

Progetto

**PROGETTO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MARTIS e CHIARAMONTI (SS) CON POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 39,2MW. DENOMINAZIONE IMPIANTO "19185 - MARTIS"**

Proponente

LUCE MARTIS S.R.L.  
Via N. Sauro, 22  
42017 Novellara (RE)

Firma



Progettisti

**RESPONSABILE DEL PROGETTO**  
P.I. Luca Catellani  
Collegio Periti RE n. 1101

**RESPONSABILE RELAZIONE GEOLOGICA**  
Geol. Luigi Sanciu  
Ordine Geologi regione Sardegna N. 701



**Procedura di Valutazione Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 152 / 2006 e ss. mm. ii.**

Autorità competente  
**Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica**

Tabella revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
03				
02				
01				
00	11/23	PRIMA EMISSIONE	SANCIU L.	SANCIU L.

Fase di Progetto

DEFINITIVO

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA e  
IDROGEOLOGICA

Tavola N.

RGIR01

File

RGIR01

Scala

---

# INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. DETTAGLI PROGETTUALI</b> .....	<b>4</b>
3.1 Dettagli progettuali delle strutture .....	5
<b>4. VINCOLISTICA</b> .....	<b>6</b>
4. 1 Interazione con il Piano di stralcio di bacino .....	6
4.2 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali .....	7
<b>5. RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA</b> .....	<b>9</b>
5.1 Finalità e metodologia di studio .....	9
5.2 Inquadramento geologico area impianto .....	10
5.5 Inquadramento geomorfologico .....	20
5.5 Inquadramento geologico cavidotto – Stazione Elettrica di Tula. ....	25
5.6 Inquadramento climatologico.....	25
<b>6. RELAZIONE SISMICA</b> .....	<b>27</b>
6.1 Sismicità storica.....	27
6.2 Sismica di base .....	27
6.3 Azione Sismica di progetto .....	29
<b>7. CONCLUSIONI</b> .....	<b>30</b>

## **Allegato**

✓ *PROFILO Vs CON METODO MASW*

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	---	--

## 1. PREMESSA

Al fine della realizzazione dell' *"Impianto agrivoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel comune di Martis e Chiaramonti (SS) con potenza in immissione pari a 39,2mw. denominazione impianto "19185 - Martis" "* è stato incaricato lo scrivente, Geol. Luigi Sanciu (iscrizione n°701 all'Ordine dei Geologi della Sardegna) dal committente "LUCE MARTIS S.R.L." per effettuare uno studio geologico-idrogeologico preliminare dell'area.

E' stata condotta un'indagine geologica al fine di valutarne la fattibilità e orientare correttamente le scelte progettuali come richiesto dalla normativa vigente. Il presente studio, condotto in osservanza alla normativa vigente, si prefigge di:

- definire il modello geologico di riferimento per la progettazione preliminare dell'intervento;
- evidenziare le possibili problematiche di natura geologica, idrogeologica o geotecnica;
- fornire, ove possibile, suggerimenti per effettuare le scelte operative più idonee.

In tal senso le indagini vengono svolte con lo scopo di individuare i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, geomorfologici, pedologici, idrogeologici e di pericolosità geologica del territorio, in relazione alla realizzazione dell'intervento.

Nella fase preliminare della progettazione, tenuto anche conto delle caratteristiche dell'opera, lo scrivente ha ritenuto sufficiente, per comprendere le condizioni geologiche locali, effettuare un rilevamento dell'area impianto, analizzare la documentazione progettuale fornita dal committente, studi pregressi portati avanti dallo scrivente nell'area e consultare la cartografia tecnica comunale e regionale. E' stata inoltre eseguita una prospezione geofisica MASW nell'area impianto.

La presente relazione è stata redatta in applicazione a quanto richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dagli Eurocodici 7 e 8.

<p>Progetto IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p>Relazione Geologica-Idrogeologica PRELIMINARE</p>	<p>Proponente </p>
---	--	---

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di studio ove è in progetto l'impianto (perimetrata in viola) è inserita nella Sardegna nord occidentale, tra i comuni di Martis e Chiaramonti (SS). Il cavidotto AT di collegamento tra l'area impianto (in celeste), attraverserà i comuni di Martis, Chiaramonti, Erula e Tula. In quest'ultimo si avrà l'allaccio alla già presente stazione elettrica che sarà ulteriormente ampliata ed implementata per far fronte alla produzione dell'impianto. Per ulteriori dettagli sulla suddivisione catastale si rimanda all'apposita Relazione Tecnica e Inquadramento cartografico redato dai Progettisti.

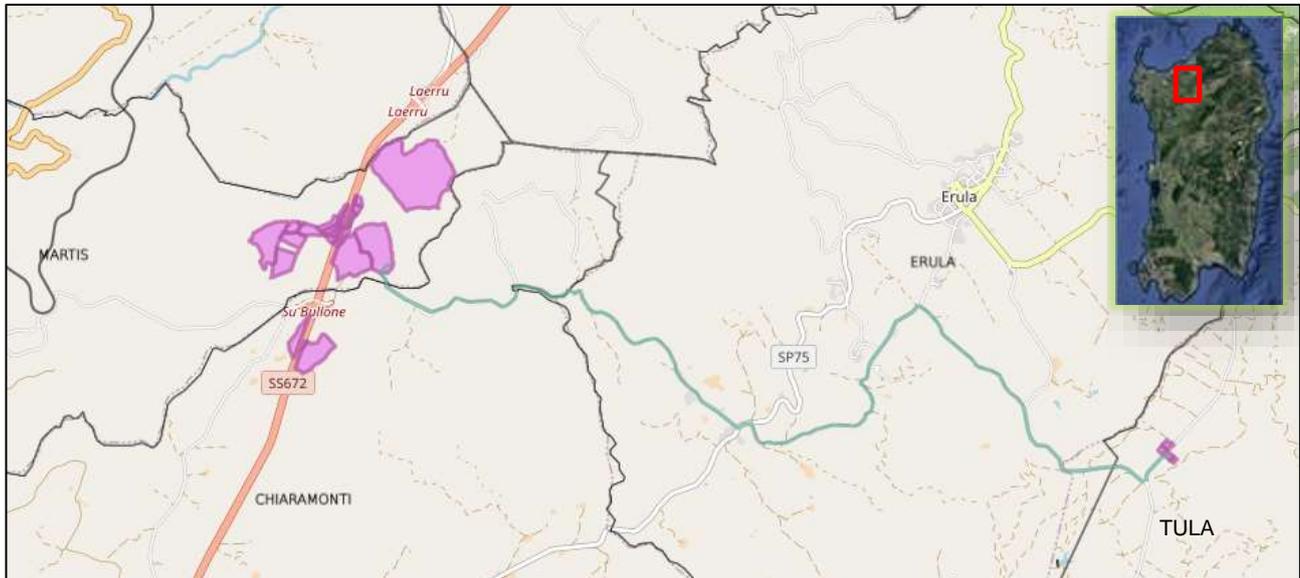


Figura 1 – Inquadramento cartografico dell'area. Scala 1:50.000

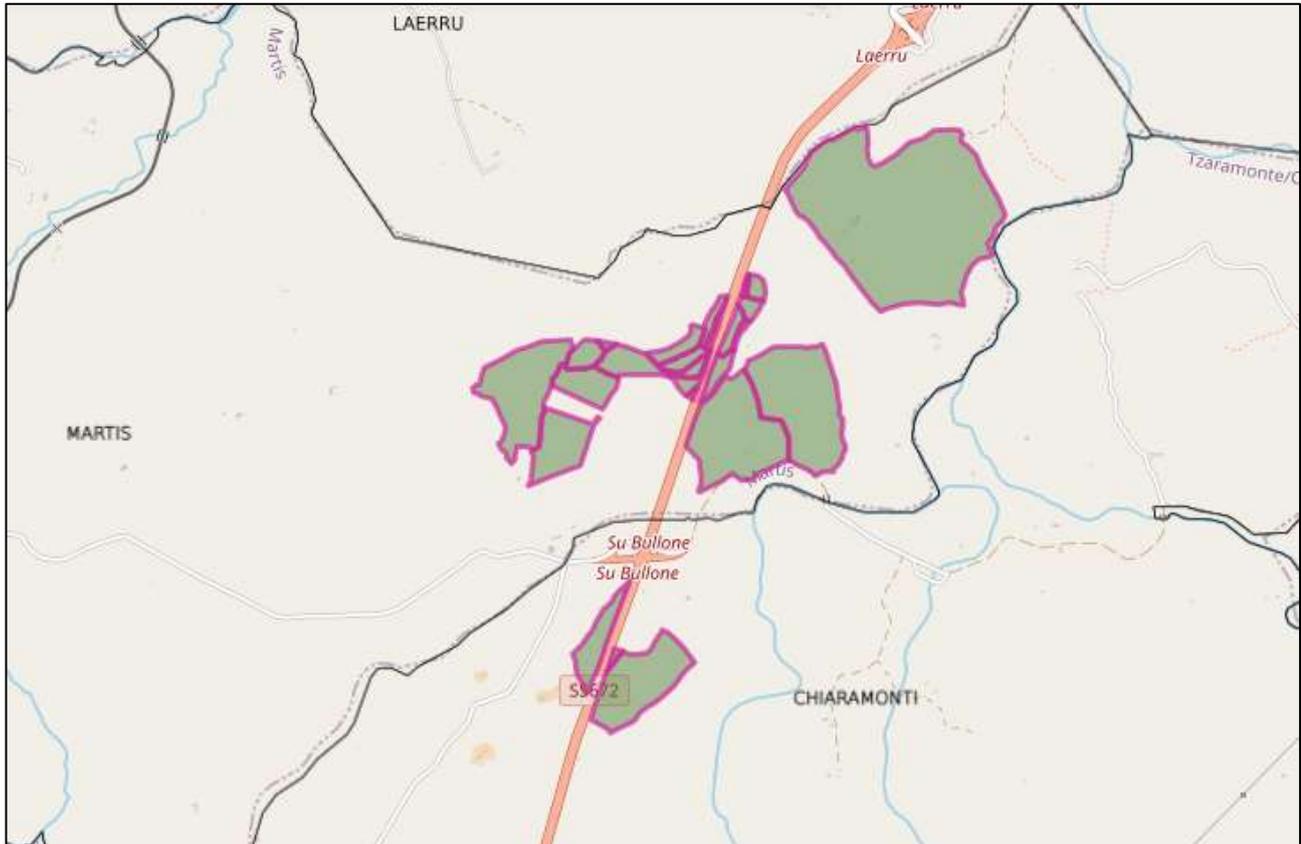


Figura 2 – Dettaglio dell'area impianto (oggetto principale del presente studio). Scala 1.25:000

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <i>PRELIMINARE</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

### 3. DETTAGLI PROGETTUALI

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di 39,2 MW e delle relative opere connesse, nel territorio del Comune di Martis e Chiaramonti (SS).

La Società proponente ha ritenuto opportuno proporre un progetto innovativo che consenta di coniugare la produzione agricola con la produzione di energia rinnovabile in accordo con i requisiti stabiliti dall'art. 31 c. 5 del D.L. 77/2021 (Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure), ovvero il contenimento del consumo di suolo e la tutela del paesaggio.

