e compatta.

3.2 - Rilievo geostrutturale dell'ammasso roccioso.

Allo scopo di individuare e definire le caratteristiche strutturali e geomeccaniche dell'ammasso roccioso, in corrispondenza degli affioramenti di roccia più significativi ed accessibili, è stata eseguita un'analisi geostrutturale di dettaglio dell'ammasso roccioso.

Il rilievo è stato eseguito adottando, come metodologia di lavoro, le indicazioni riportate in ISRM 1978 "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses".

Le singole superfici di discontinuità, strati o fratture, sono state caratterizzate attraverso i seguenti parametri: orientazione, spaziatura, forma, scabrezza, apertura, riempimento e presenza d'acqua.

I dati raccolti sul terreno e relativi all'orientamento e alla distribuzione spaziale delle discontinuità sono stati elaborati al computer con l'utilizzo del programma "cluster", edito dalla Geo Soft di Torino, e rappresentati .sul diagramma della proiezione stereografica su reticolo equatoriale di Schmidt.

La resistenza a compressione delle superfici di discontinuità (JCS) è stata determinata in funzione dell'espressione proposta da Barton e Choubey (1977) a partire dalle misure del rimbalzo del martello di Schmidt effettuate in situ.

Per derivare JCS dai valori dei rimbalzi “r” ottenuti sulle superfici delle differenti famiglie individuate, previa correzione degli stessi in funzione dell’orientazione del martello rispetto alla superficie testata, si è applicata la relazione:

log (σc) = 0.00088 r γ + 1.01, dove γ è il peso di volume della roccia, assunto pari a 2.70 ton/mc.

Per la determinazione dei coefficienti di rugosità delle superfici di discontinuità (JRC), si è rilevata la scabrezza dei giunti con il pettine di Barton e confrontato il risultato con i profili tipo indicati dalla ISRM 1978.

Si commenta nel seguito quanto complessivamente emerso dai rilievi geostrutturali.

Orientazione delle discontinuità.

L’elaborazione delle misure di giacitura registrate in situ (immersione ed inclinazione) è stata eseguita attraverso la proiezione stereografica di Schmidt.

La proiezione dei poli dei piani su un reticolo equatoriale equal-area e la successiva analisi statistica dei cluster, ha permesso di individuare, all’interno dell’ammasso roccioso, tre famiglie di discontinuità principali.

La più importante e ricorrente rappresenta probabilmente la scistosità del litotipo, sovente mascherata, alla scala del rilevamento, sia da complicazioni tettonico-strutturali che inducono la milonitizzazione del materiale, sia da fenomeni di shear che obliterano la struttura ed assimilano la scistosità a superfici di frattura. Le altre due famiglie, rappresentano giunti di frattura, di minore persistenza rispetto alla famiglia precedente, con andamento maggiormente disperso.

I set principali di discontinuità individuati all’interno dell’ammasso dall’analisi dei cluster sono i seguenti:

Scistosità	Immersione 210-240	Inclinazione 35-50
Discontinuità F1	Immersione 90-110	Inclinazione 75-85
Discontinuità F2	Immersione 30-40	Inclinazione 50-65

Spaziatura.

L’esame della spaziatura sul fronte esaminato e nelle aree limitrofe, ha rivelato valori ricorrenti per le singole famiglie distinte, con massima frequenza, per tutti i set di discontinuità, nell’intervallo 2-5 cm (46%) e nell’intervallo 10-50

cm (35%). Solo il 9% delle discontinuità ha una spaziatura compresa tra 0.50-2.00 mt, oltre a valori dispersi.

Apertura e riempimento.

L'apertura dei giunti di frattura è tendenzialmente trascurabile se non del tutto assente. Soltanto nelle porzioni sommitali dei fronti o in corrispondenza di lineazioni tettoniche particolarmente evidenti, i giunti risultano allentati, beanti, oppure riempiti da detrito fine prodotto dal dilavamento superficiale del materiale roccioso e del terreno sommitale, sul ciglio della parete. Su alcune superfici sono presenti talora patine di ossidazione di colore ocraceo.

Forma e scabrezza.

Per definire qualitativamente tali parametri, che riguardano le caratteristiche geometriche delle pareti dei singoli giunti, sono state utilizzate definizioni codificate, scelte sulla base di quanto osservato direttamente sul terreno. La valutazione quantitativa della scabrezza, altrimenti definita rugosità, è stata invece effettuata attraverso l'utilizzo del pettine di Barton, per la definizione dell'indice JRC, proprio di ciascuna famiglia, illustrato nelle tabelle che seguono.

Più del 75 % dei giunti analizzati presenta una forma piana, mentre i giunti segmentati e ondulati rappresentano rispettivamente il 10% e il 15%.

Le superfici dei giunti, alla scala standard di un decimetro, sono lisce nel 74% dei casi, rugose nel 12% dei casi ed in subordine, segmentate ed ondulate.

Delle tre famiglie di discontinuità individuate, la Scistosità e la F1 sono ben caratterizzate costantemente di forma piana e liscia, mentre la F2 presenta una maggiore variabilità di profili geometrici.

Acqua.

