

REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari

COMUNI DI NULVI E PLOAGHE

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI- PLOAGHE



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



PROGETTISTA:



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy

Il Geologo, Dott. Carlo Cibella



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	03/08/2018	/	1 di 23	A4	PLO	ENG	REL	0035	00

NOME FILE: PLO-ENG-REL-0035_00.doc

ERG Wind Sardegna S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	2
PLO	ENG	REL	0035	00		

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	03/08/2018	Prima emissione	GL	MG	DG

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	3
PLO	ENG	REL	0035	00		

1.	PREMESSA.....	4
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
4.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ed IDROGEOLOGICO	11
5.	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	14
6.	CARATTERISTICHE LITOTECNICHE	17
7.	INQUADRAMENTO SISMICO	19
8.	CONCLUSIONI.....	21

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	4
PLO	ENG	REL	0035	00		

1. PREMESSA

La società *Hydro Engineering s.s.* è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'impianto eolico ubicato nei Comuni di Nulvi (SS) e Ploaghe (SS) e costituito allo stato attuale da n. 51 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale di 0,85 MW, per una potenza complessiva di 43,35 MW.

Il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'impianto consiste nella dismissione di tutti gli aerogeneratori esistenti (n.51 unità da 0.85 MW) e nella realizzazione di n. 27 nuovi aerogeneratori da 4,5 MW per complessivi 121,50 MW. Lo studio *Hydro Engineering s.s.* ha conferito al sottoscritto l'incarico di redigere la presente relazione geologica finalizzata alla stesura del progetto di potenziamento del parco eolico "Nulvi e Ploaghe", ricadente nella provincia di Sassari.

Nell'ambito della progettazione definitiva, propedeutica all'ottenimento delle necessarie autorizzazioni, il mandato prevede l'esecuzione di tutti i rilievi, le indagini e le prove tecniche necessarie per:

- determinare la costituzione geologica dell'area interessata dal progetto;
- studiare le caratteristiche geomorfologiche e l'assetto idrogeologico, con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- individuare le caratteristiche stratigrafiche dei terreni sui quali verranno fondati gli aerogeneratori;
- determinare le caratteristiche litotecniche di massima dei vari terreni con particolare interesse per quelli che sono interessati direttamente dalle opere in progetto.

In una prima fase abbiamo, quindi, organizzato il nostro lavoro eseguendo un sopralluogo al fine di studiare una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando l'attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti e sullo stato degli agenti morfogenetici attivi. Per quanto riguarda l'individuazione della categoria sismica locale del sottosuolo, in questa fase progettuale, si è tenuto conto dei dati di letteratura.

Con i dati in nostro possesso abbiamo redatto la presente relazione geologica, secondo quanto previsto da:

- le norme vigenti in tema di LL.PP. ed in particolare dal D.M. del 17.01.2018 e ss.mm.ii.
- le linee guida edite dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna.

Costituiscono parte integrante della presente relazione i seguenti allegati:

- TAVOLA 1: Carta litotecnica in scala 1:10.000, riportante l'ubicazione degli aerogeneratori;

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	5
PLO	ENG	REL	0035	00		

A seguire Inquadramento dell'area a scala 1:100.000 e a scala 1:25.000.