Pertanto la Società, anche avvalendosi della consulenza di un dottore agronomo locale, ha sviluppato una soluzione progettuale che è perfettamente in linea con gli obiettivi sopra richiamati, e che consente di:

- ridurre l'occupazione di suolo,
- svolgere l'attività di coltivazione tra le interfile dei moduli fotovoltaici, avvalendosi di mezzi meccanici (essendo lo spazio tra le strutture molto elevato);
- installare una fascia arborea perimetrale
- riqualificare pienamente le aree in cui insisterà l'impianto, sia perché le lavorazioni agricole saranno attuate permetteranno ai terreni di riacquisire le piene capacità produttive, sia perché saranno effettuati miglioramenti fondiari importanti (recinzioni, drenaggi, viabilità interna al fondo, sistemazioni idraulico-agrarie);
- ricavare una buona redditività sia dall'attività di produzione di energia che dall'attività di coltivazione agricola.

I moduli saranno montati su strutture ad inseguimento solare (tracker), in configurazione mono filare e saranno collegati in bassa tensione alle cabine inverter (una per ogni blocco elettrico in cui è suddiviso lo schema dell'impianto) e queste saranno collegate alla cabina di media tensione che a sua volta si collegherà alla sottostazione Terna.

### 3.1 Dettagli progettuali delle strutture.

Di seguito sono riportati gli schemi costruttivi delle strutture di sostegno ai pannelli fotovoltaici (Tracker) e la sezione di scavo del cavidotto AT. Per quanto concerne i primi, il presente studio si è concentrato sulla tipologia di posa in opera e lo spessore dell'orizzonte litologico interessato.

Il modulo sarà fissato al terreno tramite palo, senza alcuna opera di fondazione ausiliaria. Tale scelta risulta ampiamente fattibile per via della tipologia di substrato presente nell'area.

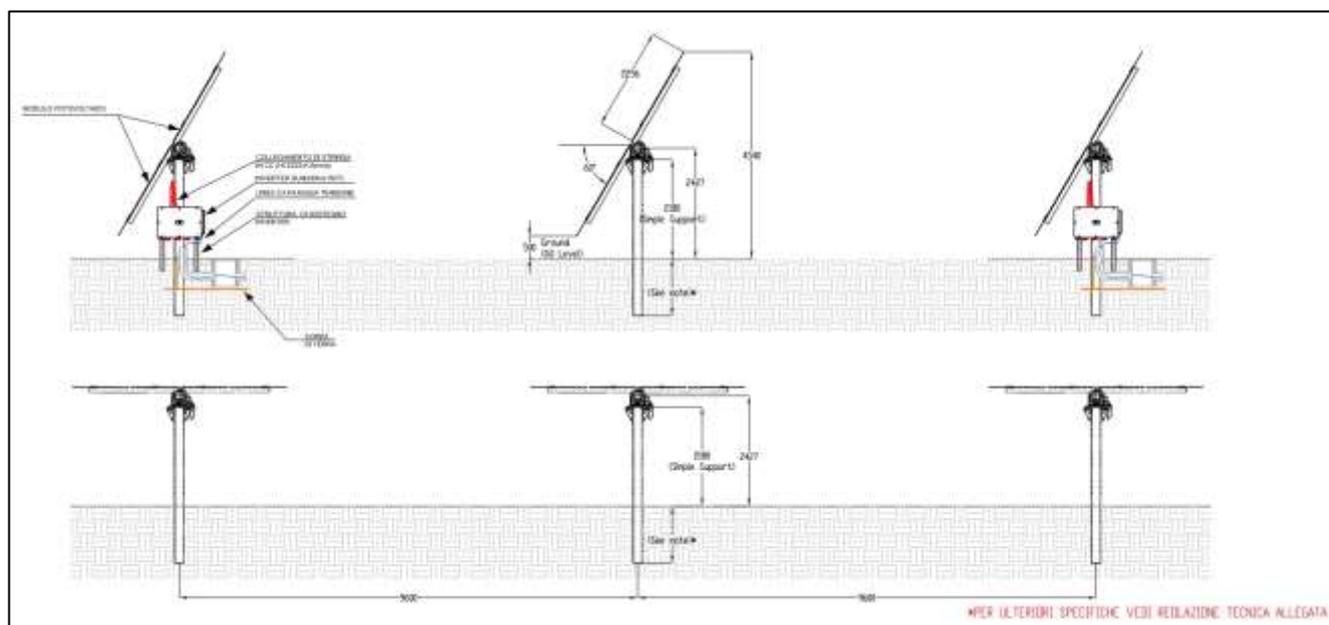


Figura 3 – Schema costruttivo dei trackers.

Per quanto concerne il cavidotto AT, la sezione sotto indicata dai Progettisti risulta la soluzione più idonea e più utilizzata in questi progetti. Nella sezione dedicata alla geologia dell'area, verrà sommariamente trattata anche la tipologia di substrato attraversato dal cavidotto. Data la natura e lo stato di conservazione delle litologie attraversate, tutto il materiale di risulta dello scavo potrà essere riutilizzato in loco per il ricoprimento dello stesso.

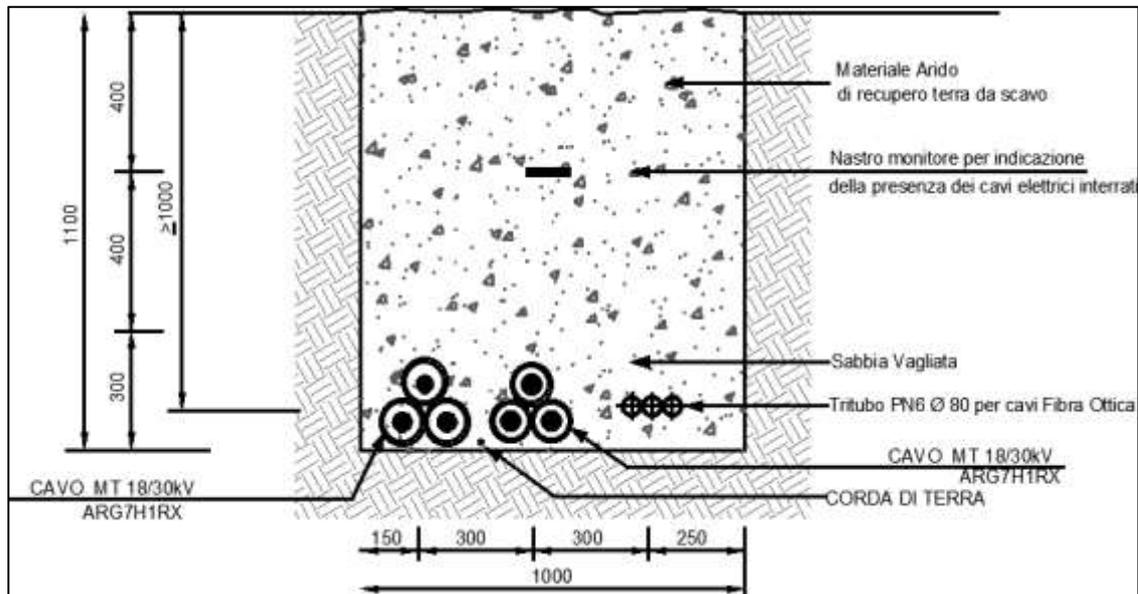


Figura 4 - Sezione del cavidotto MT 30Kv

## 4. VINCOLISTICA

Di seguito sono analizzate le interazioni tra le opere e gli strumenti di pianificazione, vigenti nell' area.

### 4. 1 Interazione con il Piano di stralcio di bacino

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato PAI) è redatto, adottato e approvato ai sensi: a. della legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo": Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18.05.1989 n. 183 e successive modificazioni, è stato approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo in forza del Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici in data 21.02.2005, n. 3. Prevede:

— indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i>  LUCE MARTIS</p>
--	---	--

— disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrare nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A del PAI;

— disciplina le aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrare nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato B del PAI.

Allo stato attuale, non risultano aree perimetrare all'interno del PAI Sardegna.

In base ai rilevamenti di terreno che hanno avuto lo scopo di individuare aree di criticità non contemplate dall'attuale vincolistica PAI, non sono emerse situazioni di pericolosità idraulica.

#### **4.2 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali**

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Il PSFF costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il Piano persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al P.A.I. in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Le fasce fluviali possono essere intese come "aree di pertinenza fluviale", individuano le aree limitrofe all'alveo inciso, interessati da espansioni nelle fasi di piena quindi potenzialmente

inondabili. Le aree appartenenti a una “classe” hanno le stesse probabilità di essere inondate in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno), le delimitazioni sono state effettuate in seguito ad analisi geomorfologiche e idrauliche del territorio. Tuttavia, sono state considerate esclusivamente le aste principali dei corsi fluviali che sottendono un bacino di più di 30 km<sup>2</sup> e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempi di ritorno T fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni. L'area ricade nel Sub Bacino 03 – “Coghinas-Mannu-Temo”. I vincoli della delibera non trovano applicazione nell'area in cui verranno realizzate le opere in progetto.

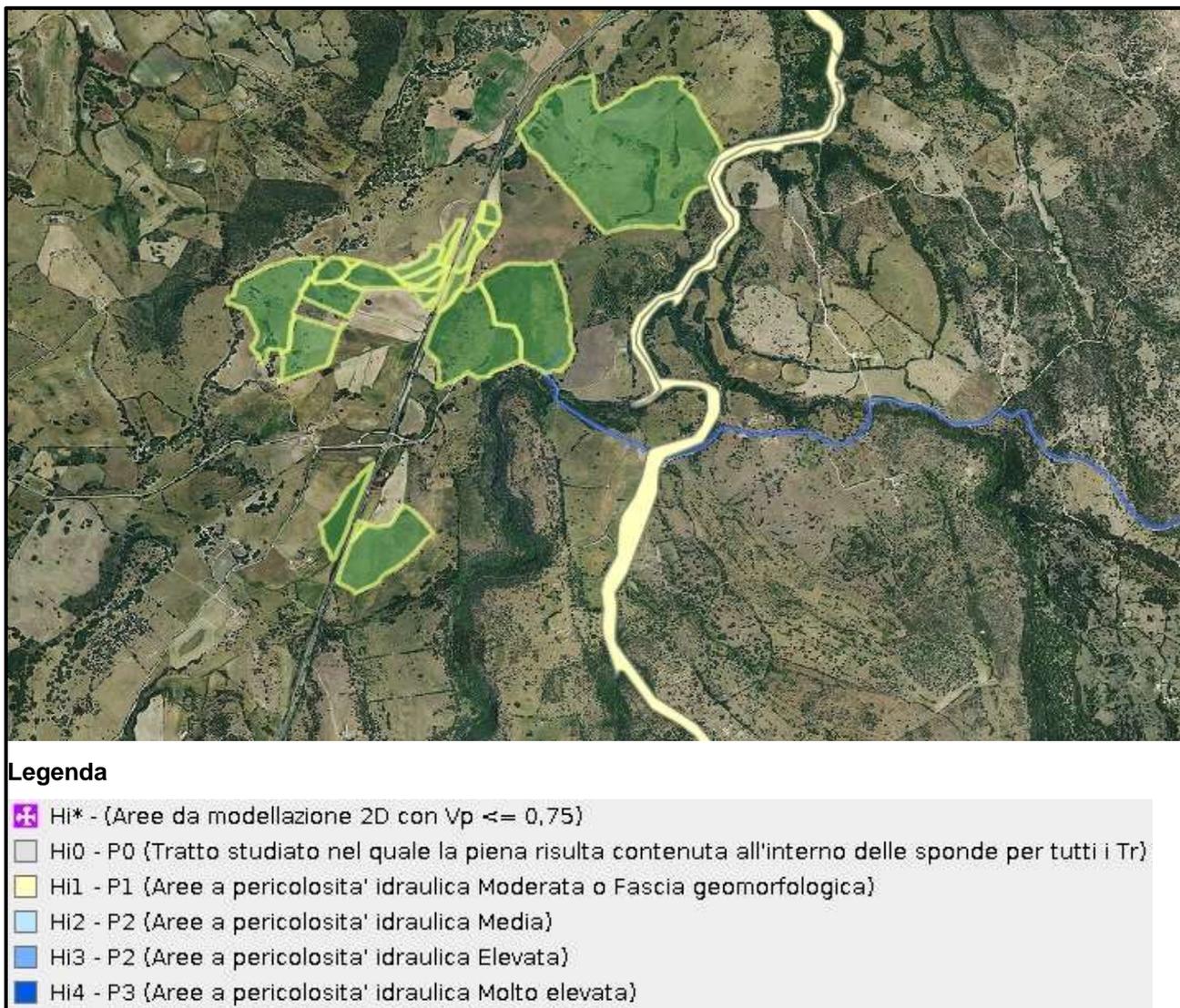


Figura 5 – Perimetrazione aree PAI limitrofe all'area di progetto. Scala 1:25.000. In verde le aree dell'impianto.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	---	--

