



COMUNE DI PALAU

PROVINCIA DI OLBIA-TEMPIO

INTERVENTI PER IL SUPERAMENTO DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEI CANALI COPERTI" LISCIA CULUMBA" (CODICE PGRA SS G258 002 A) E PALAU EST" (CODICE PGRA SS G258 001)

INTERVENTI RELATIVI A "PALAU EST" - CANALE LICCIA (CODICE PGRA SS G258 001)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

ELABORATO :				REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE		
REVISIONI				ALLEGATO L-1	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	consegna	Dic. 2023			NOTE	

Il Progettista:
Dott. Ing. Fabio Cambula

Il Responsabile del Procedimento:
Dott. Giovanni Tiveddu

Il Geologo:
Dott. Geol. Roberto Tola



COMUNE DI PALAU

PROVINCIA DI SASSARI

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO "CANALE LICCIA" - PALAU EST E
"CANALE BARAGGE" - VECCHIO MARINO

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	UBICAZIONE DELLE INDAGINI	3
3	L'INDAGINE	3
3.1	<i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	3
3.2	<i>Pozzetti geognostici</i>	4
3.3	Prove di laboratorio. Caratterizzazione geotecnica dei terreni.....	4
3.3.1	Prova di taglio diretto (ASTM D3080).....	4
3.3.2	Analisi granulometrica per setacciatura (CNR EN 933-1), limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) e classificazione delle terre.....	5
3.1	Prospezione Geofisica.....	6

ALLEGATI

UBICAZIONE SONDAGGI

UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

STRATIGRAFIE SONDAGGI E POZZETTI GEOGNOSTICI

RELAZIONE INDAGINI SISMICHE

CERTIFICATI DI LABORATORIO

1 PREMESSA

Il presente documento descrive le indagini geognostiche dirette e indirette e le prove in sito e di laboratorio eseguite nel dicembre 2021 a supporto della progettazione riferita al " RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO "CANALE LICCIA" - PALAU EST E "CANALE BARAGGE" - VECCHIO MARINO" è volto a definire in modo dettagliato il quadro conoscitivo con specifico riferimento alla modellazione geologica e geotecnica del sito di intervento ai sensi delle NTC2018.

L'area oggetto di indagine ricade all'interno del centro urbano di Palau lungo la Via Del Vecchio Marino, la via Capo d'Orso e il tratto del "canale Cimitero".

Le indagini geognostiche sono consistite nella realizzazione di n° 5 sondaggi a rotazione con carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 10metri dal piano di campagna.

Sono stati inoltre realizzati n° 2 pozzetti geognostici, n° 3 Tomografie sismiche e n° 1 MASW.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sono state eseguite delle determinazioni in sito e specialistiche in laboratorio.

I lavori sopra menzionati sono stati commissionati dal Settore Lavori Pubblici del Comune di Palau ed eseguiti dall'impresa F.C.I. TECH S.R.L. di Quartu, specializzata nel campo geognostico e geotecnico nell'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove e prelievi campioni. I lavori di carotaggio, le prospezioni geofisiche, il prelievo dei campioni e le prove di laboratorio si sono svolti nel dicembre del 2021.

2 UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Per la ubicazione delle indagini geognostiche si rimanda alla carta della ubicazione delle indagini, allegata al presente elaborato.

3 L'INDAGINE

3.1 Sondaggi a carotaggio continuo

L'indagine in situ ha compreso l'esecuzione di n. 5 sondaggi geognostici.

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione a carotaggio continuo con carotiere semplice e/o doppio del diametro $\varnothing = 101$ mm, ottenendo una percentuale di carotaggio pari al 100% per un totale di 80 metri (tutti verticali) di cui 24,00 metri eseguiti utilizzando la corona diamantata

SONDAGGIO	PROFONDITA' (metri)
S1	5.00
S4	5.00
S5	5.00
S6	8.00
S7	10.00

La perforazione è stata eseguita mediante una sonda idraulica cingolata tipo Nenzi “Gelmina” con capacità di coppia pari a 800 kgm e 600 giri al minuto, con un recupero pressochè totale e ha richiesto l’utilizzo, in parte, del rivestimento provvisorio in acciaio $\varnothing = 127$ mm per il mantenimento del foro in avanzamento.

I carotaggi appena estratti sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici.

Sono stati inoltre prelevati, dalle stesse cassette catalogatrici, dei campioni indisturbati per poter effettuare delle successive prove geotecniche c/o il laboratorio autorizzato GEOSYSTEM del Dott. Geol. G.B. Demontis -con sede in Zona Industriale loc. Pill’e Matta Quartucciu (CA).

Nella tabella seguente si riepilogano tali prelievi consentendo una visione d’insieme

SONDAGGIO	UBICAZIONE	PROFONDITA' TOT. (m da p.c.)	FALDA (m da p.c.)	CAMPIONI	PROF. PRELIEVO CAMPIONE (m da p.c.)
S1	Parcheggio di fronte ITCG	5.00	NO	S1C1	3,00
S4	Parcheggio Hotel Posada	5.00	NO	S4C1	2,50
S5	Ingresso strada privata Hotel Posada	5.00	NO	S5C1	3,00
S6	Lato Est ponte strada via Capo d’Orso	8.00	NO	S6C1	5,30

3.2 Pozzetti geognostici

Sono stati eseguiti n° 2 pozzetti geognostici, denominati P6 e P7 eseguiti con escavatore a benna rovescia munita di benna con larghezza di 0.50 m e profondità massima di 1.90 m. Una volta realizzati i pozzetti e ricostruita la stratigrafia, è seguito il ripristino dei luoghi.

POZZETTO	UBICAZIONE	PROFONDITA' TOT. (m da p.c.)	FALDA (m da p.c.)	CAMPIONI	PROF. PRELIEVO CAMPIONE (m da p.c.)
P6	Canale Cimitero	0,70	NO	NO	NO
P7	Canale Cimitero	1.90	NO	NO	NO

3.3 Prove di laboratorio. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

I campioni prelevati, nel dicembre 2021, a cura della D.L. delle Indagini, sono stati conferiti in laboratorio geotecnico al fine di definirne le proprietà indici ed i parametri geotecnici, secondo il piano di indagine previsto. Sono stati prelevati complessivamente n° 4 campioni di terreno da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio.

3.3.1 Prova di taglio diretto (ASTM D3080)

Allo scopo di rilevare i valori di angolo di resistenza al taglio Φ' e coesione c' , n. 3 campioni (S1C1, S4C1, S6C1) sono stati sottoposti ad una prova di taglio diretto con Scatola di Casagrande.

La prova si svolge in condizioni di saturazione, su tre gradini di pressione verticale (σ) crescente, pari a 100, 200 e 300 kPa, registrando per ognuno il picco dello sforzo di taglio (τ_{max}). Detti valori, tratti dal certificato di prova (in allegato), sono stati interpolati sul piano di Mohr-Coulomb allo scopo di visualizzare l’involuppo di rottura ed i corrispondenti valori di c e Φ secondo la retta $\tau_{max} = c + \sigma' * \tan \Phi$.

Tale prova, di norma, si interpreta nel campo delle tensioni efficaci (Φ' e c'), tuttavia nel caso di litotipi coerenti la netta prevalenza della frazione fine esercita comunque un'influenza non trascurabile sui tempi di dissipazione delle pressioni neutre, difficilmente quantificabili in condizioni intermedie di consolidazione.

La seguente tabella riassume i valori di resistenza al taglio ottenuti per i campioni di terreno analizzati nel corso della campagna d'indagine, rappresentativi della formazione costituita da graniti da fortemente a completamente alterati. "Granito arenizzato", di colore rosa, più o meno sciolto, con clasti spigolosi e scarsamente elaborati (S1C1, S4C1, S5C1) e da materiali provenienti dalla alterazione delle diatessiti, in facies di alterazione spinta, sono presenti elementi lapidei centimetrici (S6C1).