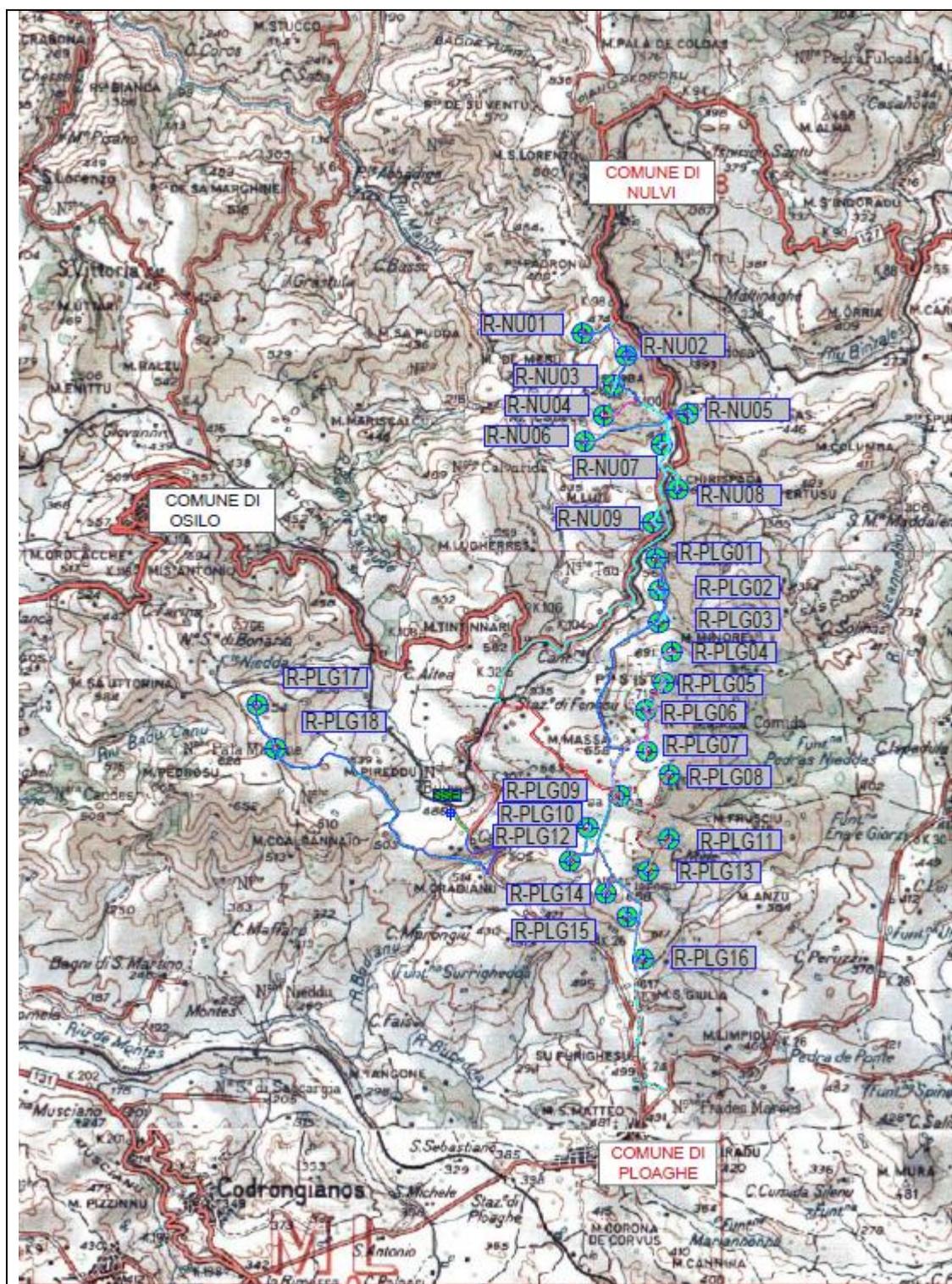


Figura 2- Inquadramento territoriale su scala 1:100.000

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	6
PLO	ENG	REL	0035	00		

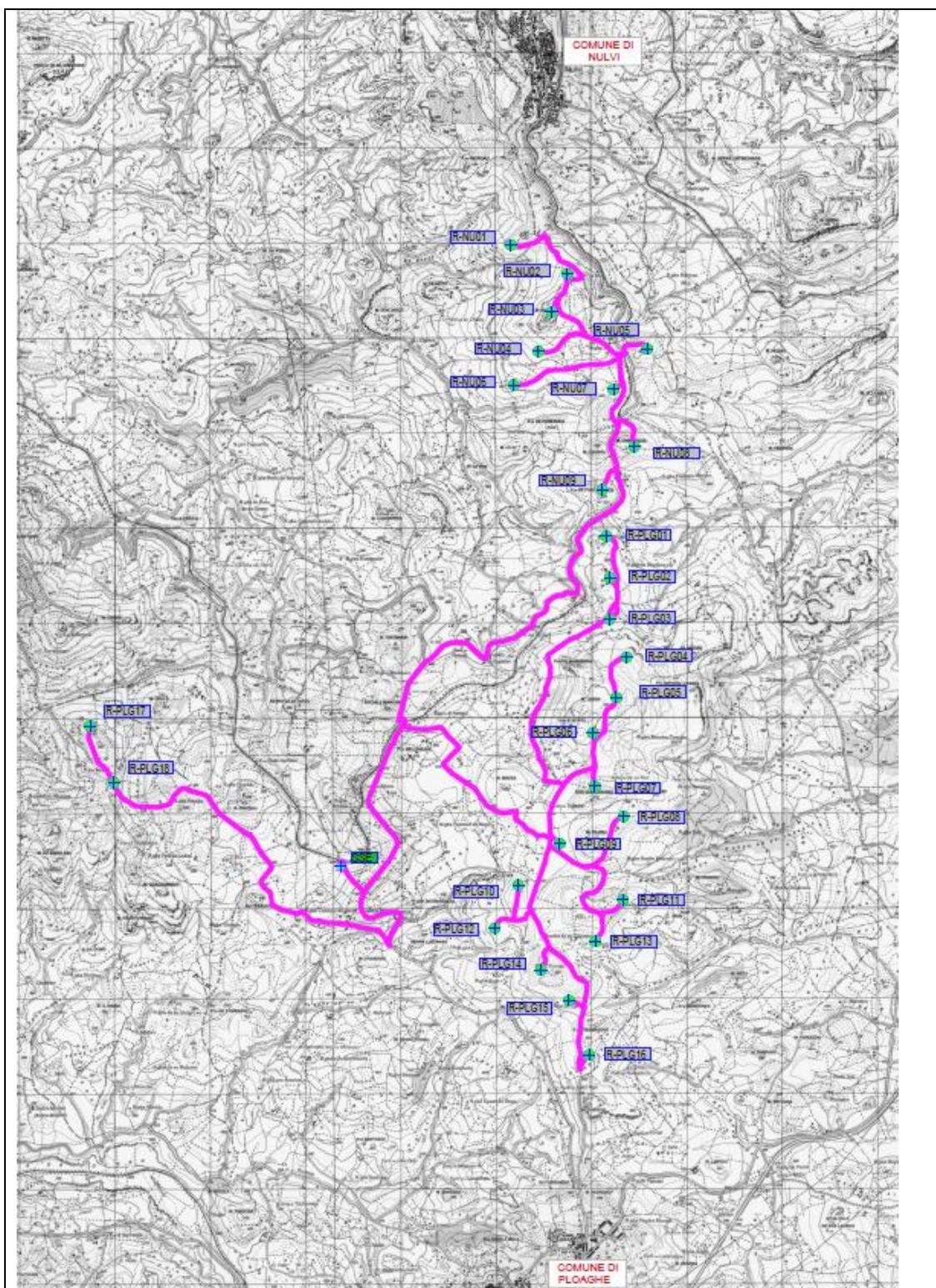


Figura.3- Inquadramento impianto Nulvi Ploaghe su IGM 1:25.000

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	7
PLO	ENG	REL	0035	00		

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le opere in progetto risultano ubicate nei Territori Comunali di Nulvi e Ploaghe in provincia di Sassari e ricadono all'interno delle seguenti cartografie e Fogli di Mappa:

- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche "460_IV_Osilo; 460_III_Ploaghe".
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, fogli n°460010, n°406020, n°460050, n°460060, n°460090, n°460100.;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Nulvi n°24, 27 e 29;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Ploaghe n° 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12 e 13;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Osilo n° 104 (relativamente ad un breve tratto di strada sterrata e cavidotto).

L'area è di tipo montuoso collinare, con quote comprese tra 450 m s.m. circa e 800 m s.l.m.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	8
PLO	ENG	REL	0035	00		

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il sito di progetto, ricade nella Sardegna Nord Occidentale, che tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano-Messiniano, è stato sede di importanti eventi tettonici e di una diffusa attività vulcano-sedimentaria che si è manifestata in diversi bacini coalescenti, ma con differenti orientazioni strutturali e con differenti evoluzioni tettonico-sedimentarie che costituiscono il "Rift Sardo". Secondo un'interpretazione più recente i bacini miocenici della Sardegna settentrionale sono contraddistinti da due diverse strutturazioni successive: una con fosse orientate prevalentemente N60° definiti come Bacini Transensivi Aquitaniani (bacini di ChilivaniBerchidda, Anglona, Ottana) di età Oligocene sup.-Aquitaniano e l'altra, con fosse orientate N-NW (bacini del Logudoro e di Porto Torres, di seguito definiti come Bacini Burdigaliani, di età Burdigaliano-Tortoniano (Messiniano).