## 5. RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA

### 5.1 Finalità e metodologia di studio

L'inquadramento del contesto geologico è passato attraverso la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito che è consistita nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio in esame. Tale studio è finalizzato sia alla caratterizzazione dei suoli di copertura che dei litotipi geologici presenti ed è funzionale alla successiva definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalle opere. La relazione geologica è stata redatta in base ai seguenti studi:

#### Indagini Preliminari

1. Sopralluoghi preliminari;
2. Reperimento dei dati significativi esistenti sia di carattere scientifico che applicativo.

#### Rilievi di campagna

1. Rilievo geologico d'inquadramento dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo, per l'individuazione e caratterizzazione puntuale dei litotipi affioranti.

L'elaborato risultante è stato realizzato utilizzando le legende del Servizio Geologico d'Italia (Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, serie III, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato).

2. Rilievo geomorfologico d'inquadramento dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo, al fine di individuare le forme del rilievo, identificarne i caratteri morfografici e morfometrici, identificarne i processi genetici e la relativa sequenza cronologica con particolare distinzione tra le forme attive e non attive.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <i>PRELIMINARE</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

## 5.2 Inquadramento geologico area impianto

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1:25.000 che definisce in maniera particolareggiata i litotipi presenti nell'area d'interesse così come riportato nella carta allegata. Le informazioni bibliografiche sono state poi verificate con il rilevamento di terreno. La geologia della zona considerata è dunque molto complessa non solo per i rapporti litologici e stratigrafici tra le varie formazioni ma in particolare per le diverse vicende tettoniche, magmatiche e strutturali avvenute nel territorio. Sebbene alla composizione della struttura geologica di questo settore partecipino infatti i litotipi appartenenti a due Ere Geologiche (Cenozoico e Quaternario), le difficoltà connesse all'interpretazione geologico-stratigrafica sono dovute alle numerose differenziazioni nell'ambito delle stesse per la presenza di formazioni appartenenti ai diversi Periodi. Le osservazioni di campagna hanno comunque evidenziato e confermato le ipotesi geologico-stratigrafiche formulate dagli studiosi con il riconoscimento di Unità vulcano sedimentarie che evidenziano una larga contemporaneità tra attività sedimentaria e vulcanica in tutta l'Anglona.

Le litologie rilevate ed accorpate nei diversi complessi possono essere rappresentate nella seguente successione dal termine più antico al più recente:

### Cenozoico

- Complesso vulcano-sedimentario ignimbrico (I) attribuibile all'Aquitano inferiore;
- Formazione lacustre (L) dell'Aquitano medio - Burdigaliano inferiore;
- Piroclastite pretrasgressiva (P) del Burdigaliano medio-superiore (?);
- Complesso marino (Mc) del Burdigaliano superiore.

### Quaternario

- Accumuli di frana (dt) del Pleistocene (?)
- Alluvioni antiche (at) del Riss e Wurm
- Depositi alluvionali (ar) dell'Olocene-attuale;

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

### Complesso vulcano-sedimentario ignimbrítico

E' il litotipo maggiormente rappresentato nell'area impianto. E' formato da rocce di colore rosso violaceo, organizzate in bancate spesse, frequentemente fratturate secondo sistemi sub-verticali, talvolta intensamente alterate. Il tipo più frequente è dato da un'ignimbrite vetrosa, molto compatta, con inclusi costituiti da litici centimetrici di rocce andesitoidi e da plagioclasti spesso isorientati secondo linee di flusso; sono presenti "fiamme" sia di colore chiaro che ossidianacee. Il secondo tipo, stratigraficamente superiore al primo, affiora in maniera più limitata (ad esempio lungo la ferrovia) ed è costituito da inclusi litici eterometrici immersi in una matrice pomiceo-cineritica; essendo meno compatto, risulta meno fratturato rispetto all'ignimbrite vetrosa. L'età è riferibile all'Aquitaniense Inf. Le principali aree di affioramento sono individuate al margine occidentale ed orientale del territorio comunale al confine con i comuni di Perfugas e Nulvi. Data la morfologia sub orizzontale dell'area, questa formazione non appare in sezione se non nella strada SS 672 che divide i lotti dell'impianto.



Figura 6 – Taglio stradale con stratigrafia delle formazioni interessate.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	---	--

L'attività vulcanica che ha caratterizzato i litotipi sinora descritti continua residualmente ad interessare le formazioni pre-trasgressive con la messa in posto di flussi piroclastici pomiceo-cineritici molto potenti ascrivibili alla sequenza esplosiva acida-intermedia superiore (UAES). La piroclastite è il litotipo più diffuso nel territorio comunale e i suoi affioramenti, particolarmente diffusi nelle aree circostanti l'abitato, si estendono anche nei territori limitrofi (territorio di Chiaramonti). Si tratta di un prodotto piroclastico di flusso di colore biancastro, poco saldato, costituito da elementi litici di natura vulcanica, perlopiù centimetrici, cristalli liberi, soprattutto di biotite, immersi in un'abbondante matrice pomiceo-cineritica.

Verso il contatto con i calcari la piroclastite si presenta di colore rosato, con scarsi o nulli inclusi litici e con la componente cineritica prevalente su quella pomicea.

Di solito si presenta massiva ma in alcuni casi mostra strutture di flusso (una sorta di "stratificazioni") come lungo la S.S. 127; anche la fratturazione è rara trattandosi di un litotipo poco compatto e quando è presente si tratta di fratture sub-verticali ad ampia spaziatura. Rara è anche l'alterazione che comunque rende la roccia parzialmente argillificata.

Lo spessore non è quantificabile, ma viste le dimensioni areali dell'evento sicuramente è stimabile in parecchie decine di metri. L'età di questa imponente manifestazione esplosiva segnalata in letteratura con il metodo K/Ar è di ca. 18 Ma.

### Formazione lacustre

E' relativa al bacino lacustre di Martis-Perfugas, caratterizzato dalla presenza di foreste fossili. Sulla base della prevalenza di uno o più litotipi sono stati distinti due complessi: uno clastico-piroclastico, costituito da alternanze di sabbie e conglomerati con piroclastiti di caduta ed uno carbonatico, costituito da calcari e marne spesso silicizzati. In entrambi i complessi sono presenti potenti banchi e strati selciosi di colore scuro; ma quelli contenuti alla base del lacustre, nel complesso clastico-piroclastico, racchiudono spesso resti silicizzati di vegetali costituiti da foglie e legni appartenenti a taxa diversi soprattutto di Palme, rappresentanti nel complesso una flora paratropicale.

Le sabbie e i conglomerati sono in genere addensati ma non cementati, i clasti sono essenzialmente di natura granitica, mediamente elaborati, con matrice fine, talvolta con forte componente vulcanica; i livelli piroclastici intercalati sono invece cineritici, di colore chiaro. Le marne e i calcari sono stratificati in strati di qualche centimetro e presentano talvolta

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	---	--

intercalazioni piroclastiche o argillose. Lo spessore della formazione non può essere stabilito, ma sicuramente non è inferiore ai 50-60 metri; l'età, in letteratura, è attribuita all'Aquitaniense medio - Burdigaliano inferiore..

### Complesso marino.

L'attività vulcanica si è protratta sino al Burdigaliano superiore; i sedimenti successivi non solo non contengono intercalazioni vulcaniche ma anche gli apporti silico-clastici al loro interno sono rappresentati esclusivamente da elementi pertinenti il basamento cristallino. La quiescenza dell'attività vulcanica calcareina dal Burdigaliano superiore fino a tutto il Miocene caratterizza d'altronde tutta la Sardegna settentrionale.

La Formazione marina, riferibile alla trasgressione del Burdigaliano superiore, è costituita alla base da calcari detritico-organogeni, con importante componente silico-clastica (essenzialmente grani di quarzo di qualche millimetro), biancastri, di solito massivi, talvolta in stratificazione irregolare, pseudo-nodulare, il cui spessore è al massimo di 10 metri. Questi sedimenti rappresentano il secondo ciclo sedimentario distinguibile nella Sardegna settentrionale. Sopra tali litotipi, a testimonianza di un graduale approfondimento del bacino di sedimentazione, si rinvengono potenti e monotone alternanze di marne più o meno arenacee di colore beige, in strati decimetrici, con frequenti intercalazioni di livelli argillosi. Lo spessore di tale sequenza marnosa è invece di alcune decine di metri. Tali litologie sono poco o nulla alterate, ma talvolta interessate da diaclasi.

Secondo alcuni autori la presenza nelle successioni mioceniche di importanti discontinuità stratigrafiche, con episodi continentali che separano più cicli sedimentari, ed il perdurare di un'intensa attività vulcanica per gran parte dell'Aquitaniense-Burdigaliano, testimoniano dell'accentuata instabilità tettonica di quest'area durante il Miocene. Tale instabilità è da ricollegare agli eventi geodinamici "oligomiocenici" del Mediterraneo occidentale. Alluvioni antiche e recenti. A parte i depositi calcarei citati nel settore il Quaternario è poco rappresentato; lo si riscontra solo ad intervalli in prossimità dei corsi d'acqua in cui è possibile differenziarlo in base alle quote relative, dello stato di alterazione dei ciottoli e dell'arrossamento della matrice. Sono eventi riferiti al Riss e soprattutto al Wurm. I depositi alluvionali, in genere di scarso spessore, sono grossolani, con prevalenza di ciottoli del basamento paleozoico parzialmente alterati in matrice pedogenizzata. I depositi alluvionali più

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <i>PRELIMINARE</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

recenti hanno granulometria inferiore a quelli più antichi e sono costituiti da ciottolame grossolano incoerente con intercalazioni di ghiaie sabbioso-limose e con clasti prevalentemente di selce e di vulcaniti terziarie debolmente alterati.