PUNTO DI INDAGINE	CAMPIONE	DESCRIZIONE LITOFACIES	C' (kPa)	Phi' (°)	Peso di Volume kN/mc
S1	S1C1(-3.00 m dal p.c.)	sabbia da fine a grossolana con matrice argilloso-limosa (granito arenizzato)	15,6	37,2	20,45
S4	S4C1 (-2.50 m dal p.c.)	sabbia da fine a grossolana con matrice argilloso-limosa (granito arenizzato)	17,2	38,4	21,16
S5	S4C1 (-3.00 m dal p.c.)	sabbia da fine a grossolana con matrice argilloso-limosa (granito arenizzato) con matrice argillosa	16,6	35,7	19,40
S6	S6C1 (- 5.30 m dal p.c.)	materiali sciolti da limosa a fine con ghiaia	7,6	39,4	20,25

3.3.2 Analisi granulometrica per setacciatura (CNR EN 933-1), limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) e classificazione delle terre

L'analisi granulometrica (CNR – B.U. n. 23) consiste nella vagliatura di un campione di terreno attraverso una pila di setacci con maglie a passo decrescente e la successiva pesatura del trattenuto di ciascun vaglio, che conduce alla determinazione del peso della frazione passante per il vaglio precedente espresso in percentuale. I risultati possono essere poi inseriti in un diagramma semilogaritmico ($\log \Phi$ - % passante) dal quale si ricava una curva che esprime la distribuzione percentuale delle diverse frazioni granulometriche.

Nel caso di specie l'analisi granulometrica è stata condotta su n. 2 campioni prelevati dai sondaggi S4 e S6, con lo scopo di valutare il grado di assortimento e l'entità della frazione fine. Tale analisi è utile ai fini dell'inquadramento del litotipo in questione nella classificazione delle terre CNR UNI 10006, oltre che per effettuare considerazioni di tipo geomorfologico inerenti alla capacità di trasporto solido del corso d'acqua.

La seguente Tabella riporta i risultati relativi alla prova granulometrica ed alla classificazione delle terre eseguita sul campione di terreno analizzato nel corso della campagna di indagini geotecniche:

S	CAMPIONE	PROFONDITA' PREL. CAMPIONE	CLASS. UNI-CNR10006
S4	S4C1	-2.50 m	A1-B
S6	S6C1	-5.30 m	A2-4

La seguente Tabella riporta la Classificazione delle terre CNR UNI 10006:

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	A8	
Gruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Sottogruppo													
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥80										
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone							Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa				Scarsa o nulla					
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista	Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Poverissimi o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

A2-4: Ghiaia limosa o argillosa e sabbia. Giudizio per impiego come terre di sottofondo: **da eccellente a buono**

A1-B: Ghiaia e breccia. Giudizio per impiego come terre di sottofondo: **da eccellente a buono**

3.1 Prospezione Geofisica

Nelle indagini geognostiche sono state comprese n. 4 indagini geofisiche, di cui n. 1 con prospezione sismica M.A.S.W. per la determinazione dei parametri Vs e Pq, e n. 3 indagini tomografiche effettuate dal Dott. Geol. Pierluigi Fadda, di cui si rimanda agli allegati per le relative risultanze.

Per la determinazione della Categoria di Sottosuolo ai sensi delle NTC2018 ed avere informazioni indirette sulla stratigrafia dell'area di intervento da correlare con le risultanze litostratigrafiche delle indagini dirette condotte è stata eseguita una indagine sismica in corrispondenza del piazzale del cimitero attraverso la tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave), tale indagine è denominata MASW 2.

Tale verifica ha consentito di ricostruire per via indiretta l'interfaccia tra la formazione costituita dai materiali di riporto antropico a cui seguono materiali provenienti dalle metatessiti alterate, il basamento metamorfico viene individuato ad una profondità di circa 10 metri dal piano di campagna.

La Relazione Sismica riporta quanto segue:

Sono stati riconosciuti cinque sismostrati riportati nella tabella seguente:

	Vs (m/s)	Densità (gr/cm ³)	Spessore (m)
Strato 1	198	1.88	2.5
Strato 2	239	1.89	3.9
Strato 3	627	2.12	3.8
Strato 4	1298	2.30	0.9
Strato 5	1503	2.33	

Lo strato 1 è riferibile alla parte più superficiale del terreno, riconducibile al materiale di riporto antropico riscontrato in sede di perforazione fino a una profondità di 3 m dal p.c.. Lo strato 2 è riferibile ai materiali provenienti dall'alterazione delle diatessiti in completo disfacimento con velocità di propagazione delle onde S inferiore a 360 m/s. Le velocità di propagazione delle onde S nello strato 3 sono tipiche delle diatessiti molto alterate. Il passaggio a velocità superiori a 800 m/s, le quali indicano il passaggio al basamento sismico, si riscontrano a una profondità di circa 10 m dal p.c.. Tenuto conto che l'indagine MASW è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$ (più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo), è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette (sondaggi geotecnici). Le velocità delle onde S e la stratigrafia riconosciuta sono facilmente riscontrabili nel sondaggio geognostico effettuato in prossimità dello stendimento.

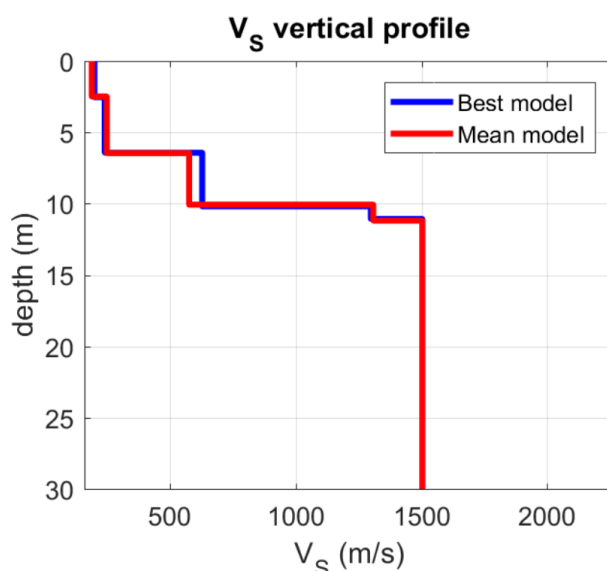


Figura 1. Profilo verticale e sismografie ottenute



Figura 2/3. Panoramica e ubicazione stendimento sismico MASW

Nell'area interessata dall'intervento sono state realizzate n° 3 **Tomografie in Onde P**.

La **tomografia 3** è stata eseguita all'interno della strada privata dell'Hotel Posada.

Di seguito si riportano la sezione tomografica con indicazione delle velocità delle onde P all'interno dei diversi strati sismici presenti. Nella lettura dei profili bisogna tener conto del fatto che la separazione tra gli strati a differente velocità non sempre corrisponde a una conformazione reale del sottosuolo.

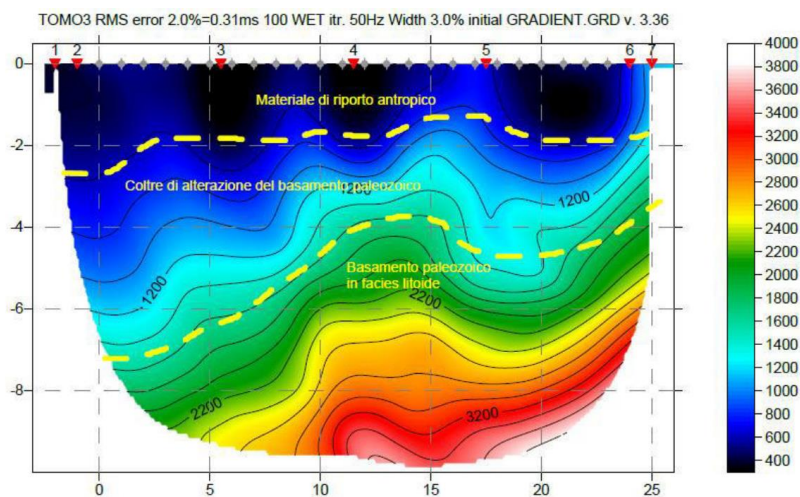


Figura 4. Elaborazione tomografica Stendimento



Figura 5/6. Panoramica dello stendimento

Nel profilo tomografico è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile alla coltre di origine detritico-antropica con basse caratteristiche elastiche variabili orizzontalmente e riconducibili a possibili manufatti antropici e sottoservizi. Nella fascia tra i 2 m e i 5 m di profondità si hanno velocità comprese tra 800 e 1400 m/s, attribuibili alla formazione granitoide in facies alterata. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide, caratterizzato da velocità superiori a 1400/1800 m/s.

La **tomografia 4** è stata eseguita tra il sondaggio S4 e il Sondaggio S5.