Si tratta di due bacini definiti come bacini sin-rift e post-rift. I bacini miocenici, occupano la parte centro-occidentale dell'isola, dove trasgrediscono sul basamento ercinico caratterizzato prevalentemente da granitoidi intrusi in metamorfiti di medio e basso grado. Sono impostati lungo faglie trascorrenti sinistre (legate ad un quadro geodinamico compressivo e considerate come il prodotto della collisione che ha originato la catena nord-appenninica). Tali bacini, hanno una caratteristica forma allungata parallela alle faglie principali ed una successione sedimentaria con sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, in genere depositi lacustri, con intercalati prodotti vulcanici, alternati a depositi alluvionali e con associati depositi sintettonici in prossimità delle faglie. Talvolta la successione, da tipicamente continentale evolve a successione marina (ad es. bacini di Castelsardo e dell'Anglona).

I Bacini burdigaliani sono più recenti, hanno direzione circa N-NW ed interessano la parte occidentale della Sardegna settentrionale, dal Golfo dell'Asinara a nord, fino all'altopiano di Campeda, a sud. Dal punto di vista strutturale si configurano come semi-graben con faglie principali su bordi opposti, connessi da zone di taglio trascorrenti ad orientamento EW che trasferiscono la deformazione estensionale da un fianco all'altro del bacino.

Nella successione stratigrafica si distinguono tre sequenze deposizionali:

La sequenza 1 (Burdigaliano sup.-Langhiano) e la sequenza 2 (Serravalliano – Tortoniano-Messiniano) sono caratterizzate dal passaggio da depositi clastici di ambiente fluvio-deltizio a depositi carbonatici marini di piattaforma. La sequenza 3 (Messiniano superiore) è caratterizzata da depositi clastici grossolani di ambiente fluviale.

L'evoluzione sedimentaria nella Sardegna settentrionale è caratterizzata da numerosi cicli trasgressivo-regressivi, fra loro alternati. Durante il Burdigaliano superiore- Langhiano l'innalzamento del livello del mare porta alla deposizione della sequenza 1 dove, in successione verticale, ai depositi continentali, principalmente costituiti da sabbie, seguono i depositi marini di piattaforma prossimale (calcarei algali) e distale (marne). La caduta del livello del mare del Langhiano superiore e/o Serravalliano inferiore è responsabile della profonda erosione dei de-

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	9
PLO	ENG	REL	0035	00		

positi della sequenza 1. In questa fase si ha lo sviluppo di profonde valli incise anche per valori di circa 100 metri. Nel conseguente periodo di risalita del livello del mare si deposita la sequenza 2. Lungo il margine del bacino si sviluppano sistemi deltizi mentre al limite della piattaforma si depositano le sabbie quarzoso- feldspatiche che riempiono le valli che si erano formate in precedenza.

La nuova trasgressione consente lo sviluppo, durante il Serravalliano inferiore, di una vasta piattaforma carbonatica.

Le condizioni di massima trasgressione vengono raggiunte nel Tortoniano e anche se con continue variazioni relative del livello del mare, permangono fino al Messiniano inferiore. In questo intervallo si depositano le sequenze silico-carbonatico ed i calcari algali. Non vi sono tracce di depositi evaporitici riferiti alla crisi di salinità del Mediterraneo del Messiniano. E' quindi da supporre che la caduta del livello del mare nella Sardegna nord-occidentale sia precedente a questo evento. La nuova caduta del livello del mare porta alla formazione, lungo tutto il margine della piattaforma, di numerose valli incise, la più importante di queste è il Canyon di Castelsardo a N.E. del Bacino del Logudoro (Funedda et al. 2000).

Stratigraficamente il complesso sedimentario miocenico è delimitato al tetto dalle litologie continentali quaternarie, e alla base dalle vulcaniti del ciclo "calcalcalino" oligo-miocenico.

Nell'area studiata si rilevano estesi affioramenti di Vulcaniti di età oligo-miocenica, che per diffusione e potenza, hanno determinato il paesaggio geologico della regione studiata ed appaiono ricoperte dai terreni lacustri e marini del Miocene depositi in regolare successione stratigrafica.

Sono riconducibili a quella serie di terreni andati in posto nel Terziario durante l'Orogenesi Alpina, quando si ebbe la fratturazione e lo sprofondamento di una fascia della Sardegna occidentale. Le linee di frattura diedero origine ad episodi effusivi intercalati ad episodi di tipo piroclastico. Le depressioni e le conche originatesi diedero luogo a bacini lacustri successivamente colmati da materiali di tipo tufaceo o argilloso. Il bacino lacustre dell'Anglona, affiora direttamente nell'area studiata. Il complesso lacustre è costituito da tufi varicolori grigiastri, verdolini, rossastri (tipici quelli grigio-verdastri con inclusi pomicei anche di notevoli dimensioni) più o meno tenacemente cementati che comprendono anche intercalazioni calcaree, calcareo-mamose e marnose, con livelli e noduli di selce.

In generale, l'area indagata è caratterizzata da una serie di litotipi riconducibili al complesso effusivo denominato "trachytes anciens", che comprende lave fratturate, conglomerati anche in grossi blocchi, tufi, prodotti cataclastici, dell'argillificazione e alterazione superficiale. La giacitura è quella tipica per colata anche se l'assetto, in relazione ai fenomeni tettogenetici collegati soprattutto. Le Formazioni Quaternarie sono rappresentate dai depositi alluvionali, dai detriti di falda e dalle coperture terrigene eluviali e colluviali, in relazione alla loro localizzazione, giacitura e granulometria.