Nel contesto esaminato non sono state riscontrate percolazioni idriche attive dalle discontinuità dell'ammasso roccioso, stante anche la posizione morfologica sostanzialmente prossima al crinale. Si esclude pertanto che l'ammasso roccioso possa essere interessato da filtrazione e percolazione idrica in corrispondenza dell'areale di intervento.

4. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

Gli elementi emersi nel corso dell'indagine, ed in particolare le risultanze delle prospezioni sismiche unite ai dati provenienti dal rilevamento di superficie, hanno permesso di ricostruire le caratteristiche specifiche per ciascuna zona in cui verranno posizionati gli aerogeneratori; per ogni zona si è pertanto proceduto ad elaborare una sezione geologica interpretativa in scala 1:200, che appare allegata alla presente (cfr. Figura 2, 4 Planimetria Torre eolica Zona 1 e 2 e cfr. Figura 3 e 5 Sezione geologica interpretativa 1 e 2, scala 1:200).

Nelle sezioni sono state rappresentate le condizioni stratigrafiche medie rappresentative della situazione geologica; sulle stesse si sono rappresentate anche le opere in progetto.

Si rimarca che una debole circolazione idrica è presente sporadicamente (in occasione di afflussi meteorici significativi) al contatto terreno/substrato, e così pure all'interno del reticolo di fratture negli orizzonti più superficiali. Si osserva che il terreno di fondazione degli aerogeneratori sarà costituito dal substrato roccioso, reperibile in tutti e due i siti ad una profondità variabile da 4 a 6 m dal p.c.

5. CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI SCIOLTI DI COPERTURA

I terreni sciolti di copertura saranno interessati dalle opere in progetto unicamente in relazione ai fronti di scavo che verranno realizzati per raggiungere il piano di fondazione; in via cautelativa al terreno sciolto che costituisce il livello superficiale possono essere assegnati i seguenti valori medi dei principali parametri geotecnici:

* peso di volume naturale: **19** kN/mc;
* coesione non drenata: **10** kPa
* angolo di attrito interno: **32** gradi
* coesione drenata: **5** kPa

6. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO.

Sulla base dei risultati dei rilievi geomeccanici di dettaglio eseguiti si è proceduto alla classificazione degli ammassi rocciosi attraverso il metodo GSI (Geological Strength Index), elaborato da Hoek (1994), che permette di definire una categoria di appartenenza dell'ammasso roccioso in esame in funzione della sua descrizione qualitativa, nella quale si fa riferimento alle osservazioni in

sito tendenti ad individuare le famiglie di discontinuità e le condizioni delle loro superfici di contatto.

Partendo dagli indici di qualità degli ammassi rocciosi sono poi stati determinati i parametri di resistenza degli stessi, sia secondo il criterio di rottura di Hoek-Brown (1980,1988) sia secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (Bieniawski, 1989).

Nel primo caso l'inviluppo di rottura è espresso nel piano $\sigma 1/\sigma 3$ dalla relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (Co * m * \sigma_3 + s * Co^2)^{0,5}$$

dove:

$\sigma 1$ = sforzo principale maggiore

$\sigma 3$ = sforzo principale minore

Co = resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia

m = parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dalla natura litologica

s = parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

Nel secondo caso l'inviluppo di rottura è espresso nel piano σ / τ dalla relazione:

$$\tau = c + \sigma * \tan \phi$$

dove:

τ = resistenza al taglio

c = coesione dell'ammasso roccioso

σ = sforzo normale agente

ϕ = angolo di attrito dell'ammasso roccioso

Da ultimo è stato determinato il valore del modulo di deformabilità degli ammassi rocciosi secondo la relazione proposta da Serafim & Pereira (1983):

$$EM = 10 (BMR-10)/40$$

Attraverso il programma Rocklab ver. 1.03 (2007), elaborato da Hoek, si è pertanto provveduto, inserendo i valori della classificazione GSI e dei risultati delle prove di laboratorio sulla roccia intatta, a determinare i parametri del livello superficiale fratturato ed alterato del substrato roccioso e del substrato roccioso più compatto. Le risultanze relative al calcolo e i grafici dell'inviluppo sono esposti qui di seguito. I parametri determinati possono essere adottati, in via

cautelativa, non considerando che le caratteristiche dell'ammasso roccioso migliorano gradatamente con la profondità.

Cappellaccio di alterazione dell'ammasso roccioso

Classificazione Hoek Brown

Resistenza a compressione monoassiale 48.9 MPa
Indice GSI 20
mi 16
Modulo elastico roccia intatta Ei 50000 Mpa