## **Elementi strutturali**

La zona è interessata da numerose faglie riferibili a diversi sistemi; le discontinuità non sono comunque sempre evidenti morfologicamente in quanto interessano litologie facilmente modellabili. Le principali possono essere così distinte: quella NE-SW che borda il bacino lacustre verso Nord e che probabilmente è precedente alla deposizione dei litotipi lacustri; quella NNW- SSE che divide in due parti il territorio comunale e che fuori dai suoi confini mette in contatto le ignimbriti con i calcari, indicando così rigetti notevoli; e infine quella passante a sud dell'abitato di Martis, caratterizzata da direzione variabile da NW a W che sembra avere carattere trascorrente. Sono poi presenti faglie minori tra le quali si segnala quella nelle ignimbriti di direzione NE-SW (al confine occidentale del territorio).

### **5.3 Caratteri idraulici e idrogeologici delle formazioni geologiche**

La descrizione delle caratteristiche idrauliche e idrogeologiche dei materiali presenti nell'area (fig. 7) in studio è stata basata sulle osservazioni dirette e su quanto riportato in letteratura (data base ISPRA dei pozzi).

Le rocce, in funzione della loro natura, origine e storia geologica, possono presentare caratteri tali da consentire l'assorbimento, l'immagazzinamento, il deflusso e la restituzione di acque sotterranee in quantità apprezzabili, o possono non presentare tali caratteri. Le rocce che hanno la capacità di permettere il deflusso e la restituzione delle acque sotterranee vengono dette rocce serbatoio o acquiferi.

In idrogeologia si parla di rocce permeabili e rocce impermeabili, in relazione alla facilità con cui l'acqua sotterranea penetra, circola e si distribuisce nel sottosuolo. Sono definite permeabili le rocce nelle quali le acque si muovono con una velocità tale da permetterne la captazione, sono invece "impermeabili", quelle nelle quali, in condizioni di pressione naturali, per mancanza

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	---	--

di meati comunicanti e/o sufficientemente ampi, non è possibile rilevare movimenti percettibili delle acque.

La permeabilità viene distinta in due tipi fondamentali: primaria e secondaria, a seconda che sia una caratteristica congenita o acquisita.

La permeabilità primaria è tipica delle rocce porose, caratterizzate da vuoti intercomunicanti fra i granuli, ed è una proprietà intrinseca del litotipo, poiché la formazione dei meati è singenetica alla formazione della roccia. Solo in alcuni casi, come nei prodotti di alterazione dei graniti e delle arenarie la permeabilità per porosità è secondaria.

La permeabilità secondaria, detta anche per fratturazione, o in grande, è invece tipica delle rocce, sia coerenti che compatte, fessurate. Questa è generalmente una proprietà acquisita, dovuta principalmente a sforzi tettonici o da decompressione, che hanno determinato l'apertura di fessure, spesso successivamente allargate da processi chimico-fisici. Nello specifico dell'area in esame, data la fratturazione delle rocce carbonatiche presenti, si verifica questo tipo di permeabilità secondaria.

Il territorio esaminato ricade in due sottobacini principali: quello del Rio Altana (che nel settore in esame prende il nome di Rio Masino) che scorre a Ovest e a Nord dell'abitato con deflussi orientati prevalentemente in direzione SW-NE e quello del Rio Giunturas che scorre a Est di Martis con deflussi orientati in direzione NS. Entrambi mostrano uno spiccato regime torrentizio con portate abbondanti nel periodo autunnale e ridotte, invece, nel periodo estivo.

Nella carta delle unità idrogeologiche, oltre alla linea spartiacque principale che separa i due bacini anzidetti è stato inoltre distinto il bacino idrografico secondario del "Rio Mastru Nigola", i cui deflussi sono orientati prevalentemente in direzione NS; quest'ultimo mostra ugualmente uno spiccato regime torrentizio con portate modeste durante il periodo autunnale e scarse o nulle durante il periodo estivo.

Tutto il territorio comunale di Martis è interamente compreso nel bacino idrografico del "Rio Giobaduras" affluente diretto del Fiume Coghinas, che rappresenta il tributario principale della rete di drenaggio del territorio, a valle della diga "Muzzone" e prima dell'invaso del Lago di Castel Doria.

Gli affluenti minori, che sono in numero molto limitato, raccolgono le acque meteoriche nei compluvi e da questi le convogliano all'asta principale. Questi piccoli corsi d'acqua temporanei, hanno una portata assai variabile e fortemente condizionata dall'entità delle precipitazioni, in quanto la presenza di litologie localmente impermeabili non permette la formazione di rilevanti

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> PRELIMINARE</p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	---	--

riserve. Il bacino presenta un reticolo idrografico di tipo subdendritico, poco sviluppato e localmente condizionato dalle strutture esistenti.

Sugli altopiani ignimbrici il reticolo si presenta in uno stadio embrionale perché condizionato da fattori morfologici e litologici, e i deflussi avvengono quasi esclusivamente per ruscellamento superficiale.

Con riferimento all'idrologia sotterranea si evidenzia che il territorio costituisce un complesso idrogeologico ben caratterizzato e relativamente semplice in funzione dei suoi aspetti morfologici e geologici. In generale la parte più impermeabile del bacino è costituita dalle formazioni tufitiche, a causa della loro costipazione, mentre la parte maggiormente permeabile è rappresentata da tutti i sedimenti clastici che gli stanno sopra.

Un altro livello particolarmente permeabile è rappresentato dai calcari mentre gli stessi sedimenti clastici sabbiosi con intercalazioni argillose sottostanti presentano una permeabilità inferiore.

Le caratteristiche litologiche delle formazioni, unitamente ai rapporti di giacitura e alle precipitazioni, danno luogo ad una discreta quantità di manifestazioni di sorgenti localizzate proprio al contatto tra i livelli anzidetti. È necessario però fare una distinzione in base ai diversi caratteri di permeabilità delle rocce (Unità idrogeologiche) che si riflettono sia sulla distribuzione delle sorgenti che sulla loro portata.

Infatti, come accennato sopra, siamo in presenza di tre complessi litologici che mostrano, dal punto di vista della permeabilità, caratteristiche differenti. Le distinzioni sono state fatte seguendo lo schema rappresentato da quattro livelli con grado diverso di permeabilità:

- Impermeabile ( $k < 10^{-7}$  cm/sec): IM
- Bassa Permeabilità ( $10^{-4} > k > 10^{-7}$  cm/sec): BP
- Media Permeabilità ( $10 > k > 10^{-4}$  cm/sec): MP
- Alta permeabilità ( $k > 10$  cm/sec): AP

Distinguendo due tipi differenti di permeabilità:

- 1) per porosità;
- 2) per fessurazione;

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <i>PRELIMINARE</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

- La formazione piroclastica e le marne del complesso marino presentano una permeabilità bassa per porosità ( $10^{-4} > k > 10^{-7}$  cm/sec) e costituiscono il substrato impermeabile in cui la circolazione delle acque è pressoché nulla.
- La formazione lacustre con intercalazioni di calcari e marne e le ignimbriti, compatte e localmente fessurate, presentano una permeabilità medio-bassa per porosità e fessurazione. La permeabilità della formazione lacustre viene limitata dalle intercalazioni dei livelli marnosi, che impediscono la percolazione delle acque nella parte più permeabile rappresentata dalle sabbie e dai conglomerati (permeabilità media per porosità  $10^{-4} > k > 10^{-4}$  cm/sec).
- Detriti, alluvioni recenti e attuali e alluvioni antiche presentano una permeabilità medio-alta ( $k > 10^{-4}$  cm/sec) per porosità.
- La formazione permeabile è costituita, invece, dai calcari del complesso marino e dagli accumuli di frana costituiti da blocchi di calcare (alta permeabilità per fessurazione e carsismo  $k > 10$  cm/sec).

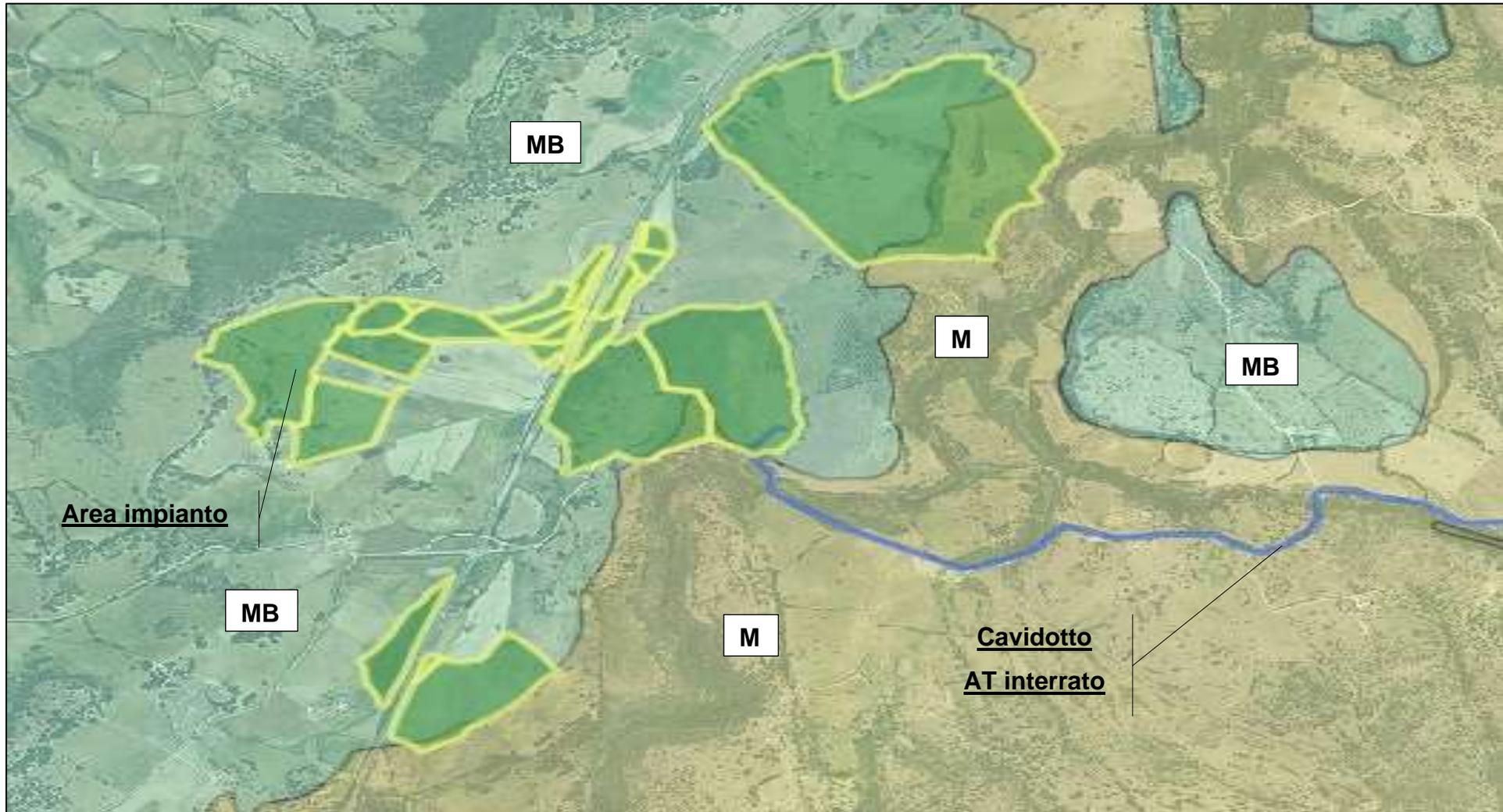


Figura 7 – Stralcio della Carta della permeabilità dei substrati della Sardegna (2019). Scala 1:25.000