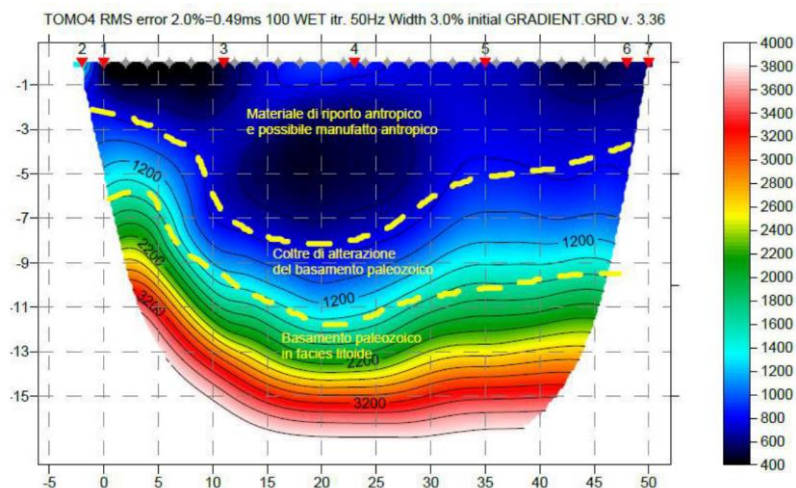


Figura 7. Elaborazione tomografica Stendimento

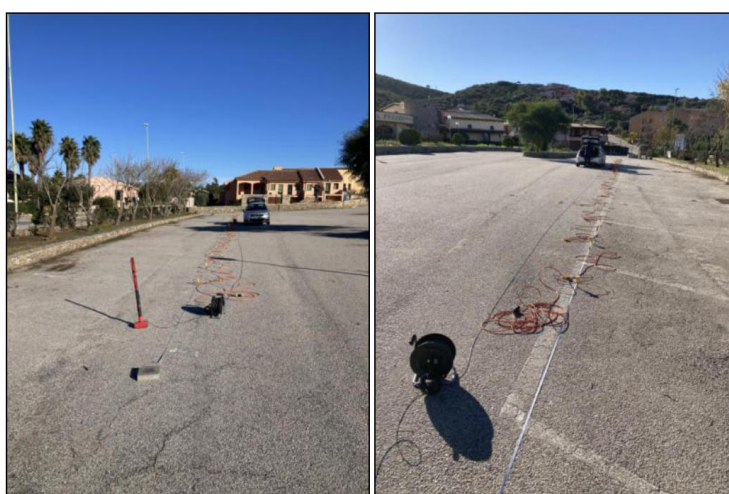


Figura 8/9. Panoramica dello stendimento

Nel profilo tomografico è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile alla coltre di origine detritico-antropica con basse caratteristiche elastiche variabili orizzontalmente e riconducibili a possibili manufatti antropici e sottoservizi. Nella fascia tra i 3 m e i 6 m di profondità, nella parte sinistra del profilo, e tra 8 e 11 m nella parte centrale e destra del profilo, si hanno velocità comprese tra 1000 e 1400 m/s, attribuibili alla formazione granitoide in facies alterata. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide.

La **tomografia 5** è stata eseguita nel tratto compreso tra il sondaggio S4 e il Sondaggio S1.

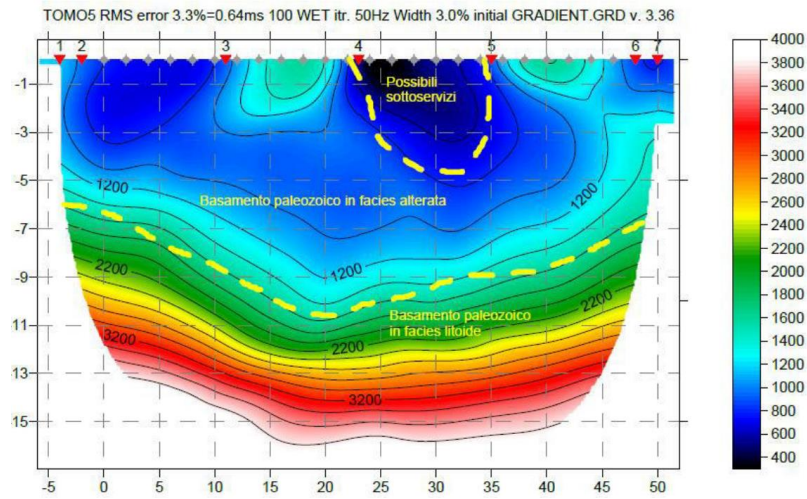


Figura 10. Elaborazione tomografica Stendimento



Figura 11/12. Panoramica dello stendimento

Nel profilo tomografico, tra i punti di scoppio 4 e 5, è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile alla coltre di origine detritico-antropica con basse caratteristiche elastiche riconducibile a possibili sottoservizi come evidenziato dalla presenza di tombini in ghisa a lato strada. Nella restante parte del profilo, si hanno velocità superiori a 800 m/s, attribuibili alla formazione granitoide in facies alterata come riscontrato direttamente in affioramento. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide.

ALLEGATI

UBICAZIONE SONDAGGI

UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

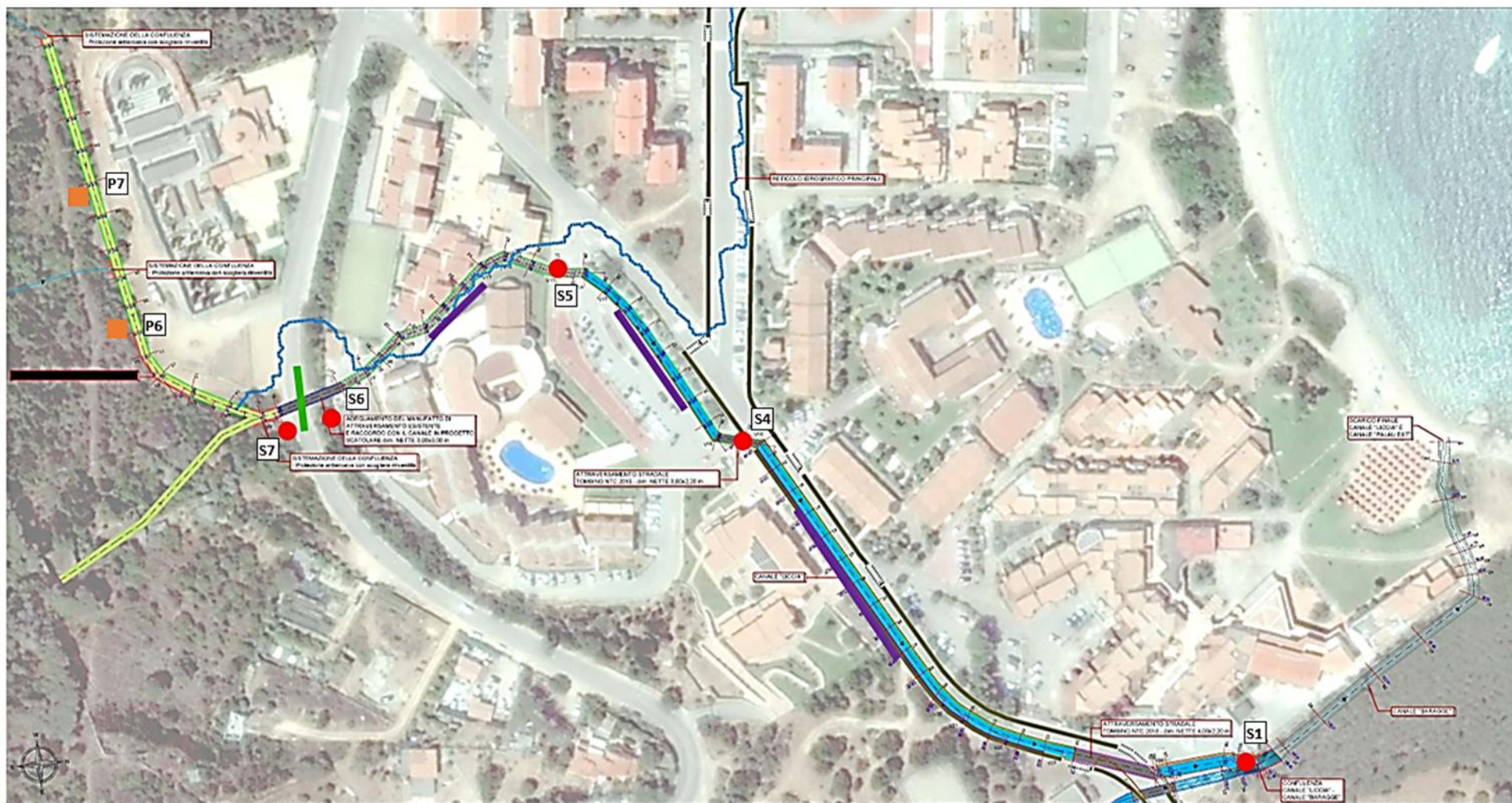
STRATIGRAFIE SONDAGGI E POZZETTI GEOGNOSTICI