Criterio di Hoek Brown

mb 1.59516
s 0.000009
a 0.54

Failure Envelope Range

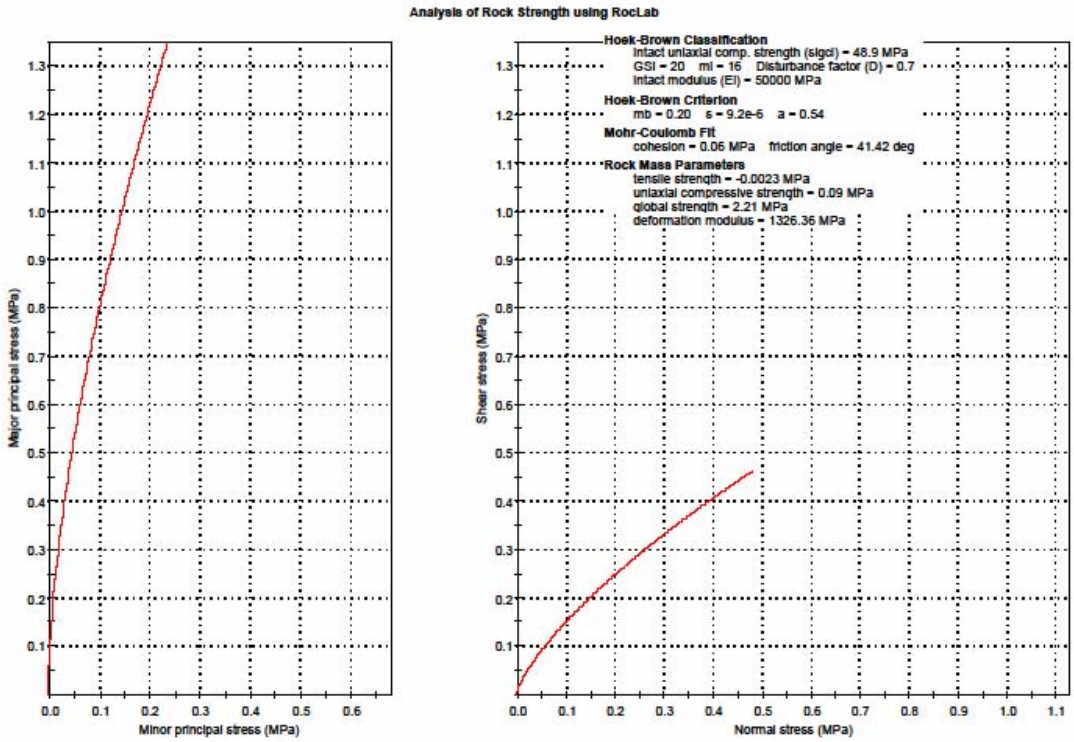
Applicazione Pendii
$\sigma 3_{max}$ 0.23 MPa
Peso di volume 0.027 MN/m3
Altezza pendio 10 m

Criterio di Mohr-Coulomb

Coesione c 0.06 MPa
Angolo di attrito phi 41.42°

Parametri dell'ammasso roccioso

Resistenza a trazione σ_t -0.0023 MPa
Resistenza a compressione σ_c 0.09 MPa
Resistenza globale σ_{cm} 2.21 MPa
Modulo di deformazione E_{rm} 1326.36 MPa



Ammasso roccioso

Classificazione Hoek Brown

Resistenza a compressione monoassiale 48.9 MPa
Indice GSI 35
mi 16
Modulo elastico roccia intatta Ei 50000 Mpa

Criterio di Hoek Brown

mb 1.5700
s 0.00073
a 0.52

Failure Envelope Range

Applicazione Pendii
$\sigma 3_{max}$ 0.26 MPa
Peso di volume 0.027 MN/m3
Altezza pendio 10 m

