



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA
COMUNE DI GUSPINI



**“PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DENOMITO “AGRISARDEGNA”
DI POTENZA DI PICCO PARI A 102,27MW_p E POTENZA
NOMINALE PARI A 97,4 MW_{ac} INTEGRATO CON UN
SISTEMA DI ACCUMULO DA 90 MW, DA REALIZZARSI NEL
COMUNE DI GUSPINI (SU).”**



**Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale
ai sensi del D Lgs. 152/2006 e s.m.i.**

Società proponente

 **ICA REN FOR SRL**
Via Giorgio Pitacco, 7
00177 Roma (Italia)
C.F. / P.IVA 16649831001



| Codice | Scala | Titolo elaborato | | | |
|---------------|------------|--------------------------------------|----------|------------|-----------|
| ICA_175_REL11 | - | Relazione geologica | | | |
| Revisione | Data | Descrizione | Eseguito | Verificato | Approvato |
| 0.0 | 01/03/2024 | Prima emissione per procedura di VIA | MAA | IA | DLP |
| | | | | | |
| | | | | | |

Le informazioni incluse in questo documento sono proprietà di Ingenium Capital Alliance, S.L. (Spain). Qualsiasi totale o parziale riproduzione è proibita senza il consenso scritto di Capital Alliance.

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--|
| Codice elaborato ICA_175_RELXX | RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA |  ICA REN FOR SRL Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16649831001 |
| Revisione 00 del XX/XX/2024 | | |

1 PREMESSA

In relazione al progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "AgriSardegna" per la produzione di energia elettrica da fonte solare, della potenza di picco di 102,27 MWp e potenza in immissione di 97,4 MW, da realizzarsi su aree agricole situate nel Comune di Guspini (SU), è stata affidato dalla società ICA REN FOR S.r.l. alla società Geofisica Sardegna S.r.l.s., l'incarico professionale per la redazione della presente Relazione geologico-tecnica completa della classificazione sismica del suolo in base alle norme vigenti e delle elaborazioni delle indagini in situ effettuate.

In considerazione alla tipologia di azioni progettuali previste all'interno del contesto geomorfologico/geologico e stratigrafico dell'area d'intervento, è stato, infatti, ritenuto significativo un rilevamento di dettaglio dell'area e la valutazione e l'analisi di dati bibliografici e di dati provenienti da una campagna di indagini geognostica effettuata nel mese di febbraio. Tale campagna indagini è consistita in prove dirette mediante prove penetrometriche dinamiche e indagini non invasive di tipo geofisico, il cui dettaglio è maggiormente esplicitato all'interno del presente elaborato. Tali dati hanno permesso di fornire con ragionevole coerenza, indicazioni sulla caratterizzazione fisico meccanica e la definizione della categoria di sottosuolo delle aree agricole ai fini di una corretta valutazione delle interazioni geotecniche con i moduli fotovoltaici in progetto.

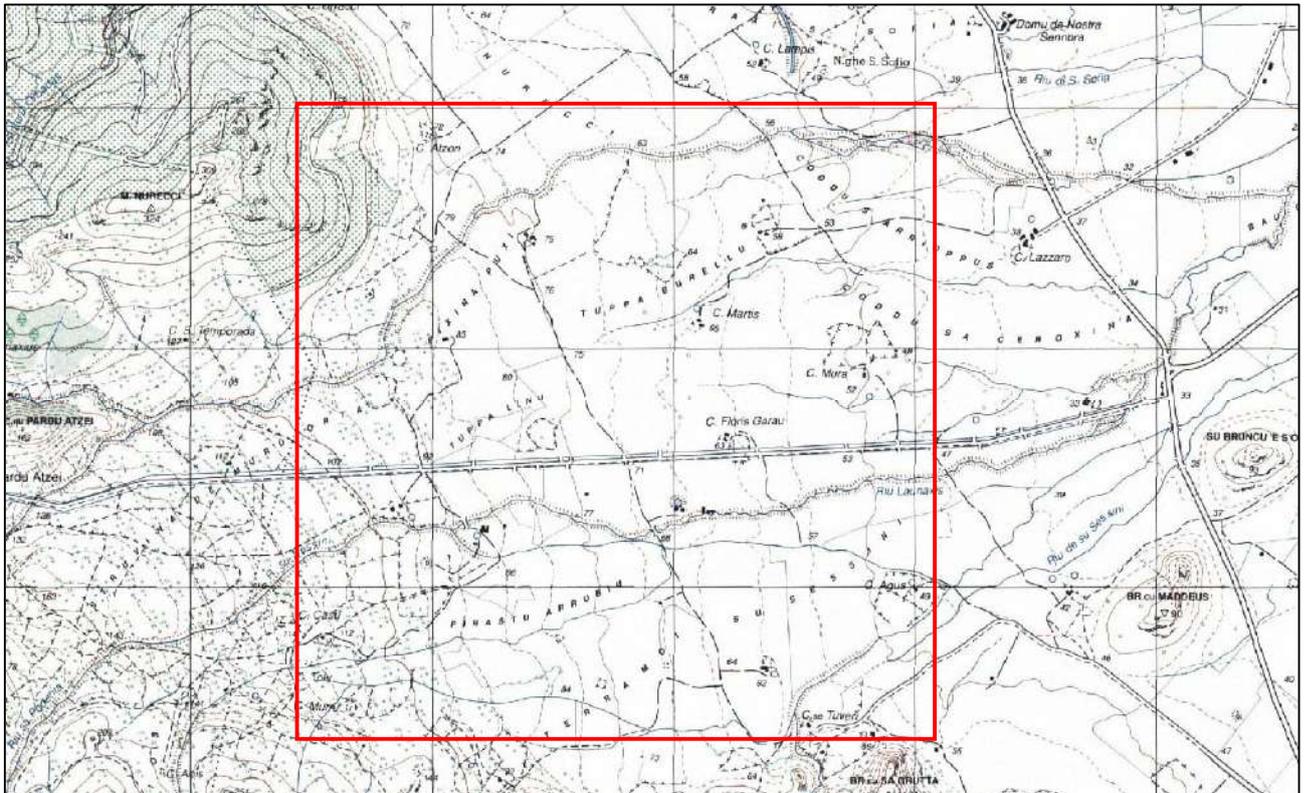
Il presente lavoro è stato elaborato in parziale ottemperanza al D.M. 11.03.1988 e ss.mm.ii, e secondo quanto stabilito nelle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. del 17 gennaio 2018 e Circolare esplicativa 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP per la ricostruzione del modello geologico (§ 6.2.1 delle NTC 2018), del modello geotecnico dei terreni fondali (§ 6.2.2 delle NTC 2018) e sismostratigrafico del sottosuolo e la definizione del valore di $V_{s,eq}$ per la determinazione della categoria di sottosuolo, in attinenza con prove geofisiche eseguite (§ 3.2.2 delle NTC 2018).

Sono state fatte inoltre valutazioni sulla generale stabilità geomorfologica delle aree interessate dagli interventi di progetto. Le aree in cui è prevista l'installazione dei moduli sono inquadrare nella cartografia del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico e sono ricadenti, come mostrato all'interno del presente lavoro, in zone priva di pericolosità geomorfologica o idraulica.

2 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Dal punto di vista geografico, l'impianto è ubicato in aree agricole e si sviluppa in 17 sottocampi, tutti all'interno del limite amministrativo del Comune di Guspini. Le aree sono inquadrare e distinte come di seguito riportato. Il lotto è accessibile mediante viabilità comunale facente capo alla viabilità provinciale, rappresentata dalla SP65 ad est dell'area di progetto.

- 1:25.000 nel foglio 538 Sez. II – “San Nicolò d’Arcidano” ,
- 1:25.000 Carta Geologica di Base – Regione Sardegna,
- 1:10.000, Carta Tecnica Regionale, fogli 538150 “Padru Atzei” e 538160 “Sa Zeppara”.



Foglio IGM 538 Sez. II – “San Nicolò d’Arcidano” – Area d’inquadramento

Catastralmente i lotti sono individuabili al Comune di Guspini, Fogli 201, 202, 203, 206, 207, 212.

Le coordinate geografiche riferite al baricentro dei lotti sono le seguenti:

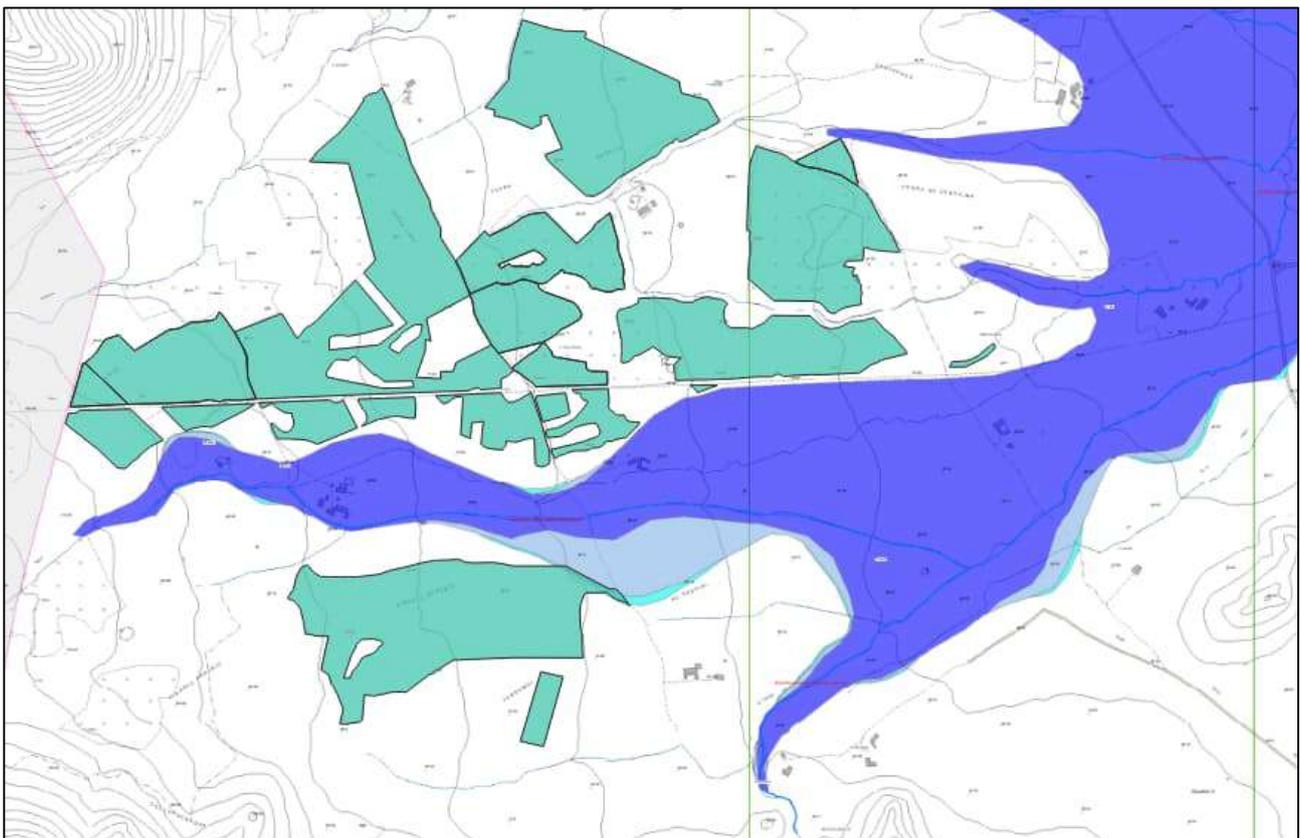
- Latitudine 39.6227°
- Longitudine 8.5899°

3 ANALISI DISPOSIZIONI E VINCOLI

Al fine di valutare eventuali limitazioni alla fattibilità degli interventi in progetto e all'uso del territorio, si è verificato il regime vincolistico proposto dalle principali norme vigenti a tutela del territorio.

3.1 PGRA – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

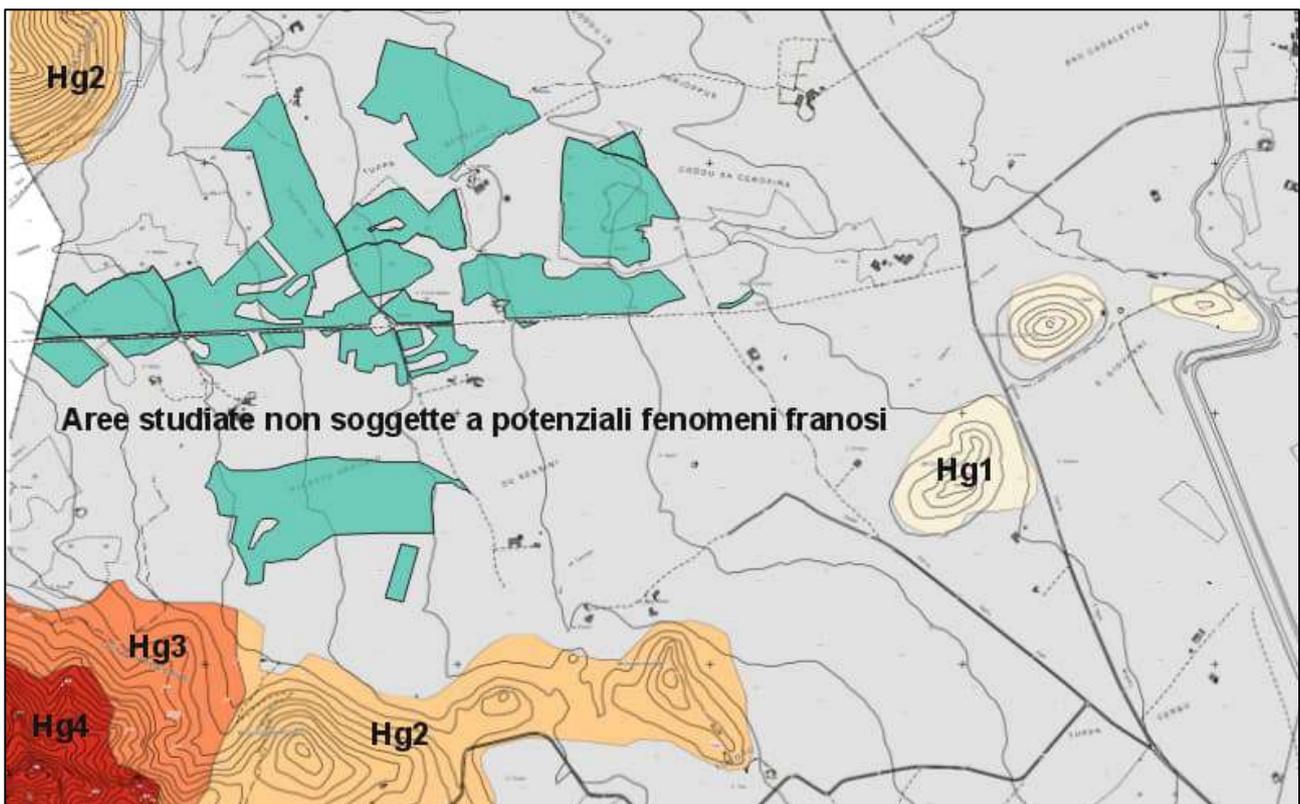
L'articolo 7 del D.lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 "Attuazione della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni", che recepisce in Italia la Direttiva comunitaria 2007/60/CE, prevede che in ogni distretto idrografico, di cui all'art. 64 del D.lgs. 152/2006, sia predisposto il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. In tal senso il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della Regione Sardegna è uno strumento trasversale di raccordo tra diversi piani e progetti, tra cui il PAI (per la Pericolosità idraulica) e il PSFF (Piano Stralcio Fasce Fluviali), di carattere pratico e operativo ma anche informativo, conoscitivo e divulgativo, per la gestione dei diversi aspetti organizzativi e pianificatori correlati con la gestione degli eventi alluvionali in senso lato. Si rileva che l'area in questione non risulta interessata dalle perimetrazioni all'interno della cartografia ufficiale del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni e, per quanto concerne il pericolo idraulico, il lotto oggetto di studio, non ricade in aree perimetrate dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, e dal Piano Stralcio Fasce Fluviali.



Piano stralcio d'Assetto Idrogeologico Regione Sardegna – Pericolosità Idraulica Art. 8

3.2 Piano stralcio d'Assetto Idrogeologico – Pericolosità da frana

Le perimetrazioni esistenti sono riferite all'adeguamento del PUC al PAI e al PPR e sono riferite all'intero territorio del Comune di Guspini. Con Delibera del Comitato istituzionale N. 5 del 17.12.2019 – BURAS del 02.01.2020 è stata resa efficace la perimetrazione della pericolosità da frana di cui si riporta uno stralcio nella figura sottostante. Il territorio di Guspini, per motivi morfologici, è povero di condizioni che facilitino l'avviarsi di fenomeni di instabilità nel suo settore orientale e centrale. Tutte le aree che ospiteranno gli impianti risultano inquadrate all'interno di "Aree prive di pericolosità geomorfologica".



Piano stralcio d'Assetto Idrogeologico Regione Sardegna – Pericolosità Idraulica Art. 8

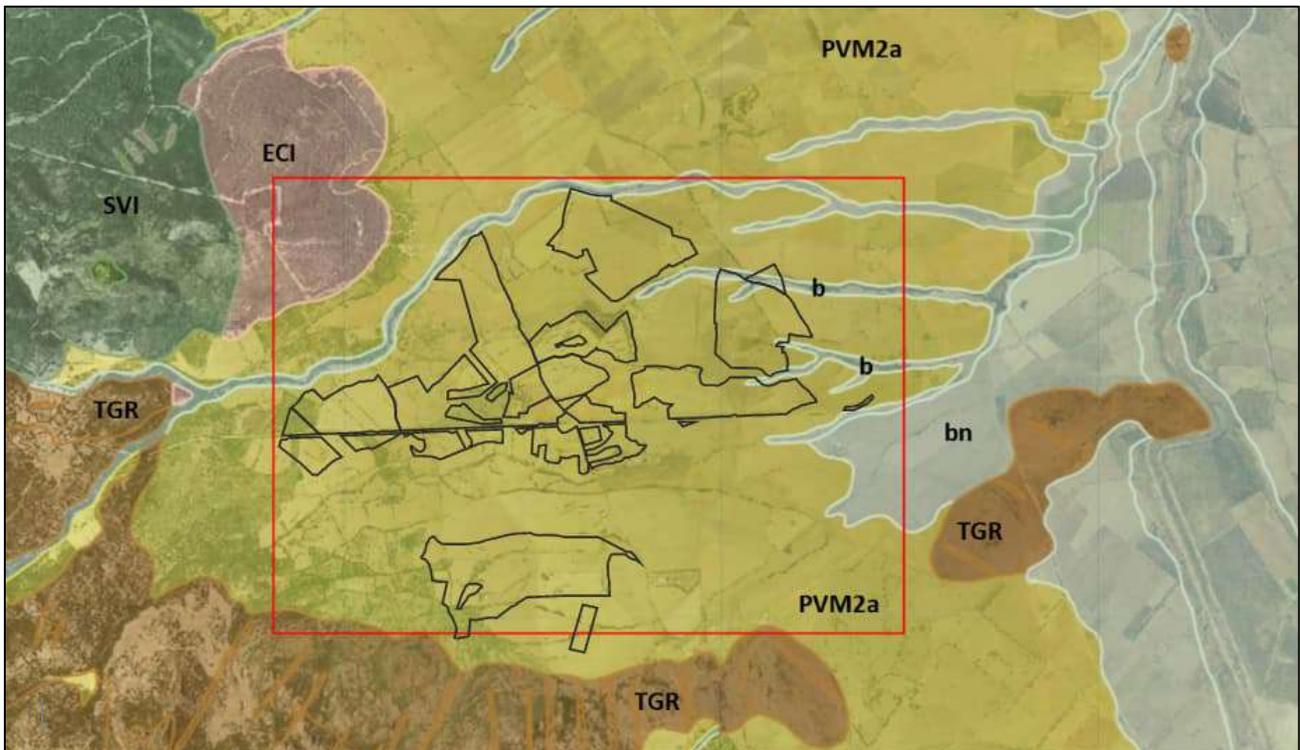
4 RELAZIONE GEOLOGICA

4.1 Finalità e metodologia di studio

L'inquadramento del contesto geologico, nel quale si inseriscono gli interventi progettuali definiti all'interno del progetto per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico nell'agro di Guspini è finalizzato alla caratterizzazione degli eventuali suoli di copertura e dei litotipi geologici presenti ed è funzionale alla successiva definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati delle strutture per la definizione della capacità degli stessi a interagire con i carichi e con gli interventi previsti sui singoli inserimenti progettuali.

4.2 Inquadramento Geologico

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 descrive, in maniera particolareggiata, i litotipi presenti nell'area di interesse. Tali dati bibliografici sono stati confermati in fase di campagna geognostica con le prove dirette e indirette.



Inquadramento Geologico – Carta Geologica di Base – Regione Sardegna – Area d'inquadramento

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------|---|
| Codice elaborato ICA_175_RELXX | RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA |  ICA REN FOR SRL Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16649831001 |
| Revisione 00 del XX/XX/2024 | | |

Le litologie riportate e di seguito descritte attraverso le loro caratteristiche sia petrografiche che stratigrafiche, dai litotipi più antichi, hanno ricostruito il dettaglio litostratigrafico che ha costituito la base del modello geologico proposto.

COMPLESSO METAMORFICO PALEOZOICO

Complesso Metamorfico Della Sardegna Centro-Meridionale

Zona Delle Falde Esterne

Unità Tettonica Dell'arburese

SVI - ARENARIE DI SAN VITO. Alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie medio-fini, metasiltiti con laminazioni piano-parallele, ondulate ed incrociate, e metasiltiti micacee di colore grigio. Intercalazioni di metamicroconglomerati poligenici a prevalenti clasti subarrotondati di quarzo e di subordinate quarziti. CAMBRIANO MEDIO - ORDOVICIANO INF.

SUCCESSIONI VULCANO-SEDIMENTARIE TERZIARIE

Successione Vulcano-Sedimentaria Oligo-Miocenica

Complesso Vulcanico Oligo-Miocenico Della Sardegna Meridionale

Distretto Vulcanico Del Monte Arcuentu

ECI - UNITÀ DI NURECI. Plutoniti gabbro-dioritiche talora con strutture di layering magmatico. OLIGOCENE SUP.? - AQUITANIANO

TGR - UNITÀ DI MONTE TOGORO. Basalti e andesiti con giaciture in cupole di ristagno ed in colate; intercalati depositi di "base surge" con laminazioni da incrociate a piano-parallele e a gradazione inversa in facies prossimale; locali livelli non saldati a lapilli e breccie. (K/Ar 24-21 Ma: Assorgia et al., 1985). AQUITANIANO-BURDIGALIANO.