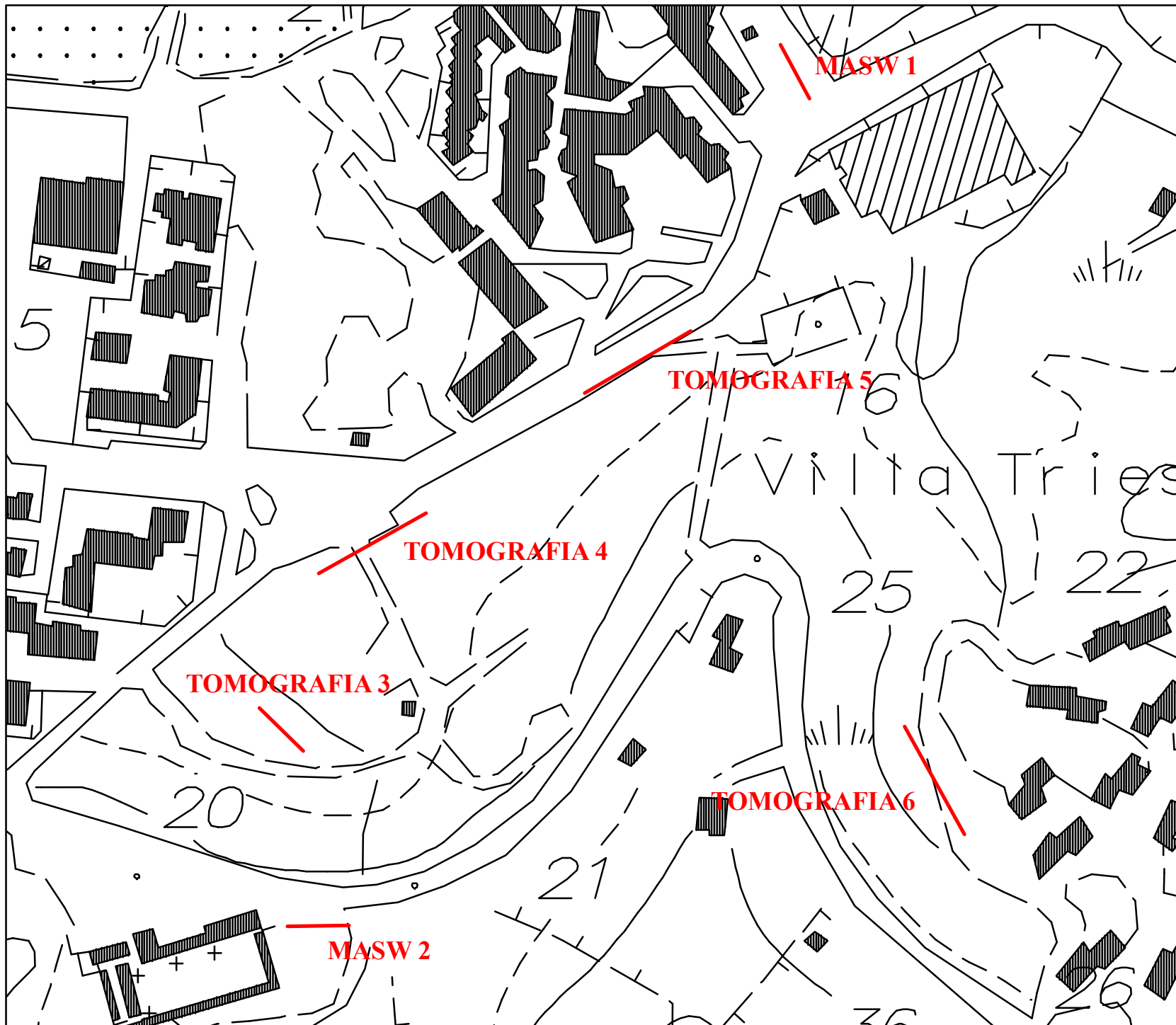
RELAZIONE INDAGINI SISMICHE

CERTIFICATI DI LABORATORIO

COMUNE PALAU

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU

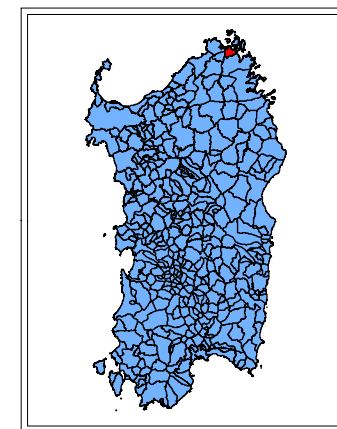




Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

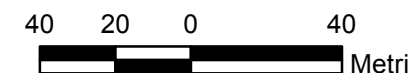
RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:2.000



Legenda

— STENDIMENTO SISMICO



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

SONDAGGIO S1

Committente : COMUNE DI PALAU				Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU						
Località: Parcheggio via del Vecchio Marino			Profondità : 5,00 metri			ϕ =				
Prof. base_strato	Spess.strati	SONDAGGIO S1			Coes.	Angolo	γ _n	γ _d	Mod. Ed.	Classif
					KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cmq	AASHO
0,00	0,00	Descrizione terreno								
		Bitume e materiale di riporto								
0,50	0,50									
		Graniti da fortemente a completamente alterati. "Granito arenizzato", spesso immerso in una matrice argillosa, più o meno sciolto, con clasti spigolosi e scarsamente elaborati. In alcuni livelli il litotipo autoctono semicoerente rende ancora riconoscibili le strutture originarie. Campione S1C1 profondità 3,00 metri								
5,00	4,50	fondo foro								



Profondità m. 5,00

SONDAGGIO S4

Committente : COMUNE DI PALAU					Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU						
Località: Via del Vecchio Marino			Profondità : 5,00 metri			ϕ =					
Prof. base_st rato	Spess .strati	SONDAGGIO S4				Coes.	Angolo	γ _n	γ _d	Mod. Ed.	Classif
						KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cmq	AASHO
0,00	0,00	Descrizione terreno									
		Bitume e materiale di riporto									
0,40	0,40										
		Graniti da fortemente a completamente alterati. "Granito arenizzato", spesso immerso in una matrice argillosa, più o meno sciolto, con clasti spigolosi e scarsamente elaborati. In alcuni livelli il litotipo autoctono semicoerente rende ancora riconoscibili le strutture originarie. Campione S4C1 profondità 2,50 metri									
5,00	4,60	fondo foro									



Profondità m. 5,00

SONDAGGIO S5

Committente : COMUNE DI PALAU				Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU					
Località: Via del Vecchio Marino			Profondità : 5,00 metri		$\phi =$				
Prof. base_s rato	Spess .strati	SONDAGGIO S5		Coes.	Angolo	γ_n	γ_d	Mod. Ed.	Classif.
0,00	0,00	Descrizione terreno		KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cmq	AASHO
0,50	0,50	Bitume e materiale di riporto							
5,00	4,50	Graniti da fortemente a completamente alterati. "Granito arenizzato", di colore rosa, più o meno sciolto, con clasti spigolosi e scarsamente elaborati. In alcuni livelli il litotipo autoctono semicoerente rende ancora riconoscibili le strutture originarie. Negli ultimi 50 cm si presenta con matrice argillosa di colore grigio verde. Campione S5C1 profondità 3,00 metri							



Profondità m. 5,00

SONDAGGIO S6

Committente : COMUNE DI PALAU				Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU							
Località: Via Capo d'Orso			Profondità : 8,00 metri			φ =					
Prof. base_ rato	Spess .strati	SONDAGGIO S6			Coes.	Angolo	γ _n	γ _d	Mod. Ed.	Classif.	
					KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cmq	AASHO	
0,00	0,00	Descrizione terreno									
5,00	5,00		Materiale di riporto, rimaneggiato costituente il rilevato stradale, rappresentato da materiali sciolti incoerenti.								
8,00	3,00		Materiali provenienti dalla alterazione delle diatessiti, in facies di alterazione spinta, sono presenti elementi lapidei centimetrici (probabilmente ciottoli), a fondo foro le diatessiti si presentano in facies di alterazione moderata. Campione S6C1 profondità 5,30 metri								
			fondo foro								