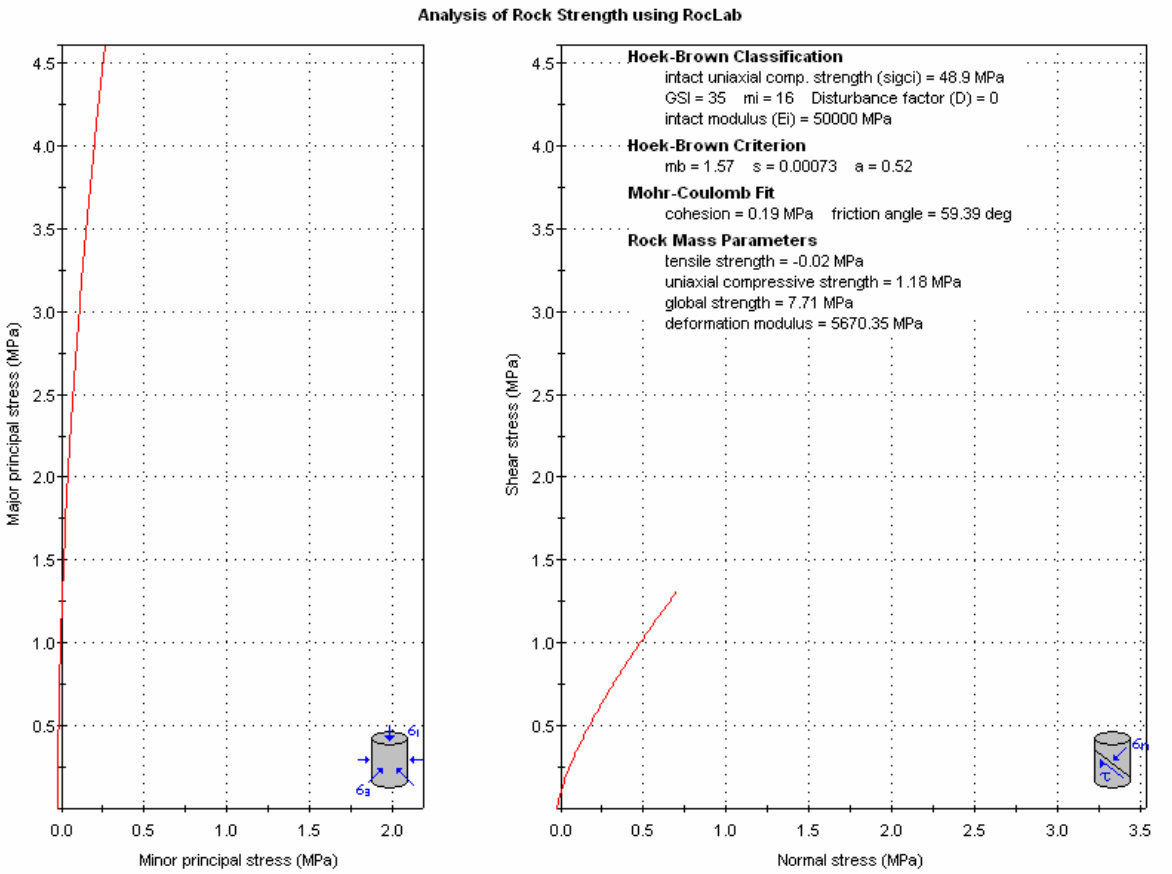
Criterio di Mohr-Coulomb

Coesione c 0.19 MPa
Angolo di attrito phi 59.39°

Parametri dell'ammasso roccioso

Resistenza a trazione σ_t -0.02 MPa
Resistenza a compressione σ_c 1.18 MPa

Resistenza globale σ_{cm} 7.71 MPa
Modulo di deformazione E_{rm} 5670.35 MPa



7. SISMICITÀ DELL'AREA E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'area in esame è classificata in Zona Sismica 4 sulla base della O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e successive modifiche ed integrazioni, pertanto con valore del parametro di accelerazione orizzontale ag = 0.05g.

Sulla base delle caratteristiche stratigrafiche dell'area e l'analisi dell'intervento, è possibile ipotizzare una quota di appoggio delle fondazioni sul substrato roccioso.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definito mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite attraverso un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in

considerazione viene definita dalla “pericolosità sismica di base” del sito, elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell’azione sismica.

Sulla base delle risultanze delle prospezioni sismiche, che individuano rifrattori con Vp superiori a 1.800 m/sec a profondità limitate, si ritiene che il terreno di fondazione rientri pertanto nella categoria A tra quelle previste al punto 3.1 dell’Allegato 2 della O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003, caratterizzato nei primi 30 m di profondità al di sotto del piano di posa delle fondazioni Vs30 da valori superiori a 800 m/s.

La stima della pericolosità sismica è stata effettuata attraverso il software on line Geostru PS Parametri Sismici; ci si è basati sui seguenti dati di sito e di progetto:

Torre 1
latitudine: 44,310
longitudine: 8,339

Torre 2
latitudine: 44,313
longitudine: 8,339

Le caratteristiche geologiche e morfologiche sono state così identificate:
categoria sottosuolo: A
categoria topografica: T3
Vita nominale: 50 anni

Le caratteristiche dell’opera sono le seguenti:
Classe d’uso: 4
Coefficiente d’uso: 2
Periodo di riferimento: 100 anni

Le coordinate dei siti di riferimento del Ministero sono le seguenti:

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17131	Lat: 44,3221	Lon: 8,3182
Sito 2	ID: 17132	Lat: 44,3251	Lon: 8,3880
Sito 3	ID: 17353	Lat: 44,2722	Lon: 8,3224
Sito 4	ID: 17354	Lat: 44,2752	Lon: 8,3921

I coefficienti sismici che appaiono nella tabella sono quelli da adottare nelle verifiche di stabilità per i pendii e nella verifica delle fondazioni

Torre 1

Cerca Posizione

Via	Monte Burot	n°	
Comune	Altare	Cap	
Provincia			Cerca
Latitudine	44.310		
Longitudine	8.339		Cerca