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi Quaternari dell'area Continentale

Depositi Pleistocenici dell'area Continentale

PVM2a - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

Depositi Olocenici dell'area Continentale

Ambiente Continentale - Sedimenti alluvionali

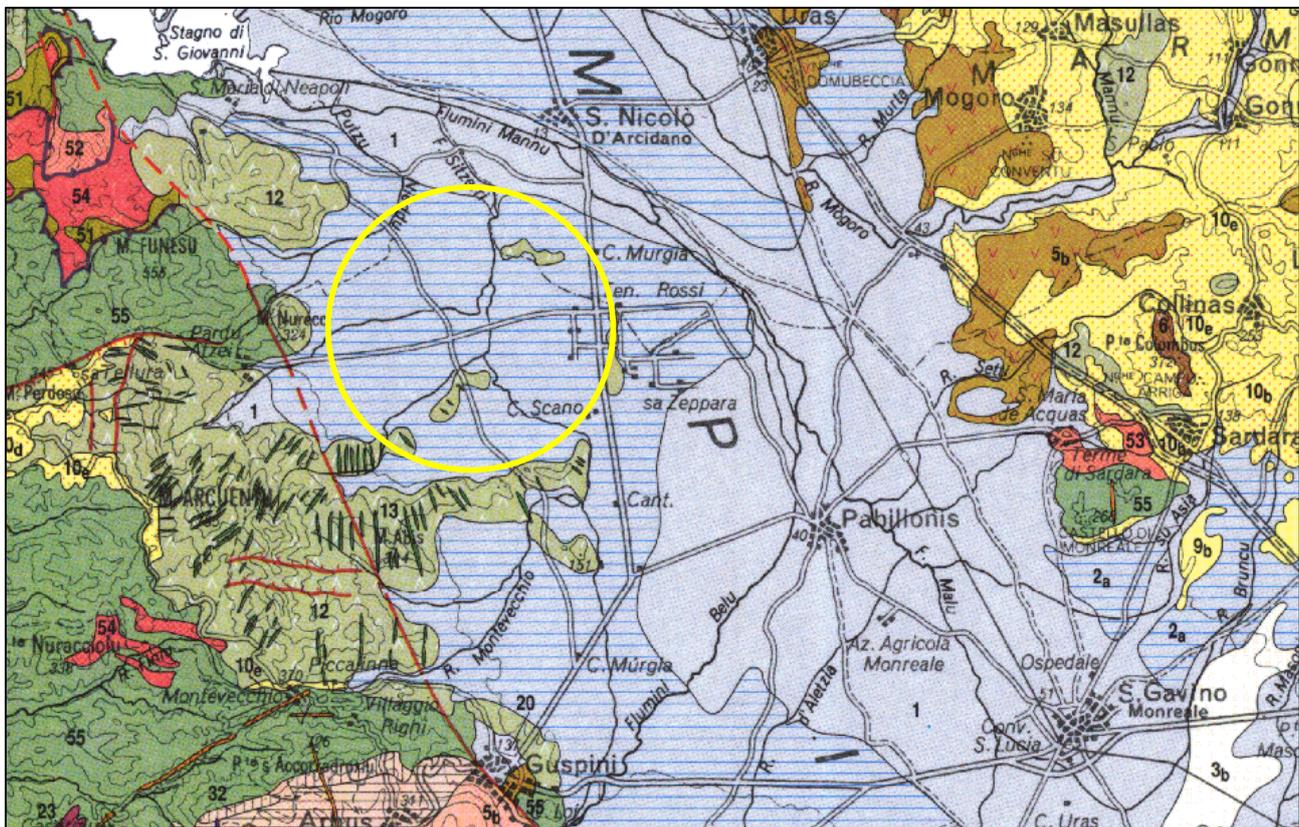
bn – Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE

b – Depositi alluvionali. OLOCENE

Le coperture più recenti sono rappresentate dai depositi quaternari pleistocenici dell'area continentali e sono presenti in maniera diffusa e, limitatamente ai corsi d'acqua più antichi e recenti, rispettivamente da depositi alluvionali e depositi alluvionali terrazzati.

4.3 Cenni strutturali

Dal punto di vista geologico strutturale, le aree destinate all'impianto agrivoltaico in progetto si colloca, in relazione alla tettonica del rift Sardo, nell'ambito del vasto Graben oligo-miocenico del Campidano. Esso rappresenta una depressione tettonica bordata a est e a ovest da una serie di faglie a direzione NNW-SSE di carattere regionale, che hanno prodotto uno smembramento del basamento Paleozoico con il successivo abbassamento della fossa del Campidano rispetto ai livelli laterali. Questi ultimi sono rappresentati dai rilievi dell'iglesiente in cui la falda tettonica dell'Arburese, costituita dalle Arenarie di San Vito (Cambriano medio - Ordoviciano inf.), mostra contatti di sovrascorrimento sulle successioni sedimentarie del Carbonifero - Ordoviciano medio. Tali unità sono state a loro volta interessate da intrusioni dei complessi plutonici carboniferi dell'Arburese. Il Graben tettonico Campidanese è stato poi colmato da sedimenti di ambiente prevalentemente marino e subordinatamente continentale, con età dall'Oligocene al Pliocene. Verso l'alto si passa quindi ai depositi continentali alluvionali terrazzati del Quaternario costituiti da ghiaie e sabbie in matrice argillosa, deposte dal Flumini Mannu di Pabillonis e dai suoi affluenti anche in facies di conoide alluvionale.

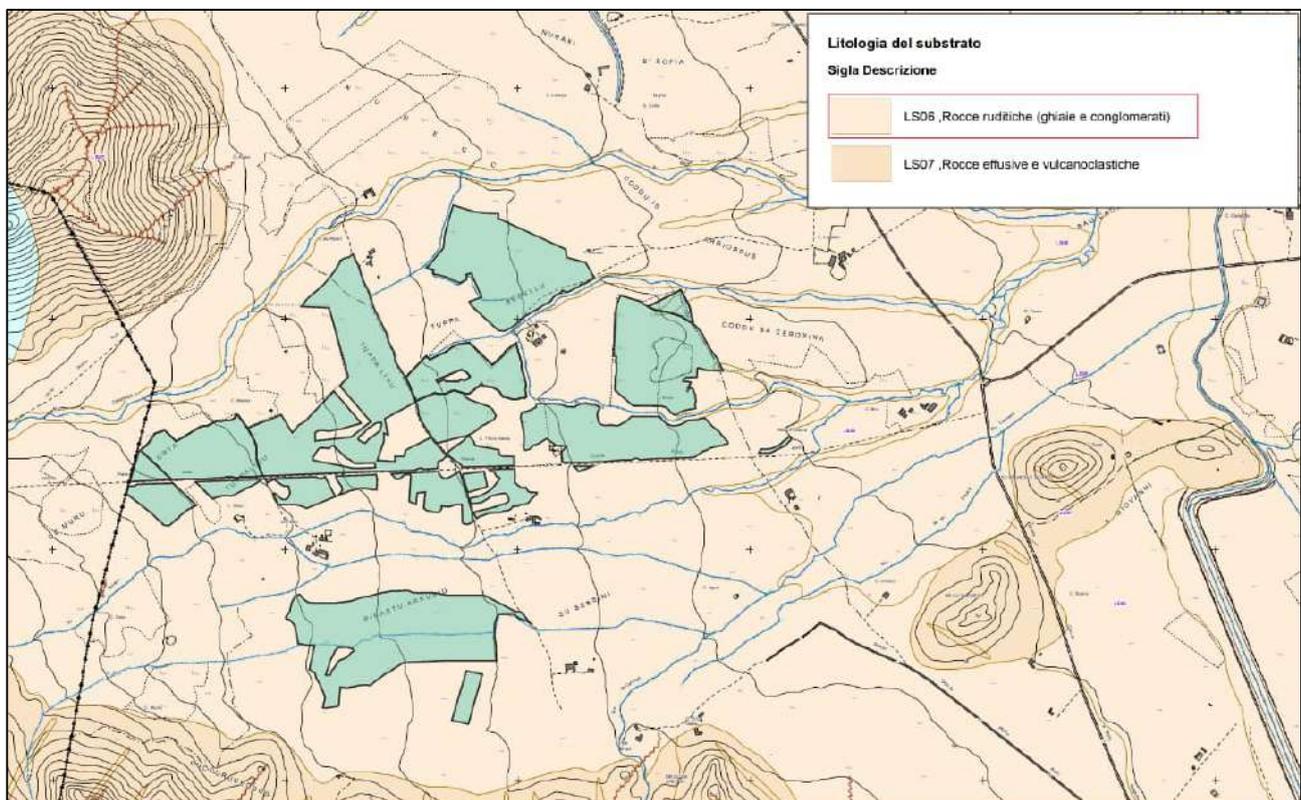


Stralcio della Carta Geologico-Strutturale Scala 1:200.000 – Foglio Sud – Area d'inquadramento

Nella ristretta area d'interesse non si evidenziano fenomeni strutturali importanti e i lineamenti tettonici evidenziati sono a carattere regionale.

4.4 Inquadramento geomorfologico, idrologico e idrogeologico

Dal punto di vista della morfologia, la ristretta area inquadrata rappresenta l'unità geomorfologica costituita da una porzione della più vasta pianura del Campidano. Quest'ultima, bordata dalle fasce pedemontane, è caratterizzata da una vasta zona regolare, da sub-pianeggiante a debolmente ondulata, geologicamente contraddistinta da depositi alluvionali antichi e recenti dei principali corsi d'acqua che la attraversano. La pianura, che degrada con regolarità verso il mare, presenta pochi processi attivi rappresentati da modesti trasporti di suolo e materiali sabbiosi superficiali da parte delle acque dilavanti. Le pendenze non permettono azioni erosive importanti e il fattore morfogenetico più rilevante è costituito dagli interventi antropici e la loro intensa attività agricola, che talvolta, con lavori poco razionali, può determinare, limitatamente alle zone pedemontane di maggior acclività, accelerazione dell'erosione dei suoli, con arature non parallele alle curve di livello o eccessivo decespugliamento. L'unità geomorfologica della piana ospita una sub-unità costituita dalla fascia pedemontana, formata da terreni detritici mediamente acclivi, che fungono da raccordo tra i sistemi collinari-montani e la piana campidanese.



Carta geomorfologica PUC Guspini - Aree d'inquadramento

In relazione alla morfologia dell'area ristretta, comunque inferiore al 15%, non sono stati rilevati fenomeni gravitativi o di dissesto in atto e tale valutazione è stata espressa anche in considerazione ai rilevamenti effettuati relativamente a elementi morfologici legati alle forme del territorio all'interno dei lotti oggetto del progetto e all'assenza di indicatori morfodinamici di rilievo in atto o incipienti.

Dal punto di vista idrologico, l'area è contraddistinta da un reticolo idrografico poco sviluppato con pattern sub paralleli che ricalcano la morfologia pianeggiante delle aree oggetto di studio e in cui la gran parte delle acque superficiali vi si disperde.



Reticolo idrografico dell'area vasta

In relazione alle caratteristiche litostratigrafiche delle formazioni geologiche descritte e alle conoscenze più o meno dirette delle coperture è possibile ricostruire un quadro della circolazione idrica sotterranea. Come evidenziato nel capitolo dedicato, la geologia dell'area è caratterizzata da depositi quaternari pleistocenici caratterizzati dalla presenza di materiali ghiaiosi alluvionali terrazzati con granulometrie da medie a grossolane, con subordinate sabbie e con matrice argillosa che aumenta in superficie.

Al complesso sedimentario pleistocenico, può essere assegnato un grado di permeabilità complessivamente medio-alto. Risulta chiaro però che, al di là delle variazioni delle permeabilità all'interno dello stesso complesso in funzione delle continue variazioni che modificano, anche notevolmente, le condizioni di circolazione idrica, tali litotipi sono generalmente sede di falde da superficiali a mediamente profonde. Le evidenze dirette, in relazione all'esecuzione delle prove penetrometriche hanno comunque escluso la presenza di una falda acquifera sino alla profondità di 1,20 metri dal piano campagna.

Tuttavia, nell'area di sedime oggetto di studio, la presenza di acqua e la circolazione idrica che interessa gli orizzonti più superficiali è da ritenersi possibile per la presenza di strati maggiormente impermeabili che possono rappresentare *aquiclude* lenticolari o orizzonti su cui si possono impostare falde acquifere. Tale infiltrazione, temporanea e legata alle precipitazioni più intense, interessa gli strati superficiali dei depositi sabbiosi e ghiaiosi, anche se risulta importante la presenza di interdigitazioni costituite da intercalazioni di materiale granulometricamente più fine. Questo potrebbe comportare una maggior alterazione, nel tempo, dei primi livelli, con conseguente parziale indebolimento delle caratteristiche fisiche e meccaniche del substrato.

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta della Permeabilità, sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS. Tale cartografia è stata costruita a partire dalla Carta Geologica di base della Sardegna. Le litologie, raggruppate per affinità, sono state suddivise in 5 classi di permeabilità: B Bassa, MB Medio Bassa, M Media, MA Medio Alta e A Alta. All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte inoltre le 3 tipologie di permeabilità: P per porosità, F per fratturazione, giunti di strato etc. e CF per carsismo e fratturazione, giunti di strato etc.



Carta delle Permeabilità – Regione Sardegna

4.5 Campagna Indagini

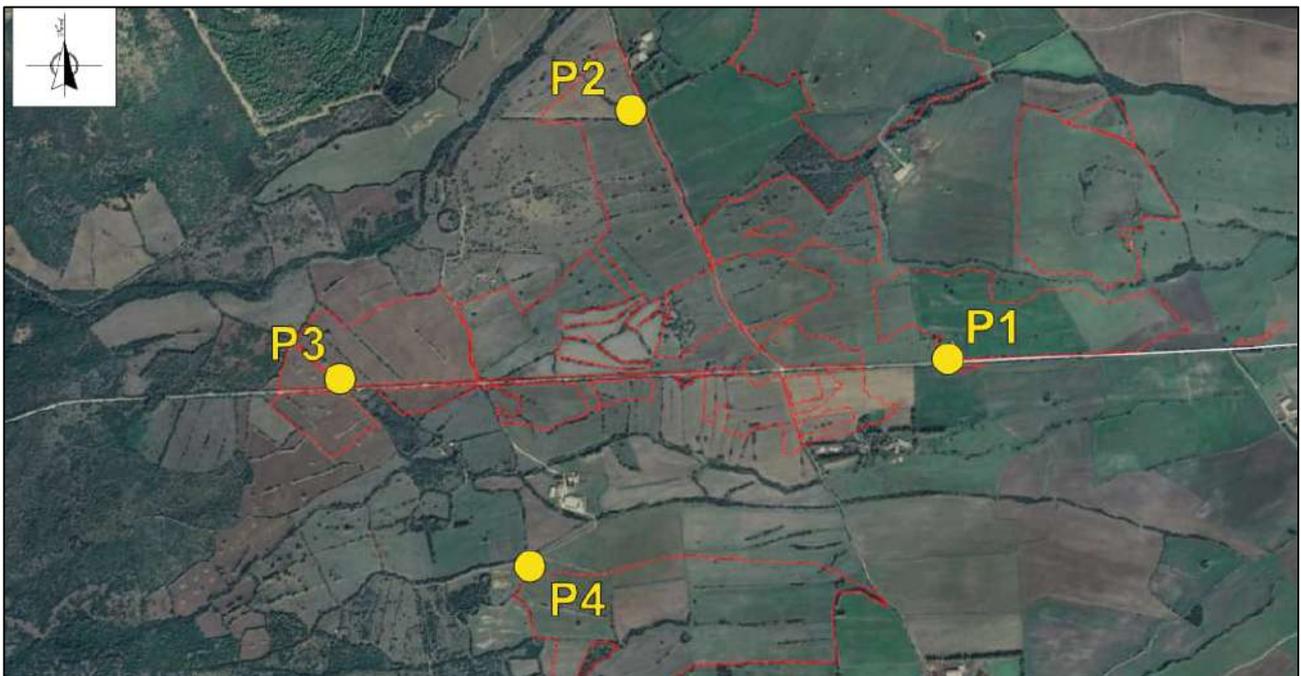
Come già riportato in premessa, nel mese di febbraio 2024 è stata effettuata una campagna indagini geognostiche dirette e indirette che ha interessato alcune aree agricole di quelle interessate dal progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare. L'impianto si sviluppa su lotto di progetto con un'estensione dell'area recintata pari a circa 145,8 ettari e il numero e la tipologia di indagini è stata ritenuta sufficiente vista la tipologia tecnica degli interventi, l'assenza di criticità geomorfologiche e la grande omogeneità delle coperture quaternarie dal punto di vista litostratigrafico.

Tale campagna di geognostica è stata finalizzata alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni e alla caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico del sottosuolo e con la contestuale 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 geognostiche:

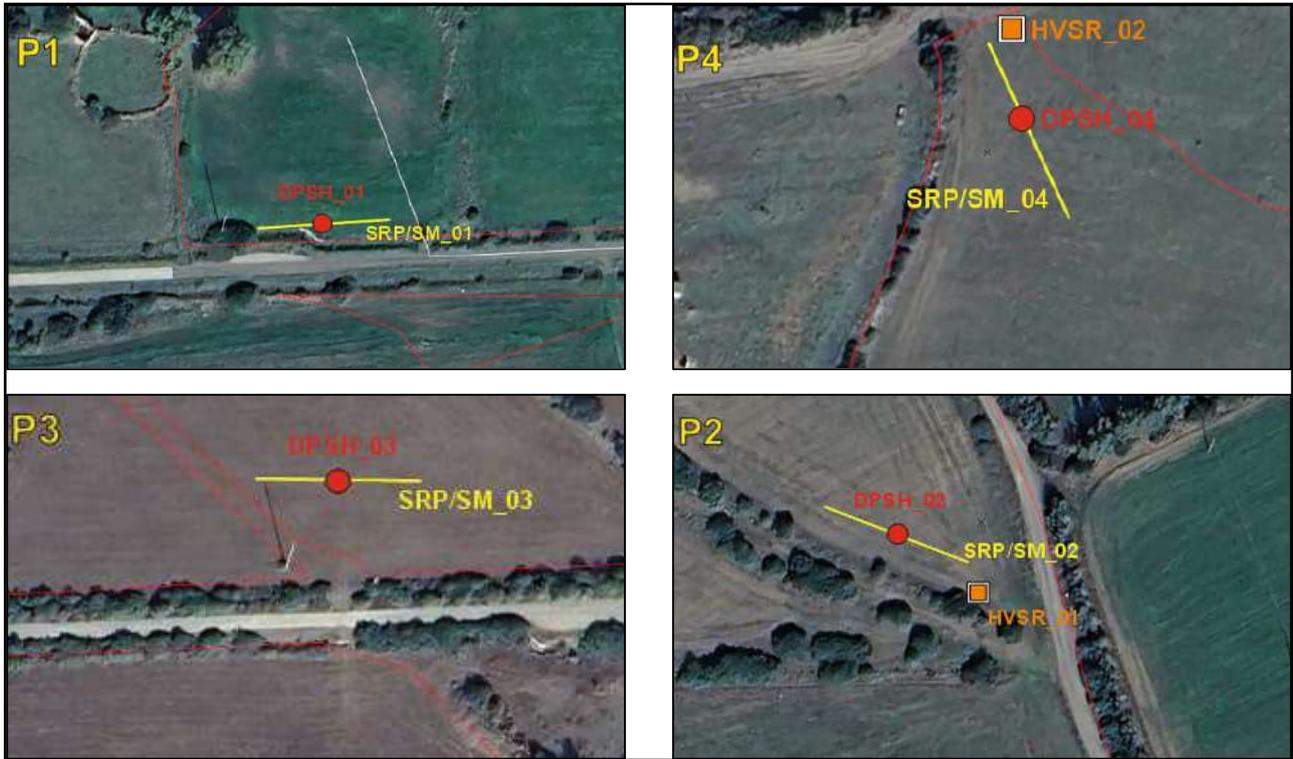
- N. 4 profili sismici a rifrazione in tecnica tomografica con acquisizione in onde P;
- N. 4 profili Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves).
- N. 2 stazioni di misura in sismica passiva H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio);
- N. 4 prove penetrometriche DPSH.

L'ubicazione delle prove, all'interno del documento relativo al report delle indagini e allegate al presente elaborato, è di seguito riportata.



Ubicazione prove geognostiche

In ogni punto di prova è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica e un profilo sismico a rifrazione in sovrapposizione a un profilo sismico in tecnica MASW. Nei punti P2 e P4 sono state effettuate le stazioni di sismica passiva.



Ubicazione prove geognostiche - Dettaglio

4.5.1 Prove Penetrometriche Superpesanti

L'attrezzatura impiegata per l'esecuzione delle indagini è un penetrometro dinamico superpesante auto-semovente prodotto dalla ditta Geo Deep Drill e contraddistinto dalla sigla DPSH63M. L'impianto consente la realizzazione di prove dinamiche DPSH-B, in conformità alla norma tecnica EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011 e secondo lo standard ISSMFE. Le specifiche e i certificati di prova sono riportati all'interno del report delle indagini.

| PROVA | Tipologia | Profondità raggiunta da p.c. (m) | Rifiuto | Profondità falda | Chiusura foro |
|-------|-----------|----------------------------------|---------|------------------|---------------|
| PD_01 | DPSH | 1.6 | SI | n.d | n.d |
| PD_02 | DPSH | 1.2 | SI | n.d | n.d |
| PD_03 | DPSH | 1.2 | SI | n.d | n.d |
| PD_04 | DPSH | 1.2 | SI | n.d | n.d |

Tabella Prove Penetrometriche DPSH

Le elaborazioni geotecniche hanno contribuito alla costruzione dei modelli geologico e geotecnico riportati nei capitoli successivi.

Elaborazione DPSH

| TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH_01 | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|----------------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| TERRENI INCOERENTI | | | | | | | | | | |
| Strato n° | Prof. (m) | Nspt | Classificazione AGI | φ (°) | γ (t/m ³) | γ_{sat} (t/m ³) | Dr (%) | E Young (kg/cm ²) | Ed Edom. (kg/cm ²) | Poisson |
| 1 | 0.0÷0.8 | 5 | Poco addensato | 26.4 | 1.54 | 1.89 | 24 | 100 | 40 | 0.36 |
| 2 | 0.8÷1.2 | 26 | Mediamente addensato | 34.5 | 2.09 | 2.50 | 56 | 520 | 208 | 0.30 |

Prova Penetrometrica DPSH_01

| TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH_02 | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|---------------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| TERRENI INCOERENTI | | | | | | | | | | |
| Strato n° | Prof. (m) | Nspt | Classificazione AGI | φ (°) | γ (t/m ³) | γ_{sat} (t/m ³) | Dr (%) | E Young (kg/cm ²) | Ed Edom. (kg/cm ²) | Poisson |
| 1 | 0.0÷0.6 | 4 | Poco addensato | 25.8 | 1.49 | 1.88 | 22 | 80 | 32 | 0.36 |
| 2 | 0.6÷1.0 | 31 | Addensato | 34.6 | 2.14 | 2.50 | 61 | 620 | 248 | 0.29 |

Prova Penetrometrica DPSH_02

| TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH_03 | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|---------------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| TERRENI INCOERENTI | | | | | | | | | | |
| Strato n° | Prof. (m) | Nspt | Classificazione AGI | φ (°) | γ (t/m ³) | γ_{sat} (t/m ³) | Dr (%) | E Young (kg/cm ²) | Ed Edom. (kg/cm ²) | Poisson |
| 1 | 0.0÷0.6 | 6 | Poco addensato | 26.9 | 1.49 | 1.88 | 27 | 120 | 48 | 0.35 |
| 2 | 0.6÷1.0 | 48 | Addensato | 37.2 | 2.23 | 2.50 | 75 | 960 | 384 | 0.28 |

Prova Penetrometrica DPSH_03

| TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH_04 | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|---------------------|------------|------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| TERRENI INCOERENTI | | | | | | | | | | |
| Strato n° | Prof. (m) | Nspt | Classificazione AGI | ϕ (°) | γ (t/m ³) | γ_{sat} (t/m ³) | Dr (%) | E Young (kg/cm ²) | Ed Edom. (kg/cm ²) | Poisson |
| 1 | 0.0÷0.6 | 7 | Poco addensato | 27.4 | 1.62 | 1.90 | 29 | 140 | 56 | 0.35 |
| 2 | 0.6÷1.0 | 32 | Addensato | 35.8 | 2.15 | 2.50 | 62 | 640 | 256 | 0.29 |

Prova Penetrometrica DPSH_03

4.5.2 Indagine Geofisica – Prove Sismiche

La campagna di indagini geofisiche è consistita in una caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione dei modelli sismo-stratigrafici del sottosuolo e la 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, oltre che la determinazione di profili 2D con il grado di addensamento dei materiali e degli orizzonti investigati necessari per confermare la modellazione geologica. Sono state anche effettuate, così come richiesto dalla committenza, delle prove di sismica passiva, finalizzate alla determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni, caratteristica molto importante per valutare gli effetti di sito in presenza di potenziali eventi sismici, da confrontare con le caratteristiche strutturali degli elementi progettuali. Gli elaborati e gli spettri sono riportati all'interno del report delle prove in allegato alla presente relazione.