Più precisamente, l'area di progetto, è caratterizzata da Vulcaniti di età compresa tra il Miocene e il Quaternario, rappresentate da:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	10
PLO	ENG	REL	0035	00		

- Basalti olivinico – augitici ed olivinici di colore grigio scuro (Quaternario);
- Tufi pomicei trachiandesitici e trachidacitici di colore biancastro, brunastro e verdastro, contenenti breccie piroclastiche e talora livelli conglomeratici, arenacei e sabbiosi. (Miocene medio);
- Trachidaciti a struttura porfirica rossastre sovente alterate e argillificate (Miocene inf.);
- Trachiandesiti vitrofiriche a struttura solitamente porfirica e di colore generalmente rossastro. Sono presenti intercalazioni di piroclastici (Miocene inf.);
- Andesiti a struttura porfirica di colore variabile dal grigiastro, brunastro e verdastro e talora nerastre (Miocene inf.).
- Depositi alluvionali e/o eluvio-colluviali

Per la distribuzione areale dei suddetti termini geologici si rimanda alla carta geologica in allegato.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	11
PLO	ENG	REL	0035	00		

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'assetto geomorfologico di un territorio è determinato dall'interazione tra le caratteristiche geologico-strutturali dei terreni presenti in affioramento e gli agenti morfogenetici predominanti in quella particolare area.

Partendo dalla tettonica, che deforma i corpi litologici di un'area dando luogo a forme cosiddette "strutturali", la risposta dei terreni varia a seconda che siano presenti in affioramento rocce coerenti, pseudocoerenti o incoerenti, infatti, queste grandi categorie di terreni hanno una risposta profondamente diversa all'azione degli agenti esogeni.

Le litologie di tipo pseudocoerente si conformano secondo rilievi dall'andamento spesso mammellonare, regolari, interrotti localmente da forme geomorfologiche legate ad attività erosiva intensa; mentre le litologie coerenti e/o cementate danno luogo a forme più acclivi e dall'andamento più accidentato ed irregolari.

Questa marcata differenziazione di origine "strutturale" viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta "erosione selettiva", ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici che, nel sistema morfoclimatico attuale, sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica. Le litologie coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono quindi a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudocoerenti.

Il sito in esame ricade all'interno di un'area caratterizzata dalla presenza di estese coperture vulcaniche. In particolare, grazie all'azione degli agenti esogeni sulle lave in colata e sui tufi, è possibile osservarne lo spessore in corrispondenza delle scarpate.

L'attività vulcanica quaternaria, di breve durata come dimostrano il basso numero di colate e la scarsità o l'assenza di materiali della fase esplosiva, ha prodotto una morfologia vulcanica frammentaria e dispersa. Gli apparati sono allineati in senso N-S, lungo fratture attraverso le quali il magma si è riversato ricoprendo i terreni miocenici più antichi.

Il paesaggio è caratterizzato dalla presenza di rilievi cupoliformi in corrispondenza di ammassi e probabili cupole di ristagno delle lave oligomioceniche.

Le colate laviche, presentano spesso superfici bollose e a tratti l'aspetto del magma in movimento, soprattutto per quanto riguarda le ignimbriti. In corrispondenza dei Basalti Plio-Quaternari e delle Andesiti e Trachiti Oligo-Mioceniche si possono osservare fessurazioni da raffreddamento prismatico-verticale. Tali strutture, insieme alle fessurazioni orizzontali che caratterizzano le Andesiti, danno luogo ad una suddivisione della roccia in blocchi squadrati. Le ignimbriti sono caratterizzate dalla presenza di micro-alveoli che in seguito all'azione degli agenti esogeni danno luogo a nicchie di erosione meteorica della profondità di alcuni decimetri, che raccolgono al loro interno dei modesti depositi terrigeni, prevalentemente di natura argillosa.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	12
PLO	ENG	REL	0035	00		

Le colate basaltiche plio-quadernarie, permettono di individuare con facilità la direzione di flusso delle lave. I loro rapporti giaciturali con le sottostanti litologie più erodibili, come i sedimenti miocenici e i tufi, uniti all'erosione meteorica differenziata hanno consentito la formazione di testimoni di erosione del tipo "butte", oppure la messa in luce di dicchi e "necks" lavici.

Alla periferia Nord dell'abitato di Ploaghe si trova il Monte S. Matteo (480 m s.m.). E' presente un piccolo colle vulcanico dal quale ebbe origine la "colata del Coloru". Si tratta di una colata basaltica plio-quadernaria, riversatasi sul fondo vallivo del corso d'acqua di cui assunse la forma e che in seguito è stata messa in rilievo e sopraelevata dall'erosione meteorica differenziata che ha agito sulla dura lava e sui più teneri sedimenti sottostanti.

Più a Nord, alla distanza di 800 m circa in linea d'aria dal centro abitato di Ploaghe, sorge il Monte Massa (677 m s.m.), il cui cono di scorie conserva la forma del cratere leggermente incisa a NE, in corrispondenza di una slabbratura dalla quale è uscita una sola colata lavica che si allunga fino ai mulini del Maniscalco.

In corrispondenza della sommità di Monte San Lorenzo (579 m s.m.) si rinviene la parte basale delle formazioni calcareo-organogene deposte nel Miocene, che affiora anche a Nord dell'abitato di Nulvi.

In corrispondenza della sommità di Monte San Lorenzo (579 m s.m.) si rinviene la parte basale delle formazioni calcareo-organogene deposte nel Miocene, che affiora anche a Nord dell'abitato di Nulvi. All'interno dell'area, si individuano varie unità geomorfologiche. Le unità geomorfologiche comprendono:

- Forme di denudazione derivate da diversi processi di alterazione, trasporto ed erosione;
- Forme di accumulo.

Le singole unità sono classificate e raggruppate sulla base della prevalente uniformità delle caratteristiche geomeccaniche e dell'espressione del rilievo modellato, in tipi di materiali anche di diversa origine ed età.

Le principali unità geomorfologiche individuate sono rappresentate da:

- rilievi su rocce vulcaniche;
- depositi detritici e/o depositi eluvio/colluviali;
- superfici ondulate con affioramenti rocciosi discontinui e superfici di spianamento a bassa quota.

I rilievi su rocce vulcaniche sono piuttosto estesi e costituiscono la fascia altimetrica più elevata; si presentano sia sotto forma di massicci con picchi rocciosi.

I depositi detritici costituiti da clasti allungati con spigoli vivi prodotti dai processi di alterazione delle rocce ad opera degli agenti atmosferici, sono localizzati prevalentemente ai piedi delle scarpate più ripide.