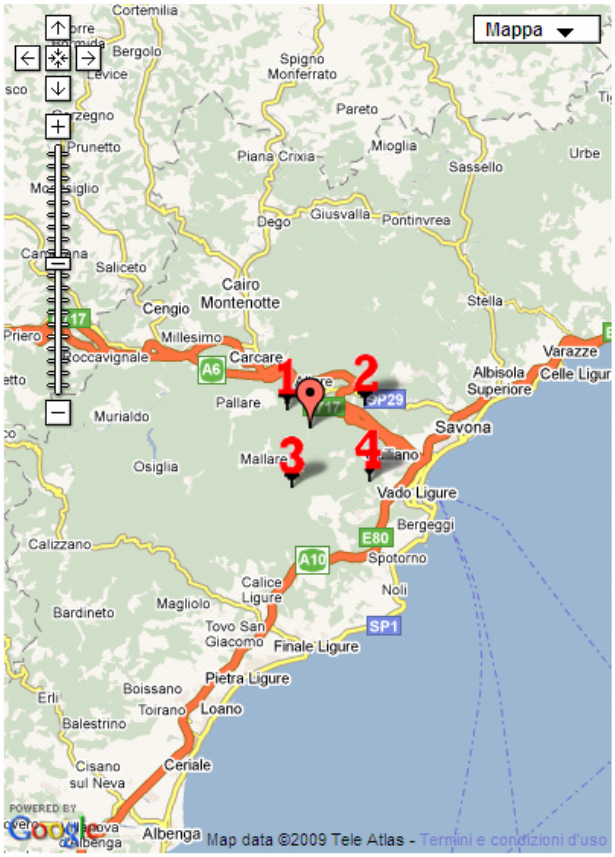
Determinazione dei parametri sismici

Lat. 44.31 Long. 8.339

Classe dell'edificio: IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita nominale: 50

Calcola



44.31, 8.339

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0,028	2,547	0,201
Danno (SLD)	101	0,034	2,579	0,224
Salvaguardia vita (SLV)	949	0,077	2,636	0,324
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0,097	2,671	0,338
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Calcolo dei coefficienti sismici

Opere di sostegno — Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

H (m): 1

us (m): 0.1

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T3

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,007	0,008	0,018	0,023
kv	0,003	0,004	0,009	0,012
Amax [m/s²]	0,326	0,404	0,902	1,142
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

dove:
Tr = tempo di ritorno
ag = accelerazione orizzontale massima al sito
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica
Cc = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
St = coefficiente di amplificazione topografica
Kh = coefficiente sismico orizzontale
Kv = coefficiente sismico verticale
Amax = accelerazione massima
Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Torre 2

Cerca Posizione

Via	Monte Burot	n°	
Comune	Altare	Cap	
Provincia			Cerca
Latitudine	44.313		
Longitudine	8.339		Cerca

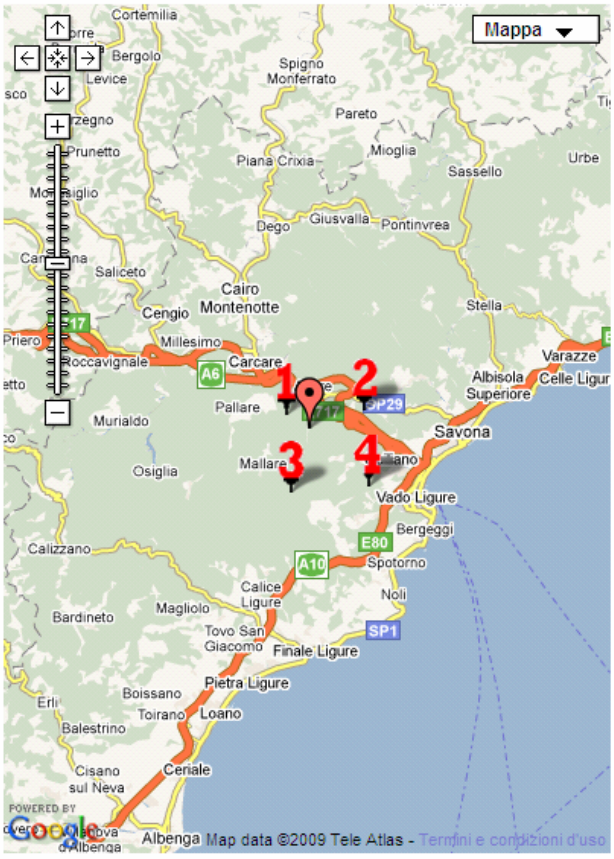
Determinazione dei parametri sismici

Lat. 44.313 Long. 8.339

Classe dell'edificio: IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita nominale: 50

Calcola



44.313, 8.339

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0,028	2,547	0,201
Danno (SLD)	101	0,034	2,579	0,224
Salvaguardia vita (SLV)	949	0,077	2,637	0,324
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0,097	2,673	0,338
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Calcolo dei coefficienti sismici

○ Opere di sostegno ○ Paratie

◉ Stabilità dei pendii e fondazioni

H (m): 1

us (m): 0.1

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T3

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,007	0,008	0,018	0,023
kv	0,003	0,004	0,009	0,012
Amax [m/s²]	0,325	0,403	0,900	1,138
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

dove:
Tr = tempo di ritorno
ag = accelerazione orizzontale massima al sito
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica
Cc = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
St = coefficiente di amplificazione topografica
Kh = coefficiente sismico orizzontale
Kv = coefficiente sismico verticale
Amax = accelerazione massima
Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

8. SCAVI E SBANCAMENTI

L'inserimento dell'impianto sulla fascia di crinale comporta una fase costruttiva che prevede di realizzare uno sbancamento dell'area interessata in modo da ricavare uno spiazzo sub-orizzontale utile al posizionamento della gru destinata al sollevamento e collocamento dei vari elementi dell'impianto e un ulteriore scavo per realizzare la fondazione dell'aerogeneratore.