Profondità m. 8,00

SONDAGGIO S7

Committente : COMUNE DI PALAU				Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU							
Località: Via Capo d'Orso			Profondità : 10,00 metri			φ =					
Prof. base_s rato	Spess .strati	SONDAGGIO S7			Coes.	Angolo	γ _n	γ _d	Mod. Ed.	Classif	
					KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cmq	AASHO	
0,00	0,00	Descrizione terreno									
			Bitume								
0,30	0,30										
			Materiale di riporto, rimaneggiato costituente il rilevato stradale, rappresentato da materiali sciolti incoerenti.								
3,00	2,70										
			Materiali provenienti dalla alterazione delle diatessiti, in facies di alterazione spinta, dove è ancora possibile distinguere la struttura della roccia madre, sono presenti elementi lapidedi centimetrici (probabilmente ciottoli)								
6,00	3,00										
			Livello di alterazione delle diatessiti, di colore variabile dal nero al verde scuro, sono preenti radici								
8,80	2,80										
			Materiali provenienti dalla alterazione delle diatessiti, in facies di alterazione spinta, dove è ancora possibile distinguere la struttura della roccia madre, sono presenti numerosi elementi lapidei centimetrici Campione S7C1 profondità 7,00 metri								
10,00	120										
fondo foro											



Profondità m. 10,00

POZZETTO 6

Committente : COMUNE DI PALAU				Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU							
Località: 41.175121, 9.388492			Profondità : 0,70 metri			ϕ =					
Prof. base_st rato	Spess .strati	POZZETTO P6			Coes.	Angolo	γ _n	γ _d	Mod. Ed.	Classif.	
					KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cm ^q	AASHO	
0,00	0,00	Descrizione terreno									
			Detrito di versante con ciottoli a spigoli vivi, con matrice sabbiosa di color rosso, a fondo scavo è stato intercattato il basamento metamorfico in facie lapidea								
0,70	0,70										
			fondo scavo basamento metamorfico								



Profondità m. 0,70

POZZETTO 7

Committente : COMUNE DI PALAU				Cantiere : RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO - COMUNE DI PALAU							
Località: 41.174994, 9.387893 sponda dx alveo			Profondità : 1,90metri			ϕ =					
Prof. base_ strati	Spess strati	POZZETTO P7			Coes.	Angolo	γ _n	γ _d	Mod. Ed.	Classif.	
					KPa	°	kN/mc	kN/mc	Kg/cm ³	AASHO	
0,00	0,00	Descrizione terreno									
0,60	0,60		Terreno vegetale								
190	130		Metamorfiti in facies di alterazione molto spinta "arenizzate" con frammenti ciottolosi a spigoli vivi								



Profondità m. 1,90

Comune di Palau

Provincia di Sassari

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO



**Prospezione sismica a rifrazione con tecnica di indagine
tomografica e M.A.S.W.**

Il Tecnico

Dott. Geol. Pierluigi Fadda

Gennaio 2022

1. Premessa	3
2. Localizzazione dell'area interessata dall'intervento	3
3. Tecnica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)	4
4. Strumentazione utilizzata	5
5. Analisi dei risultati	6
6. Conclusioni	8

1. Premessa

Nell'ambito del progetto di **"RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO"**, nel Comune di Palau, è stata eseguita una serie di indagini geofisiche con prospezione sismica a rifrazione con elaborazione in tecnica tomografica e M.A.S.W. Tenuto conto che le indagini MASW sono principalmente finalizzate alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$ (più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo), è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette (sondaggi geotecnici). L'indagine è stata eseguita al fine di ottenere la classificazione di sottosuolo secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 e la definizione delle geometrie delle strutture tettoniche e gli spessori della coltre alterata e più intensamente fratturata nell'area di indagine.

2. Localizzazione dell'area interessata dall'intervento

L'area oggetto di intervento è localizzata nel territorio del Comune di Palau (SS), l'area oggetto di studio è riportata nel Foglio 428 alla Sez. 010.

	GEOF. 1		GEOF. 24	
MASW 1	1532818	4558634	1532807	4558654
MASW 2	1532622	4558324	1532645	4558325
TOMO 3	1532612	4558406	1532628	4558390
TOMO 4	1532634	4558456	1532674	4558479
TOMO 5	1532734	4558524	1532773	4558547
TOMO 6	1532853	4558399	1532875	4558359



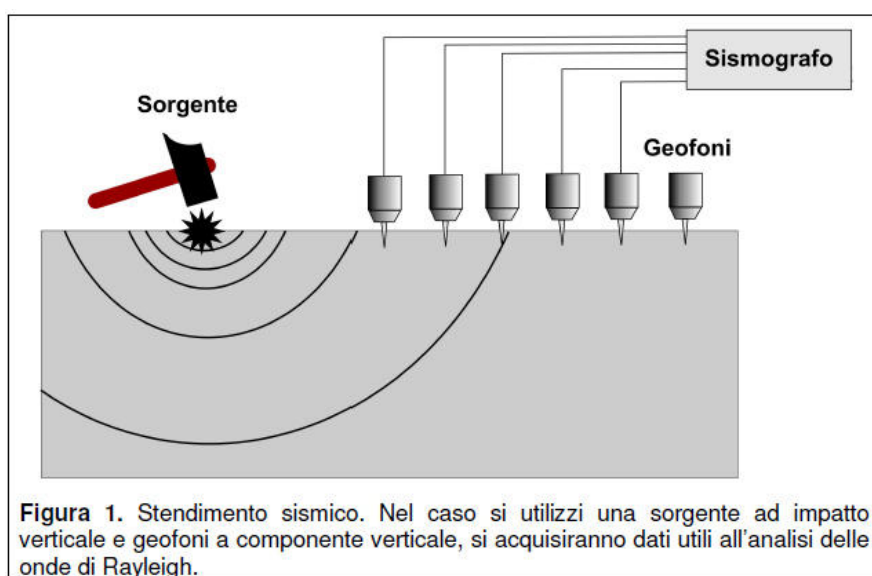
Figura 1. Panoramica ubicazione profili sismici.

3. Tecnica M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

La tecnica di indagine M.A.S.W. analizza la propagazione delle onde di superficie, o meglio si analizza in dettaglio la dispersione delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse viaggino a velocità diversa). Il principio base è che le varie componenti (frequenze) del segnale sismico viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo. Più specificatamente: le lunghezze d'onda più ampie sono influenzate dalla parte più profonda, mentre le piccole lunghezze d'onda dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale. Poichè tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte. Tradizionalmente le M.A.S.W. sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh. Il metodo di indagine M.A.S.W. utilizzato, è di tipo attivo, cioè le onde superficiali sono generate artificialmente in un punto specifico del suolo, al p.c., tramite un'energizzazione con mazza battente e cannoncino sismico, queste vengono poi registrate da uno stendimento lineare di geofoni. Le frequenze generalmente registrate sono comprese tra i 5 e i 100 Hz, forniscono quindi informazioni sulla parte più superficiale del sottosuolo fino a una profondità di 40m-50m.

La metodologia consiste in due fasi distinte:

- Studio preliminare dell'assetto litostratigrafico dell'area;
- Valutazione della configurazione geometrica dello stendimento;
- Acquisizione dei dati di campagna;
- Elaborazione dei dati di campagna e calcolo della curva di dispersione (grafico velocità di fase-frequenze);
- Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .



Nel caso in esame si è optato per la realizzazione di due stendimenti di 24 geofoni con distanza intergeofonica di 1.0 m, con energizzazioni agli estremi dello stendimento con offset minimo 1.0 m e max 4.0 m.

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE MASW	
Lunghezza stendimento ricevitori	23 m
Numero geofoni	24
Distanza intergeofonica	1.0 m
Off-sets sorgenti	1.0 m - 2.0 m - 4.0 m
Durata acquisizione	2048 ms
Intervallo di campionamento	1.0 ms
Numero di campioni	2048
Massima frequenza di campionamento	1000 Hz

L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata con il software winMASW-3C della EliaSoft e può essere schematizzata nelle seguenti fasi:

- Analisi di Cross-Correlazione tra i segnali registrati e eliminazione del rumore ambientale;
- Analisi spettrale in tecnica v-f (velocità di fase - frequenza) e picking dei massimi di energia;
- Ricostruzione della curva di dispersione;
- Inversione della curva di dispersione per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio;
- Determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs.

4. Tomografia sismica in onde P

La tecnica di indagine a rifrazione è una delle indagini più utilizzate per la conoscenza delle geometrie e delle proprietà del sottosuolo, infatti, se si dispone anche di sondaggi di taratura, questa consente di elevare la prospezione sismica a rifrazione da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica. Questa tecnica si basa sul tempo impiegato dalle onde elastiche indotte artificialmente nel sottosuolo per giungere, dal punto di energizzazione, agli apparecchi di ricezione (geofoni) secondo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), nel rifrangersi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

Analizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, si costruiscono le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di elaborazione, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.

Limiti del metodo di sismica a rifrazione tradizionale:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi gradualmente di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

La tomografia sismica è una tecnica d'indagine che permette di sopperire a tali limiti, infatti consente l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un potere risolutivo nettamente superiore ad altri metodi, offrendo la possibilità della ricostruzione, con elevato grado di qualità, di anomalie stratigrafiche, anche particolarmente complesse non risolvibili con differenti tecniche d'indagine.