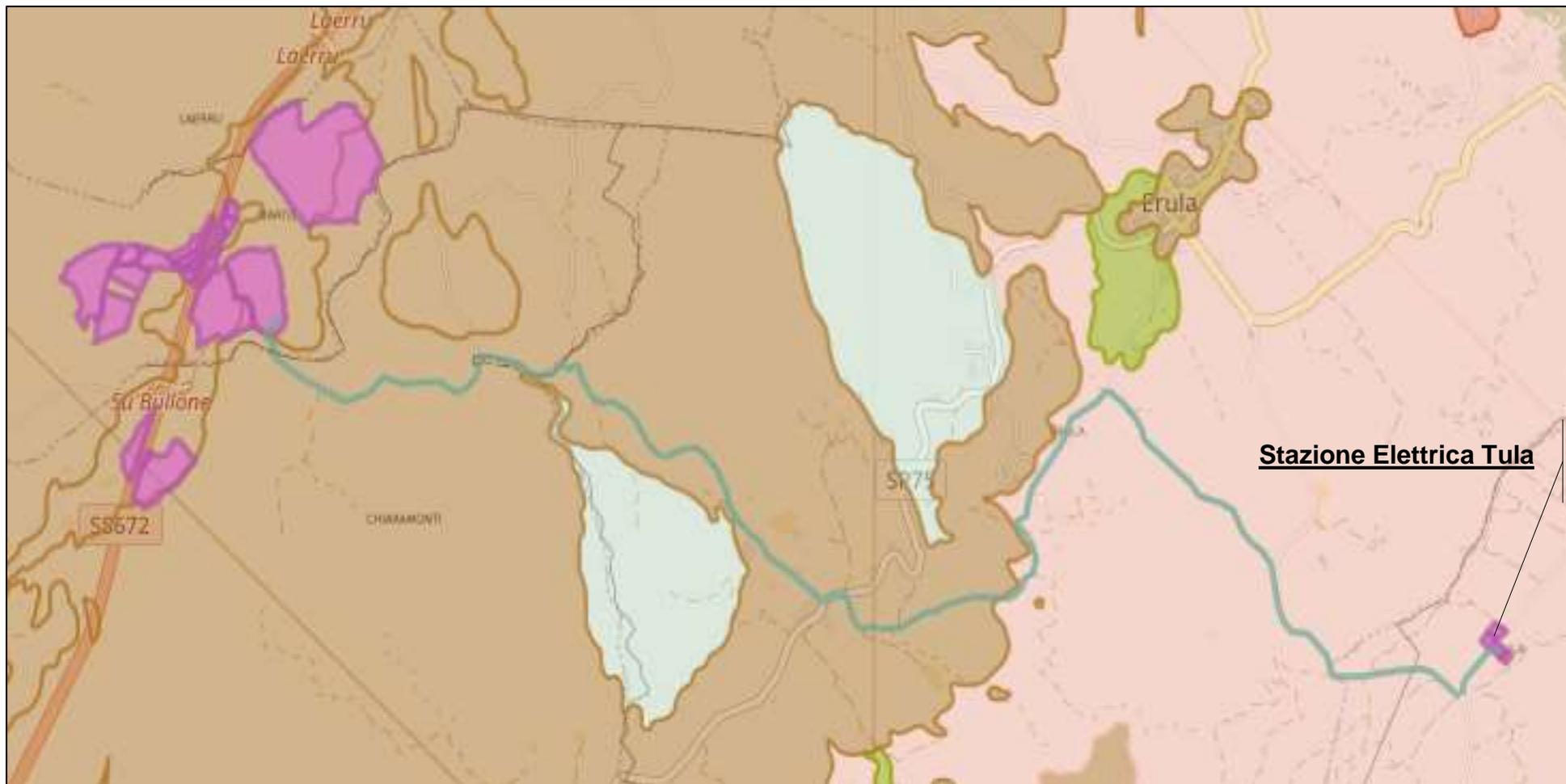


Figura 8 – Stralcio della Carta geologica dell'area, in scala 1:50.000 con la traccia del cavidotto interrato AT e la stazione elettrica di Tula

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

## 5.5 Inquadramento geomorfologico

E' noto che le caratteristiche morfologiche di una regione sono condizionate oltre che dall'azione della dinamica esogena, anche dalle condizioni geolitologiche e strutturali dei vari terreni. Dati gli scopi del presente lavoro ci si limiterà a dare un quadro morfologico generale rimandando al capitolo sulla geologia le considerazioni di carattere litologico del territorio in esame.

Il paesaggio può essere interpretato attraverso l'individuazione di elementi geomorfologici omogenei che agiscono o che hanno agito in passato determinando forme con peculiarità comuni per certe aree del territorio. I tre grandi sistemi di territorio (land system), che possono essere facilmente riconosciuti in base a caratteristiche omogenee degli elementi fisiografici, comprendono:

- Paesaggio vulcanico delle ignimbriti;
- Il paesaggio pianeggiante, subpianeggiante e collinare delle formazioni vulcano-sedimentarie terziarie (formazione lacustre e complesso piroclastico);

Queste ampie "Unità Geomorfologiche" presentano caratteristiche proprie omogenee sia nelle forme del rilievo che nella prevalenza di certe dinamiche geomorfologiche sulle altre; tuttavia se scendiamo più nel dettaglio, nella individuazione degli elementi fisiografici e morfogenetici, al loro interno si potranno individuare subunità più meno estese con caratteristiche omogenee.

È importante sottolineare che queste "Unità" non rappresentano porzioni di territorio a sé stanti ma sistemi aperti in cui i processi morfogenetici condizionano o sono condizionati da elementi delle aree attigue in modo tale che le unità tendono a raggiungere condizioni di reciproco equilibrio dinamico nell'evoluzione del rilievo.

La morfologia del rilievo del territorio comunale di Martis é, in generale, strettamente condizionata dall'assetto geolitologico e tettonico della regione, nonché modellata dai complessi processi morfogenetici che hanno agito in passato e molti dei quali attivi ancora oggi.

La dinamica dei versanti, attraverso l'azione della gravità insieme al dilavamento delle acque di ruscellamento, e la dinamica fluviale con fenomeni di erosione, trasporto e

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

sedimentazione dei materiali, rappresentano sicuramente l'insieme dei processi morfogenetici maggiormente attivi della zona.

### *Paesaggio vulcanico delle ignimbriti*

Le aree di affioramento di tale complesso sono rappresentate dalle estremità nord-occidentali e orientali del territorio in esame.

Il paesaggio collinare, a tratti aspro, di tali formazioni rappresenta un sistema territoriale abbastanza vario per l'incostanza delle morfologie che lo compongono, a causa della variabilità delle diverse facies esistenti nel complesso, delle diverse caratteristiche geomeccaniche che le contraddistinguono e degli agenti morfogenetici che attualmente agiscono.

Le forme geomorfiche più diffuse sono essenzialmente di due tipi: quelle influenzate in maniera determinante dalla struttura, che danno luogo a superfici strutturali subpianeggianti e quelle nelle quali sono maggiormente diffusi i rilievi a versanti concavo-convessi sui quali sono maggiormente attivi i processi erosivi areali delle acque superficiali che talvolta comportano l'asportazione di orizzonti di suolo.

Nelle prime si rinvengono frequentemente affioramenti rocciosi di estensione considerevole senza alcuna copertura vegetale, incisioni di canali in roccia e picchi rocciosi isolati, oltre che incisioni vallive profonde che talvolta rappresentano vere e proprie gole o alvei incassati in roccia. Nelle seconde le forme sono invece leggermente più dolci e le creste sono arrotondate a differenza delle creste rocciose nette che si ritrovano al limite esterno delle superfici strutturali, regolarmente di aspetto più massivo e con versanti a profilo più irregolare e maggior pendenza.

- Il paesaggio pianeggiante, subpianeggiante e collinare delle formazioni vulcano-sedimentarie terziarie (formazione lacustre e complesso piroclastico);

Il sistema territoriale caratterizzato dagli affioramenti prevalentemente vulcano-clastici delle formazioni terziarie presenta rilievi generalmente ondulati, con versanti poco acclivi e creste rocciose appena accennate.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

Sebbene anche in questo caso le fenomenologie di natura tettonica e strutturale abbiano concorso all'attuale definizione morfologica dell'area, è prevalentemente a seguito del comportamento differenziale con cui le diverse formazioni componenti la serie hanno risposto all'azione degli agenti esogeni, che sono state impresse le forme rilevabili nell'area di affioramento di tali litotipi. I livelli più competenti hanno espletato una certa azione protettiva nei confronti di quelli più teneri, anche se gli strati tufacei, offrendo una discreta resistenza all'erosione, hanno determinato una regolare degradazione dei versanti seppure attraverso pendenze sempre elevate.

Il contributo offerto dalla tettonica nella definizione morfologica di questo settore, consiste nell'aver creato, in corrispondenza delle fratture che interessano la serie, delle linee di erosione preferenziale. In corrispondenza delle tracce di frattura si rilevano infatti delle linee di impluvio che hanno penetrato in profondità la serie miocenica.

a) Le forme influenzate dalla litologia e dalla struttura

Nel territorio in esame sono largamente diffuse nelle diverse formazioni geologiche, le forme del paesaggio che mostrano di derivare o comunque di essere state condizionate nella loro evoluzione dai motivi strutturali e litologici. L'altopiano ignimbrico e le superfici in cui affiorano i litotipi calcarei è fisicamente delimitato dalle cornici, vere e proprie scarpate verticali, di altezza considerevole (spesso oltre i 15 metri), che sono soggette ad arretramento tramite processi gravitativi, talvolta di massa, in seguito alla disgregazione favorita dalla fratturazione verticale delle vulcaniti e dalle diaclasi dei litotipi calcarei. I fenomeni di questo genere risultano più frequenti dove la cornice presenta un'altezza maggiore di 5 m, con pareti a strapiombo. L'attuale superficie delle ignimbriti è una superficie strutturale degradata da naturali processi pedogenici, mentre altre superfici strutturali o substrutturali sono impostate su superfici strato a giacitura poco inclinata nei calcari. La continuità di questi versanti tabulari è interrotta dalla emersione delle testate di bancata di strato che talvolta formano scarpate a gradinata; anche queste sono soggette a fenomeni di frana o distacco localizzato di singoli blocchi, soprattutto gli strati dei calcari selciosi presenti nel lacustre, sono predisposti al crollo per la presenza di sistemi di fratture beanti e per la locale spinta alterazione della matrice rocciosa.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

La localizzazione delle creste rocciose nette é condizionata dalla presenza degli affioramenti carbonatici e della formazione lacustre con intercalazioni calcaree con un allineamento spesso interrotto dalle selle impostate su direttrici strutturali come faglie o grosse fratture.

Le creste arrotondate sono invece più frequenti sul complesso piroclastico vulcano-sedimentario e nella formazione lacustre; i versanti a profilo concavo-convesso sono il risultato di più cicli erosivi avvenuti nella storia geologica, ma attivi ancora oggi soprattutto con fenomeni di erosione areale ad opera delle acque di ruscellamento che determinano spesso il troncamento dei suoli. Alcuni rilievi residuali sono situati nel settore nord-occidentale, in corrispondenza delle ignimbriti (es. Monte Lidone 340 mt s.l.m.) e nel settore orientale, in corrispondenza del complesso lacustre; questi rilievi "risparmiati" dai fenomeni di erosione subarea si presentano di forma tronco-conica a causa della erosione differenziale che ha agito principalmente sulle formazioni più tenere ed ha conservato i banchi duri al tetto come "capelli di protezione". Possono essere considerati dal punto di vista morfologico come Testimoni e possono avere una certa valenza morfologica ed ambientale sia per la singolarità del fenomeno morfogenetico ma soprattutto perchè rappresentano dei buoni punti panoramici.