Detto sbancamento determina la realizzazione di un fronte di scavo temporaneo con scarpata inclinata circa 45° e altezze dell'ordine di 7-8 m, mentre nella Torre 1 si prevede una scarpata inclinata circa 50° e differenza massima di quota tra il ciglio e la base pari a circa 9 m, che interessa per 2/3 il substrato roccioso; il fronte è stato sottoposto alla valutazione del grado di stabilità.

La sezione considerata ai fini della verifica, come già detto è quella che presenta maggiore dislivello tra ciglio e piede, corrispondente alla Sezione 2.

La verifica ha fornito coefficienti di sicurezza maggiori di 1,55 per tutte le superfici considerate, pertanto decisamente favorevole alle condizioni di equilibrio stabile del fronte (cfr. allegata relazione di calcolo e sezioni di verifica di stabilità)

Ciò non esclude tuttavia che, a seguito dell'apertura dei fronti di scavo, possano essere possibili modesti distacchi di blocchi di dimensioni centimetriche generati dall'andamento delle discontinuità che interessano la roccia; si ritiene pertanto necessario che sulle scarpate venga adagiata una rete di protezione che impedisca il rotolamento di prismi lapidei al piede della scarpata.

9. FONDAZIONI AEROGENERATORE

In considerazioni delle dimensioni del rotore e dell'altezza della torre, è evidente che le fondazioni degli aerogeneratori dovranno avere dimensioni notevoli; è possibile tuttavia ridurre tali dimensioni adottando una soluzione fondazionale mista, costituita da plinti in C.A. con diametro pari a 18 m. e un'altezza massima pari a circa 4.00 m, integrati da palificazioni di lunghezza indicativa pari a 8-10 m.

Il substrato è reperibile in tutti i siti e costituirà il terreno di appoggio del plinto, mentre i pali si svilupperanno interamente nel substrato roccioso. La stabilità della fondazione risulterà pertanto garantita. Le fondazioni dovranno essere calcolate in sede di progettazione esecutiva degli interventi, una volta definito il fornitore dell'aerogeneratore, sulla base dei dati specifici (carichi, momenti, ecc..) della macchina che verrà installata.

10. SISTEMAZIONE FINALE

La sistemazione finale prevede la riprofilatura del versante mediante il ricoprimento delle strutture di fondazione e la rinaturalizzazione complessiva del terreno.

Il ripristino dell'area verrà coadiuvato all'esecuzione di riporto di terre con bio stuoie per favorire l'attecchimento e l'inerbimento delle pareti inclinate. Il materiale necessario sarà costituito in parte dal materiale già presente in sito e proveniente dagli sbancamenti, che verrà tuttavia movimentato e ricollocato in strati compattati, in parte da nuovo materiale che verrà approvigionato dall'esterno.

La formazione della ricarica dovrà avvenire con modalità di gestione tipiche della realizzazione di rilevati, mediante compattazione e rullatura con mezzi idonei dei materiali in strati non superiori a 50 cm, in modo da ottenere una densità relativa non inferiore al 90% di quella massima.

11. STRADA DI ACCESSO.

La strada di accesso alla zona in cui verranno posizionati gli impianti (cfr. Figura 6 - Planimetria viabilita', scala 1:5.000) si diparte dalla Strada Provinciale Savona-Altare, con accesso nei pressi dell'ex casello di Altare; essa si sviluppa con un primo tratto asfaltato, per poi diventare sterrata per la stragrande maggioranza del percorso.

La strada ha pendenza tale da poter essere percorsa per tutto il tracciato da mezzi anche di grandi dimensioni anche se con opportuni accorgimenti da prendere nei giorni in cui si organizzeranno gli spostamenti.

La larghezza attuale della strada appare idonea in ogni punto per il transito dei mezzi, tranne in tre punti: per tutto lo sviluppo sono sufficienti solo

alcune manutenzioni da eseguirsi mediante il riporto di stabilizzato di cava rullato in alcuni punti dove si riscontrano fenomeni di erosione o disfacimento del fondo strada dovuti a dilavamento o vetustà ed in alcuni punti dove la strada è stretta (m. 3.50) dove sarà necessario allargarla con taglio della scarpata o riporto per portare la strada ad almeno m. 4.50.

Le eccezioni a cui si faceva riferimento prima sono:

- Zona 1 dove sarà necessario eseguire un ponte Provvisorio tipo Bailey di circa 35 m. di lunghezza che verrà rimosso a fine utilizzo. (vedi Figura 7)
- Zona 2 (sorgente) dove sarà necessario eseguire un muro di contenimento con relativo riempimento di materiale inerte per allargare la curva. Detto allargamento sarà mantenuto anche alla fine dell'utilizzo, anche in considerazione che il progetto prevede la realizzazione di una area attrezzata per pic-nic con panche e tavolini e ripiantumazione di essenze locali in prossimità della sorgente attuale. (vedi Figura 9)
- Zona 3 (tornante) dove sarà necessario allargare il tornante raccordando le quote esistenti in modo che i mezzi anche se con posizione inclinata possano fare manovra agevolmente. (vedi Figura 11)

L'analisi ed il rilevamento geologico dell'area hanno permesso di definire le caratteristiche specifiche di ciascuna zona di intervento e ricostruire le tre sezioni geologiche interpretative allegate in calce alla presente (cfr. Figura 8, 10 e 12).