Elaborazione prove sismiche SRP e MASW

L'elaborazione dei profili sismici a rifrazione, integrata con i dati ottenuti dalle prove Masw, ha permesso di ricostruire i seguenti modelli interpretativi sismo-stratigrafici di riferimento validi per i terreni investigati nei vari punti di prova, P1 (SRP_01/SM_01), P2 ((SRP_02/SM_02), P3 (SRP_03/SM_02) e P4 (SRP_04/SM_04).

| PROFILO SISMICO SRP_01-SM_01 | | | | | |
|------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITÀ V_p min -max | VELOCITÀ V_s media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 1,5 - 2.0 m | 200-800 m/s | 140 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 2.0 – 3.5 m | 800-1400 m/s | 330 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 2.5 - 4.0 m | 1400-2000 m/s | 580 m/s | | |
| 4 | 5.0 m | >2000 m/s | 750 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 850 m/s | | inalterato |

Modello sismostratigrafico interpretativo – Correlazione profilo sismico SRP_01 – SM_01

| PROFILO SISMICO SRP_02-SM_02 | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITÀ Vp min -max | VELOCITÀ Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 0.5 - 1.0 m | 200-800 m/s | 150 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 1.0- 2.5 m | 800-1400 m/s | 380 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 3.0 - 5.0 m | 1400-2000 m/s | 580 m/s | | |
| 4 | 6.0 m | >2000 m/s | 750 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 850 m/s | | inalterato |

Modello sismostratigrafico interpretativo – Correlazione profilo sismico SRP_02 – SM_02

| PROFILO SISMICO SRP_03-SM_03 | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITÀ Vp min -max | VELOCITÀ Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 0,5 - 1,0 m | 200-800 m/s | 180 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 2,0- 3,0 m | 800-1600 m/s | 393 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 4.0 m | >1600 m/s | 631 m/s | | |
| 4 | 6.5 m | n.d | 748 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 870 m/s | | inalterato |

Modello sismostratigrafico interpretativo – Correlazione profilo sismico SRP_03 – SM_03

| PROFILO SISMICO SRP_04-SM_04 | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITÀ Vp min -max | VELOCITÀ Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 0,5 - 1,0 m | 200-800 m/s | 180 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 2,0- 3,0 m | 800-1600 m/s | 393 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 4,0 m | >1600 m/s | 631 m/s | | |
| 4 | 6,5 m | n.d | 748 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 870 m/s | | inalterato |

Modello sismostratigrafico interpretativo – Correlazione profilo sismico SRP_04 – SM_04

Elaborazione prove sismiche passive HVSR

L'area di progetto, durante la fase di acquisizione, presentava alcuni rumori ambientali di fondo (seismic noise) di origine antropica. In fase di elaborazione, sono state quindi selezionate solamente le finestre temporali che presentavano il minor disturbo, utilizzando finestre di campionamento con durata di 30 s. Di seguito vengono riportati i Processing Data e i risultati dell'elaborazione delle stazioni HV_01, HV_02.

| Name of the survey | f0 (Peak value) | Standard deviation of f0 | A0 (H/V peak amplitude at f0) | Standard deviation of peak amplitude |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| HV_01 | 0.59 Hz | +/- 0.67Hz | 2.56 | 0.3437 |
| HV_02 | 2.29 Hz | +/- 0.76 Hz | 2.72 | 0.3079 |

Frequenze e ampiezze di amplificazione stazioni HV_01 e HV_02

La verifica dell'acquisizione secondo i criteri SESAME mostra quindi quanto segue:

Entrambe le stazioni HV_01 e HV_02, evidenziano un'ottima affidabilità della curva HVSR e mostrano una mediocre chiarezza statistica dei picchi, essendo stati verificati rispettivamente due e tre dei sei criteri Sesame (Vedere report prove in allegato).

4.6 Modello geologico

Lo studio del contesto geologico dell'agro di Guspini, come già precedentemente riportato, è stato raffinato e maggiormente particolareggiato mediante un rilevamento geologico di dettaglio e da indagini dirette e indirette effettuate sui terreni oggetto del progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare. Le valutazioni derivate soprattutto dalle prove geognostiche in situ hanno reso possibile la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo in riferimento all'opera in progetto. Le indicazioni delle profondità riferite al modello geologico sotto riportato fanno riferimento alle quote dal piano di campagna attribuite alle zone in cui sono state eseguite le prove geognostiche. Il modello derivante dalle prove penetrometriche e dalle informazioni sismiche sul grado di addensamento dei terreni, hanno permesso di restituire un modello geologico che è rappresentativo dei volumi di terreno interessati dall'installazione dei supporti dei pannelli. Il modello analitico è sostanzialmente composto dalla presenza di uno spessore di circa 0,80 metri di terreno vegetale (areato superficiale) composto da depositi granulari eterogenei poco addensati rappresentati granulometrie tendenzialmente sabbioso limo argillose con ghiaie sparse e trovanti provenienti dagli strati sottostanti. Gli assetti generali scaturiti dalle prove sismiche restituiscono una modellazione abbastanza omogenea.

L'aumento significativo delle velocità delle onde P (>800 m/s), rileva il top di uno stato addensato e già a una profondità di 1,50/2,00 metri dal piano campagna. Questo strato di spessore variabile di circa 6-7,5 metri sfuma poi nel substrato geologico da poco alterato a inalterato con velocità nelle onde sismiche superiori (>1600 m/s).

| Strato | Profondità (metri) | Litologia | Caratteristiche fisiche |
|--------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1 | 0 - 0,60/0,80 | Areato superficiale | Poco addensato |
| 2 | 0,60/0,70 - 1,0/1,2 | Terreno granulare eterogeneo | Addensato |

Tabella modellazione geologica

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------|---|
| Codice elaborato ICA_175_RELXX | RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA |  ICA REN FOR SRL Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16649831001 |
| Revisione 00 del XX/XX/2024 | | |

5 AZIONE SISMICA

5.1 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.

5.2 Pericolosità 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:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in g/10);
- F_o = 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, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri 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 il Comune di Guspini, 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

5.3 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.

5.4 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 di sopra del substrato sismico (con $V_{s,i} > 800$ m/s), fino a un H massimo di 30 m (V_{s30}).

L'indagine sismica ha permesso quindi di ricostruire il seguente profilo sismostratigrafico necessario per il calcolo delle Vs,eq:

| PROFILO MASW SM_01 | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITÀ media (Vs) |
| 1 | 1,00 m | 140 m/s |
| 2 | 3,00 m | 330 m/s |
| 3 | 3,00 m | 580 m/s |
| 4 | 4,90 m | 750 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

Tabella profilo sismostratigrafico per il calcolo delle Vs,eq - MASW SM_01

| PROFILO MASW SM_02 | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITÀ media (Vs) |
| 1 | 0,90 m | 150 m/s |
| 2 | 2,60 m | 380 m/s |
| 3 | 2,80 m | 580 m/s |
| 4 | 5,80 m | 750 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

Tabella profilo sismostratigrafico per il calcolo delle Vs,eq - MASW SM_02

| PROFILO MASW SM_03 | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITÀ media (Vs) |
| 1 | 0,90 m | 180 m/s |
| 2 | 2,50 m | 393 m/s |
| 3 | 4,00 m | 631 m/s |
| 4 | 6,50 m | 748 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

Tabella profilo sismostratigrafico per il calcolo delle Vs,eq - MASW SM_03

| PROFILO MASW SM_04 | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITÀ media (Vs) |
| 1 | 0,90 m | 180 m/s |
| 2 | 1,50 m | 390 m/s |
| 3 | 4,00 m | 570 m/s |
| 4 | 7,80 m | 720 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

Tabella profilo sismostratigrafico per il calcolo delle Vs,eq - MASW SM_04

Dai dati sopra elencati si evince la presenza 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:

| | |
|---------------|------------------------------|
| PROFILO SM_01 | $V_{s,eq}$ (11.9m) = 426 m/s |
| PROFILO SM_02 | $V_{s,eq}$ (12.1m) = 476 m/s |
| PROFILO SM_03 | $V_{s,eq}$ (13.9m) = 527 m/s |
| PROFILO SM_04 | $V_{s,eq}$ (14.2m) = 532 m/s |

Secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile quindi assegnare al terreno di progetto la categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione secondo la seguente tabella:

| | | Descrizione |
|-------------------------|----------|--|
| Categoria di Sottosuolo | A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |
| | 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. |
| | C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| | D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| | E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Tabella 3.2.II delle NTC

La categoria di sottosuolo qui riportata fa riferimento a "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".

Categoria di Sottosuolo "B"

5.5 Condizioni topografiche

Il sito in esame è ubicato in corrispondenza di una zona pressoché con inclinazione media inferiore di 15° e pertanto, in base a quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018, Tabella 3.2.III, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

Categoria Topografica "T1"

| | | Descrizione |
|------------------------|----|---|
| Categorie Topografiche | T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i \leq 15$; |
| | T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15$ °; |
| | T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$; |
| | T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30$ °. |

Tabella 3.2.III delle NTC2018

5.6 Liquefazione

Per liquefazione si intende generalmente una somma di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. 7.11.3.4.1 NTC 2018).

La perdita di resistenza dei terreni con determinate caratteristiche, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, e il conseguente raggiungimento di una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta fino ad arrivare al valore della pressione totale di confinamento, fino ad annullare gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio. Tali fenomeni di liquefazione dei terreni si verificano soprattutto in presenza di sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Nel caso specifico, in relazione al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa poiché le accelerazioni massime attese al piano di campagna, circa 0,05g, inferiori perciò, a 0,1g.

6 CENNI PROGETTUALI

Il presente studio si riferisce al progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare, della potenza di picco di 102,27 MWp e potenza in immissione di 97,4 MW, da realizzarsi su aree agricole situate nel Comune di Guspini (SU). L'impianto si sviluppa su lotto di progetto con un'estensione dell'area recintata pari a circa 145,8 ettari e sarà installato a terra su terreni situati a circa 8 km a Nord rispetto al centro abitato di Guspini (SU).

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture di supporto in acciaio del tipo tracker ad inseguimento monoassiale (inseguitori solari installati in direzione Nord-Sud, capaci di ruotare in direzione Est-Ovest, consentendo, pertanto, ai moduli di "seguire" il Sole lungo il suo moto diurno).

Saranno installati n° 146.100 moduli fotovoltaici bifacciali marcati Canadian Solar di potenza unitaria di picco pari a 700 Wp, disposti su tracker monoassiali ad inseguimento solare est-ovest.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) prevede che l'impianto sia collegato in antenna a 150 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 220/150/36 kV di "Sulcis – Oristano". L'elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento alla citata stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Il cavidotto, che sarà completamente interrato, si svilupperà per circa 11 km al di sotto di viabilità esistente ed interesserà il Comune di Guspini, fino ad arrivare alla Stazione Elettrica (SE) sita nello stesso Comune.



Insieme delle aree e dei pannelli

7 MODELLO GEOTECNICO

Le elaborazioni delle prove penetrometriche effettuate nelle aree agricole in cui è previsto l'impianto, ha permesso di fornire una modellazione in relazione alle qualità fisico meccaniche dei terreni investigati. Tale modello, coerentemente con i modelli sismostratigrafici generati dai profili sismici in onde P e dall'elaborazione degli stessi anche in tecnica MASW, ha permesso una correlazione con la successiva attribuzione di valori significativamente rappresentativi ai fini di una distribuzione areale degli attributi geotecnici dei volumi interessati. Tali correlazioni sono state necessarie per una ricostruzione del modello geotecnico di seguito riportato.

È stato ritenuto opportuno restituire un modello geotecnico adeguato alle finalità progettuali, accorpando in un unico strato geotecnico le coperture facenti parte dell'areato superficiale, rilevate con la tomografia sismica e lo strato granulare alterato messo in evidenza anche dalle prove penetrometriche. Al di sotto degli stessi la modellazione geotecnica ha restituito gli attributi fisico meccanici dello strato considerato più addensato e caratterizzato da depositi granulari con velocità delle onde sismiche molto maggiori di quello sovrastante.

Le seguenti caratteristiche geotecniche, ritenute proprie degli orizzonti investigati sono da considerarsi cautelative dal punto di vista numerico considerata, nell'elaborazione, la natura esclusivamente granulare dei terreni investigati. La tabella riportata rappresenta una sintesi delle prove effettuate ed è ritenuta, con buona approssimazione, ragionevolmente estensibile alle intere aree in cui è previsto il progetto, grazie all'omogeneità delle caratteristiche litostratigrafiche verificate sia con le prove dirette che con l'analisi dei profili sismici, correlabili tra loro (vedere allegato report indagini).

È doveroso ricordare che l'elaborazione geotecnica rimane comunque un modello interpretativo soggettivo proposto dallo scrivente e che per tale motivo si rimanda al geologo progettista l'interpretazione ed elaborazione finale dei dati acquisiti.

| Strato n° | Prof. (m) | Nspt | Classificazione AGI | φ (°) | γ (t/m ³) | γ_{sat} (t/m ³) | Dr (%) | E Young (kg/cm ²) | Ed Edom. (kg/cm ²) | Poisson |
|-----------|-----------|------|----------------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| 1 | 0.0÷0.8 | 5 | Poco addensato | 26 | 1.50 | 1.90 | 25 | 100 | 40 | 0.35 |
| 2 | 0.8÷1.2 | 26 | Mediamente addensato | 34 | 2.10 | 2.50 | 60 | 600 | 250 | 0.30 |

Modello geotecnico

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------|---|
| Codice elaborato ICA_175_RELXX | RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA |  ICA REN FOR SRL Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16649831001 |
| Revisione 00 del XX/XX/2024 | | |

8 CONCLUSIONI

Attraverso il rilevamento di campagna, le indagini geognostiche effettuate, i dati geotecnici ricavati e le considerazioni emerse è stato possibile determinare le caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei terreni interessati dagli interventi previsti nell'ambito del progetto per la realizzazione dell'Impianto agrivoltaico denominato "AgriSardegna" della potenza di picco di 102,27 MWp e potenza in immissione di 97,4 MWac, da realizzarsi nel Comune di Guspini (SU). L'impianto si sviluppa su lotto di progetto con un'estensione dell'area recintata pari a circa 145,8 ettari e sarà installato a terra su terreni situati a circa 8 km a Nord rispetto al centro abitato di Guspini (SU).

Unitamente alla relazione geologica e alla conseguente ricostruzione del modello geologico, è stata effettuata una valutazione sulle prove geotecniche effettuate durante la campagna geognostica con la restituzione del relativo modello con una parametrizzazione cautelativa dei terreni di sedime

La situazione emersa dalle evidenze dell'indagine geofisica ha evidenziato una situazione geologica e litostratigrafica sito specifica contraddistinta da sostanziale omogeneità dei terreni che caratterizzano il settore oggetto di studio e che è situato nella zona in agro nel comune di Guspini.

Trattasi, nel ristretto contesto geologico, di coperture pleistoceniche classificate come depositi alluvionali terrazzati contraddistinti, in generale, da granulometrie grossolane ghiaioso sabbiose con matrici limo argillose concentrate nei primi metri di terreno. Tali litologie presentano modesti spessori di coperture alterate. Non è stata rilevata la presenza di una vera e propria falda acquifera almeno nei primi 1,50 metri di terreno. Non si escludono possibili interferenze in risalita in concomitanza con intense precipitazioni o in stagioni invernali.

Al di là delle perimetrazioni del PAI per gli aspetti geomorfologici, l'assenza di fattori ed elementi concorrenti all'aumento del livello di pericolo da frana, la natura dei terreni di sedime, le caratteristiche tecniche degli inserimenti progettuali e i loro relativi carichi di esercizio, restituiscono un quadro di assoluta compatibilità delle opere in progetto con il contesto geologico e litostratigrafico locale.

Si tenga presente che la tipologia, l'ampiezza dell'indagine e le relative considerazioni sono strettamente subordinate al tipo e alle dimensioni delle opere in progetto e pertanto non devono essere generalizzate per interventi di altra natura.

Dott. Geol. Mario Alberto Antonini



REPORT INDAGINI



REGIONE SARDEGNA

COMUNE DI GUSPINI

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA
IN IMMISSIONE DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI
NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

| | | |
|------------------------------|---|-----------------------|
| Codice Pratica GS_01_2024 | ICA REN FOR SRL Via Giorgio Pitacco, 7 00177 Roma (Italia) C.F. / P.IVA 16649831001 | Data febbraio 2024 |
| Pagine 16 | | |
| Tavole 5 | | |
| Allegati 1 | | |

**TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P, PROFILO IN ONDE S
CON METODO MASW, MISURE HVSR E PROVE PENETROMETRICHE
DINAMICHE**

DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

TECNICI SPERIMENTATORI

Dott. Geol. Lorenzo Falzoi

Dott. Geol. Mario Alberto Antonini

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 |
| 2.1.1 Sismica attiva..... | 3 |
| 2.2 Tecniche di indagine..... | 5 |
| 2.2.1 Sismica a rifrazione..... | 5 |
| 2.2.2 Tecnica Masw..... | 5 |
| 2.2.3 Sismica passiva HVSR..... | 6 |
| 2.3 Approccio analitico..... | 6 |
| 2.3.1 Analisi tomografia sismica..... | 6 |
| 2.3.2 Analisi Masw..... | 7 |
| 2.3.3 Metodologia HVSR..... | 7 |
| 3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE..... | 8 |
| 3.1 Elaborazione prove sismica attiva..... | 8 |
| 3.2 Elaborazione prove sismica passiva..... | 10 |
| 4. INDAGINI PENETROMETRICHE..... | 13 |
| 5. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO..... | 14 |
| 5.1 Categoria di sottosuolo..... | 14 |

Tavole:

| | |
|---------------|--|
| Tavola 1..... | Ubicazione delle indagini Foto satellitare |
| Tavola 2..... | Certificati indagini sismica a rifrazione |
| Tavola 3..... | Certificati indagini MASW |
| Tavola 4..... | Certificati indagini HVSR |
| Tavola 5..... | Certificati indagini DPSH |

Allegati:

| | |
|-----------------|---|
| Allegato 1..... | Specifiche tecniche strumentazione |
|-----------------|---|

1. PREMESSA

Su commissione di ICA REN FOR S.r.l., nell'ambito del progetto "IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA" DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)", è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla caratterizzazione sismica del sito di progetto tramite la ricostruzione dei modelli sismostratigrafici e geotecnici del sottosuolo, secondo quanto stabilito nelle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. del 17 gennaio 2018.

Nello specifico sono state svolte le seguenti indagini geognostiche:

- N. 4 profili sismici a rifrazione in tecnica tomografica con acquisizione in onde P;
- N. 4 profili Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- N. 2 stazioni di misura in sismica passiva H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio);
- N. 4 prove penetrometriche DPSH.

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

2.1.1 Sismica attiva

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, utilizzati sia per il profilo sismico a rifrazione in onde P che per il profilo sismico con tecnica MASW.

Per il profilo a rifrazione sono stati eseguiti 7 punti di energizzazione (due agli estremi, posti ad una distanza pari alla metà della distanza intergeofonica, e cinque all'interno del profilo), mentre 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.)

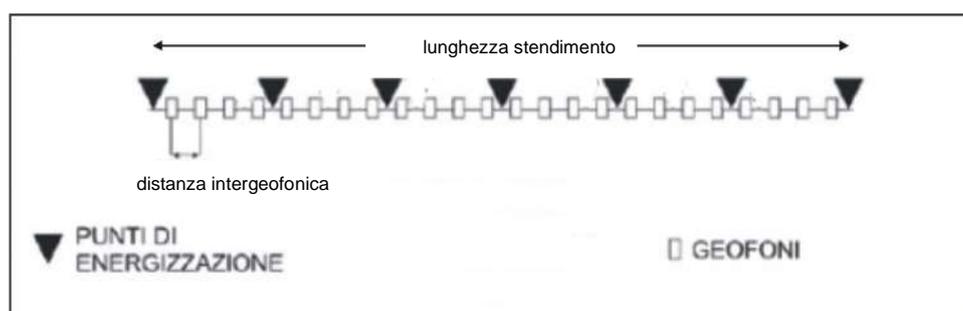


Fig.2.1 - schema sismica a rifrazione e MASW

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

| PROFILO | Tecnica di indagine | lunghezza stendimento (m) | distanza intergeofonica (m) | orientazione stendimento | durata acquisizione (s) | tempo di campionamento (ms) |
|---------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| SRP_01 | Tomografia sismica in onde P | 36.0 | 1.5 | O-E | 1.0 | 0.250 |
| SRP_02 | Tomografia sismica in onde P | 36.0 | 1.5 | NO-SE | 1.0 | 0.250 |
| SRP_03 | Tomografia sismica in onde P | 36.0 | 1.5 | O-E | 1.0 | 0.250 |
| SRP_04 | Tomografia sismica in onde P | 36.0 | 1.5 | NNO-SSE | 1.0 | 0.250 |
| SM_01 | Sismica in tecnica MASW | 34.5 | 1.5 | O-E | 1.0 | 0.500 |
| SM_02 | Sismica in tecnica MASW | 34.5 | 1.5 | NO-SE | 1.0 | 0.500 |
| SM_03 | Sismica in tecnica MASW | 34.5 | 1.5 | O-E | 1.0 | 0.500 |
| SM_04 | Sismica in tecnica MASW | 34.5 | 1.5 | NNO-SSE | 1.0 | 0.500 |

2.1.2 Sismica passiva

Le registrazioni dei microtremori sono state effettuate con un sismometro di SARA electronic instruments Srl (Geobox 4.5) a 3 sensori elettrodinamici con risoluzione a 24 bit, posti all'interno di un case rettangolare (munita di livella ad occhio di buca) e orientati in direzione est-ovest, nord-sud e verticalmente.

Il cuore dell'unità sismica è rappresentato dalla scheda A/D SADC20 munita di convertitore Sigma-Delta che consente l'uso di un semplice filtro antialias R-C ad un polo, regolabile in funzione delle frequenze di campionamento scelte. Lo strumento, data la sua maneggevolezza e funzionalità, può venire installato su tutti i tipi di sito, previa corretta livellazione e accoppiamento con il terreno, tramite appositi piedini livellabili.

Le prove HVSR sono state installate in prossimità dei profili sismici tomografici e masw.

2.2 Tecniche di indagine

2.2.1 Sismica a rifrazione

La metodologia di indagine a rifrazione consiste nel produrre una perturbazione elastica (*shot*) in un punto della superficie del terreno e nel rilevare e registrare in più punti distanti il tempo intercorso tra l'istante dell'energizzazione (*tempo zero*) e l'arrivo di un suo impulso rifratto dalle superfici di discontinuità presenti nel sottosuolo. Le registrazioni avvengono tramite l'utilizzo di sensori detti *geofoni*, allineati lungo uno stendimento a distanze reciproche (distanza intergeofonica) variabili in funzione dell'obiettivo e delle specifiche condizioni di sito. I segnali più importanti che vengono registrati sono relativi a tre tipi di onde, di seguito indicati nel loro ordine di arrivo: onde di compressione o primarie (onde P), onde di taglio o secondarie (onde S) e onde di Rayleigh o superficiali. Le registrazioni a distanze crescenti dal punto di energizzazione vengono quindi riportate su di un grafico distanze/tempi di arrivo per ogni tipologia di onda che si propaga nel mezzo elastico, ottenendo così una retta di inclinazione variabile rispetto all'asse delle ascisse detta *dromocrona* (Fig.4.2.1). I tempi di arrivo dei raggi rifratti si disporranno nel diagramma tempi-distanze secondo una serie di rette di pendenza diversa tra loro e inferiore a quella delle onde dirette; dal calcolo dei coefficienti angolari delle rette così individuate si è in grado quindi di determinare la velocità di propagazione dell'onda negli orizzonti attraversati e di conseguenza, noto il tempo intercetto, anche il loro spessore.

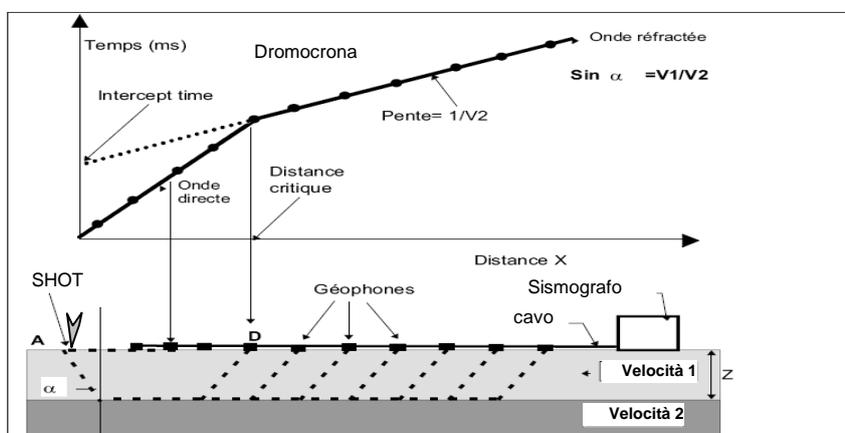


Fig.2.2.1 - Indagine sismica a rifrazione

2.2.2 Tecnica 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.

2.2.3 Sismica passiva HVSR

La tecnica HVSR è stata applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 e successivamente ripresa e resa celebre da Nakamura nel 1989 che la utilizzò come metodologia per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi della teoria dei rapporti spettrali (HVSR) sfrutta il principio secondo cui i microtremori o rumore sismico di fondo, sono costituiti prevalentemente da onde superficiali di tipo Rayleigh, che si propagano in un sistema stratificato caratterizzato da una variazione dei parametri con la profondità.