Per le indagini tomografiche è necessario utilizzare un maggior numero di sorgenti di energizzazione e di punti di ricezione delle onde sismiche, che permettano una distribuzione dei raggi sismici omogenea e con una densità che viene predefinita in funzione del "target" da raggiungere. Per l'elaborazione dei dati per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolandone per ciascuna un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano; questo dà come risultato una mappa della distribuzione delle velocità

sismiche in una sezione piana contenente le sorgenti ed i geofoni. Le classiche prospezioni sismiche si basano sul concetto che le onde acustiche si propagano nei diversi mezzi con velocità differenti. Generando tali onde in una sorgente e registrando i loro tempi di arrivo nei punti predeterminati (geofoni), è possibile ricostruire la distribuzione di velocità e con questa definire dal punto di vista elastico le aree oggetto di studio e individuare anomalie o corpi anomali permettendoci così di visualizzare le non omogeneità incontrate nel mezzo.

La metodologia consiste in due fasi distinte:

- Studio preliminare dell'assetto litostratigrafico dell'area;
- Valutazione della configurazione geometrica dello stendimento;
- Acquisizione dei dati di campagna;
- Elaborazione dei dati di campagna e ricostruzione tomografica del sottosuolo attraverso la determinazione dei tempi di primo arrivo, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, poi con la formazione di un database contenente la geometria della linea sismica (posizione altimetrica e planimetrica dei geofoni e degli scoppi) ed i tempi di primo arrivo per ciascun scoppio per poi procedere con l'inversione Delta t-V che permette di ottenere profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità. Ottimizzazione del profilo mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda per giungere all'output grafico della sezione tomografica.

L'analisi tomografica è stata effettuata con il software Rayfract.

5. Strumentazione utilizzata

La strumentazione impiegata per le indagini sismiche di tipo M.A.S.W. e tomografiche è la seguente:

- Sistema di energizzazione: sorgente costituita da una mazza del peso di 8 Kg con starter piezoelettrico e piattello di battuta in alluminio con dimensioni 20x20x5 cm posta sul p.c.;
- Sistema di ricezione: 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz con interdistanza geofonica di 1.0 m e 2,0 m;
- Sistema di acquisizione: Sismografo Pasi GEA24, con memoria a 24 bit e 24 canali e notebook Pc collegato con software di acquisizione Pasi.

6. Analisi dei risultati

Nella lettura dei profili bisogna tener conto del fatto che la separazione tra gli strati a differente velocità non sempre corrispondono a una conformazione reale del sottosuolo.

M.A.S.W. 1

La curva di dispersione e la sezione elaborata sono riportati nelle seguenti figure.

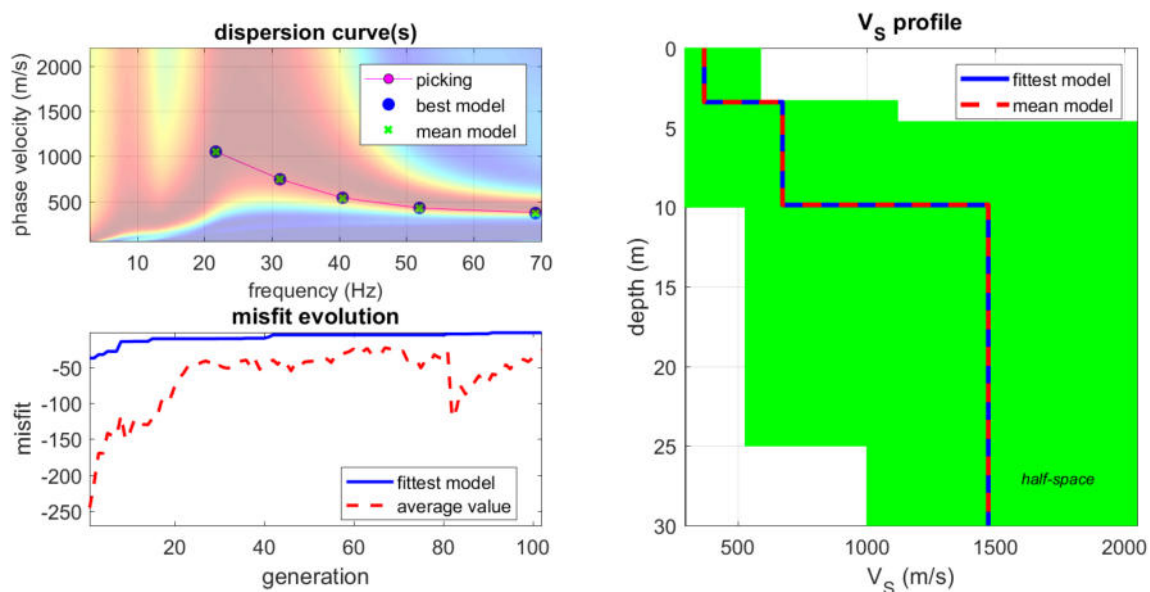


Figura 2. Elaborazione dei dati con software winMASW.

Il profilo verticale e le sismostratigrafie ottenute sono visibili in Figura 4 e si riferiscono al centro dello stendimento.

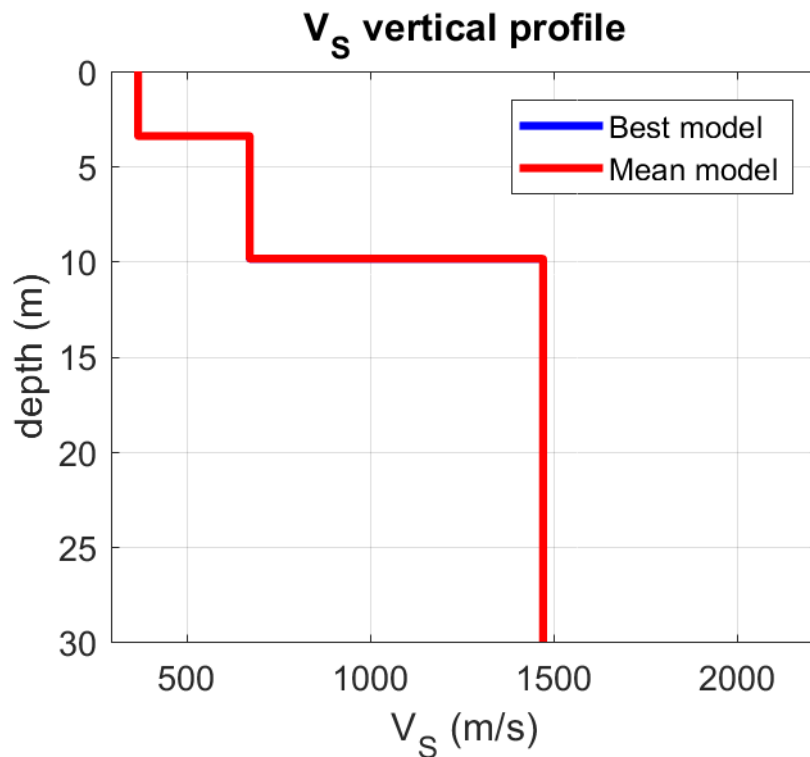


Figura 3. Profilo verticale e sismostratigrafie ottenute.

Sono stati riconosciuti tre sismostrati riportati nella tabella seguente:

	Vs (m/s)	Densità (gr/cm ³)	Spessore (m)
Strato 1	369	2.03	3.4
Strato 2	673	2.14	6.5
Strato 3	1472	2.33	

Lo strato 1 è riferibile alla parte più superficiale del terreno, riconducibile a graniti da fortemente a completamente alterati chiamati anche graniti arenizzati. Lo strato 2 è riferibile al granito alterato semicoerente con caratteristiche che migliorano con la profondità, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde S inferiori ai 800 m/s; infine lo strato 3 al substrato granitoide in facies litoide. Tenuto conto che l'indagine MASW è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro Vs,eq (più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo), è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette (sondaggi geotecnici). Le velocità delle onde S e la stratigrafia riconosciuta sono facilmente riscontrabili nel sondaggio geognostico effettuato in prossimità dello stendimento, il quale indica la presenza del granito arenizzato incoerente fino a fondo foro (-5 m da p.c.).



Figura 4. Stendimento sismico MASW.

M.A.S.W. 2

La curva di dispersione e la sezione elaborata sono riportati nelle seguenti figure.