Zona 1

L'area in esame è costituita da una vallecola fortemente incisa da un colatore di primo ordine; i fianchi della vallecola si presentano caratterizzati da una notevole acclività, in particolare il fianco sinistro, caratterizzato da un potente manto di alterazione del substrato roccioso. Lo stesso è costituito dalla "Formazione di Murialdo", rappresentata da filladi sericitiche marcatamente tettonizzate; esse mostrano una marcata cotica di alterazione nei livelli più esterni. In affioramento la roccia appare molto scistosa ed estremamente

deformata; la scistosità, pur essendo soggetta a fitti ripiegamenti, evidenzia una giacitura preferenziale verso WSW, mentre la fratturazione si mostra attraverso due famiglie principali ad andamento prevalentemente subverticale.

Complessivamente l'area è caratterizzata da scadenti condizioni di stabilità, come testimonia anche il muro in gabbioni messo in opera nel tratto alle quote inferiori della strada, col fine di contenere uno smottamento della scarpata stradale.

Si è pertanto deciso di intervenire limitando al minimo gli scavi e gli sbancamenti, mediante la realizzazione di un ponte Bailey appoggiato su due spalle fondate su micropali immorsati nel substrato roccioso.

Zona 2

L'area in esame è costituita da una modesta vallecola incisa da un colatore di primo ordine; in corrispondenza dell'asse della vallecola, sul margine di monte della strada è presente un'opera di presa di una sorgente.

Il substrato, pressochè subaffiorante, è costituito dalla "Formazione di Murialdo", rappresentata da filladi sericitiche marcatamente tettonizzate; esse mostrano una marcata cotica di alterazione nei livelli più esterni. In affioramento la roccia appare molto scistosa ed estremamente deformata; la scistosità, pur essendo soggetta a fitti ripiegamenti, evidenzia una giacitura preferenziale verso SW, mentre la fratturazione si mostra attraverso due famiglie principali ad andamento prevalentemente subverticale.

In funzione del limitato raggio di curvatura della strada, l'intervento prevede di realizzare un muro di contenimento con relativo riempimento di materiale inerte per allargare la curva. Il muro sarà del tipo a suola larga, fondato sul substrato roccioso ed eventualmente intirantato.

Detto allargamento sarà mantenuto anche alla fine dell'utilizzo, anche in considerazione che il progetto prevede la realizzazione di una area attrezzata per pic-nic con panche e tavolini e ripiantumazione di essenze locali in prossimità della sorgente attuale. (vedi tav. 19)

Zona 3

Il tornante è caratterizzato da un raggio di curvatura troppo stretto, pertanto sarà necessario allargare il tornante raccordando le quote esistenti in modo che i mezzi anche se con posizione inclinata possano fare manovra agevolmente

Come si vede anche dalle sezioni geologiche allegate, sarà sufficiente un modesto livellamento del terreno per allargare leggermente il tornante e agevolare la manovra dei mezzi.

Sotto il profilo più generale, laddove non sono previsti i suddetti specifici interventi la strada appare in buone condizioni generali e non si sono evidenziate problematiche di tipo geologico-tecnico; il fondo è stato regolarizzato recentemente con un intervento di manutenzione che ha ripristinato anche le cunette di raccolta longitudinali e trasversali; sarà necessario, precedentemente al transito dei mezzi di trasporto degli impianti, verificarne la sua effettiva funzionalità e, qualora necessario, procedere ad una sua manutenzione per garantire l'efficienza in ordine alla regimazione delle acque e alle condizioni del fondo.

12. CAVIDOTTO E CABINA ELETTRICA

Il collegamento alla rete di distribuzione elettrica avverrà mediante un cavidotto completamente interrato che si svilupperà lungo la strada esistente, a partire dalla pala 3 fino alla pala 1, proseguendo sempre lungo la strada fino a raggiungere il tornante; da qui il cavidotto sarà interrato lungo una strada forestale fino al punto di consegna, costituito dalla cabina elettrica (cfr. Figura 12 e 13, Planimetria cavidotto, scala 1:2.500).

. Il cavidotto sarà completamente interrato al di sotto sia della sede stradale esistente, sia della strada forestale quindi senza necessità di alterare anche solo temporaneamente l'assetto naturale delle aree circostanti. Per la realizzazione è previsto uno scavo a sezione obbligata pari a 0.50 m. di larghezza per una altezza di m. 0.70 .

L'opera si configura di fatto come una trincea continua che segue l'andamento stradale, quindi disposta trasversalmente alle linee di pendenza del versante.

Va da sé che, stanti le condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche della zona presa in esame, mentre lungo il tratto di strada sul crinale non si pongono particolari problematiche, lungo la strada forestale l'opera può intercettare quantitativi idrici provenienti da monte, nei confronti dei quali sono tuttavia previsti idonei accorgimenti tecnici atti a garantire la funzionalità e la

durata nel tempo del cavidotto e a salvaguardia degli equilibri idrogeologici esistenti.