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati caratterizzati da un significativo contrasto di impedenza (funzione della velocità delle onde e della densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è quindi legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_0 = V_{s1} / 4 h \quad [1]$$

dove

V_{s1} = velocità delle onde S del primo strato

h = spessore primo strato

Tale metodologia, in base agli studi effettuati, presenta quindi la sua migliore applicabilità in contesti caratterizzati dalla presenza di depositi soffici di copertura sovrastanti un basamento roccioso, dove si manifestano evidenti contrasti di impedenza.

2.3 Approccio analitico

2.3.1 Analisi tomografia sismica

Il software di elaborazione tomografico utilizzato (*Rayfract v 3.18*), elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche. Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche. Attraverso questo tipo di elaborazioni si riducono sensibilmente gli eventuali

errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione. L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle unitarie di piccole dimensioni, in maniera tale da individuare e discriminare le anomalie laterali di velocità.

2.3.2 Analisi Masw

Il profilo V_s ,eq con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il 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.

2.3.3 Metodologia HVSR

Nella fase di cantiere il segnale dei velocimetri è stato acquisito tramite il software SEISMOLOG-MT di Sara Srl, programma di acquisizione dati in tempo reale dedicato alla valutazione della risposta sismica di sito e pertanto utilizzabile sia per la valutazione del sito per postazioni sismiche permanenti che per la valutazione geologica del sito ai fini di ingegneria civile. I dati sono stati quindi acquisiti per un tempo t pari a 20 min con digitalizzazione del segnale a 24 bit. Successivamente i dati relativi ad ogni singola stazione, sono stati elaborati tramite il software dedicato Grilla della Micromed Spa con un processing in accordo alle linee guida

del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005) e che ha previsto nello specifico quanto segue:

- divisione del tracciato in finestre di selezione del segnale.
- FFT (incluso il tapering);
- Operatore di smoothing;
- Mercing dei componenti orizzontali;
- H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);
- Calcolo della media degli spettri H/V
- Definizione della deviazione standard

3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE

3.1 Elaborazione prove sismica attiva

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:

| PROFILO SISMICO SRP_01-SM_01 | | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITA' Vp min -max | VELOCITA' Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 1.5 - 2.0 m | 200-800 m/s | 140 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 2.0 - 3.5 m | 800-1400 m/s | 330 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 2.5 - 4.0 m | 1400-2000 m/s | 580 m/s | | |
| 4 | 5.0 m | >2000 m/s | 750 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 850 m/s | | inalterato |

| PROFILO SISMICO SRP_02-SM_02 | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITA' Vp min -max | VELOCITA' Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 0.5 - 1.0 m | 200-800 m/s | 150 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 1.0- 2.5 m | 800-1400 m/s | 380 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 3.0 - 5.0 m | 1400-2000 m/s | 580 m/s | | |
| 4 | 6.0 m | >2000 m/s | 750 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 850 m/s | | inalterato |

| PROFILO SISMICO SRP_03-SM_03 | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITA' Vp min -max | VELOCITA' Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 0.5 - 1.0 m | 200-800 m/s | 180 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 2.0- 3.0 m | 800-1600 m/s | 393 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 4.0 m | >1600 m/s | 631 m/s | | |
| 4 | 6.5 m | n.d | 748 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 870 m/s | | inalterato |

| PROFILO SISMICO SRP_04-SM_04 | | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| STRATO | SPESSORE min-max | VELOCITA' Vp min -max | VELOCITA' Vs media | LITOLOGIA | CARATTERISTICHE FISICHE |
| 1 | 1.0 - 1.5 m | 200-800 m/s | 180 m/s | Areato superficiale | poco addensato |
| 2 | 1.0- 2.0 m | 800-1400 m/s | 390 m/s | Materiale granulare prevalente | da addensato a molto addensato |
| 3 | 3.5 - 5.0 m | 1400-2000 m/s | 570 m/s | | |
| 4 | 8.0 m | >2000 m/s | 720 m/s | Substrato geologico | poco alterato |
| 5 | n.d | n.d | 920 m/s | | inalterato |

3.2 Elaborazione prove sismica passiva

L'area di progetto, durante la fase di acquisizione, presentava alcuni rumori ambientali di fondo (seismic noise) di origine antropica. In fase di elaborazione, sono state quindi selezionate solamente le finestre temporali che presentavano il minor disturbo, utilizzando finestre di campionamento con durata di 30 s.

Di seguito vengono riportati i Processing Data e i risultati dell'elaborazione delle stazioni HV_01, HV_02

| Name of the survey | Location | Sampling frequency | Trace length | Date | Start of the test | End of test |
|--------------------|----------------------|--------------------|--------------|------------|-------------------|----------------|
| HV_01 | Agro di Guspini (SU) | 200 Hz | 20 min | 27/01/2024 | 13 h 51 m 55 s | 14 h 11 m 55 s |
| HV_02 | Agro di Guspini (SU) | 200 Hz | 20 min | 27/01/2024 | 15 h 28 m 45 s | 15 h 48 m 45 s |

Tab. 3.2/A Caratteristiche dell'acquisizione

| Name of the survey | Window length | Smoothing windows | Costante | Range of frequency analysed |
|--------------------|---------------|--------------------|----------|-----------------------------|
| HV_01 | 20 s | Triangular windows | 25 | 0.0 / 35.0 Hz |
| HV_02 | 20 s | Triangular windows | 25 | 0.0 / 35.0 Hz |

Tab. 3.2/B Analisi e trattazione del segnale

L'elaborazione dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e del moto verticale ha permesso quindi di individuare la frequenza principale di risonanza del sito e quelle secondarie, riferite alla stazione di misura installata:

| Name of the survey | f ₀ (Peak value) | Standard deviation of f ₀ | A ₀ (H/V peak amplitude at f ₀) | Standard deviation of peak amplitude |
|--------------------|--------------------------------|---|---|---|
| HV_01 | 0.59 Hz | +/- 0.67Hz | 2.56 | 0.3437 |
| HV_02 | 2.29 Hz | +/- 0.76 Hz | 2.72 | 0.3079 |

Tab. 3.2/C Frequenze ed ampiezze di amplificazione

In base ai dati sopra riportati è stata infine valutata l'affidabilità delle curve ricavate e dei relativi picchi, verificando la corrispondenza con i criteri riportati nelle linee guida del progetto SESAME:

Picco H/V a 0.59 ± 0.67 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

| | | | |
|--|------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.59 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $410.2 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 19 | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

| | | | |
|--|---------------------|----|----|
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | | NO |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | | | NO |
| $A_0 > 2$ | $2.56 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 1.14026 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.66812 < 0.08789$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3437 < 2.0$ | OK | |

Tab. 3.2/D Criteri SESAME acquisizione HV_01

Picco H/V a 2.29 ± 0.76 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

| | | | |
|--|------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $2.29 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $1881.8 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 72 | OK | |

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

| | | | |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.684 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | | | NO |
| $A_0 > 2$ | $2.72 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.33132 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.76035 < 0.11475$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3079 < 1.58$ | OK | |

Tab. 3.2/E Criteri SESAME acquisizione HV_02

La verifica dell'acquisizione secondo i criteri SESAME mostra quindi quanto segue:

Entrambe le stazioni HV_01 e HV_02, evidenziano un'ottima affidabilità della curva HVSR e mostrano una mediocre chiarezza statistica dei picchi, essendo stati verificati rispettivamente due e tre dei sei criteri Sesame.

4. INDAGINI PENETROMETRICHE

L'attrezzatura impiegata per l'esecuzione delle indagini è un penetrometro dinamico superpesante auto-
semovente prodotto dalla ditta Geo Deep Drill e contraddistinto dalla sigla DPSH63M.

L'impianto consente la realizzazione di prove dinamiche DPSH-B, in conformità alla norma tecnica EN ISO
22476-2:2005/Amd 1:2011 e secondo lo standard ISSMFE con le seguenti specifiche di configurazione:

- Massa del maglio (kg) 63,5
- Altezza caduta (cm) 75,0
- Lunghezza aste (m) 1,0
- Massa aste (kg/m) 6,2
- Diametro aste (mm) 32
- Diametro base punta conica (mm) 51
- Angolo apertura punta conica (°) 90
- Penetrazione standard (cm) 20,0

Sono state quindi eseguite n°4 prove penetrometriche come illustrato nella tabella seguente:

| PROVA | Tipologia | Profondità raggiunta da p.c. (m) | Rifiuto | Profondità falda | Chiusura foro |
|--------------|-----------|-------------------------------------|---------|---------------------|---------------|
| PD_01 | DPSH | 1.6 | SI | n.d | n.d |
| PD_02 | DPSH | 1.2 | SI | n.d | n.d |
| PD_03 | DPSH | 1.2 | SI | n.d | n.d |
| PD_04 | DPSH | 1.2 | SI | n.d | n.d |

I tabulati della prova e i diagrammi vengono riportati nei certificati di prova in Tav. 5, mentre le elaborazioni e
i metodi di calcolo dei parametri geotecnici sono riportati all'interno della Relazione Geologico-Tecnica.

Si ricorda che l'elaborazione geotecnica rimane comunque un modello interpretativo soggettivo proposto
dallo scrivente e che per tale motivo si rimanda al geologo progettista l'interpretazione ed elaborazione finale
dei dati acquisiti.

5. 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.

5.1 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 di sopra del substrato sismico (con $V_{s,i} > 800$ m/s), fino ad un H massimo di 30 m (V_{s30}).

L'indagine sismica ha permesso quindi di ricostruire il seguente profilo sismostratigrafico necessario per il calcolo delle $V_{s,eq}$:

| PROFILO MASW SM_01 | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (h_i) | VELOCITA' media ($V_{s,i}$) |
| 1 | 1.00 m | 140 m/s |
| 2 | 3.00 m | 330 m/s |
| 3 | 3.00 m | 580 m/s |
| 4 | 4.90 m | 750 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

| PROFILO MASW SM_02 | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITA 'media (Vs) |
| 1 | 0.90 m | 150 m/s |
| 2 | 2.60 m | 380 m/s |
| 3 | 2.80 m | 580 m/s |
| 4 | 5.80 m | 750 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

| PROFILO MASW SM_03 | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITA 'media (Vs) |
| 1 | 0.90 m | 180 m/s |
| 2 | 2.50 m | 393 m/s |
| 3 | 4.00 m | 631 m/s |
| 4 | 6.50 m | 748 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

| PROFILO MASW SM_04 | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| STRATO | SPESSORE medio (hi) | VELOCITA 'media (Vs) |
| 1 | 0.90 m | 180 m/s |
| 2 | 1.50 m | 390 m/s |
| 3 | 4.00 m | 570 m/s |
| 4 | 7.80 m | 720 m/s |
| 5 | n.d. | >800 m/s |

Dai dati sopra elencati si evince la presenza 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:

PROFILO SM_01 $V_{s,eq}(11.9m) = 426$ m/s

PROFILO SM_02 $V_{s,eq}(12.1m) = 476$ m/s

PROFILO SM_03 $V_{s,eq}(13.9m) = 527$ m/s

PROFILO SM_04 $V_{s,eq}(14.2m) = 532$ m/s

Pertanto, sulla base di questo valore e secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile assegnare ai terreni 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, febbraio 2024

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol. Stefano Bellaveglia



The image shows a handwritten signature in black ink over a rectangular stamp. The stamp contains the text 'GEOFISICA SARDEGNA SRLS' in a bold, sans-serif font. The signature is written in a cursive style and appears to read 'Stefano Bellaveglia'.

**COMUNE DI
GUSPINI**

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE
DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

OGGETTO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI
Foto satellitare

TAVOLA N°

1

SCALA

-

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

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

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano

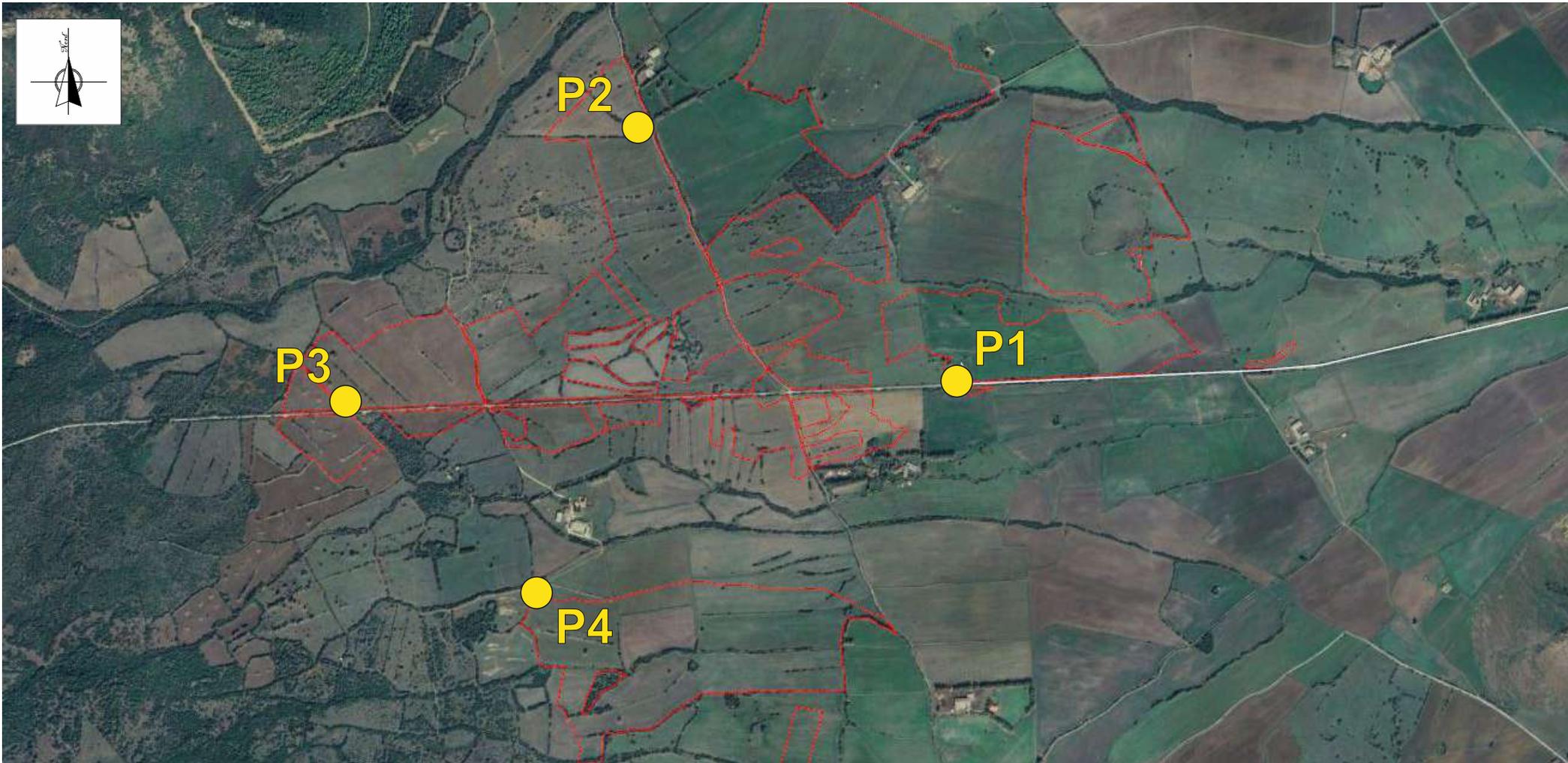


TAVOLA 1 - UBICAZIONE INDAGINI - PUNTI DI INDAGINE

LEGENDA

P1



PUNTO D'INDAGINE

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
 DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP
 E
 POTENZA IN IMMISSIONE DI 97,4 MWAC
 DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)



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

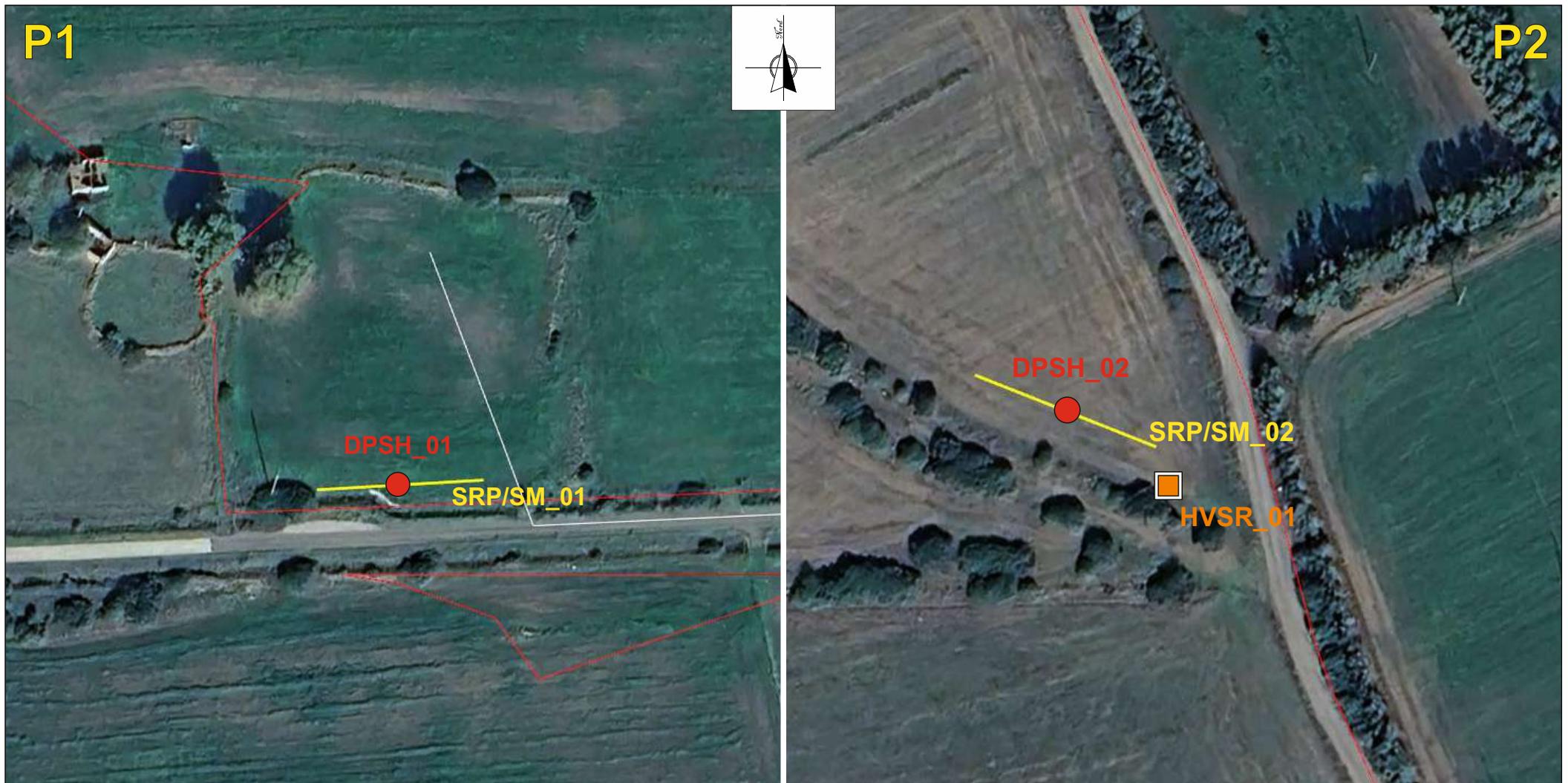


TAVOLA 2a - UBICAZIONE INDAGINI - PUNTI DI INDAGINE

LEGENDA

- **DPSH_01** Prova penetrometrica dinamica
- **HVSR_01** Sismica passiva
- / **SRP/SM_01** Indagine Sismica

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
 DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP
 E
 POTENZA IN IMMISSIONE DI 97,4 MWAC
 DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)



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

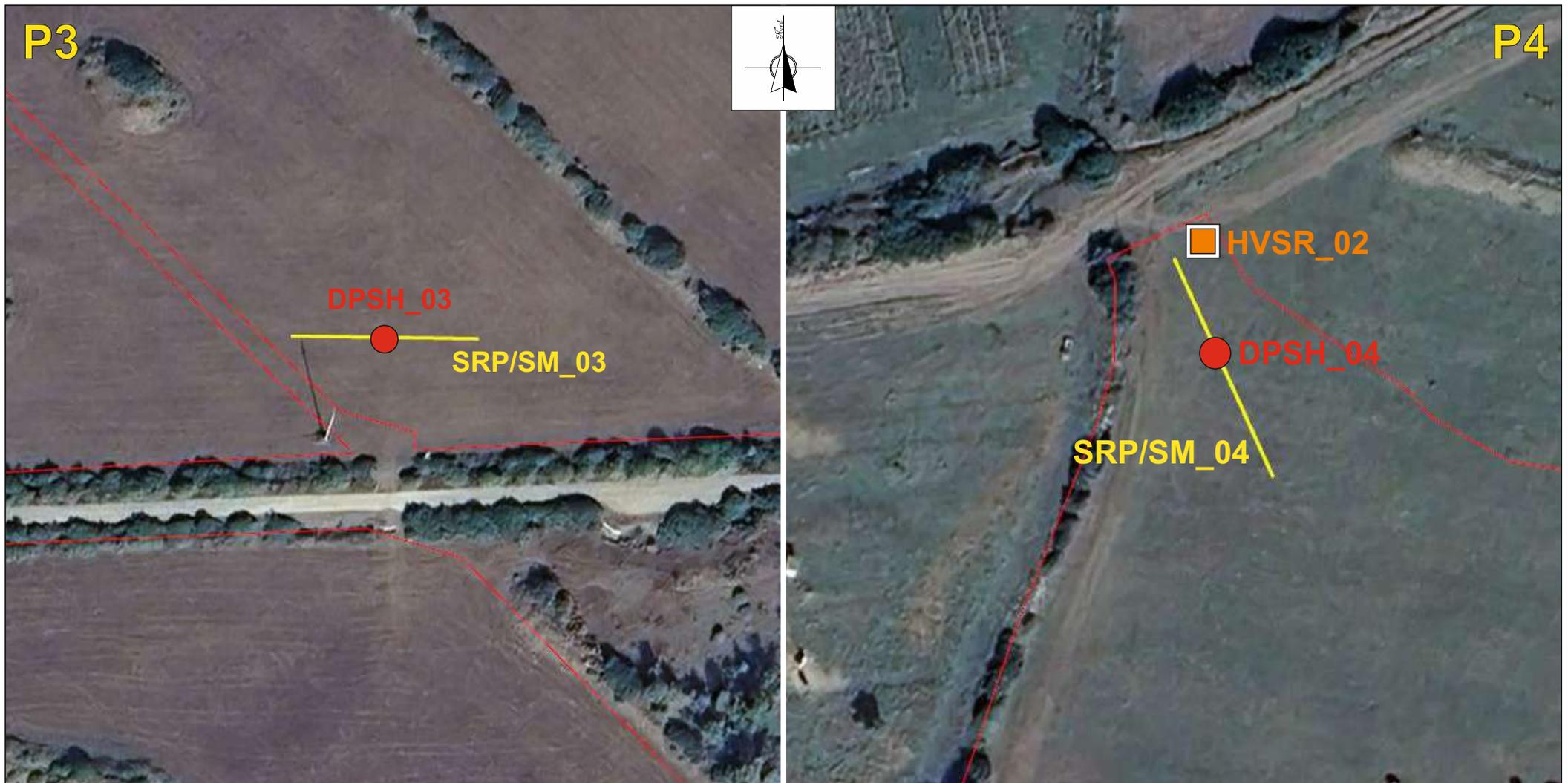


TAVOLA 2b - UBICAZIONE INDAGINI - PUNTI DI INDAGINE

LEGENDA

- **DPSH_01** Prova penetrometrica dinamica
- **HVSR_01** Sismica passiva
- / **SRP/SM_01** Indagine Sismica

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
 DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP
 E
 POTENZA IN IMMISSIONE DI 97,4 MWAC
 DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)



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

**COMUNE DI
GUSPINI**

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE
DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI SISMICA A RIFRAZIONE