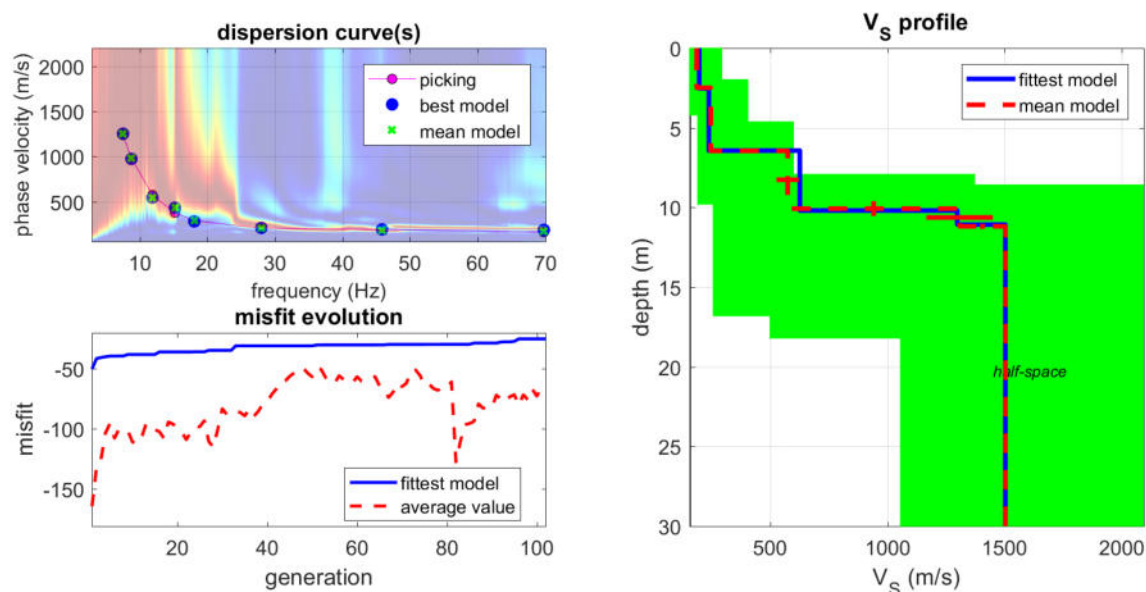


Figura 5. Elaborazione dei dati con software winMASW.

Il profilo verticale e le sismostratigrafie ottenute sono visibili in Figura 6 e si riferiscono al centro dello stendimento.

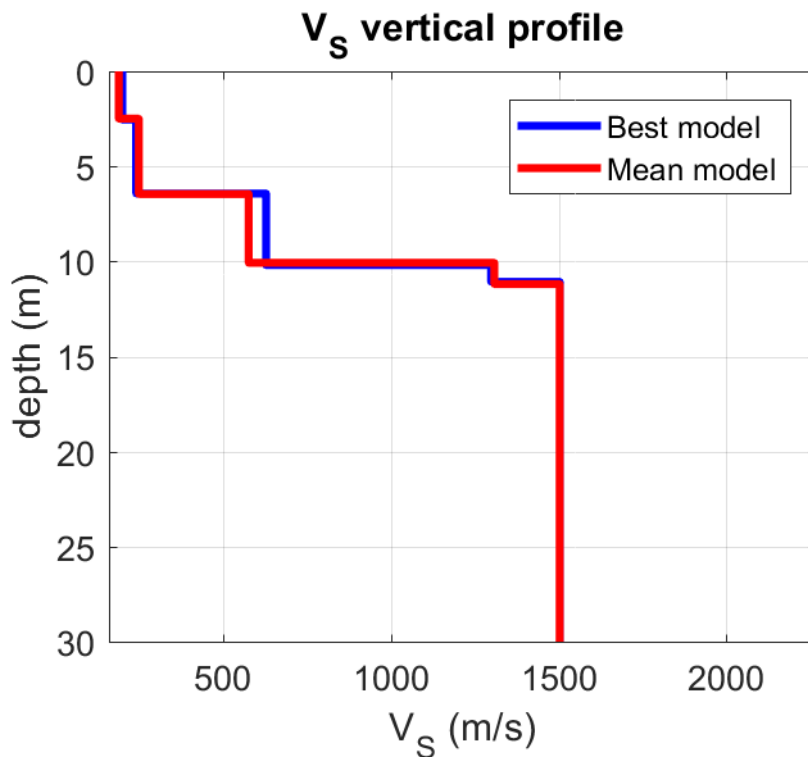


Figura 6. Profilo verticale e sismostratigrafie ottenute.

Sono stati riconosciuti cinque sismostrati riportati nella tabella seguente:

	Vs (m/s)	Densità (gr/cm ³)	Spessore (m)
Strato 1	198	1.88	2.5
Strato 2	239	1.89	3.9
Strato 3	627	2.12	3.8
Strato 4	1298	2.30	0.9
Strato 5	1503	2.33	

Lo strato 1 è riferibile alla parte più superficiale del terreno, riconducibile al materiale di riporto antropico riscontrato in sede di perforazione fino a una profondità di 3 m dal p.c.. Lo strato 2 è riferibile ai materiali provenienti dall'alterazione delle diatessiti in completo disfacimento con velocità di propagazione delle onde S inferiore a 360 m/s. Le velocità di propagazione delle onde S nello strato 3 sono tipiche delle diatessiti molto alterate. Il passaggio a velocità superiori a 800 m/s, le quali indicano il passaggio al basamento sismico, si riscontrano a una profondità di circa 10 m dal p.c.. Tenuto conto che l'indagine MASW è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$ (più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo), è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette (sondaggi geotecnici). Le velocità delle onde S e la stratigrafia riconosciuta sono facilmente riscontrabili nel sondaggio geognostico effettuato in prossimità dello stendimento.



Figura 7. Stendimento sismico MASW.

Tomografia in Onde P

Di seguito si riportano la sezione tomografica con indicazione delle velocità delle onde P all'interno dei diversi strati sismici presenti. Nella lettura dei profili bisogna tener conto del fatto che la separazione tra gli strati a differente velocità non sempre corrisponde a una conformazione reale del sottosuolo.

Tomografia 3

GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE INDAGINE TOMOGRAFICA	
Lunghezza stendimento ricevitori	23 m
Numero geofoni	24
Distanza intergeofonica	1.0 m
Punti di energizzazione	-2.0 e -1.0 m da geofono 1; tra geofono 6 e 7; al centro dello stendimento; tra geofono 18 e 19; a +1.0 e +2.0 m da geofono 24

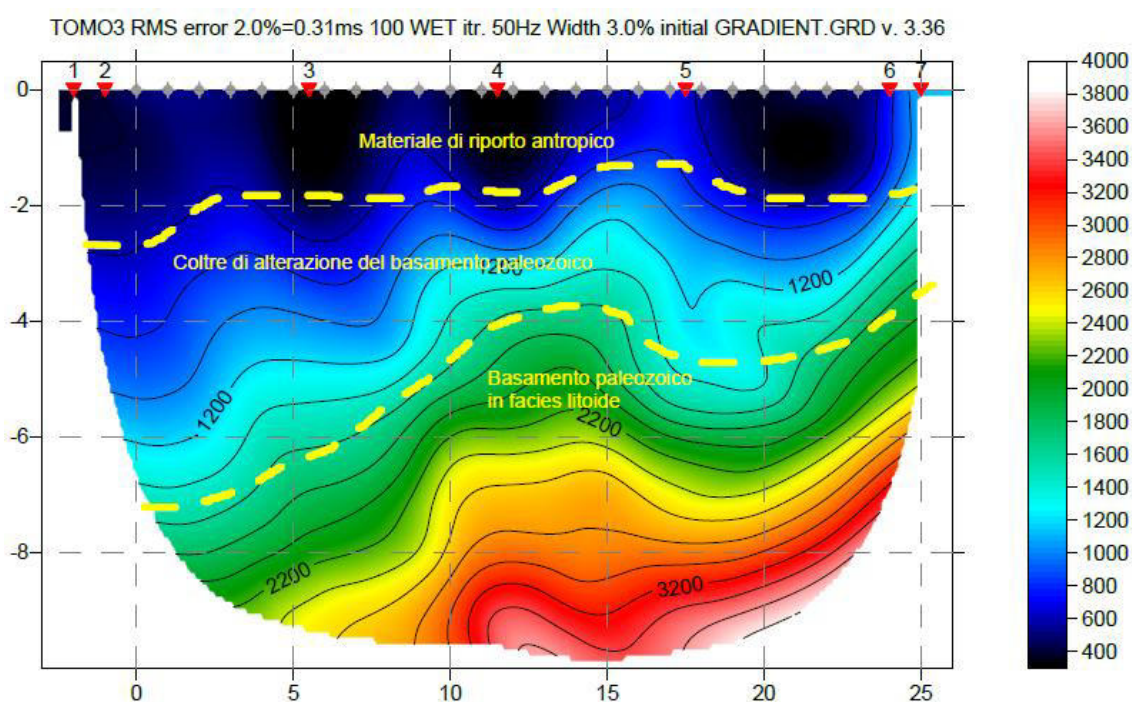


Figura 8. Primi arrivi shot 2, 4 e 6 e elaborazione tomografica stendimento n.3.