#### Depositi, forme e processi di versante dovuti alla gravità

Le forme di accumulo più diffuse relative ai processi guidati dalla gravità sono i detriti di falda, presenti al piede delle cornici vulcaniche e delle scarpate dei calcari. I detriti sono distribuiti con continuità come coperture talvolta spesse anche diversi metri, messi in posto durante diverse fasi morfoclimatiche dal Pleistocene superiore all'attuale; si tratta di accumuli caotici di breccie e blocchi rocciosi anche di dimensioni metriche, talvolta pseudostratificati (almeno per quelli più antichi).

Le falde detritiche presentano localmente un'elevata attività determinata sia dalla saltuaria alimentazione di detriti provenienti dal disfacimento della cornice soprastante, sia dalla elevata acclività del substrato roccioso su cui poggiano, il quale potrebbe avere un angolo di scarpa superiore all'angolo di attrito interno delle coperture detritiche; questo fattore insieme alla infiltrazione delle acque al contatto tra basamento e copertura, predispongono localmente la falda all'instabilità.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

Inoltre si evidenzia la presenza di accumuli di frane antiche, determinate da crollo o ribaltamento di blocchi, che indicano fenomeni gravitativi oramai non più attivi e che sicuramente venivano favoriti dalla fratturazione verticale e orizzontale dei calcari e dalla alterazione della matrice rocciosa.

### Depositi, forme e processi di versante dovuti al dilavamento

Il ruscellamento diffuso delle acque superficiali genera superfici con forme attive di erosione areale determinando localmente le totali asportazioni dell'orizzonte superficiale del suolo fino a causare un vero e proprio troncamento degli orizzonti pedogenici.

Tali processi, sono funzione di molti fattori tra cui la distribuzione e la concentrazione della intensità pluviometrica, la struttura e la tessitura del suolo; tuttavia la maggiore frequenza si riscontra sui versanti a profilo regolare e media pendenza delle formazioni marnoso-siltose a Sud dell'abitato, soprattutto in quelle aree in cui è carente un'adeguata copertura vegetale. L'evoluzione di questo processo in alcune località, determina la formazione di solchi di erosione concentrata; si tratta di forme attive, generate dall'incanalamento delle acque su superfici non protette dalla vegetazione o favorite da pratiche agricole non idonee, come le arature secondo le linee di massima pendenza. Generalmente il fenomeno presenta una progressione di erosione regressiva verso monte (testate di erosione regressiva).

### Depositi, forme e processi delle acque superficiali incanalate

I processi morfogenetici caratteristici della dinamica fluviale sono occasionali, strettamente connessi con la concentrazione e l'intensità delle precipitazioni.

Ad esempio la piana posta a Nord dell'abitato (immediatamente a Est e ad Ovest del ponte dell S.S. 127 sul Rio Masinu), rappresenta un settore in cui la pericolosità geomorfologica dovuta ai fenomeni di alluvioni, inondazioni o semplici tracimazioni dell'alveo ordinario, soprattutto in occasioni di eventi pluviometrici estremi ed occasionali, è abbastanza elevato.

Si deve comunque sottolineare che la zonazione del territorio in base alla pericolosità da alluvione deve essere condotta mediante studi specifici che tengono conto di numerosi fattori interagenti quali condizioni meteorologiche ed idrogeologiche dei bacini idrografici, parametri idrodinamici del corso d'acqua considerato oltre che delle caratteristiche

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

geomorfologiche. Altri corsi d'acqua minori, tributari dei due corsi d'acqua principali, sono presenti in tutto il territorio. Questi alvei rappresentano delle forme di incanalamento delle acque superficiali a regime occasionale, ed il loro tracciato si estingue dopo un breve tragitto. Altre forme derivanti dalle acque superficiali incanalate sono rappresentate da vallecicole a V, impostate per lo più sui versanti più acclivi della fascia nord-occidentale e che rappresentano le vie di scorrimento preferenziale delle acque di ruscellamento concentrato. Sono presenti inoltre numerose valli a fondo concavo e a fondo piatto, distribuite in maniera abbastanza omogenea in tutto il territorio, impostate per lo più sulle formazioni vulcano-sedimentarie terziarie; esse costituiscono delle incisioni poco profonde sui versanti, percorse temporaneamente dalle acque durante gli eventi pluviometrici. Queste ultime tendono, in corrispondenza del passaggio ai litotipi stratigraficamente sottostanti (ignimbriti), ad approfondirsi ed evolvere in vere e proprie incisioni a V.

### **5.5 Inquadramento geologico cavidotto – Stazione Elettrica di Tula.**

Il cavidotto, come si evince dalla carta geologica (fig.8) percorre buona parte del percorso nelle medesime litologie descritte per l'area impianto. Gli ultimi 4 km circa, di raccordo con la stazione elettrica di Tula (e come quest'ultima), attraversano litologie abbastanza differenti. Nello specifico si tratta di rocce metamorfiche di alto grado (micascisti e paragneiss) riconducibili al Paleozoico. Nel complesso, queste litologie sono affioranti o subaffioranti, coperte da suoli poco profondi. In fase esecutiva, sarà opportuno dovendo costruite strutture aggiuntive alle esistenti, predisporre una opportuna campagna di indagini geognostiche puntuali. In questa fase del progetto, si può comunque affermare con una certa sicurezza che i substrati lapidei sono generalmente dotati di buone caratteristiche geomeccaniche e quindi idonei alla posa delle opere in progetto.

### **5.6 Inquadramento climatologico**

La Sardegna presenta un clima marcatamente mediterraneo insulare, caratterizzato da giornate prevalentemente soleggiate, temperature miti e piogge raramente abbondanti. Le piogge sull'isola si presentano spesso intense e non durature, a carattere di rovescio; risultano molto scarse nel Campidano e lungo le coste meridionali, ove cadono meno di 400

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

mm (valori confrontabili con quelli delle zone semiaride), mentre si attestano tra i 600-700 mm sulle zone interne collinari e più in generale su gran parte dell'Isola. La piovosità maggiore è raggiunta sul massiccio del Gennargentu, dove le precipitazioni possono cadere sotto forma nevosa durante la stagione invernale, superando i 1000 mm. Le correnti oceaniche influenzano maggiormente il versante occidentale della Sardegna, dove le precipitazioni localmente, superano i 700-800 mm annui, anche se, successivamente, durante l'estate, tale area risulta essere tra le più secche dell'Isola. La Sardegna, lontana dagli ostacoli orografici delle grandi masse continentali, è spesso soggetta a venti intensi in qualsiasi periodo dell'anno. I venti più frequenti e forti sono il Maestrale, lo Scirocco e il Libeccio. In inverno, lo Scirocco, richiamato da perturbazioni afro-mediterranee apporta intense ondate di maltempo sulla Sardegna meridionale, mentre il Libeccio ed il Maestrale favoriscono le piogge sulla parte Occidentale. In estate, lo Scirocco porta con sé aria molto calda e asciutta dai deserti nordafricani, la quale spesso si accompagna al pulviscolo sahariano e a temperature elevatissime. Dallo studio dei dati meteorologici dell'area, la stagione calda dura da giugno a settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 25 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media massima di 28 °C e minima di 18 °C. La stagione fresca dura da novembre a marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 15 °C. Il mese più freddo dell'anno è febbraio, con una temperatura media massima di 12 °C e minima di 5 °C. In totale si contano circa 3246.48 ore di sole durante tutto l'anno. In media ci sono 106.56 ore di sole al mese.

<p style="text-align: center;"><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

## 6. RELAZIONE SISMICA

### 6.1 Sismicità storica

La sismicità della Regione Sardegna è assai bassa. Tali evidenze sono messe in rilievo da molti indicatori, quali l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, che secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni. Il catalogo storico dei terremoti riporta, infatti, solo due eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5. L'evento sismico più forte in Sardegna, infatti, è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari, spaventando la popolazione senza danni. Nella zona presa in esame la situazione è analoga: non è impossibile che si verifichi qualche scossa leggera ma la probabilità è molto bassa. Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, e infrequenti.

### 6.2 Sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 14.01.2008 così come gli aggiornamenti relativi di cui al D.M. 17.01.2018, introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", di seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>. Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_r$  considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

Progetto IMPIANTO "19185 - MARTIS"	Relazione Geologica-Idrogeologica PRELIMINARE	Proponente  LUCE MARTIS
---------------------------------------	--	--

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro ( $a_g$ ), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Per tutte le isole, gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola e per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B. (Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti). Per la Regione Sardegna, e quindi per i comuni di Martis-Chiaramonti, l'assegnazione dei parametri per i vari tempi di ritorno è semplificata dalle tabelle sottostanti che assegna i singoli valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

TR=30			TR=50			TR=72			TR=101			TR=140		
$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,7	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313C

TR=201			TR=475			TR=975			TR=2475		
$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
0,393	2,82	0,322	0,5	2,88	0,34	0,603	3	0,372	0,747	3,09	0,401

Tabella valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per la Regione Sardegna.

Progetto IMPIANTO "19185 - MARTIS"	Relazione Geologica-Idrogeologica PRELIMINARE	Proponente 
---------------------------------------	--	---

### 6.3 Azione Sismica di progetto

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Vedi l'allegato "PROFILO Vs CON METODO MASW" per l'approfondimento.

Riassumendo i risultati ottenuti, si può ricostruire la seguente stratigrafia:

<b>PROFILO SM_01</b>				
<b>STRATO</b>	<b>SPESSORE medio</b>	<b>VELOCITA' Vs media</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>CARATTERISTICHE FISICHE</b>
1	1.30 m	102 m/s	Terreno vegetale	molto scadente
2	3.00 m	218 m/s	Terreno granulare prevalente	poco addensato
3	6.10 m	611 m/s	Substrato geologico	alterato
4	19.60 m	1367 m/s		inalterato

**Categoria di sottosuolo B** : 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.

<p><i>Progetto</i> IMPIANTO "19185 - MARTIS"</p>	<p><i>Relazione Geologica-Idrogeologica</i> <b>PRELIMINARE</b></p>	<p><i>Proponente</i></p> 
--	--	--

## **7. CONCLUSIONI**

Alla luce di quanto osservabile sul campo si può affermare che non emergono fenomeni di rischio geologico/geomorfologico in atto, quiescenti o fossili, e che la realizzazione delle opere non andrà in alcun modo a perturbare gli equilibri geologici-idrogeologici presenti.

Non si ritiene inoltre che gli interventi da realizzare, compresa la viabilità di servizio e gli scavi per i cavidotti, possano alterare le attuali dinamiche di deflusso superficiale, non trovandosi gli stessi in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico rilevanti. Nel caso, si raccomanda uno studio più puntuale e l'esecuzione di tramite TOC del passaggio del cavidotto AT.

Per quanto concerne la Stazione Elettrica Tula, andranno verificate le caratteristiche geomeccaniche indicate orientativamente nel paragrafo 5.5, coadiuvate con prospezioni geofisiche. In fase di avviamento del cantiere, lo scrivente si rende disponibile per un sopralluogo per verificare le considerazioni esposte nella presente relazione.