TAVOLA N°

2

N° PROFILI

4

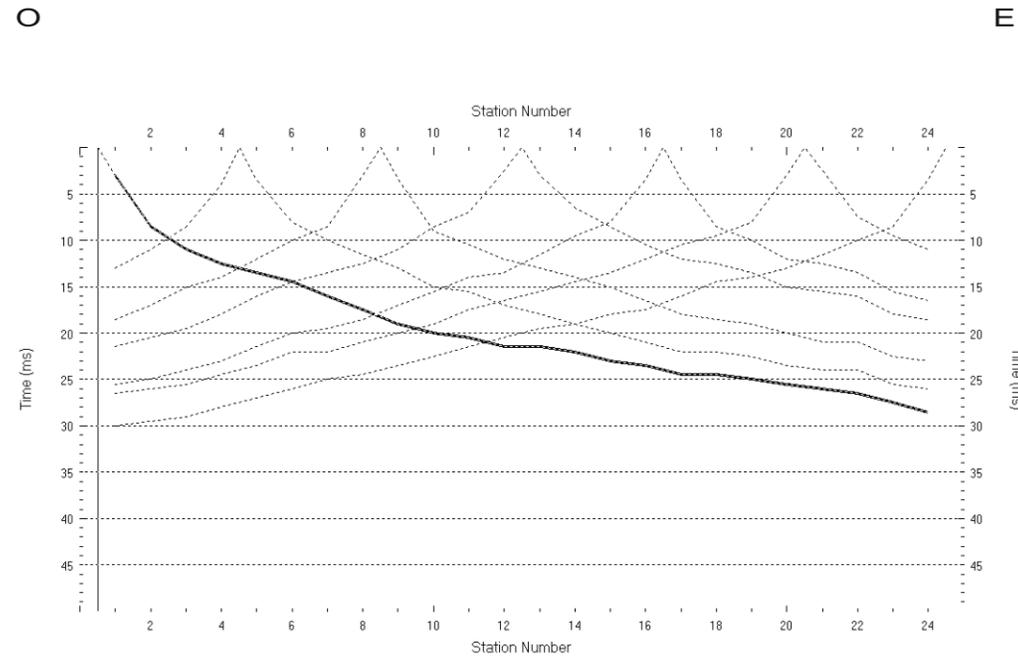
GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

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

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano

SISMOGRAMMI



Codice Certificato di prova: GS_01_2024_SRP_01

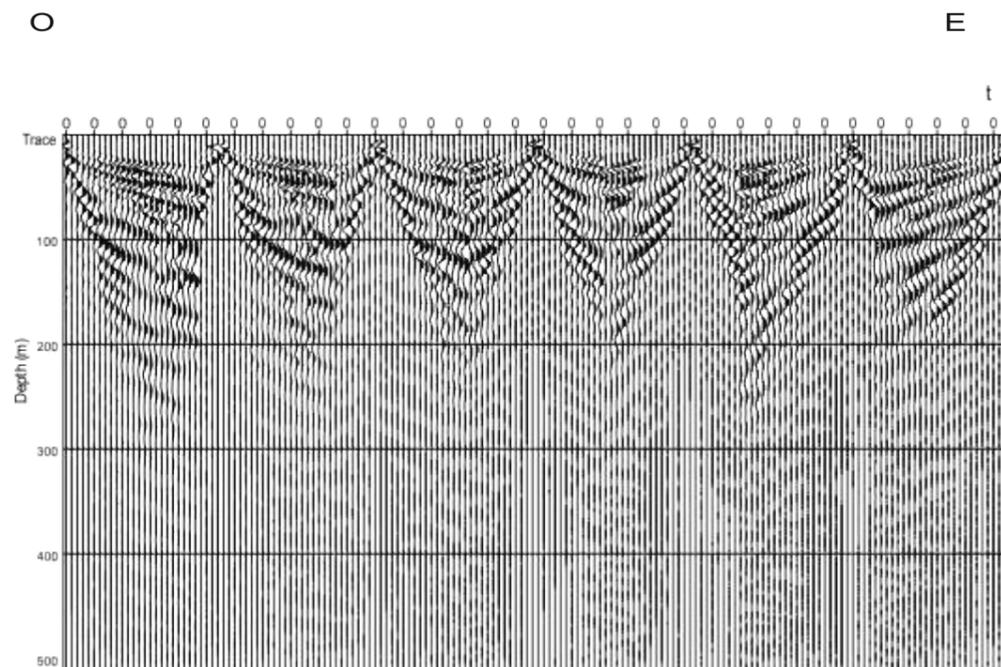
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 - Località: Agro di Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

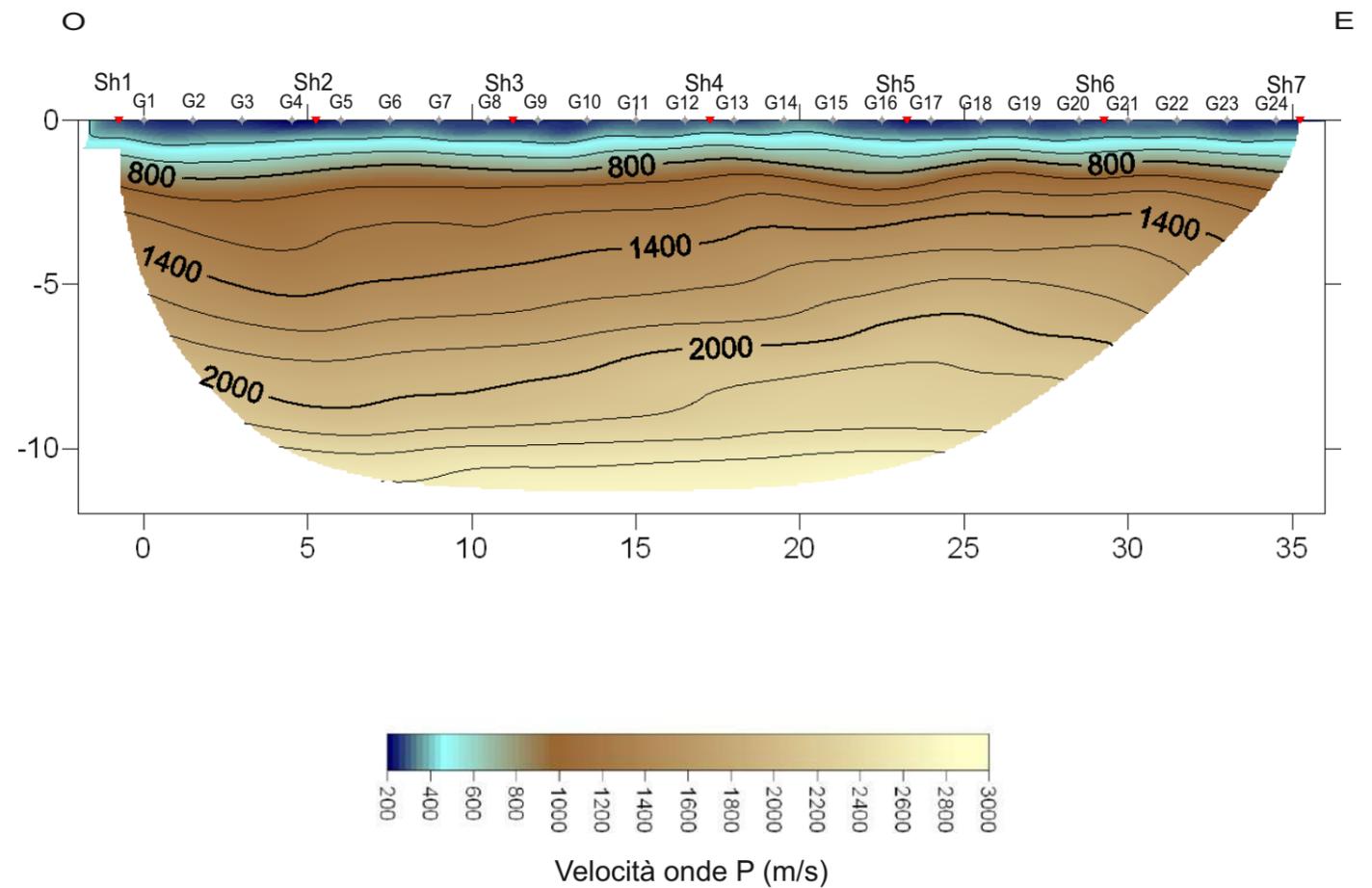
| | |
|-----------------------------------|--|
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 36.0 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | O - E |
| Coordinate estremi (WGS UTM 32 N) | Sh1: N 4386366; E 465173 Sh7: N 4386368; E 465211 |
| Durata acquisizione | 1 s |
| Tempo di campionamento | 0.250 ms |



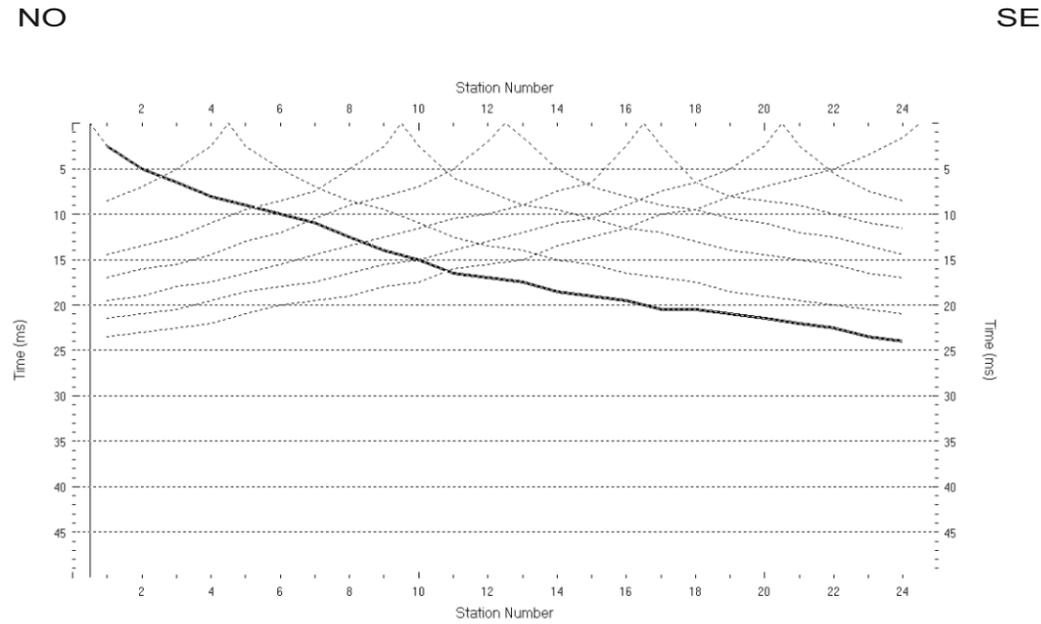
DROMOCRONE



PROFILO SISMICO 2D



SISMOGRAMMI

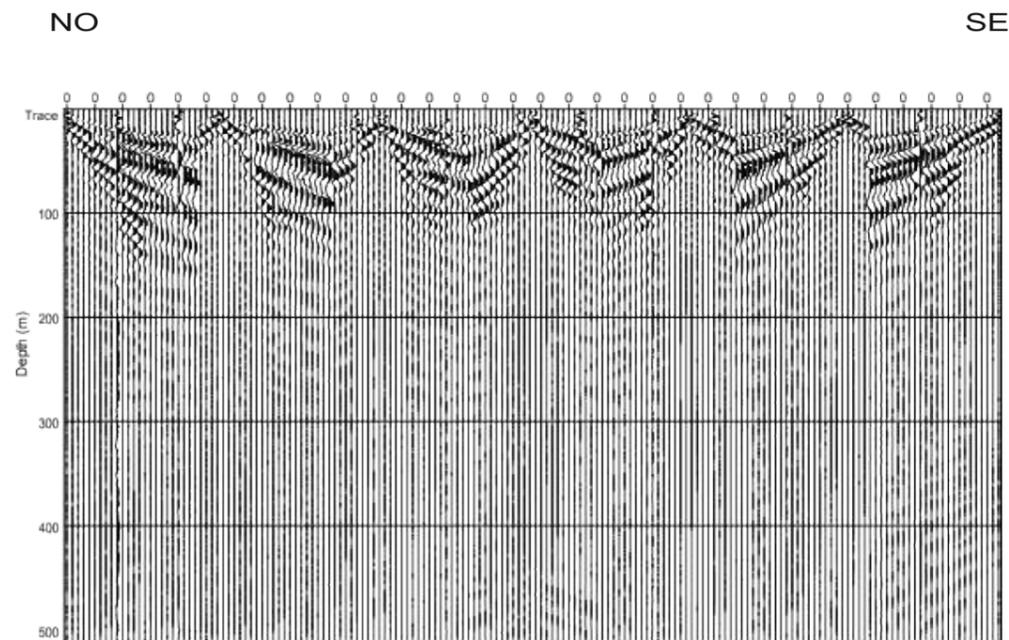


Codice Certificato di prova: GS_01_2024_SRP_02
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 - Località: Agro di Guspini (SU)

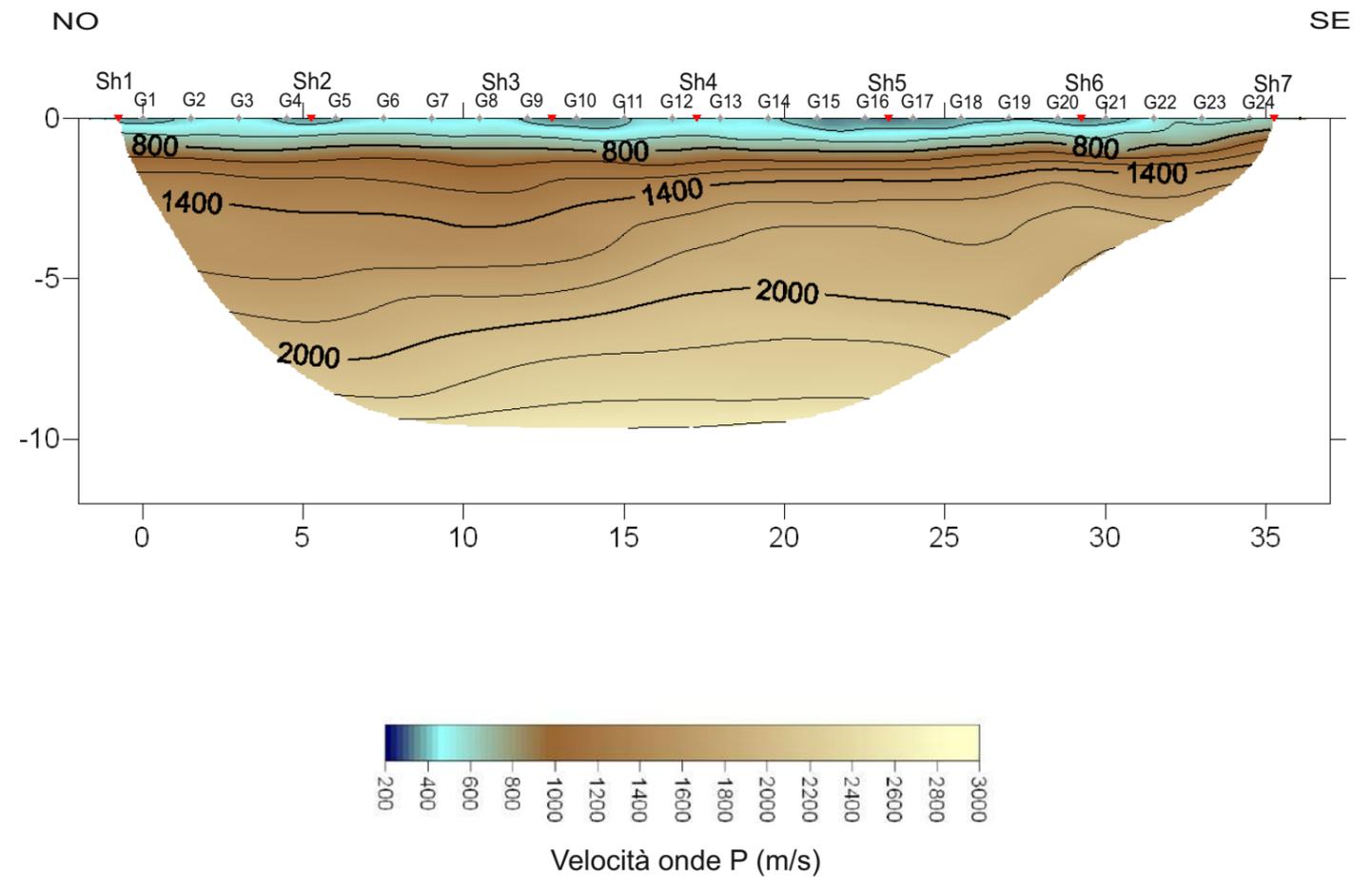
| SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE | |
|-------------------------------------|--|
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 36.0 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | NO - SE |
| Coordinate estremi (WGS UTM 32 N) | Sh1: N 4387086; E 464282 Sh7: N 4387070; E 464315 |
| Durata acquisizione | 1 s |
| Tempo di campionamento | 0.250 ms |



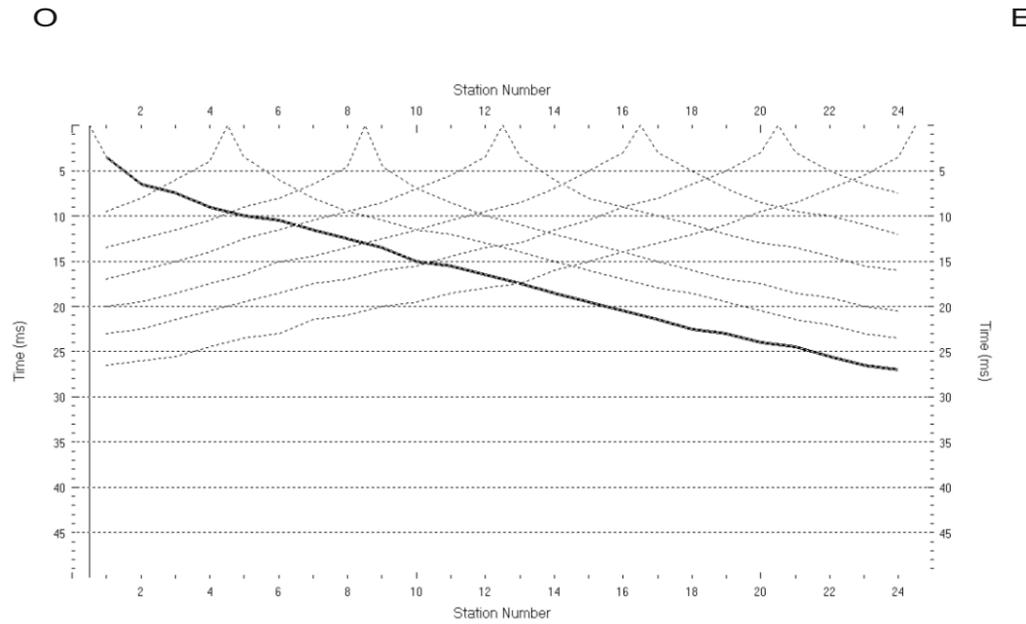
DROMOCRONE



PROFILO SISMICO 2D



SISMOGRAMMI



Codice Certificato di prova: GS_01_2024_SRP_03

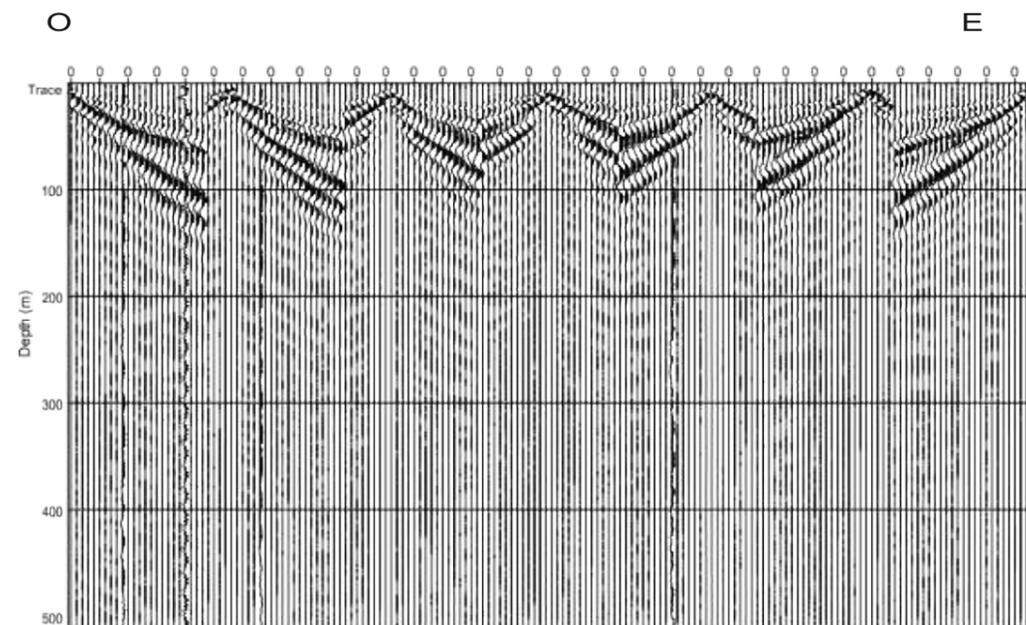
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 - Località: Agro di Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

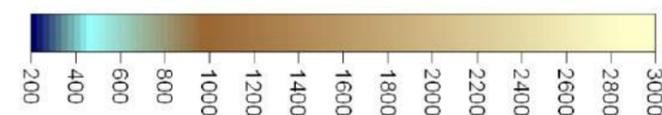
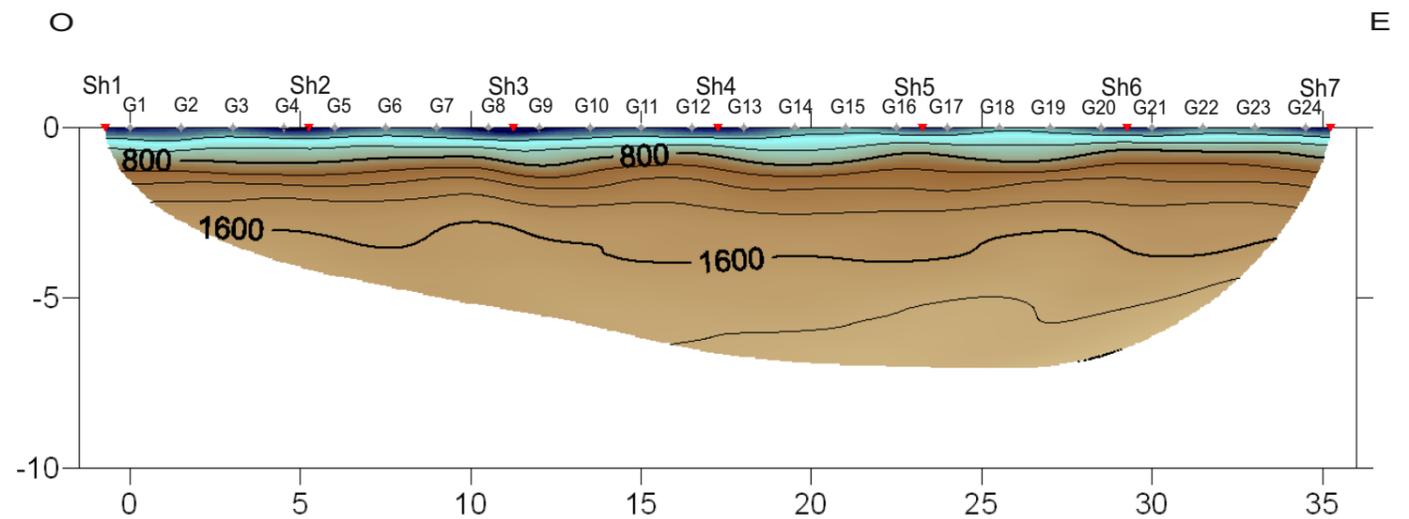
| | |
|-----------------------------------|--|
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 36.0 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | O - E |
| Coordinate estremi (WGS UTM 32 N) | Sh1: N 4386314; E 463462 Sh7: N 4386314; E 463498 |
| Durata acquisizione | 1 s |
| Tempo di campionamento | 0.250 ms |