È innanzitutto necessario "attrezzare" lo scavo in modo da consentire il corretto smaltimento delle acque di circolazione sottosuperficiale intercettate e richiamate dallo stesso, contro fenomeni di accumulo anomali e conseguenti percolazioni concentrate a valle delle strade interessate, che possono metterne in crisi la stabilità.

È stato pertanto previsto (cfr. Figura 14):

- ogni 100 m circa, installazione di pozzetti di ispezione con tubo di raccolta delle acque provenienti dal cavidotto , che verranno scaricate possibilmente in scoli naturali già esistenti ai margini della strada;
- il rinterro dello scavo con materiale arido grossolano, riutilizzando lo sterro prodotto dello scavo, eventualmente vagliato, messo in posto con costipatura e rullatura.

Nel punto di consegna dell'energia verrà realizzata la cabina elettrica e di trasformazione, costituita da una cabina rettangolare di dimensioni massime in pianta pari a m. 8.00 per 2.70, composta da tre vani e munita di aperture; l'area di sedime, posta in versante, verrà ricavata mediante un modesto sbancamento e la messa in opera di un muro in c.a. di 1.5 m di altezza per la parte fuori terra; la fondazione potrà essere costituita da un soletta in c.a. appoggiata preferibilmente sul substrato roccioso alterato, reperibile a circa 1.0 m dal p.c. (cfr. Figura 15 Planimetria e sezione geologica interpretativa).

13. FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO E COMPATIBILITÀ CON LA TUTELA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Sulla scorta di quanto precedentemente esposto, si rileva:

- che l'intervento è compatibile con la natura dei luoghi;
- che i deflussi superficiali e sotterranei non risulteranno alterati dagli interventi realizzati;
- che l'intervento non influisce sulla stabilità del versante.

In base a quanto precedentemente esposto, si certifica che l'intervento in progetto rispetta le condizioni poste a tutela dell'assetto idraulico, idrogeologico

e delle falde acquifere; esso è pertanto compatibile e non in contrasto con la presenza sul terreno del vincolo idrogeologico.

14. COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI BACINO DEL T. QUILIANO E IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL PO

A completamento della presente si è provveduto ad analizzare eventuali interferenze o vincoli tra la realizzazione dell'intervento con gli strumenti di pianificazione del rischio idrogeologico in vigore.

Con riferimento al Piano di Bacino del T. Quiliano, Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico di cui all'art. 1, comma 1 del D.L. 11/06/1998 n°180, convertito in legge 03/08/1998 n°267 e s.m. e i., si osserva che tutte le aree oggetto dell'intervento, rappresentate sia dalle torri eoliche, sia dalle opere accessorie, ivi compresi gli interventi stradali, ricadono tutte al di fuori del bacino del T. Quiliano.

A titolo esemplificativo si allegano alla presente gli stralci della carta della suscettività al dissesto, scala 1/10.000, su cui si è provveduto a posizionare la posizione delle torri e la strada con gli interventi di maggior rilievo (cfr. Figura 16).

Con riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, il raffronto effettuato ha permesso di verificare che l'area non è compresa tra quelle con rischi idraulici o idrogeologici.

Per quanto sopra esposto, si certifica che le opere in progetto:

- non sono ubicate in area con problematiche di rischio idrogeologico;
- non pregiudicano e non alterano la stabilità del versante;
- non sono ricomprese nell'alveo attuale, nè nella fascia di riassetto fluviale;
- non pregiudicano la possibilità di attuare le previsioni di piano e la sistemazione idrogeologica definitiva del bacino;
- sono compatibili con i contenuti del Piano di bacino, di quelle del P.A.I. del Po e le Norme di attuazione dei piani stessi.

Savona, febbraio 2010

ALLEGATI

Figura 0 – Inquadramento area impianti, scala 1:2.000
Figura 1 - Area impianti - carta elementi geologici di insieme, scala 1:2.000
Figura 2 - Planimetria Torre eolica Zona 1, scala 1:400
Figura 3 - Sezione geologica interpretativa 1, scala 1:200
Figura 4 - Planimetria Torre eolica Zona 2, scala 1:400
Figura 5 - Sezione geologica interpretativa 2, scala 1:200
Figura 6 - Planimetria viabilità, scala 1:5.000
Figura 7 - Planimetria zona intervento 1 ponte, scala 1:400
Figura 8 - Sezione geologica interpretativa ponte, scala 1:400
Figura 9 - Planimetria punto intervento 2 sorgente, scala 1:400
Figura 10 - Sezione geologica interpretativa sorgente, scala 1:200
Figura 11 - Planimetria punto intervento 3 tornante, scala 1:400 e sezioni geologiche interpretative A e B, scala 1:200
Figura 12 - Planimetria cavidotto, scala 1:2.500
Figura 13 - Planimetria cavidotto, scala 1:2.500
Figura 14 - Particolari cavidotto, scala 1:20
Figura 15 - Planimetria cabina, scala 1:500 e sezione geologica interpretativa, scala 1:100
Figura 16 - Stralci carta della suscettività al dissesto, scala 1:10.000

- Prospezioni sismiche

- Verifiche di stabilità