L'alterazione della parte rocciosa è testimoniata anche dalle forme residuali: si tratta di collinette costituite da grossi blocchi di lave fratturate le cui forme deriverebbero dalla maggiore intensità della fratturazione.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	13
PLO	ENG	REL	0035	00		

L'attività geomorfologica nei versanti si manifesta alle alte quote laddove la roccia affiorante non consente lo sviluppo della vegetazione ed il detrito di falda prodotto si accumula sui versanti stessi alla prima rottura di pendio. A quote inferiori si ha una sensibile riduzione delle pendenze con forme meno aspre.

Per quanto riguarda la stabilità dei versanti, considerate le buone caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi costituenti il sottosuolo, non sono stati rinvenuti segni di dissesto in atto o potenziali. Pertanto, i siti in cui sono stati ubicati gli aerogeneratori in progetto risultano stabili. Ciò è confermato dalla carta del rischio e delle pericolosità geomorfologiche pubblicate nel P.A.I. relativamente al Bacino idrografico del Coghinas.

Il reticolo idrografico di tipo sub-dendritico, nell'area di progetto è rappresentato da modeste linee di impluvio, tributarie del Riu Mannu-Riu Funtana, ad andamento SE-NO. Tali corsi d'acqua durante la stagione delle piogge assumono carattere torrentizio. Il sito di progetto non è interessato da aste torrentizie né da solchi di ruscellamento, in quanto ricade in corrispondenza della linea spartiacque.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è caratterizzata da due principali formazioni:

- a) **Terreni a permeabilità primaria per porosità:** Comprendono le coltri di alterazione, i sabbioni sciolti quarzoso-feldspatici del Miocene, i suoli e i terreni eluviali e colluviali a basso tenore di argilla. Presentano una permeabilità media, possono a seconda dell'estensione immagazzinare discrete quantità d'acqua.
- b) **Terreni a permeabilità secondaria per fessurazione:** Comprendono le rocce di origine vulcanica, che presentano una permeabilità alta per fessurazione; le discontinuità hanno un grande controllo sulla circolazione idrica sotterranea. A questa classe appartengono le andesiti, le trachiti oligo-mioceniche e i basalti plio-quadernari.

L'area di progetto è interessata dalle Colate basaltiche plio-quadernarie, dalle Andesiti e Trachiti Oligo-Mioceniche e dei Tufi vulcanici del Miocene. Tali litologie presentano permeabilità in grande per fessurazione. Non è da trascurare una circolazione idrica profonda che ha come substrato impermeabile i terreni sedimentari pre-vulcanici. E' risultato da studi precedenti che nella zona in esame il livello statico della falda idrica ha una profondità di circa 50 m dal p.c.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	14
PLO	ENG	REL	0035	00		

5. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato P.A.I.) è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio.

Il P.A.I., il cui ambito di riferimento è costituito da tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino, persegue l'obiettivo di garantirne adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti ed al pericolo di frana, l'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua ed al pericolo d'inondazione, ed all'assetto della costa, relativo alla dinamica della linea di riva ed al pericolo di erosione costiera.

Per ciascuna categoria di rischio contemplata nel P.A.I. (Pericolosità Geomorfologica, Rischio Geomorfologico) vengono indicati i seguenti livelli:

- **R1:** rischio moderato: per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono marginali;
- **R2:** rischio medio: sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- **R3:** rischio elevato: sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- **R4:** rischio molto elevato: sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.

Il rischio deve considerarsi come il prodotto di tre fattori fondamentali:

- a) pericolosità o probabilità che l'evento calamitoso si verifichi;
- b) valore degli elementi a rischio;
- c) vulnerabilità degli elementi a rischio.

La Pericolosità geomorfologica viene così suddivisa:

- **H_{g0}** : nulla;
- **H_{g1}** : moderata;
- **H_{g2}** : media;
- **H_{g3}** : elevata;
- **H_{g4}** : molto elevata.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	15
PLO	ENG	REL	0035	00		

Il Rischio Geomorfologico viene così suddiviso:

- **Rg0** – nullo;
- **Rg1** – moderato
- **Rg2** – medio
- **Rg3** – elevato
- **Rg4** – molto elevato