Cagliari, Novembre 2023

*Geol. Luigi Sanciu*



REGIONE SARDEGNA

COMUNE DI MARTIS

**MARTIS LUCE01**

Codice Pratica GS_15_2023		Committente	Data
Pagine	7	<b>Geol. Luigi Sanciu</b>	Aprile 2023
Tavole	2		
Allegati	1		

**PROFILO Vs CON METODO MASW**

DIRETTORE TECNICO

*Dott. Geol. Stefano Bellaveglia*

TECNICI SPERIMENTATORI

*Dott. Geol. Lorenzo Falzoi*

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.  
Via Cavour, 59 - 07100 Sassari  
Codice Fiscale - Partita IVA 02778270906  
Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305  
email: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA .....	3
2.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche .....	3
2.2 Tecniche di indagine Masw .....	3
2.3 Approccio analitico Masw .....	4
3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE .....	5
4. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO .....	6
4.1 Categoria di sottosuolo.....	6

### Tavole:

Tavola 1 .....	<b>Ubicazione delle indagini</b> Foto satellitare Google Earth scala 1:500
Tavola 2 .....	<b>Certificati indagini MASW</b>

### Allegati:

Allegato 1 .....	<b>Specifiche tecniche strumentazione</b>
------------------	---

## 1. PREMESSA

Su commissione del Dott.Geol. Luigi Sanciu nell'ambito del progetto denominato "MARTIS LUCE 01", è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche finalizzata alla caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione dei modelli sismo-stratigrafici del sottosuolo, unitamente alla determinazione della Categoria di Sottosuolo definita dal valore di  $V_s$ , eq, secondo quanto stabilito nelle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. del 17 gennaio 2018.

Nello specifico sono state svolte le seguenti indagini geofisiche:

- N. 1 profilo sismico Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves) con elaborazione profilo monodimensionale di velocità in onde S;

## 2. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA

Le prospezioni sismiche vengono utilizzate nell'ambito dell'esplorazione del sottosuolo tramite lo studio della propagazione di onde elastiche generate o artificialmente mediante esplosioni controllate, vibrazioni indotte sul terreno con intensità e frequenza note, masse battenti di vario peso e tipologia o con sorgenti naturali.

Nel caso di sorgenti artificiali si parlerà di sismica attiva e rientrano in questa categoria le indagini di sismica a rifrazione, a riflessione le indagini Masw, le Sasw e tutte le prove eseguite in foro (down-hole, cross-hole, up-hole) mentre nel caso di sorgenti naturali (*noise*) si parlerà di sismica passiva che comprendono le prove sismiche ReMi, Nakamura, Spac, Esac.

### 2.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche

I sismogrammi sono stati acquisiti con un sismografo PASI 16S24 (mod.2007) con risoluzione di acquisizione 16bit (24bit con sovracampionamento e post processing) collegato tramite cavo a 24 geofoni verticali di tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza propria di 4.5 Hz.

Per il profilo Masw è stata eseguita una serie di punti di energizzazione (shot) a distanze variabili dai geofoni G1 e G24, selezionando poi, in fase di elaborazione, lo shot che presentava la migliore qualità del segnale. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza da 8 Kg che si è dimostrata in grado di fornire energia sufficiente allo scopo prefissato (Fig. 2.1.).

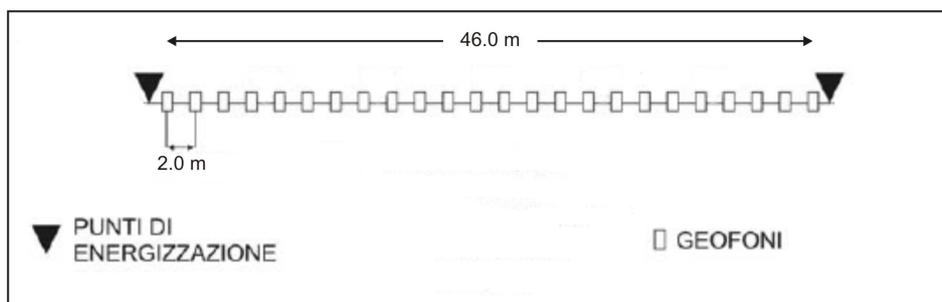


Fig. 2.1 - Schema sismica MASW

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un geofono starter posto in corrispondenza della piastra di battuta.

PROFILO	Tecnica di indagine	lunghezza stendimento (m)	distanza intergeofonica (m)	orientazione stendimento	durata acquisizione (s)	tempo di campionamento (ms)
SM_01	Sismica MASW	46	2.0	N-S	1.0	0.500

### 2.2 Tecniche di indagine Masw

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il

parametro  $V_{s,eq}$  necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018 che stabiliscono le nuove norme tecniche in materia di progettazione antisismica.

Per quanto concerne la fase di acquisizione del dato di campo, l'indagine MASW non è troppo diversa da una comune acquisizione per un'indagine di sismica a rifrazione, in quanto le onde di superficie sono facilmente generabili da una qualsiasi sorgente sismica quale ad esempio una mazza. L'acquisizione del dato prevede di effettuare uno stendimento di 24 geofoni (preferibilmente da 4,5 Hz) allineati con la sorgente ad una distanza intergeofonica variabile in base alle condizioni di sito e di energizzare in un solo punto (off set) con una sorgente ad impatto verticale, ad una distanza dal geofono più esterno anch'essa variabile in un range prestabilito. I sismogrammi così ottenuti vengono poi selezionati in fase di elaborazione, utilizzando solamente lo shoot che presenta la migliore qualità del segnale.

### 2.3 Approccio analitico Masw

Il profilo  $V_{s,eq}$  con il metodo MASW viene ricavato tramite il software di elaborazione WinMasw che si basa sull'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sull'interfaccia libera di un mezzo isotropo e omogeneo, come risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali Sv. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh; la dispersione è una deformazione di un treno di onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza, le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo e presentano normalmente più elevate velocità di fase. Il calcolo del profilo di velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{Frequenza}$ , viene quindi convertito nel profilo di  $V_s/\text{profondità}$ . La procedura utilizzata per la determinazione del profilo prevede quattro operazioni svolte in successione:

1. acquisizione delle onde superficiali (dati di campo);
2. determinazione dello spettro di velocità;
3. individuazione della curva di dispersione sullo spettro di velocità;
4. inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (soft computing) e rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

Resta comunque sottinteso che il calcolo algoritmico non prevede un risultato univoco ma una serie di risultati attendibili in un range di modelli validi e per tale motivo i dati finali possono presentare discordanze rispetto ai modelli ottenuti con altre tecniche di indagine sismica (down hole, cross hole, ecc). Il fit tra il modello calcolato con tecnica MASW e il modello ottenuto con altri metodi di indagine sismica è quindi funzione delle conoscenze geologiche di sito e per tale motivo la presenza di dati ricavati da indagini integrative (sondaggi, penetrometrie, ecc) permette di restringere il campo di incertezza, ottimizzando il modello finale.

### 3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE

L'elaborazione dei profili sismici a rifrazione, integrati con i dati ottenuti dalle prove Masw, hanno permesso di ricostruire i seguenti modelli sismostratigrafici interpretativi validi per i terreni investigati:

<b>PROFILO SM_01</b>				
<b>STRATO</b>	<b>SPESSORE medio</b>	<b>VELOCITA' Vs media</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>CARATTERISTICHE FISICHE</b>
1	1.30 m	102 m/s	Terreno vegetale	molto scadente
2	3.00 m	218 m/s	Terreno granulare prevalente	poco addensato
3	6.10 m	611 m/s	Substrato geologico	alterato
4	19.60 m	1367 m/s		inalterato

#### 4. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

##### 4.1 Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) partendo dal piano di posa delle fondazioni. Il valore di  $V_{s,eq}$  (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al disopra del substrato sismico (con  $V_{s,i} > 800$  m/s), fino ad un  $H$  massimo di 30 m ( $V_{s,30}$ ). Le indagini sismiche hanno permesso quindi di ricostruire i seguenti profili sismo-stratigrafici necessari per il calcolo delle  $V_{s,eq}$ :

PROFILO MASW SM_01		
STRATO	SPESSORE medio ( $h_i$ )	VELOCITÀ media ( $V_s$ )
1	1.30 m	104 m/s
2	3.00 m	218 m/s
3	6.10 m	611 m/s
4	19.60 m	1367 m/s

Dai dati sopra elencati si evince l'assenza di un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) affiorante entro i primi 30.0 m di profondità e quindi, considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, sono stati ricavati i seguenti valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio riferiti ai primi 30 m di profondità ( $H = 30$  nella precedente espressione):

$$V_{s,eq} (30m) = 590 \text{ m/s}$$

Pertanto, sulla base di questo valore e secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile assegnare al terreno di progetto la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

**Categoria di sottosuolo B** : 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.

Sassari, aprile 2023

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**  
Il Direttore Tecnico  
*Dott. Geol. Stefano Bellaveglia*