DROMOCRONE



PROFILO SISMICO 2D

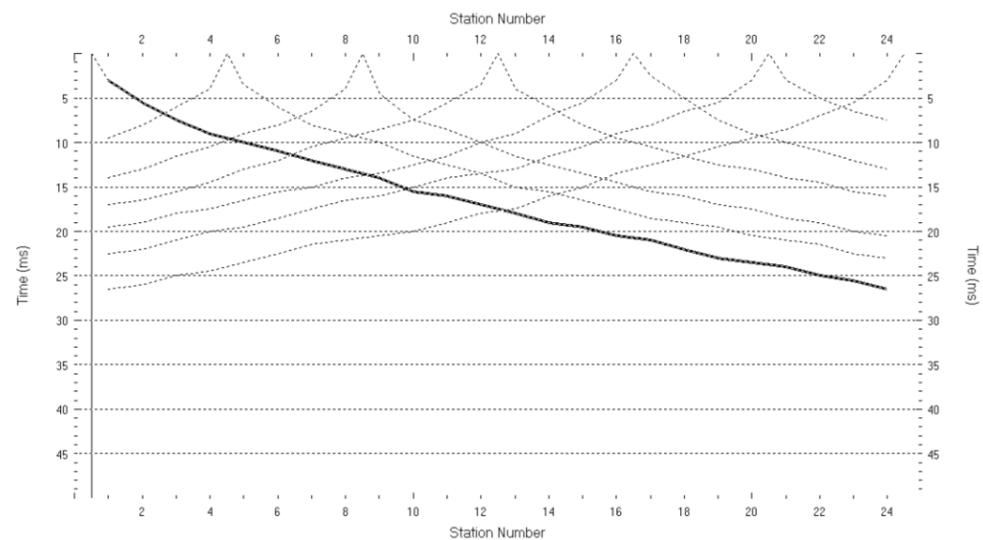


Velocità onde P (m/s)

SISMOGRAMMI

NNO

SSE



Codice Certificato di prova: **GS_01_2024_SRP_04**

Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 - Località: Agro di Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

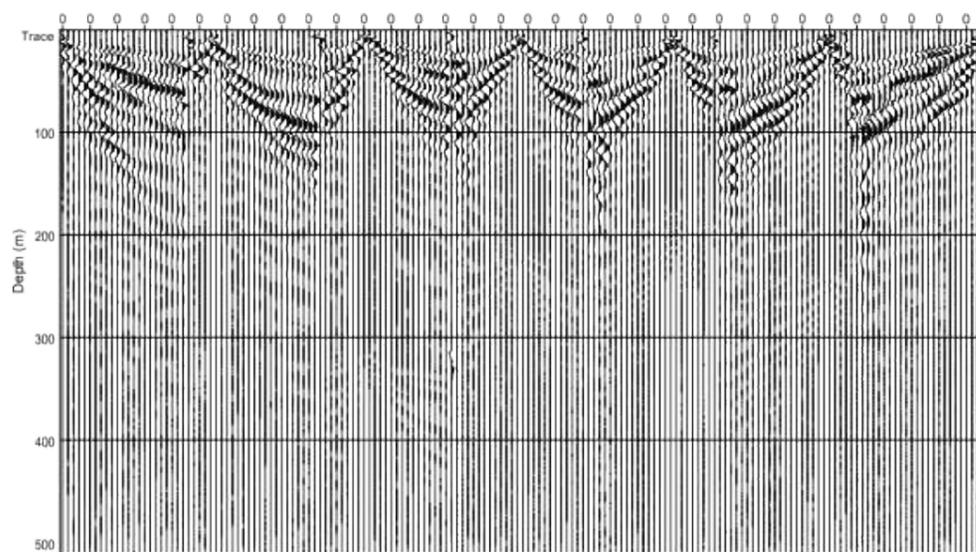
| | |
|-----------------------------------|--|
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 36.0 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | NNO - SSE |
| Coordinate estremi (WGS UTM 32 N) | Sh1: N 4385796; E 464010 Sh7: N 4385765; E 464028 |
| Durata acquisizione | 1 s |
| Tempo di campionamento | 0.250 ms |



DROMOCRONE

NNO

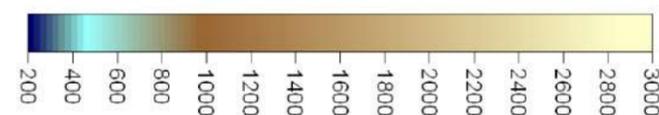
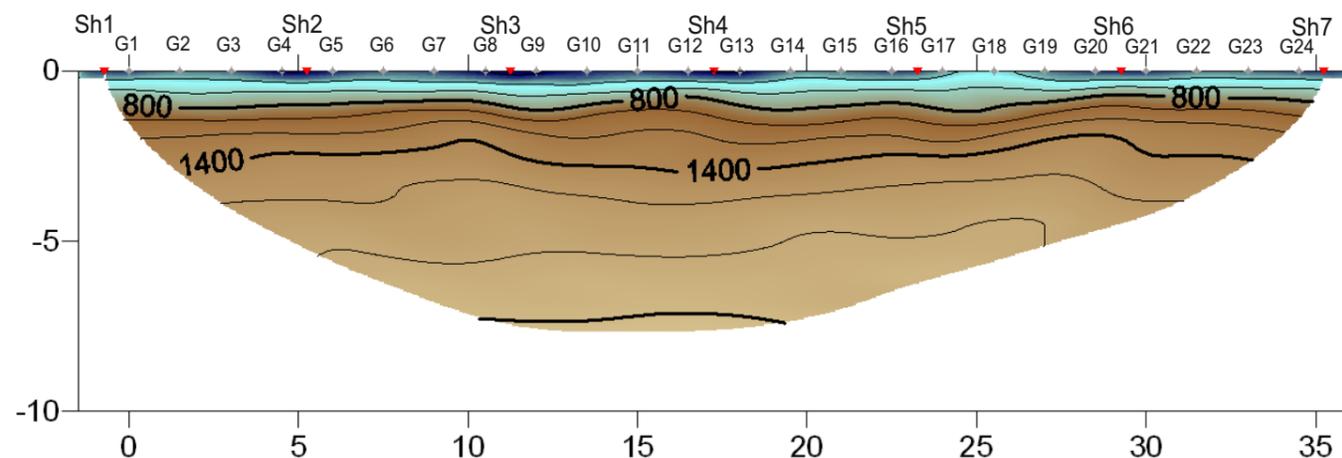
SSE



PROFILO SISMICO 2D

NNO

SSE



Velocità onde P (m/s)

**COMUNE DI
GUSPINI**

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE
DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI MASW

TAVOLA N°

3

N° PROFILI

4

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

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

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano



CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE SISMICA MASW

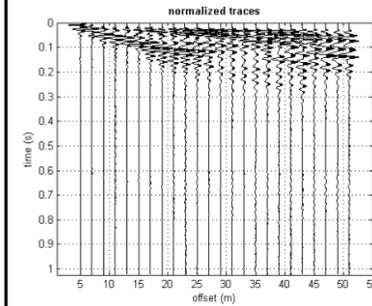
GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche e ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305
email: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it

Codice Certificato di prova: **GS_01_2024_SM_01**
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 -
Località: Agro di Guspini (SU)

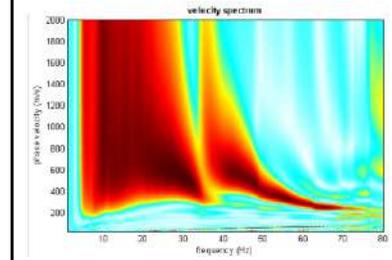


| SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE | |
|-------------------------------------|--|
| Profilo | SM_01 |
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 34.5 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | O - E |
| Coordinate estremi (WGS 84 UTM 32N) | Sh1: N 4386366; E 465173 Sh7: N 4386368; E 465211 |
| 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: -73.0768 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -63.941 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -65.6484 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -62.1888 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -61.3609 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -53.5907 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -70.2893 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -69.633 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -61.2928 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -65.0052 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -64.6109 | -5.52809 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -65.6701 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -73.3094 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -75.1303 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -65.2553 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -88.9662 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -95.8193 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -113.8696 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -74.7485 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -71.6456 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -59.061 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -56.7576 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -73.7121 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -51.9447 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -47.0087 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -51.8527 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -50.5169 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -47.3639 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -63.1286 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -72.1871 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -65.4654 | -5.49054 |

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

| | |
|---|----------|
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -99.2358 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -81.5299 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -63.6134 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -64.4673 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -63.1988 | -5.49054 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -65.9985 | -5.49054 |

Modello Medio

VS (m/s): 140 330 580 750 850
Spessore (m): 1.0 3.0 3.0 4.9

Fundamental mode

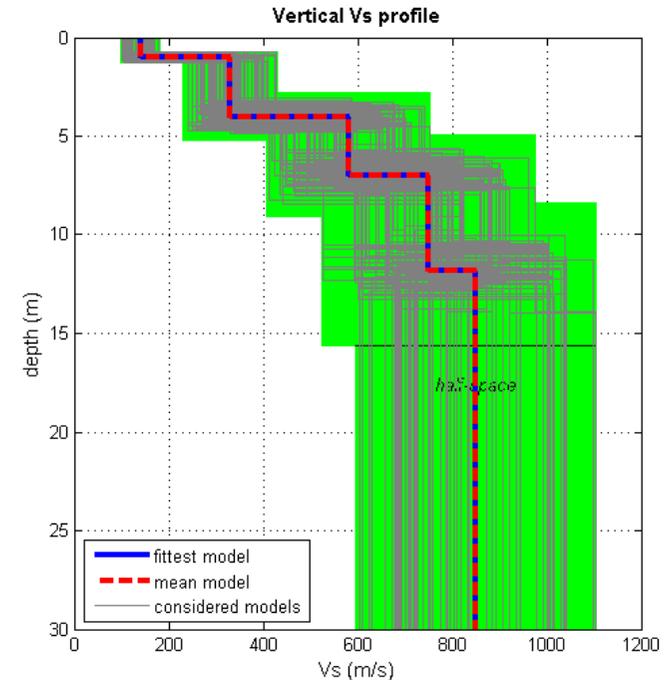
| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 8.03878 | 734.1854 | |
| 11.5168 | 707.8665 | |
| 15.4916 | 669.2652 | |
| 22.4476 | 567.6516 | |
| 29.4036 | 437.3877 | |
| 37.6845 | 315.9064 | |
| 51.9277 | 251.1847 | |
| 73.2925 | 155.1714 | |

First higher mode

| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 22.4476 | 762.8401 | |
| 25.5943 | 663.5641 | |
| 31.391 | 516.032 | |

winMASW Pro
Surface Wave Analysis
www.eliosoft.it

PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs.eq (Vs11.9) = 426 m/s





CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE SISMICA MASW

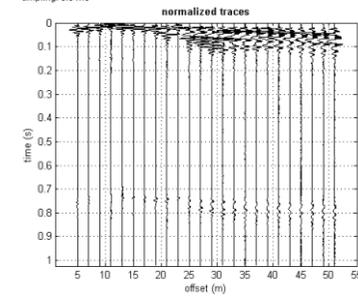
GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche e ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305
email: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it

Codice Certificato di prova: **GS_01_2024_SM_02**
Committente: ICA REN FOR S.r.l.- Data Esecuzione: 27/01/2024 -
Località: Agro di Guspini (SU)

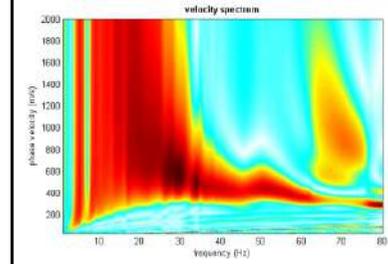
| SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE | |
|-------------------------------------|--|
| Profilo | SM_02 |
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 34.5 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | NO - SE |
| Coordinate estremi (WGS 84 UTM 32N) | Sh1: N 4387086; E 464282 Sh7: N 4387070; E 464315 |
| 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: -63.9974 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -49.1201 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -48.7217 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -56.6851 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -55.0422 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -59.0613 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -58.5614 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -59.5773 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -57.4607 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -61.0427 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -59.6466 | -6.45429 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -51.7545 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -54.1981 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -58.7898 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -59.6737 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -70.2158 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -66.5951 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -64.6939 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -57.7725 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -60.5431 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -61.5593 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -66.7591 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -64.9693 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -66.8514 | -6.38214 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -64.093 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -63.6202 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -60.4308 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -50.2751 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -52.7311 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -52.958 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -50.4843 | -5.42945 |

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

| | |
|---|----------|
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -79.6046 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -79.7202 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -75.1416 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -56.8077 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -56.1802 | -5.42945 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -52.726 | -5.42945 |

Modello Medio

VS (m/s): 150 380 580 750 850
Spessore (m): 0.9 2.6 2.8 5.8

Fundamental mode

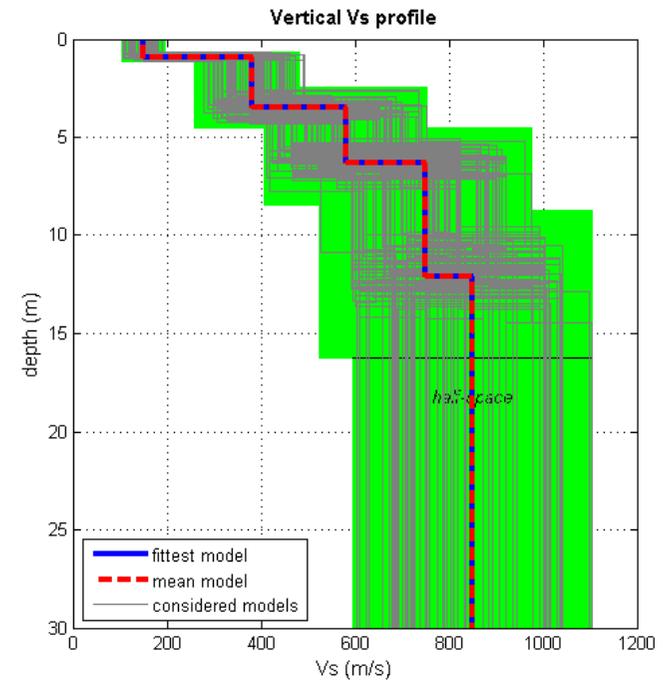
| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 9.34906 | 732.6929 | |
| 13.5545 | 705.8542 | |
| 19.3679 | 662.7947 | |
| 25.4287 | 596.5575 | |
| 30.8711 | 510.9898 | |
| 37.674 | 429.7002 | |
| 47.6929 | 360.1786 | |
| 53.8774 | 313.7811 | |

First higher mode

| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 25.6761 | 813.79 | |
| 29.6342 | 707.7658 | |
| 31.4895 | 665.8737 | |
| 37.4266 | 561.4072 | |
| 43.8585 | 483.1395 | |
| 51.8983 | 422.5557 | |
| 58.8249 | 396.1429 | |

winMASW Pro
Surface Wave Analysis
www.eliosoft.it

PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs.eq (Vs12.1) = 476 m/s

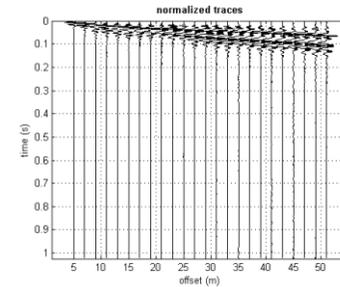


Codice Certificato di prova: GS_01_2024_SM_03
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 -
Località: Agro di Guspini (SU)

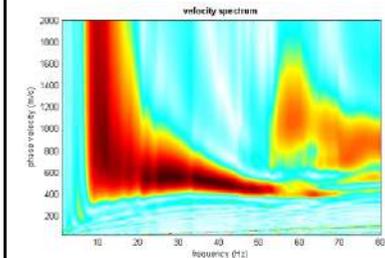
| SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE | |
|-------------------------------------|--|
| Profilo | SM_03 |
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 34.5 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | O - E |
| Coordinate estremi (WGS 84 UTM 32N) | Sh1: N 4386314; E 463462 Sh7: N 4386314; E 463498 |
| 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: -51.2239 -10.7351 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -46.3412 -10.7351 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -46.4848 -10.7351 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -44.7233 -8.52544 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -41.4985 -8.52544 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -38.7512 -8.52544 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -38.3024 -7.80983 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -32.9887 -7.80983 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -36.4604 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -34.954 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -34.354 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -41.6534 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -37.6933 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -40.8171 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -43.8254 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -50.6563 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -50.9639 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -52.1033 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -40.3808 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -42.5515 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -41.5293 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -49.218 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -51.875 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -51.1139 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -43.7043 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -45.3465 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -47.718 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -42.5959 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -43.6892 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -46.6382 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -48.5967 -6.3331 |

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

| |
|---|
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -60.9765 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -56.446 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -55.9704 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -54.3172 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -39.911 -6.3331 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -45.0473 -6.3331 |

Modello Medio

VS (m/s): 180 393 631 748 870
Spessore (m): 0.9 2.5 4.0 6.5

Fundamental mode

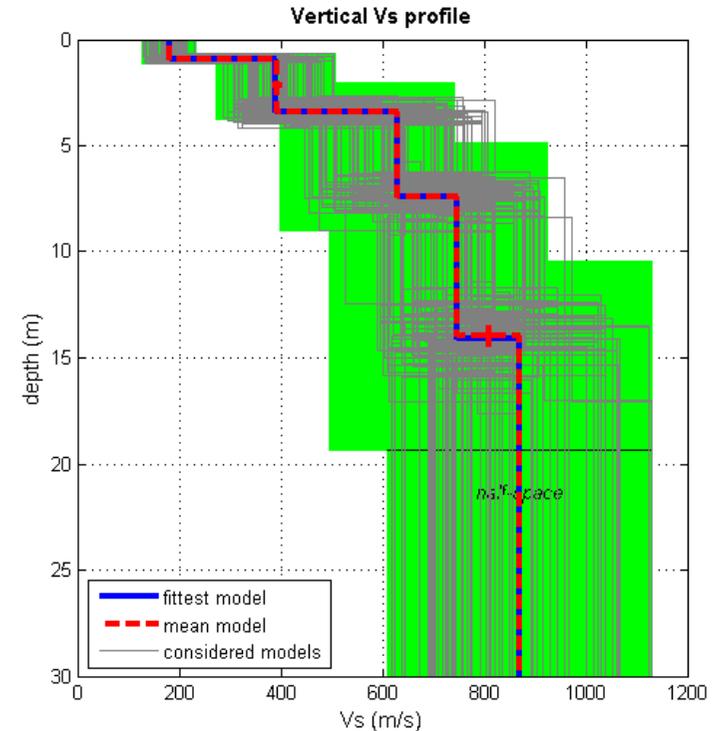
| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 9.03249 | 752.9068 | |
| 11.3512 | 738.4879 | |
| 14.4979 | 715.1702 | |
| 17.479 | 688.315 | |
| 22.7788 | 633.1352 | |
| 31.0597 | 550.8278 | |
| 39.0094 | 477.0269 | |
| 49.7746 | 388.3844 | |

First higher mode

| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 57.8899 | 470.8897 | |
| 68.4895 | 405.232 | |

winMASW Pro
Surface Wave Analysis
www.eliosoft.it

PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs.eq (Vs13.9) = 527 m/s





CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE SISMICA MASW

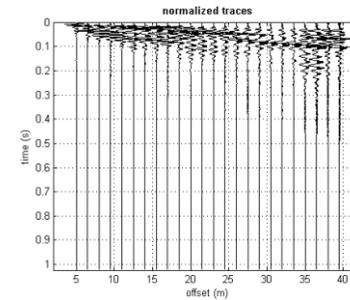
GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche e ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305
email: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it

Codice Certificato di prova: **GS_01_2024_SM_04**
Committente: ICA REN FOR S.r.l.- Data Esecuzione: 27/01/2024 -
Località: Agro di Guspini (SU)

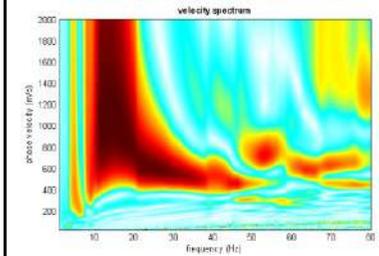


| SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE | |
|-------------------------------------|--|
| Profilo | SM_04 |
| Tipo geofoni | verticali |
| Frequenza geofoni | 4.5 Hz |
| N° geofoni | 24 |
| N° scoppi | 7 |
| Lunghezza stendimento | 34.5 m |
| Distanza intergeofonica | 1.5 m |
| Orientazione stendimento | NNO - SSE |
| Coordinate estremi (WGS 84 UTM 32N) | Sh1: N 4385796; E 464010 Sh7: N 4385765; E 464028 |
| 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: -65.2318 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -55.994 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -60.8741 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -50.0868 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -56.9813 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -57.6873 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -48.0989 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -58.5845 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -62.8264 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -55.7267 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -66.195 | -3.86697 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -48.077 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -57.0326 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -60.4502 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -66.5585 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -60.3604 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -70.9592 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -49.9829 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -44.9939 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -61.2051 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -51.3283 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -49.5452 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -59.8595 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -77.4754 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -49.881 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -58.7439 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -50.8784 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -46.1797 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -63.5184 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -46.4428 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -63.268 | -3.34035 |

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

| | |
|---|----------|
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -67.7159 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -56.4951 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -49.2725 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -65.8568 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -45.9508 | -3.34035 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -81.7507 | -3.34035 |

Modello Medio

VS (m/s): 180 390 570 720 920
Spessore (m): 0.9 1.5 4.0 7.8

Fundamental mode

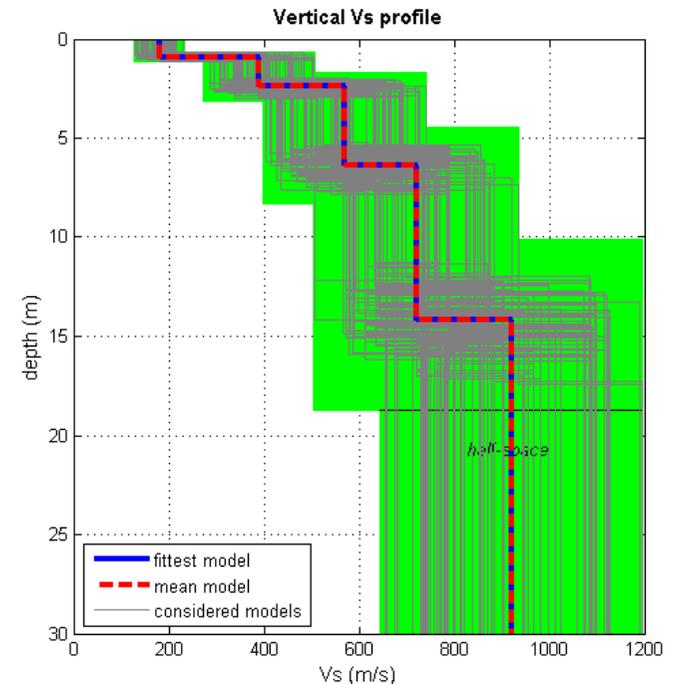
| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 9.34906 | 732.6929 | |
| 13.5545 | 705.8542 | |
| 19.3679 | 662.7947 | |
| 25.4287 | 596.5575 | |
| 30.8711 | 510.9898 | |
| 37.674 | 429.7002 | |
| 47.6929 | 360.1786 | |
| 53.8774 | 313.7811 | |

First higher mode

| Mean model | f(Hz) | VR(m/s) |
|------------|----------|---------|
| 25.6761 | 813.79 | |
| 29.6342 | 707.7658 | |
| 31.4895 | 665.8737 | |
| 37.4266 | 561.4072 | |
| 43.8585 | 483.1395 | |
| 51.8983 | 422.5557 | |
| 58.8249 | 396.1429 | |

winMASW Pro
Surface Wave Analysis
www.eliosoft.it

PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs.eq (Vs14.2) = 532 m/s



**COMUNE DI
GUSPINI**

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE
DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI HVSR

TAVOLA N°

4

N° STAZIONI

2

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

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

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano



CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE SISMICA HVSR

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche e ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 347 5238011 - 320 5712144 - 339 2349655 - 349 5858305
email: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it

Codice Certificato di prova: GS_01_2024_HV_01
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 - Località: Agro di Guspini (SU)