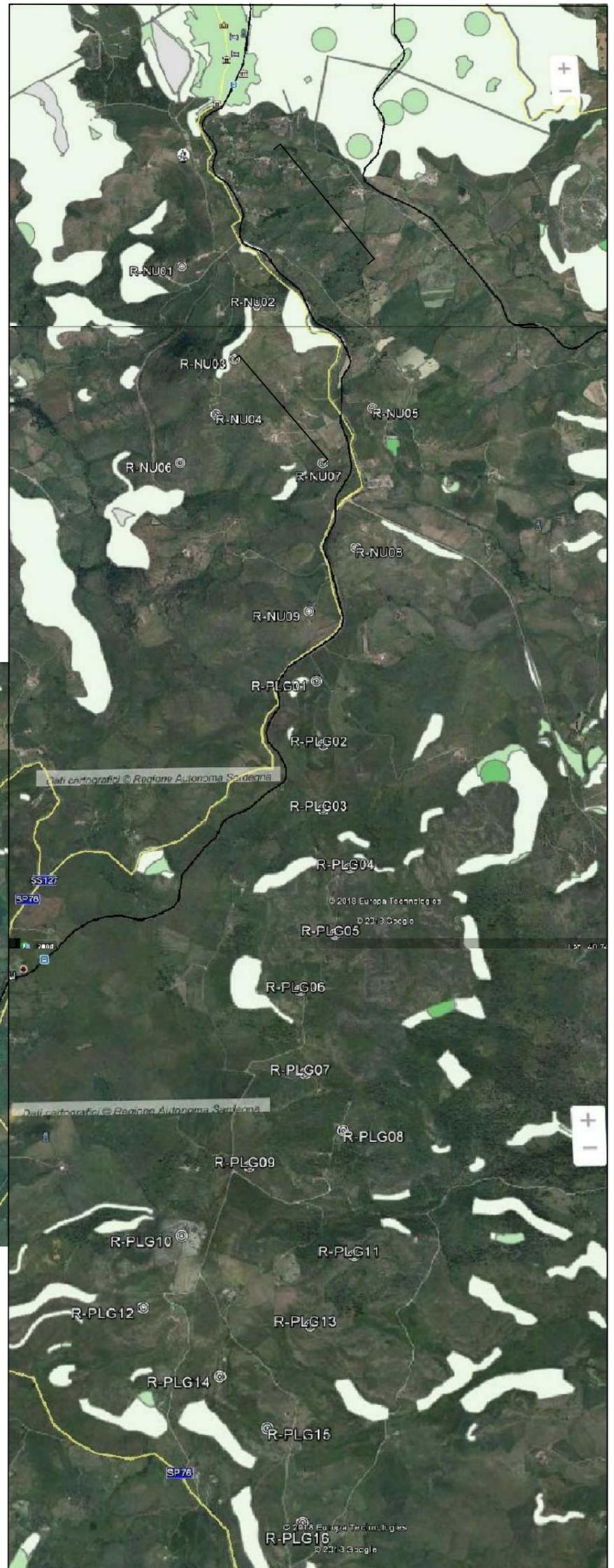
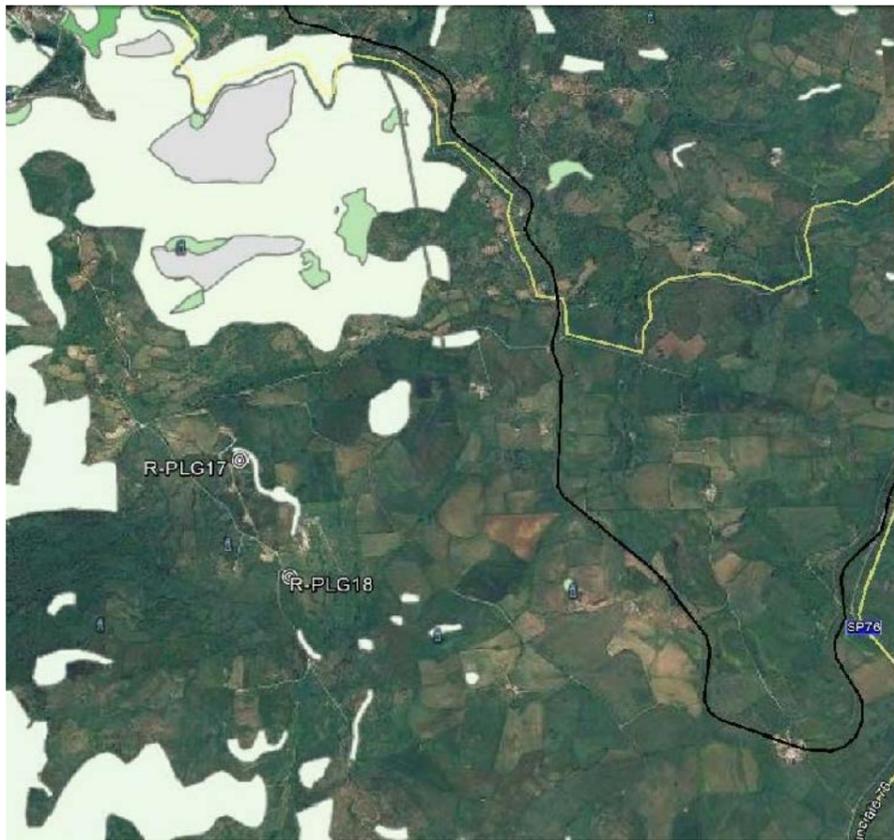
Nel nostro caso, preso in esame il bacino idrografico del Fiume Coghinas sul quale ricade il parco eolico in studio, si è proceduto ad un raffronto geomorfologico dell'area in cui ricade il parco eolico, con quanto previsto dallo studio del P.A.I., verificandone la compatibilità geomorfologica dei siti di progetto.

Dall'esame delle carte del Piano di Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) si evince che il parco eolico in progetto ricade all'interno di una vasta area in cui non sono presenti vincoli di alcun ordine e grado né classi di rischio e di pericolosità di carattere geomorfologico.

Nella pagina successiva si allega lo stralcio della mappa Piano di Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Regione Autonoma della Sardegna
Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
Aggiornato al 03/05/2018
Bacino Idrografico del fiume Coghinas

Carta del Rischio Geomorfologico
(Rischio di frana PAI)
scala 1:30.000



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	17
PLO	ENG	REL	0035	00		

6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

Dall'esame della carta geologica si evince che il parco eolico ricade su di un'area caratterizzata da una buona omogeneità litologica, le differenze riscontrabili sono essenzialmente di natura petrografica, a causa della differente dinamica dei vari episodi effusivi, ed in minima parte di natura litotecnica. Come evidenziato nel precedente capitolo di inquadramento geologico l'area in studio è interessata dall'affioramento di litotipi di natura vulcanica composti da trachiti, andesiti, rioliti, basalti ricoperti da coltri detritiche ed eluvio-colluviali.

In questa fase progettuale effettueremo una distinzione dei litotipi in funzione del grado di cementazione, tenacità e grado di addensamento, pertanto individuiamo due classi di litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche differenti:

- 1) Vulcaniti
- 2) Depositi detritici e/o eluvio-colluviali e coltri di alterazione

- 1) Le vulcaniti, quando non presenti in affioramento, si riscontrano ovunque al di sotto dei depositi sabbiosi di cui al successivo termine, al cui interno può rinvenirsi anche qualche blocco integro. Le vulcaniti, pur essendo compatte, al tetto possono comunque presentarsi leggermente alterate, talora degradate e arenitizzate per cui risulta difficile stabilire un limite netto tra i due differenti litotipi.

Le vulcaniti si presentano fortemente cementate, ma spesso fratturate; in superficie, risentendo dell'alterazione esercitata dall'azione degli agenti esogeni, appaiono degradate e fessurate. Sono interessate da superfici di frattura e di fessurazione (diaciasi), causate dai processi di raffreddamento del magma, disposte in modo abbastanza regolare e normalmente orientate in senso ortogonale tra di loro.

Dal punto di vista geotecnico sono dotate di buone caratteristiche meccaniche. In termini di resistenza alla compressione, i valori che si ottengono sul litotipo poco alterato risultano molto elevati, certamente superiori ai 50 MPa. Se invece alterati (cioè i livelli più superficiali), si raggiungono valori di resistenza compresi tra 5 e 20 MPa.