**COMUNE DI  
MARTIS**

**PROVINCIA DI SASSARI**

**MARTIS LUCE01**

**OGGETTO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**  
Foto satellitare Google Earth

**TAVOLA N°**

**1**

**SCALA**

**1:500**

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

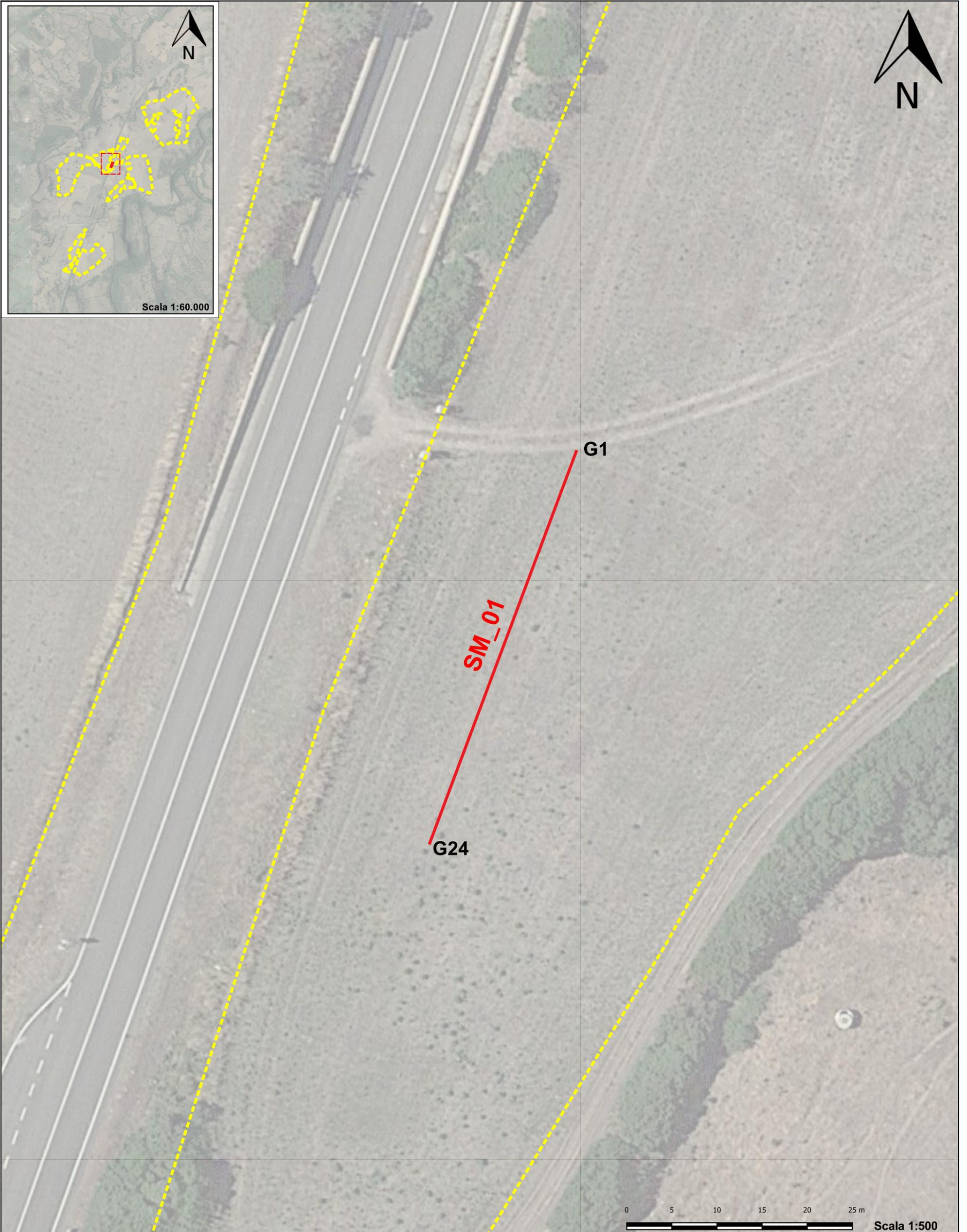
**DIRETTORE TECNICO:**

Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

**Legenda**

 Stendimenti sismici in tecnica MASW

# TAVOLA 1 - UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE



## LEGENDA:

-  Stendimento sismico in tecnica MASW
-  Perimetro cantieri



GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.  
Via Cavour, 59 / 07100 Sassari  
Codice Fiscale / P. IVA 02778270906

**COMUNE DI  
MARTIS**

**PROVINCIA DI SASSARI**

**MARTIS LUCE01**

**OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI MASW**

**TAVOLA N°**

**2**

**N° PROFILI**

**1**

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

**DIRETTORE TECNICO:**

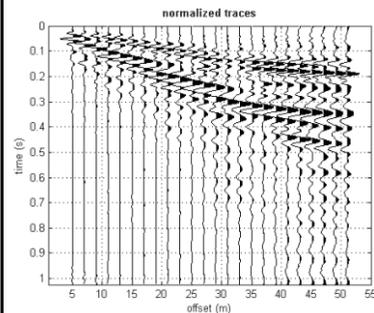
Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

Codice Certificato di prova: **GS\_15\_23\_SM\_01**  
Committente: Geol. Luigi Sanciu - Data Esecuzione: 06/04/2023  
Località: Martis - Comune di Martis (SS)

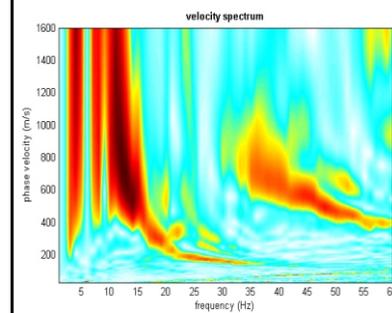
SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE	
Profilo	SM_01
Tipo geofoni	verticali
Frequenza geofoni	4.5 Hz
N° geofoni	24
N° scoppi	7
Lunghezza stendimento	46 m
Distanza intergeofonica	2.0 m
Orientazione stendimento	N - S
Coordinate estremi (WGS 84 UTM 32N)	Sh1: N 4515203; E 488600 Sh7: N 4515159; E 488583
Durata acquisizione	1 s
Tempo di campionamento	0.500 ms
Superficie di esecuzione	terreno



## SISMOGRAMMI



## SPETTRO



## DATI NUMERICI

### Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -149.9283	-137.6536
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -146.5663	-116.6537
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -142.505	-116.6537
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -130.6188	-47.07655
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -128.6901	-47.07655
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -113.8502	-47.07655
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -105.0476	-45.45034
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -111.7646	-40.90187
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -98.4466	-40.2973
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -89.1112	-28.4501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -87.5884	-18.3733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -80.2657	-18.3733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -83.7709	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -77.6193	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -86.4357	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -85.652	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -69.7248	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -85.4372	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -79.3851	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -78.425	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -88.0875	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -76.8555	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -73.9202	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -86.4234	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -75.7121	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -81.1217	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -68.2675	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -74.2883	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -70.7962	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -63.4351	-18.3238
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -73.1046	-18.2502

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

### Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -104.4262	-16.8608
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -93.3736	-16.8608
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -92.6394	-16.8608
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -76.8258	-16.8608
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -60.1839	-16.8608

### MEAN MODEL

Vs (m/s): 102 218 611 1367  
Thickness (m): 1.3 3.0 6.1

### Fundamental mode

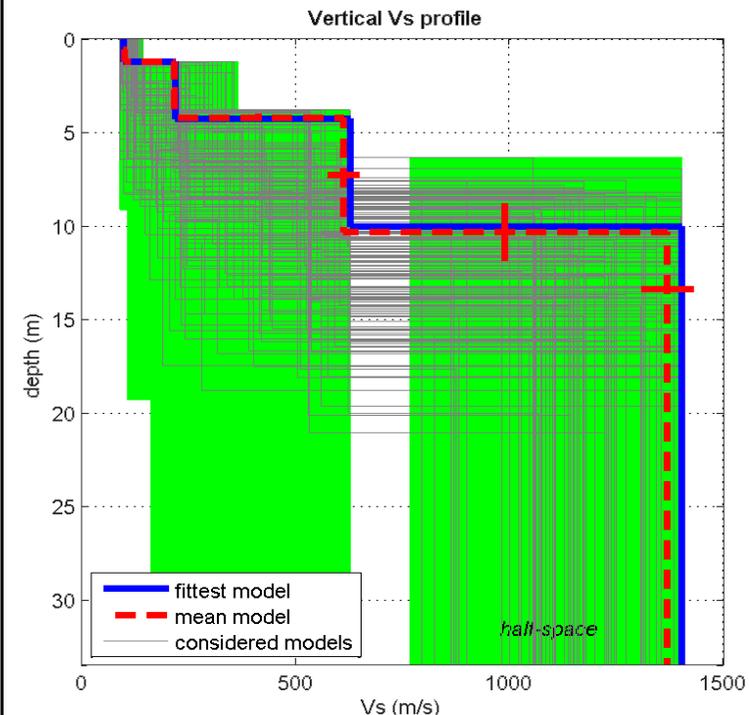
Mean model	f(Hz)	VR(m/s)
	11.5755	730.8191
	12.9361	541.874
	15.9046	375.6094
	20.2338	286.2455
	24.6866	214.4286
	31.6132	155.85
	35.695	131.0283
	43.6111	108.8361

winMASW Standard  
Surface Wave Analysis

www.eliosoft.it

## PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs,eq (Vs30)= 590 m/s

Categoria Sottosuolo NTC : B



**COMUNE DI  
MARTIS**

**PROVINCIA DI SASSARI**

**MARTIS LUCE01**

**OGGETTO: SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE**

**ALLEGATO N°**

**1**

**GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.**

Via Cavour,59 - Sassari C.F.-P.I.: 02778270906

**DIRETTORE TECNICO:**

Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

## SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

### SISMOGRAFO PASI mod. 16S24

Processore	Pentium 233MMX Intel
Trattamento dati	Floating Point 32-bit
Ambiente operativo	Windows 3.11
Interfaccia multilingue	Italiano, Inglese Francese Spagnolo, ecc...
Numero canali	<b>24</b>
Puntamento	VersaPoint Mouse
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
Supporto di memorizzazione	<b>Hard-Disk 4.3 Gb</b>
Risoluzione di acquisizione	<b>16 bit (24 bit con sovracampionamento e post Processing)</b>
Stampante (opzionale)	Seiko DPU-411 thermal printer
Porte dati esterne	Rs232, stampante, tastiera
Sonde ambiente interne	Temperatura e umidità relativa
Protezioni interne	Termiche prevenzione e controllo surriscaldamenti (Warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti	SEG-2
Connettori geofoni 1 o 2	Standard NK-27-21C
Alimentazione	12Vdc (batteria o alimentatore, opz.)
Allarme	Di batteria scarica
Temperatura Funzionamento	0°C - 55°C
Immagazzinaggio	- 55°C - 150°C
Umidità	5% - 90% non condensante
Dimensioni fisiche	(482.6 x 355.6 x 196.8 mm)
Peso	da 14 a 20 Kg
Durata acquisizione	32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 .... <b>16000,00 ms</b>
Tempi di campionamento	31, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000 µs
Filtri in acquisizione e uscita:	
- <i>Passo alto</i>	25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz
- <i>Passo basso</i>	250, 500, 1000 Hz
- <i>Notch</i>	50, 60, 150, 180 Hz

### **FUNZIONI SPECIALI**

- Enhancement con/senza preview totale/parziale
- Marker per determinare posizione nel tempo dei punti video
- A.G.C.
- Delay
- Pre-trigger: 0 - 100 ms (step di 1 ms)
- Post-trigger: 0 - 16.000 ms (step di 1 ms)
- **Inversione di polarità**
- Noise-monitor con visualizzazione real time a cascata
- Visualizzazione vecchie acquisizioni (ordinate per ora e data)
- Visualizzazione in wiggle-trace o variable-area
- Funzione di determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento
- Massima acquisizione: 1.024.000 campioni/acquisizione
- Calibrazioni automatiche
- Doppia auto-taratura offset
- Taratura ingressi su tensioni di riferimento
- Taratura guadagno
- Massimo range di tensione in ingresso: +/- 5V

## **SPECIFICHE DI ACQUISIZIONE**

Risoluzione 16 Bit reali

Guadagno = 1	97 dB
Guadagno = 5	101 dB
Guadagno = 10	105 dB
Guadagno = 20	105 dB
Guadagno = 50	105 dB
Guadagno = 100	105 dB

Larghezza di Banda 5KHz (qualunque guadagno)

### **Rumore di sistema**

<b>GUADAGNO</b>	<b>RUMORE DI SISTEMA (Compreso quello di quantizzazione)</b>
- da 2 a 10	0.6 LSBrms
- 20	0.7 LSBrms
- 50	1.1 LSBrms
- 100	2.0 LSBrms

## **GEOFONI**

**Sonde geofoniche da foro** n. 2 Geofoni triassiali 10 Hz collegati rigidamente a distanza di 1.0 m  
n. 1 geofono triassiale mod. GEOSTUFF. BHG-3 orientazione automatica

### **Geofoni verticali**

Quantità	n. 25
Marca	OYO-Geospace
Frequenza	<b>14Hz</b>

### **Geofoni verticali**

Quantità	n. 25
Marca	PASI CDJ - Z 4.5
Frequenza	<b>4.5 Hz</b>

### **Geofoni orizzontali**

Quantità	n. 25
Marca	MARK
Frequenza	<b>14Hz</b>

### **Geofono starter**

## **ENERGIZZATORI**

### **Per onde P - SH**

Mazza da 8 Kg  
Sistema a caduta libera con massa da 100 Kg  
Sistema idraulico con massa accelerata semovente