CURVA H/V SPERIMENTALE

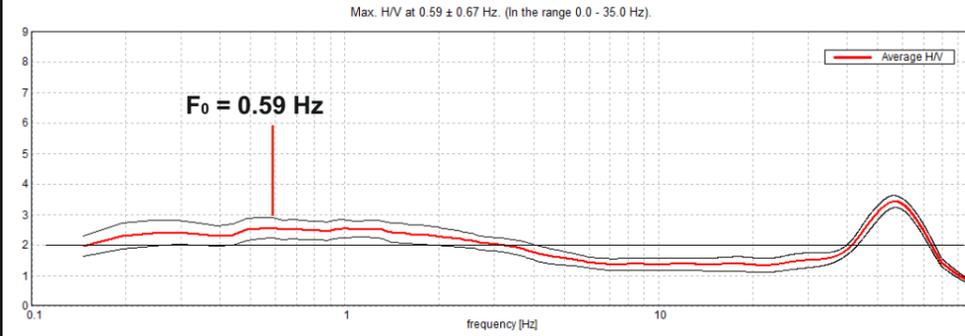


TABELLA RIASSUNTIVA

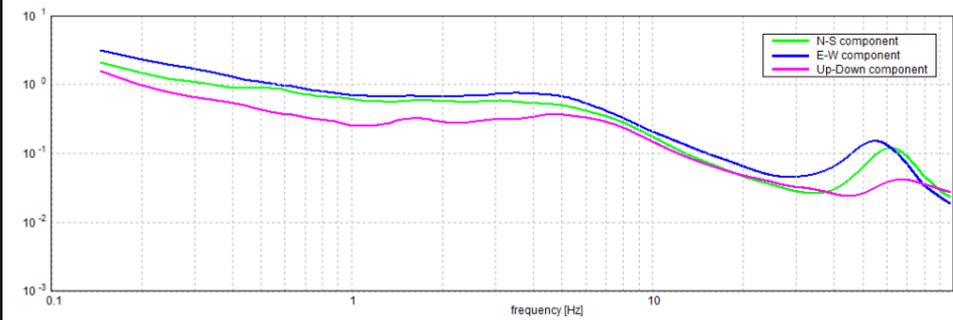
| SPECIFICHE TECNICHE DI ELABORAZIONE | |
|-------------------------------------|------------------|
| Lunghezza finestra | 20 s |
| Tipo di lisciamento | triangolare |
| Lisciamento | 25% |
| Intervallo frequenze analizzate | 0.0 - 35.0 Hz |
| Picco | 0.59 +/- 0.67 Hz |
| Ampiezza | 2.56 |

TABELLA CAMPAGNA

| | | |
|---|--|---|
| RIFERIMENTO ARCHIVIO: GS_01_24 | SITO: Agro d Guspini (SU) | ORA: 13:51:55 - 14:11:55 |
| OPERATORE: Dott. Geol. Riccardo M. Bistocchi | | GPS - Sistema di rif.: Nome GPS - WGS84 |
| LATITUDINE: 39.632573° | LONGITUDINE: 8.584223° | ALTITUDINE: 76 m s.l.m. |
| TIPO DI STAZIONE Sismografo digitale triassiale SR04-GEOBOX 45 (SARA s.r.l.) | TIPO DI SENSORE Velocimetri Hs1 - Geospace Technology | NOTE VARIE: |
| STAZIONE n. 1 | SENSORI n. 3 | |
| NOME DEL FILE: hv_01_guspini | | PUNTO: HV_01 |
| FREQUENZA DI CAMP. (Hz): 200 | INTERVALLO DI CAMP. (ms): 5 | DURATA ACQUISIZIONE (s): 1200 |
| CONDIZIONI METEO | VENTO <input type="checkbox"/> assente <input checked="" type="checkbox"/> debole <5 m/s <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte | |
| | PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte | |
| | Temperatura (°C): 10 | Note: |
| TIPO SUOLO | <input type="checkbox"/> argilla <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba = (bassa / alta) | |
| | <input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> pavimentazione altro | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato | NOTE: |
| ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo | | |
| PRESENZA EDIFICI <input checked="" type="checkbox"/> nessuno <input type="checkbox"/> rari <input type="checkbox"/> molti altro, tipo | | |
| TRANSIENTI | nessuno <input checked="" type="checkbox"/> pochi <input type="checkbox"/> medi <input type="checkbox"/> molti <input type="checkbox"/> moltissimi | direzione / distanza (mt.) |
| | auto <input checked="" type="checkbox"/> camion <input checked="" type="checkbox"/> pedoni <input checked="" type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> | 10 mt |
| STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) Descrizione, altezza e distanza: | | |
| OSSERVAZIONI: | | CLASSE DI QUALITÀ: |



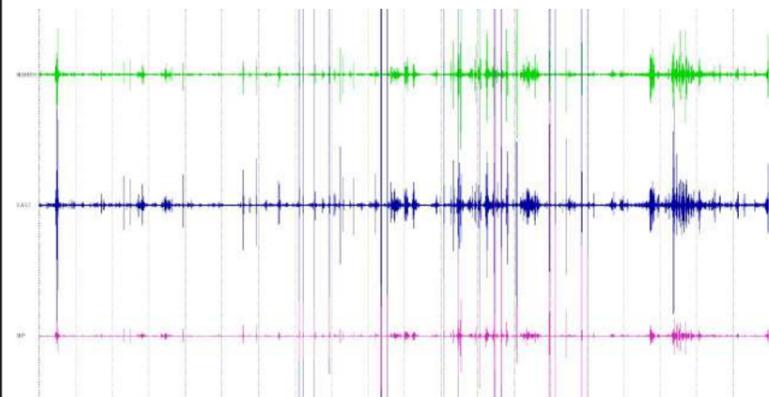
COMPONENTI



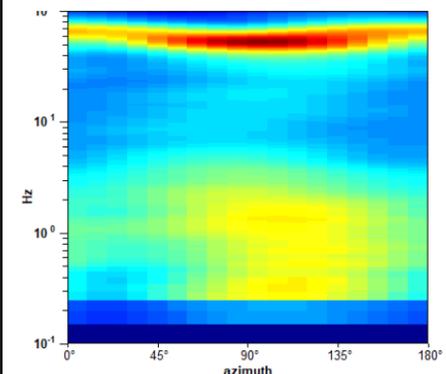
CRITERI SESAME

| | | | |
|---|------------------------|----|----|
| Picco H/V a 0.59 ± 0.67 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz). | | | |
| Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
| $f_0 > 10 / L_w$ | 0.59 > 0.50 | OK | |
| $n_s(f_0) > 200$ | 410.2 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 19 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 0.5\text{Hz}$ | | | |
| Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ | | | NO |
| Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ | | | NO |
| $A_0 > 2$ | 2.56 > 2 | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 1.14026 < 0.05 | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.66812 < 0.08789 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.3437 < 2.0 | OK | |

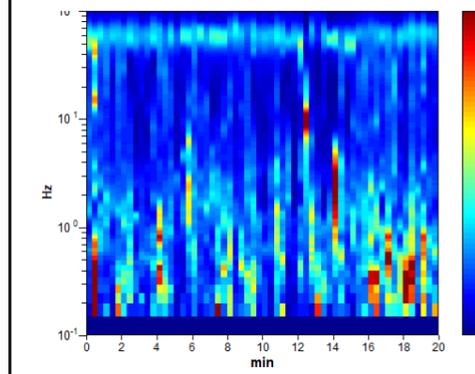
SISMOGRAMMI



DIREZIONALITA'



STAZIONARIETA'



- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f) < A_0/2$
- f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Codice Certificato di prova: GS_01_2024_HV_02
Committente: ICA REN FOR S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024 - Località: Agro di Guspini (SU)

CURVA H/V SPERIMENTALE

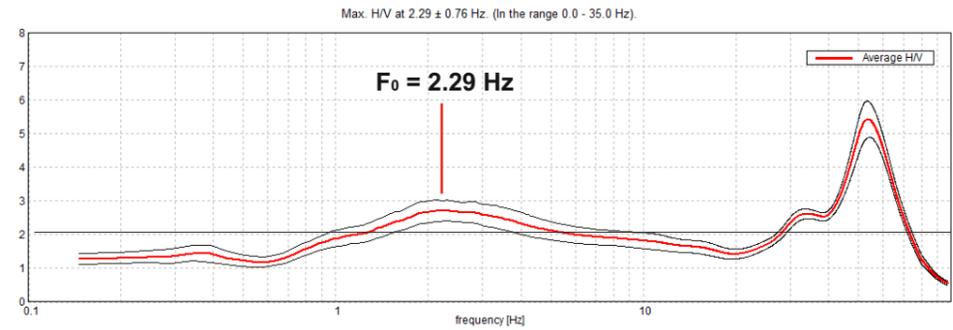


TABELLA RIASSUNTIVA

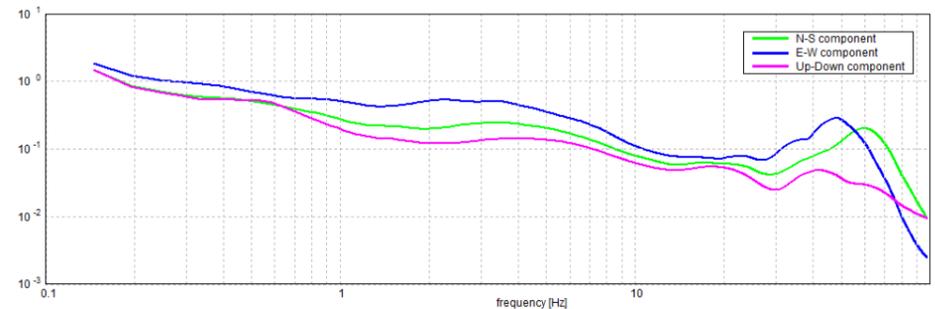
| SPECIFICHE TECNICHE DI ELABORAZIONE | |
|-------------------------------------|------------------|
| Lunghezza finestra | 20 s |
| Tipo di lisciamento | triangolare |
| Lisciamento | 25% |
| Intervallo frequenze analizzate | 0.0 - 35.0 Hz |
| Picco | 2.29 +/- 0.76 Hz |
| Ampiezza | 2.72 |

TABELLA CAMPAGNA

| | | |
|---|--|---|
| RIFERIMENTO ARCHIVIO: GS_01_24 | SITO: Agro d Guspini (SU) | ORA: 15:28:45 - 15:48:45 |
| OPERATORE: Dott. Geol. Riccardo M. Bistocchi | | GPS - Sistema di rif.: Nome GPS - WGS84 |
| LATITUDINE: 39.621190° | LONGITUDINE: 8.580769° | ALTITUDINE: 91 m s.l.m. |
| TIPO DI STAZIONE Sismografo digitale triassiale SR04-GEOBOX 45 (SARA s.r.l.) | TIPO DI SENSORE Velocimetri Hs1 - Geospace Technology | NOTE VARIE: |
| STAZIONE n. 2 | SENSORI n. 3 | |
| NOME DEL FILE: hv_02_guspini | | PUNTO: HV_02 |
| FREQUENZA DI CAMP. (Hz): 200 | INTERVALLO DI CAMP. (ms): 5 | DURATA ACQUISIZIONE (s): 1200 |
| CONDIZIONI METEO | VENTO <input type="checkbox"/> assente <input checked="" type="checkbox"/> debole <5 m/s <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte | |
| | PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> assente <input type="checkbox"/> debole <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte | |
| | Temperatura (°C): 10 | Note: |
| TIPO SUOLO | <input type="checkbox"/> argilla <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba = (bassa / alta) | |
| | <input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> pavimentazione altro | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato | NOTE: |
| ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo | | |
| PRESENZA EDIFICI <input checked="" type="checkbox"/> nessuno <input type="checkbox"/> rari <input type="checkbox"/> molti altro, tipo | | |
| TRANSIENTI | SORGENTI DI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie, ecc.) | |
| auto <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo | |
| camion <input checked="" type="checkbox"/> | STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti, ecc.) | |
| pedoni <input checked="" type="checkbox"/> | Descrizione, altezza e distanza: | |
| altro <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| OSSERVAZIONI: | CLASSE DI QUALITÀ: | |



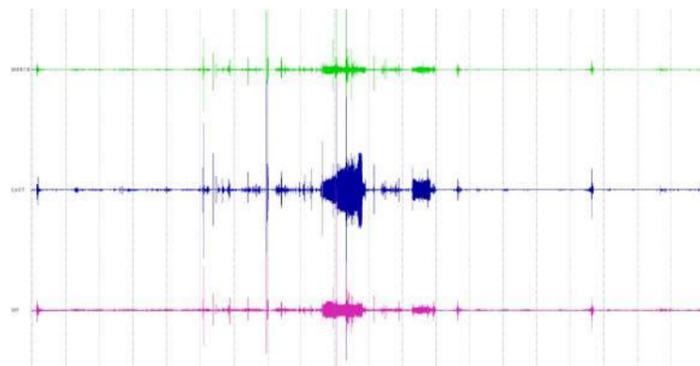
COMPONENTI



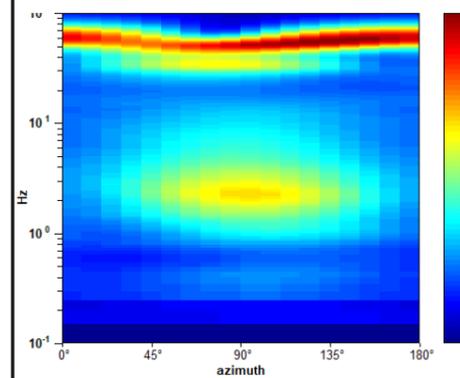
CRITERI SESAME

| | | | |
|--|------------------------|----|----|
| Picco H/V a 2.29 ± 0.76 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz). | | | |
| <p align="center">Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]</p> | | | |
| $f_0 > 10 / L_w$ | 2.29 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 1881.8 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 72 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | | | |
| <p align="center">Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]</p> | | | |
| Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ | 0.684 Hz | OK | |
| Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$ | | | NO |
| $A_0 > 2$ | 2.72 > 2 | OK | |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0.33132 < 0.05 | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.76035 < 0.11475 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.3079 < 1.58 | OK | |

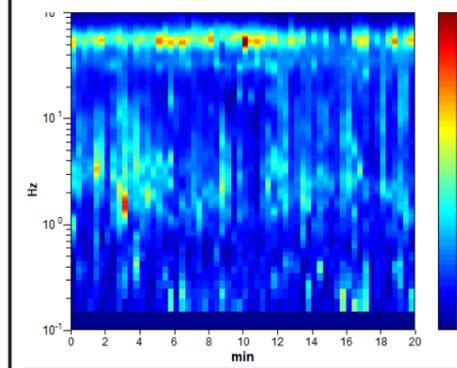
SISMOGRAMMI



DIREZIONALITA'



STAZIONARIETA'



- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w$, f_0 = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f^* = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
- f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

**COMUNE DI
GUSPINI**

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE
DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI DPSH

TAVOLA N°

5

N° PROVE

4

GEOFISICA SARDEGNA s.r.l.s.

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

DIRETTORE TECNICO:

Dott. Geol. Bellaveglia Stefano



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

CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE PENETROMETRICA

GEOFISICA SARDEGNA SRLS
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche ed ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 3205712144 - 3475238011 - 3495858305 - 3392349655 - Mail: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it



Codice certificato di prova: DPSH_01
Committente: Ingenium Renewables S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024
Località: Agro di Guspini - Comune: Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Tipo di prova | penetrometria dinamica |
| Configurazione strumento | DPSH |
| Profondità della prova | 1.6 m |
| Rifiuto | SI |
| Livello piezometrico | N.D. |
| Chiusura foro | N.D. |
| Superficie prova | Piano Campagna |

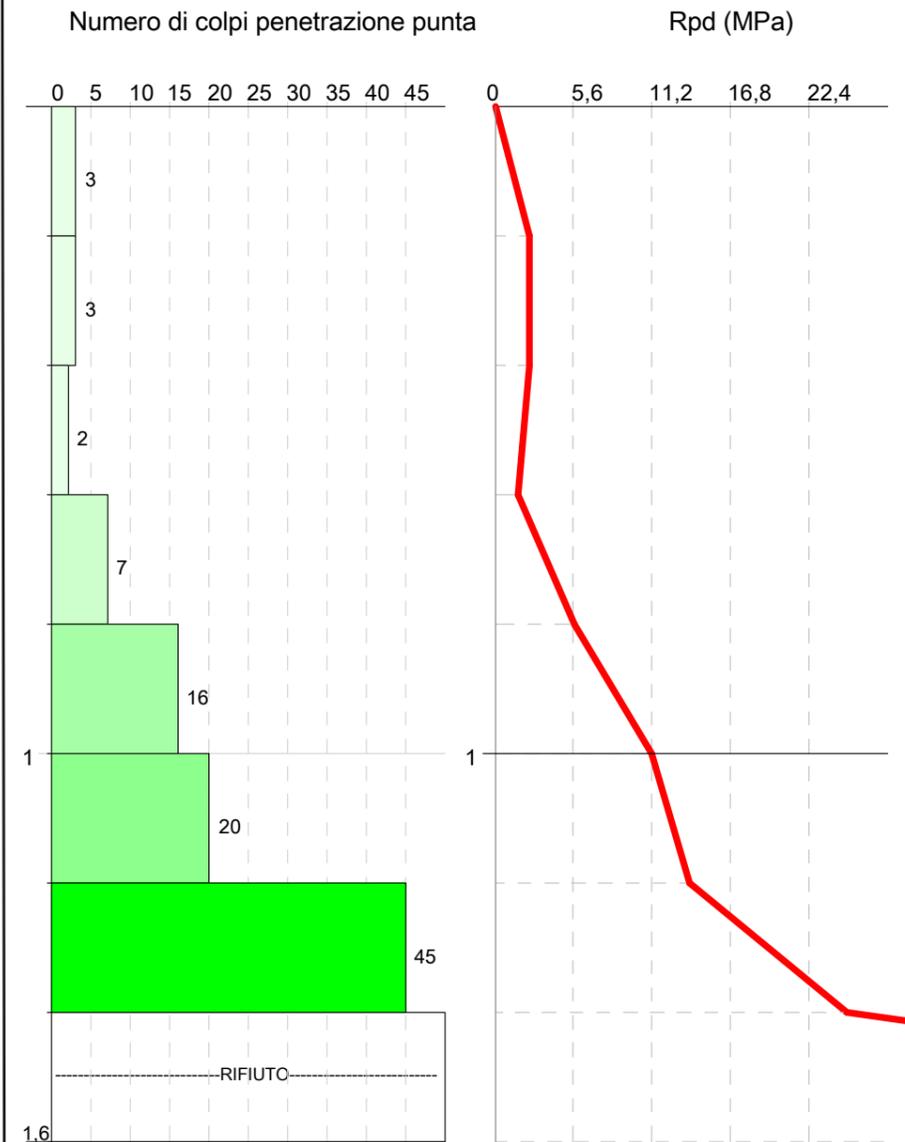
SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Marca strumentazione | GEO DEEP DRILL |
| Modello strumentazione | DPSH 63 |
| Norma tecnica di riferimento | EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011 |
| Massa del maglio | 63.5 kg |
| Altezza di caduta | 75 cm |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Massa aste | 6.3 kg/m |
| Diametro aste | 32 mm |
| Diametro base punta conica | 51 mm |
| Angolo apertura punta conica | 60° |
| Penetrazione standard | 20 cm |

TABULATO DELLA PROVA

| Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) |
|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|
| 0,20 | 3 | 0,855 | 2,44 | 5,40 | | | | 10,60 | | | |
| 0,40 | 3 | 0,851 | 2,43 | 5,60 | | | | 10,80 | | | |
| 0,60 | 2 | 0,847 | 1,61 | 5,80 | | | | 11,00 | | | |
| 0,80 | 7 | 0,843 | 5,63 | 6,00 | | | | 11,20 | | | |
| 1,00 | 16 | 0,790 | 11,14 | 6,20 | | | | 11,40 | | | |
| 1,20 | 20 | 0,786 | 13,86 | 6,40 | | | | 11,60 | | | |
| 1,40 | 45 | 0,633 | 25,11 | 6,60 | | | | 11,80 | | | |
| 1,60 | RIFIUTO | --- | --- | 6,80 | | | | 12,00 | | | |
| 1,80 | | | | 7,00 | | | | 12,20 | | | |
| 2,00 | | | | 7,20 | | | | 12,40 | | | |
| 2,20 | | | | 7,40 | | | | 12,60 | | | |
| 2,40 | | | | 7,60 | | | | 12,80 | | | |
| 2,60 | | | | 7,80 | | | | 13,00 | | | |
| 2,80 | | | | 8,00 | | | | 13,20 | | | |
| 3,00 | | | | 8,20 | | | | 13,40 | | | |
| 3,20 | | | | 8,40 | | | | 13,60 | | | |
| 3,40 | | | | 8,60 | | | | 13,80 | | | |
| 3,60 | | | | 8,80 | | | | 14,00 | | | |
| 3,80 | | | | 9,00 | | | | 14,20 | | | |
| 4,00 | | | | 9,20 | | | | 14,40 | | | |
| 4,20 | | | | 9,40 | | | | 14,60 | | | |
| 4,40 | | | | 9,60 | | | | 14,80 | | | |
| 4,60 | | | | 9,80 | | | | 15,00 | | | |
| 4,80 | | | | 10,00 | | | | 15,20 | | | |
| 5,00 | | | | 10,20 | | | | 15,40 | | | |
| 5,20 | | | | 10,40 | | | | 15,60 | | | |

GRAFICO n.colpi-resistenza dinamica





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

CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE PENETROMETRICA

GEOFISICA SARDEGNA SRLS
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche ed ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 3205712144 - 3475238011 - 3495858305 - 3392349655 - Mail: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it



Codice certificato di prova: DPHS_02
Committente: Ingenium Renewables S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024
Località: Agro di Guspini - Comune: Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Tipo di prova | penetrometria dinamica |
| Configurazione strumento | DPSH |
| Profondità della prova | 1.2 m |
| Rifiuto | SI |
| Livello piezometrico | N.D. |
| Chiusura foro | N.D. |
| Superficie prova | Piano Campagna |

SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Marca strumentazione | GEO DEEP DRILL |
| Modello strumentazione | DPSH 63 |
| Norma tecnica di riferimento | EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011 |
| Massa del maglio | 63.5 kg |
| Altezza di caduta | 75 cm |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Massa aste | 6.3 kg/m |
| Diametro aste | 32 mm |
| Diametro base punta conica | 51 mm |
| Angolo apertura punta conica | 60° |
| Penetrazione standard | 20 cm |

TABULATO DELLA PROVA

| Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) |
|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|
| 0,20 | 2 | 0,855 | 1,63 | 5,40 | | | | 10,60 | | | |
| 0,40 | 4 | 0,851 | 3,24 | 5,60 | | | | 10,80 | | | |
| 0,60 | 6 | 0,847 | 4,84 | 5,80 | | | | 11,00 | | | |
| 0,80 | 27 | 0,743 | 19,13 | 6,00 | | | | 11,20 | | | |
| 1,00 | 35 | 0,690 | 21,28 | 6,20 | | | | 11,40 | | | |
| 1,20 | 50 | 0,636 | 28,05 | 6,40 | | | | 11,60 | | | |
| 1,40 | RIFIUTO | --- | --- | 6,60 | | | | 11,80 | | | |
| 1,60 | | | | 6,80 | | | | 12,00 | | | |
| 1,80 | | | | 7,00 | | | | 12,20 | | | |
| 2,00 | | | | 7,20 | | | | 12,40 | | | |
| 2,20 | | | | 7,40 | | | | 12,60 | | | |
| 2,40 | | | | 7,60 | | | | 12,80 | | | |
| 2,60 | | | | 7,80 | | | | 13,00 | | | |
| 2,80 | | | | 8,00 | | | | 13,20 | | | |
| 3,00 | | | | 8,20 | | | | 13,40 | | | |
| 3,20 | | | | 8,40 | | | | 13,60 | | | |
| 3,40 | | | | 8,60 | | | | 13,80 | | | |
| 3,60 | | | | 8,80 | | | | 14,00 | | | |
| 3,80 | | | | 9,00 | | | | 14,20 | | | |
| 4,00 | | | | 9,20 | | | | 14,40 | | | |
| 4,20 | | | | 9,40 | | | | 14,60 | | | |
| 4,40 | | | | 9,60 | | | | 14,80 | | | |
| 4,60 | | | | 9,80 | | | | 15,00 | | | |
| 4,80 | | | | 10,00 | | | | 15,20 | | | |
| 5,00 | | | | 10,20 | | | | 15,40 | | | |
| 5,20 | | | | 10,40 | | | | 15,60 | | | |