Per quanto riguarda il peso dell'unità di volume (γ) questo è compreso tra 21 e 23 KN/m³.

La resistenza al taglio è notevolmente influenzata dallo stato di fessurazione dell'ammasso lapideo, pertanto i parametri in via del tutto cautelativa possono essere così sintetizzati: $c = 0 - 40 \text{ KPa}$ $\varphi = 38^\circ - 45^\circ$

- 2) I depositi detritici sono depositi prevalentemente incoerenti di versante, localmente pseudocoerenti e a debole cementazione, composti da cumuli detritici e isolati blocchi franati localizzati in prevalenza al piede dei versanti più acclivi, immersi in una

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	18
PLO	ENG	REL	0035	00		

matrice ghiaiosa, sabbiosa e/o sabbio-limosa. I clasti sono eterodimensionali, a spigoli vivi, con dimensioni talora fino a 50 cm.

Le coperture terrigene eluvio-colluviali sono composte da terre scure sabbio limose e limo sabbiose. Si trova come ricolmamenti di aree depresse, conche e piccole vallecole. Poggiano sotto forma di vere e proprie lenti sui depositi detritici o direttamente sul basamento vulcanico che, come riferito, si può presentare tenace, più o meno alterato e/o arenitizzato. Le coltri di alterazione provengono dai processi esercitati dagli agenti esogeni che tendono a disgregare la parte più superficiale del substrato lavico. Come riferito non è facile stabilire un limite netto tra i depositi detritici e le coltri di alterazione e arenizzazione del substrato vulcanico. Certamente i depositi detritici presentano spessori inferiori. La coltre di alterazione è costituita da sabbie addensate, più o meno ghiaiose, con presenza, in quantità variabile, di minerali argillosi derivati dalla trasformazione del feldspato potassico. Il colore è variabile dal marrone scuro al rosastro a seconda che la roccia che ha subito il processo di alterazione sia composta da termini trachitici o andesitici. Lungo alcune linee di fattura si può notare la formazione di depositi argillosi, presi in carico e depositati dalle acque di infiltrazione superficiale, che tendono ad obliterarle. Dal punto di vista granulometrico in generale si possono classificare come ghiaie con sabbie limose. Chiaramente, anche in considerazione di quanto affermato precedentemente, localmente si possono riscontrare variazioni granulometriche importanti per cui si passa a sabbie con ghiaie e con limo o limi sabbiosi e ghiaiosi.

In linea generale i parametri geotecnici da assumere sono i seguenti:

- Peso dell'unità di volume (γ) questo è compreso tra 17,5 e 18,5 KN/m³
- Coesione drenata $c' = 0-10$ KPa angolo di attrito in cond. drenate $\varphi' = 30^\circ-35^\circ$

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	19
PLO	ENG	REL	0035	00		

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica locale, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Con tale provvedimento lo Stato ha delegato le Regioni per l'adozione della classificazione sismica del territorio, le quali hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale, previsto dall'O.P.C.M. 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (*ag*), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Per la zona sismica 1, l'accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (*ag*) è maggiore di 0,25; Per la zona sismica 2, *ag* è compresa tra 0,15 e 0,25; Per la zona sismica 3, *ag* è compresa tra 0,05 e 0,15; Per la zona sismica 4, *ag* è minore di 0,05.

La Sardegna si trova completamente in zona 4, la zona meno pericolosa, dove il rischio sismico è più basso e i terremoti sono più rari. Ma per quanto i sisma siano assai rari in Sardegna, storicamente non sono stati del tutto assenti come solitamente si crede. Si ricorda ad esempio la scossa sismica che nel 1600 danneggiò le torri costiere del sud Sardegna. Non siamo quindi una terra asismica, ma siamo una terra molto antica e stabile, con una scarsissima probabilità di future nuove scosse. Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali, riferendo ad ogni costruzione una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.). Nella presente relazione ci limiteremo, in assenza di specifiche indagini sismiche finalizzate all'individuazione della velocità di propagazione delle onde sismiche orizzontali nei primi trenta metri di profondità, ad indicare - sulla base della conoscenza del comportamento sismico dei terreni - la categoria sismica del sottosuolo, rimandando alle successive

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	20
PLO	ENG	REL	0035	00		

fasi progettuali l'esecuzione di opportune indagini sismiche. Sempre nella successiva fase progettuale, si verificherà l'accelerazione di riferimento locale individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Considerata le caratteristiche litotecniche dei terreni individuati si ritiene che la velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie sia compresa tra 360 e 800 m/s, pertanto la categoria sismica del suolo sarà la **B**. Il sottosuolo, ai sensi del DM del 17.01.18, sarà composto quindi da *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	21
PLO	ENG	REL	0035	00		

8. CONCLUSIONI

Il presente studio ha previsto l'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico, litotecnico e sismico del sito che verrà interessato dal progetto di potenziamento del parco eolico esistente, ricadente nei comuni di Nulvi e Ploaghe, in provincia di Sassari.

I nuovi aerogeneratori sostanzialmente ricadranno lungo il tratto interessato dalle torri oggi presenti. In seguito alle argomentazioni presentate nei paragrafi precedenti si espongono le seguenti deduzioni:

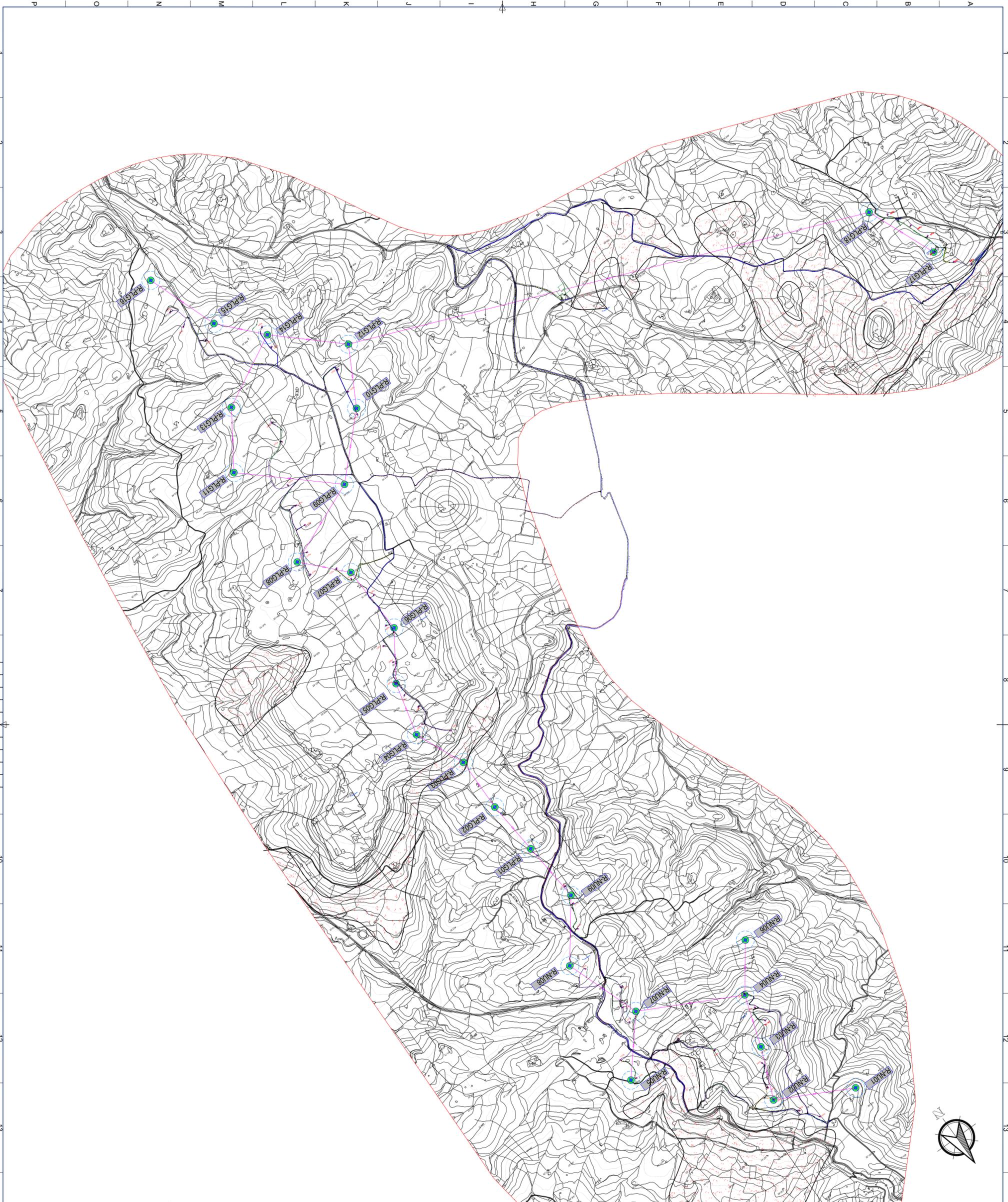
- Il parco eolico si sviluppa lungo un allineamento Nord-Sud delimitato a sud dal centro abitato di Ploaghe e a nord da quello di Nulvi.
- Dal punto di vista geologico l'area di studio è per la maggior parte composta da vulcaniti composte da trachiti, rioliti, andesiti, basalti sormontati da depositi detritici, depositi eluvio-colluviali, coltri di alterazione arenitizzate aventi spessori variabile da luogo a luogo.
- Dal punto di vista geomorfologico la porzione del territorio nella quale sono state ubicate le torri eoliche in oggetto, risulta stabile a causa dell'assenza di processi morfodinamici attivi e/o potenziali. Ciò è confermato dall'esame delle carte delle pericolosità e del rischio geomorfologico edite dall'Autorità di Bacino (piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna, Bacino del fiume Coghinas), che escludono i siti da criticità di carattere geomorfologico.
- Dal punto di vista dell'inquadramento sismico, nell'ambito del presente progetto, non sono state eseguite specifiche indagini sismiche (la cui realizzazione è rinviata alla fase progettuale successiva). La categoria del suolo è stata fornita, preliminarmente, grazie alle conoscenze stratigrafiche. A seguito delle considerazioni esposte nel capitolo precedente la categoria sismica del suolo è la **B**.
- Si rimanda alla progettazione esecutiva per la realizzazione di una adeguata e puntuale campagna di indagine geognostica e geotecnica finalizzata sia ad individuare gli esatti rapporti stratigrafici tra i litotipi esistenti nel sottosuolo e sia a definire i parametri fisico-meccanici dei litotipi riscontrati.
- Per quanto non espressamente riportato nelle conclusioni, si rimanda ai paragrafi precedenti ed agli elaborati grafici allegati.
- Per quanto di nostra competenza, sulla base di quanto esposto, nulla osta alla realizzazione delle opere in progetto, rinviando per ulteriori approfondimenti di carattere stratigrafico, geotecnico e sismico alla successiva fase di progettazione.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO NULVI - PLOAGHE RELAZIONE GEOLOGICA	22
PLO	ENG	REL	0035	00		

Palermo, Agosto 2018

Il Geologo
Dott. Carlo Cibella





LEGENDA

	Dispositivi definitivi 4/0 - Altezze minime: 10 m	$\phi = 30^\circ - 35^\circ$
	Dispositivi definitivi 4/0 - Altezze minime: 10 m	$\phi = 30^\circ - 35^\circ$
	Valeranti - roccia spugnosa arenaria, spessore sommerso da una coltre di 21,23 km/mc	$\phi = 30^\circ - 35^\circ$
	Valeranti - roccia spugnosa arenaria, spessore sommerso da una coltre di 21,23 km/mc	$\phi = 30^\circ - 35^\circ$

REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA DI SASSARI
COMUNI DI NULVI E PLOAGHE



PROGETTO DEFINITIVO



Dir. Geology Carlo Ghella



CARTA LITENICA

OGGETTO DELL'ELABORAZIONE

SEZ.	DATA	ATTIVITA'	REDAITTO	VERIFICATO	APPROVATO
01	03/09/2018	REDAZIONE	CC	CC	CC

SEZ.	DATA	SCALE	FORMATO/FOGLIO	COMPLETAMENTO
01	03/09/2018	1:10.000	A0	PILO ENG REL 0035 00