GRAFICO n.colpi-resistenza dinamica





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

CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE PENETROMETRICA

GEOFISICA SARDEGNA SRLS
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche ed ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 3205712144 - 3475238011 - 3495858305 - 3392349655 - Mail: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it



Codice certificato di prova: DPHS_03
Committente: Ingenium Renewables S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024
Località: Agro di Guspini - Comune: Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Tipo di prova | penetrometria dinamica |
| Configurazione strumento | DPHS |
| Profondità della prova | 1.2 m |
| Rifiuto | SI |
| Livello piezometrico | N.D. |
| Chiusura foro | N.D. |
| Superficie prova | Piano Campagna |

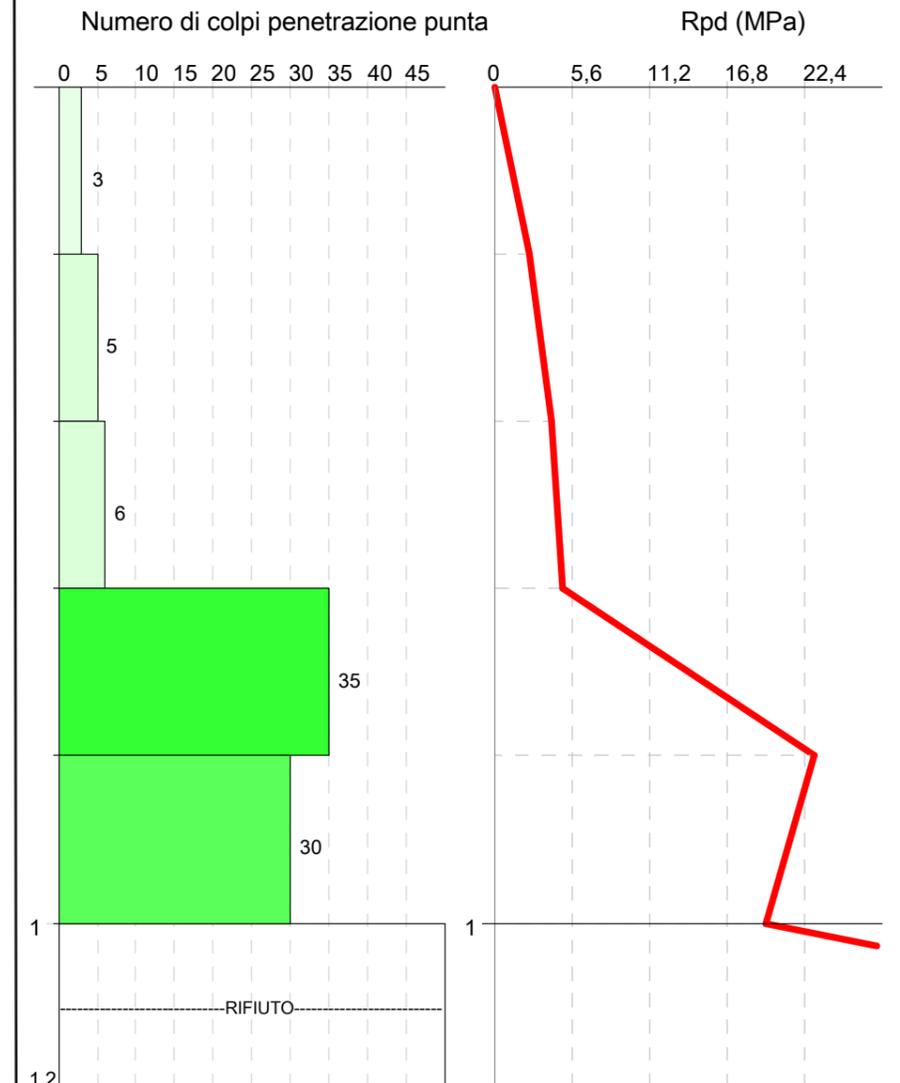
SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Marca strumentazione | GEO DEEP DRILL |
| Modello strumentazione | DPHS 63 |
| Norma tecnica di riferimento | EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011 |
| Massa del maglio | 63.5 kg |
| Altezza di caduta | 75 cm |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Massa aste | 6.3 kg/m |
| Diametro aste | 32 mm |
| Diametro base punta conica | 51 mm |
| Angolo apertura punta conica | 60° |
| Penetrazione standard | 20 cm |

TABULATO DELLA PROVA

| Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) |
|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|
| 0,20 | 3 | 0,855 | 2,44 | 5,40 | | | | 10,60 | | | |
| 0,40 | 5 | 0,851 | 4,05 | 5,60 | | | | 10,80 | | | |
| 0,60 | 6 | 0,847 | 4,84 | 5,80 | | | | 11,00 | | | |
| 0,80 | 35 | 0,693 | 23,13 | 6,00 | | | | 11,20 | | | |
| 1,00 | 30 | 0,740 | 19,57 | 6,20 | | | | 11,40 | | | |
| 1,20 | RIFIUTO | --- | --- | 6,40 | | | | 11,60 | | | |
| 1,40 | | | | 6,60 | | | | 11,80 | | | |
| 1,60 | | | | 6,80 | | | | 12,00 | | | |
| 1,80 | | | | 7,00 | | | | 12,20 | | | |
| 2,00 | | | | 7,20 | | | | 12,40 | | | |
| 2,20 | | | | 7,40 | | | | 12,60 | | | |
| 2,40 | | | | 7,60 | | | | 12,80 | | | |
| 2,60 | | | | 7,80 | | | | 13,00 | | | |
| 2,80 | | | | 8,00 | | | | 13,20 | | | |
| 3,00 | | | | 8,20 | | | | 13,40 | | | |
| 3,20 | | | | 8,40 | | | | 13,60 | | | |
| 3,40 | | | | 8,60 | | | | 13,80 | | | |
| 3,60 | | | | 8,80 | | | | 14,00 | | | |
| 3,80 | | | | 9,00 | | | | 14,20 | | | |
| 4,00 | | | | 9,20 | | | | 14,40 | | | |
| 4,20 | | | | 9,40 | | | | 14,60 | | | |
| 4,40 | | | | 9,60 | | | | 14,80 | | | |
| 4,60 | | | | 9,80 | | | | 15,00 | | | |
| 4,80 | | | | 10,00 | | | | 15,20 | | | |
| 5,00 | | | | 10,20 | | | | 15,40 | | | |
| 5,20 | | | | 10,40 | | | | 15,60 | | | |

GRAFICO n.colpi-resistenza dinamica





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

CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE PENETROMETRICA

GEOFISICA SARDEGNA SRLS
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche ed ambientali
Via Cavour n°59, 07100 Sassari - C.F. e P.I. 02778270906
Cell. 3205712144 - 3475238011 - 3495858305 - 3392349655 - Mail: info@geofisicasardegna.it - PEC: geofisicasardegna@pec.it



Codice certificato di prova: DPSH_04
Committente: Ingenium Renewables S.r.l. - Data Esecuzione: 27/01/2024
Località: Agro di Guspini - Comune: Guspini (SU)

SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Tipo di prova | penetrometria dinamica |
| Configurazione strumento | DPSH |
| Profondità della prova | 1.2 m |
| Rifiuto | SI |
| Livello piezometrico | N.D. |
| Chiusura foro | N.D. |
| Superficie prova | Piano Campagna |

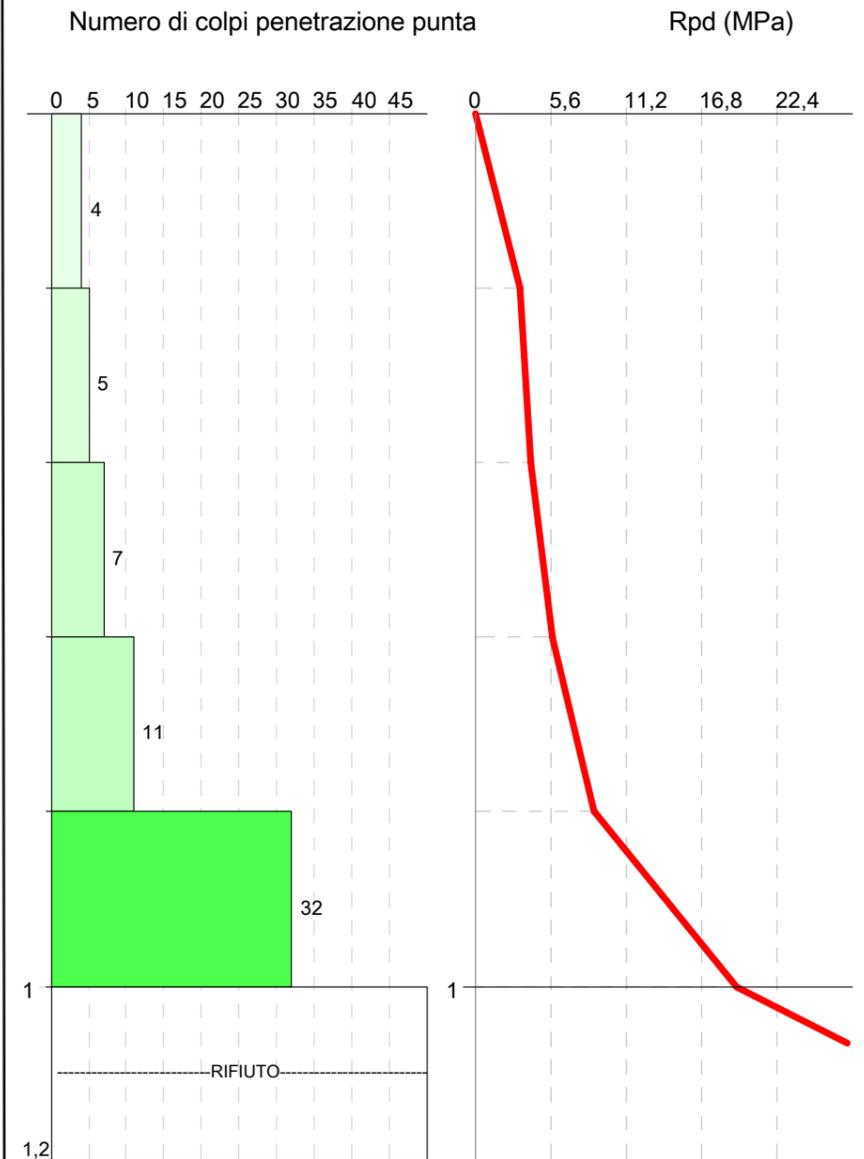
SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Marca strumentazione | GEO DEEP DRILL |
| Modello strumentazione | DPSH 63 |
| Norma tecnica di riferimento | EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011 |
| Massa del maglio | 63.5 kg |
| Altezza di caduta | 75 cm |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Massa aste | 6.3 kg/m |
| Diametro aste | 32 mm |
| Diametro base punta conica | 51 mm |
| Angolo apertura punta conica | 60° |
| Penetrazione standard | 20 cm |

TABULATO DELLA PROVA

| Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) | Prof. (m) | N° Colpi Misurato | Coeff. Riduzione | Resistenza dinamica ridotta Rpd (MPa) |
|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|---------------------------------------|
| 0,20 | 4 | 0,855 | 3,26 | 5,40 | | | | 10,60 | | | |
| 0,40 | 5 | 0,851 | 4,05 | 5,60 | | | | 10,80 | | | |
| 0,60 | 7 | 0,847 | 5,65 | 5,80 | | | | 11,00 | | | |
| 0,80 | 11 | 0,843 | 8,84 | 6,00 | | | | 11,20 | | | |
| 1,00 | 32 | 0,690 | 19,46 | 6,20 | | | | 11,40 | | | |
| 1,20 | RIFIUTO | --- | --- | 6,40 | | | | 11,60 | | | |
| 1,40 | | | | 6,60 | | | | 11,80 | | | |
| 1,60 | | | | 6,80 | | | | 12,00 | | | |
| 1,80 | | | | 7,00 | | | | 12,20 | | | |
| 2,00 | | | | 7,20 | | | | 12,40 | | | |
| 2,20 | | | | 7,40 | | | | 12,60 | | | |
| 2,40 | | | | 7,60 | | | | 12,80 | | | |
| 2,60 | | | | 7,80 | | | | 13,00 | | | |
| 2,80 | | | | 8,00 | | | | 13,20 | | | |
| 3,00 | | | | 8,20 | | | | 13,40 | | | |
| 3,20 | | | | 8,40 | | | | 13,60 | | | |
| 3,40 | | | | 8,60 | | | | 13,80 | | | |
| 3,60 | | | | 8,80 | | | | 14,00 | | | |
| 3,80 | | | | 9,00 | | | | 14,20 | | | |
| 4,00 | | | | 9,20 | | | | 14,40 | | | |
| 4,20 | | | | 9,40 | | | | 14,60 | | | |
| 4,40 | | | | 9,60 | | | | 14,80 | | | |
| 4,60 | | | | 9,80 | | | | 15,00 | | | |
| 4,80 | | | | 10,00 | | | | 15,20 | | | |
| 5,00 | | | | 10,20 | | | | 15,40 | | | |
| 5,20 | | | | 10,40 | | | | 15,60 | | | |

GRAFICO n.colpi-resistenza dinamica



**COMUNE DI
GUSPINI**

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRISARDEGNA"
DELLA POTENZA DI PICCO DI 102,27 MWP E POTENZA IN IMMISSIONE
DI 97,4 MWAC DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI GUSPINI (SU)**

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. Bellaveglia Stefano

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 | 24 |
| Puntamento | VersaPoint Mouse |
| Display | VGA a colori in LCD-TFT 10.4" |
| Supporto di memorizzazione | Hard-Disk 4.3 Gb |
| Risoluzione di acquisizione | 16 bit (24 bit con sovracampionamento e post Processing) |
| 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 16000,00 ms |
| 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

| | |
|-----------------|--|
| GUADAGNO | RUMORE DI SISTEMA (Compreso quello di quantizzazione) |
| - 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 | 14Hz |

Geofoni verticali

| | |
|-----------|------------------|
| Quantità | n. 25 |
| Marca | PASI CDJ - Z 4.5 |
| Frequenza | 4.5 Hz |

Geofoni orizzontali

| | |
|-----------|-------------|
| Quantità | n. 25 |
| Marca | MARK |
| Frequenza | 14Hz |

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

CALIBRATION CERTIFICATE

Environmental seismic noise during test



SARA electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy
www.sara.pg.it - info@sara.pg.it

Date of Calibration: **02/08/2010**
Instrument type: **Velocimeter**
Instrument model: **GEOBOX 4.5**
Serial Number: **0577**
Manufacturing Date: **JUL 2010**

Temperature °C:
Relative humidity %:

X div:
Y div:

Channel 1 - Z

| | |
|---------------------------|-----------|
| EigenFrequency: | 4.33 Hz |
| Damping O.C.: | 0.2 |
| Generator Constant: | 85 V/m/s |
| Calibration Frequency: | 10 Hz |
| Calibration Displacement: | m |
| Damping: | 0.45 |
| Output Impedance: | 4000 ohm |
| Applied Shunt: | 20000 ohm |

Channel 2 - NS

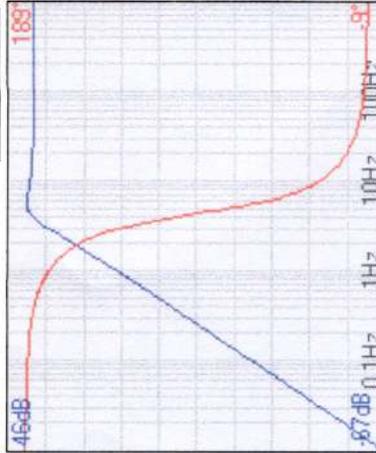
| | |
|---------------------------|------------|
| EigenFrequency: | 4.52 Hz |
| Damping O.C.: | 0.2 |
| Generator Constant: | 85.3 V/m/s |
| Calibration Frequency: | 10 Hz |
| Calibration Displacement: | m |
| Damping: | 0.47 |
| Output Impedance: | 4000 ohm |
| Applied Shunt: | 20000 ohm |

Channel 3 - EW

| | |
|---------------------------|------------|
| EigenFrequency: | 4.41 Hz |
| Damping O.C.: | 0.2 |
| Generator Constant: | 85.1 V/m/s |
| Calibration Frequency: | 10 Hz |
| Calibration Displacement: | m |
| Damping: | 0.5 |
| Output Impedance: | 4000 ohm |
| Applied Shunt: | 20000 ohm |

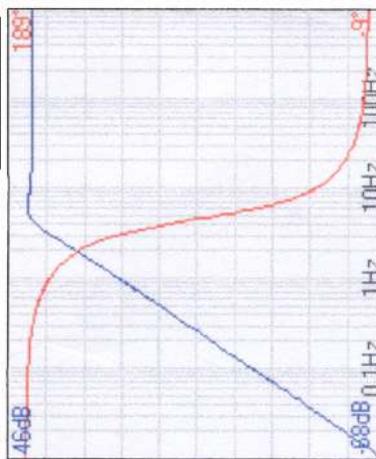
Measurement uncertainties

| | | |
|---------------------------|-----|------------|
| EigenFrequency: | +/- | 0.1 Hz |
| Damping O.C.: | +/- | 5 % |
| Generator Constant: | +/- | 1 % |
| Calibration Frequency: | +/- | 0.1 Hz |
| Calibration Displacement: | +/- | 0.000002 m |
| Damping: | +/- | 5 % |
| Output Impedance: | +/- | 5 % |
| Applied Shunt: | +/- | 1 % |



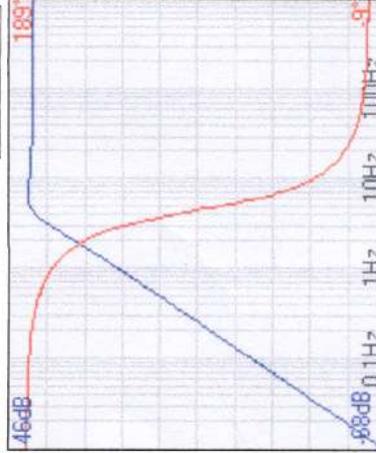
Poles and Zeros

| | |
|--------|----------------------|
| Unit: | Rad/s |
| Poles | |
| 1) Re: | -12.243; Im: 24.296 |
| 2) Re: | -12.243; Im: -24.296 |
| Zeros | |
| 1) Re: | 0.000; Im: 0.000 |
| 2) Re: | 0.000; Im: 0.000 |
| Gain: | 85.000 |



Poles and Zeros

| | |
|--------|----------------------|
| Unit: | Rad/s |
| Poles | |
| 1) Re: | -13.348; Im: 25.068 |
| 2) Re: | -13.348; Im: -25.068 |
| Zeros | |
| 1) Re: | 0.000; Im: 0.000 |
| 2) Re: | 0.000; Im: 0.000 |
| Gain: | 85.300 |



Poles and Zeros

| | |
|--------|----------------------|
| Unit: | Rad/s |
| Poles | |
| 1) Re: | -13.854; Im: 23.997 |
| 2) Re: | -13.854; Im: -23.997 |
| Zeros | |
| 1) Re: | 0.000; Im: 0.000 |
| 2) Re: | 0.000; Im: 0.000 |
| Gain: | 85.100 |

Test Equipment

Shaking Table: SARA V.1
Voltmeter: Agilent U1252A
Signal digitizer: SADC20
Scope meter: SEISMOCAL V.1.0
Last equipment test:

Technician: *PERU*

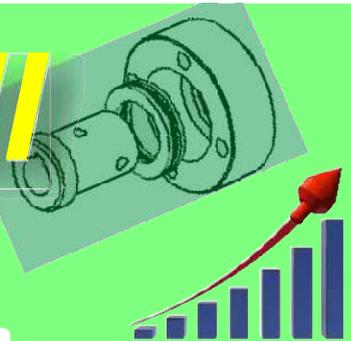
Approved by:

sara electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4
06129 Perugia - Italia
partita IVA 00380320540



GeoDeepDrill

strumenti per l'investigazione geotecnica del sottosuolo



GeoDeep Drill

PENETROMETRO DIN. SUPER PESANTE

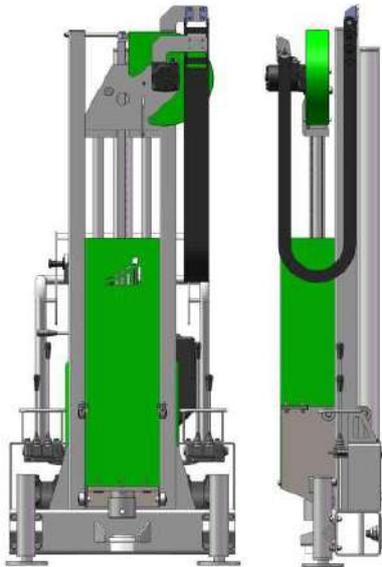
DPSH63-73 M/SM

Massa battente 50,0 - 63,5 - 73,0 kg
Altezza caduta 50 - 75 cm
Avanzamento 10 - 20 - 30 cm

DPSH73

evoluzione:

| | |
|------|--------------------------------------|
| 2011 | acquisizione progetto |
| 2012 | Evo II - impianto idraulico nascosto |
| 2013 | Evo III - standard europeo |
| 2014 | Evo IV - elettronica applicata |
| 2019 | Adozione di 3 booster velocità |



dotazione standard

| | |
|----|---------------------------------------|
| 15 | aste $\varnothing 32 \times 1000$ M22 |
| 2 | punte a recupero |
| 5 | punte a perdere |
| 9 | rivestimento (opt.) |
| 1 | terminale battuta |
| 1 | terminale per punta |

| | |
|----------------|--|
| modello | DPH50M - DPSH63M - DPSH73M |
| tipo | SUPER HEAVY CLASS. AGI - UNI |
| massa batt. | 73 kg - \varnothing : 208 mm x H: 263 |
| altezza cad. | 75,00 cm 536,5 Joule |
| avanzamento | acquisizione ogni 10 / 20 / 30 cm |
| punta | $\varnothing 50,50$ mm - angle 90° - area 20,00 cm ² |
| asta | acciaio 1000x35 mm 900x32 mm |
| rivestimento | 48x1000 mm acciaio c40 |
| freq. colpi | 30/45 colpi per minuto |
| stabilizzatori | a martinetto idraulico |
| centralina | 5,5 - 9.5 HP 1 litro olio motore |
| motore | Honda GX200 avviamento elettrico |
| carburante | benzina 6,00 litri |
| olio idraulico | 20L OSO 40 (visc. 40° 41) |
| dimensioni | 70x133x198 cm (>>> variabili <<<) |
| peso | 620 kg (>>> variabili <<<) |
| parti rimuov. | nessuna |
| tipi di suolo | sabbie - ghiaie - tufi - lapidei disgreg. |
| max profund. | >20 sabbia |
| campionatore | fustella pvc $\varnothing 40 \times 350$ mm $\varnothing 60 \times 350$ mm |
| kit sonda | 3 coclee $\varnothing 38/50 \times 1000$ + 3 aste |
| kit statico | non presente |
| dicono... | praticità d'uso ★★★★★ |
| « | trasportabilità ★★★★★ |
| « | capacità perforazione ★★★★★ |

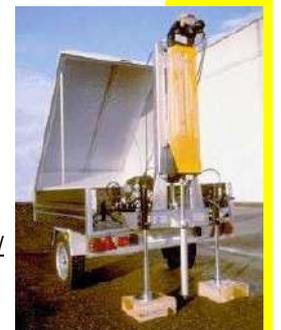


Prove dinamiche con massa battente da 50/ 63 / 73kg altezza di caduta da 50 / 75 cm, con punta da $\varnothing 50$ mm e 20cm², aste graduate da 1000 mm asta con diametro 32/35mm; Campionatore ad infissione con fustella in PVC da $\varnothing 40 \times 350$ $\varnothing 60 \times 350$ $\varnothing 80 \times 350$; Strumento predisposto per il montaggio su mezzi di trasporto propri: scavatori, fuoristrada, ecc. Accensione elettrica, conta colpi, faro per illuminazione. Nuovo sistema elettronico di controllo della caduta del maglio. Fino a 45 colpi al minuto, contattolpi elettronico con memoria.

(DPSH aeodeepdrill)



https://www.youtube.com/watch?v=4Hli0Jbt_P4



Via Virgiliana 130 - 44012 Bondeno (Fe) - Italy
info@geodeepdrill.it www.geodeepdrill.it