Nel profilo tomografico è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile alla coltre di origine detritico-antropica con basse caratteristiche elastiche variabili orizzontalmente e riconducibili a possibili manufatti antropici e

sottoservizi. Nella fascia tra i 2 m e i 5 m di profondità si hanno velocità comprese tra 800 e 1400 m/s, attribuibili alla formazione granitoidale in facies alterata. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide, caratterizzato da velocità superiori a 1400/1800 m/s.



Figura 9. Panoramica stendimento n.3.

Tomografia 4

GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE INDAGINE TOMOGRAFICA	
Lunghezza stendimento ricevitori	46 m
Numero geofoni	24
Distanza intergeofonica	2.0 m
Punti di energizzazione	-4.0 e -2.0 m da geofono 1; tra geofono 6 e 7; al centro dello stendimento; tra geofono 18 e 19; a +2.0 e +4.0 m da geofono 24

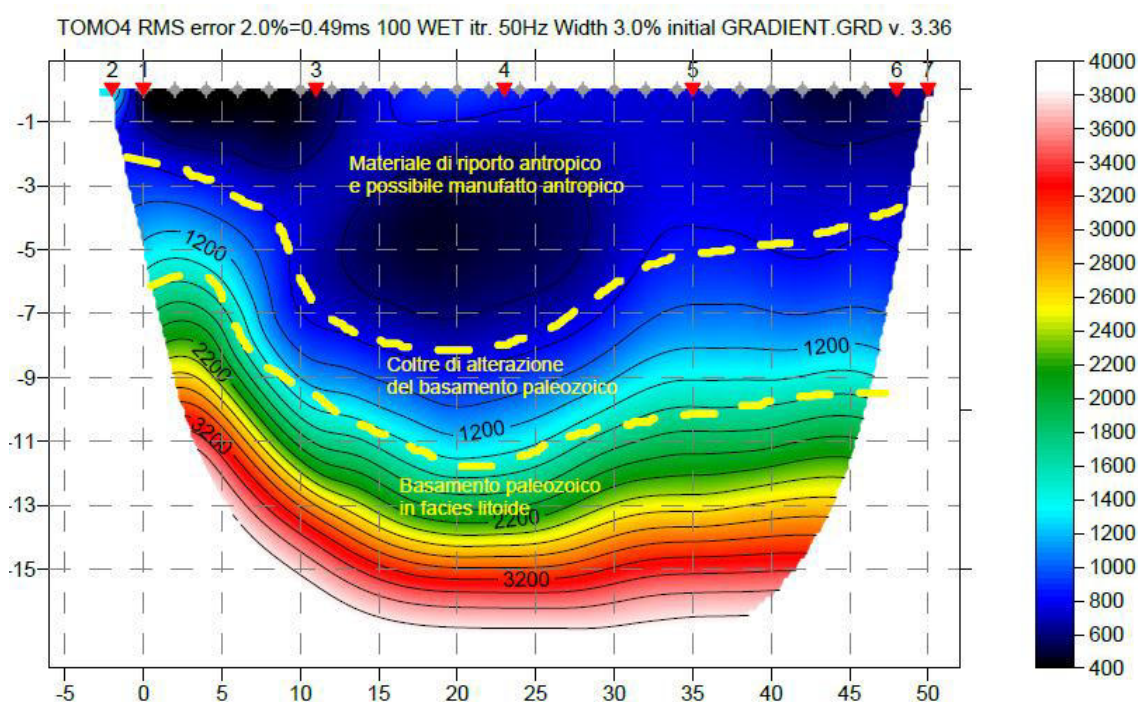


Figura 10. Elaborazione tomografica stendimento n.4.

Nel profilo tomografico è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile alla coltre di origine detritico-antropica con basse caratteristiche elastiche variabili orizzontalmente e riconducibili a possibili manufatti antropici e sottoservizi. Nella fascia tra i 3 m e i 6 m di profondità, nella parte sinistra del profilo, e tra 8 e 11 m nella parte centrale e destra del profilo, si hanno velocità comprese tra 1000 e 1400 m/s, attribuibili alla formazione granitoidale in facies alterata. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un

netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide..



Figura 11. Panoramica stendimento n.4.

Tomografia 5

GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE INDAGINE TOMOGRAFICA	
Lunghezza stendimento ricevitori	46 m
Numero geofoni	24
Distanza intergeofonica	2.0 m
Punti di energizzazione	-4.0 e -2.0 m da geofono 1; tra geofono 6 e 7; al centro dello stendimento; tra geofono 18 e 19; a +2.0 e +4.0 m da geofono 24

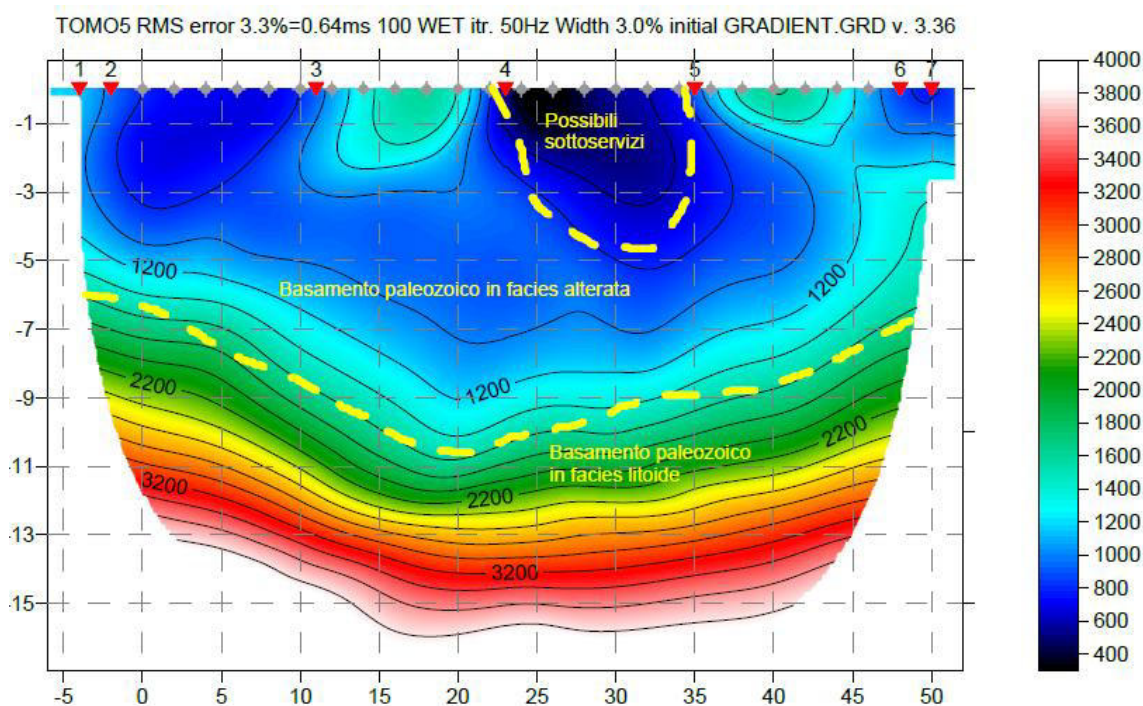


Figura 12. Elaborazione tomografica stendimento n.5.

Nel profilo tomografico, tra i punti di scoppio 4 e 5, è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile alla coltre di origine detritico-antropica con basse caratteristiche elastiche riconducibile a possibili sottoservizi come evidenziato dalla presenza di tombini in ghisa a lato strada. Nella restante parte del profilo, si hanno velocità superiori a 800 m/s, attribuibili alla formazione granitoide in facies alterata come riscontrato direttamente in affioramento. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un

netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide.



Figura 13. Panoramica stendimento n.5.

Tomografia 6

GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE INDAGINE TOMOGRAFICA	
Lunghezza stendimento ricevitori	46 m
Numero geofoni	24
Distanza intergeofonica	2.0 m
Punti di energizzazione	-4.0 e -2.0 m da geofono 1; tra geofono 6 e 7; al centro dello stendimento; tra geofono 18 e 19; a +2.0 e +4.0 m da geofono 24

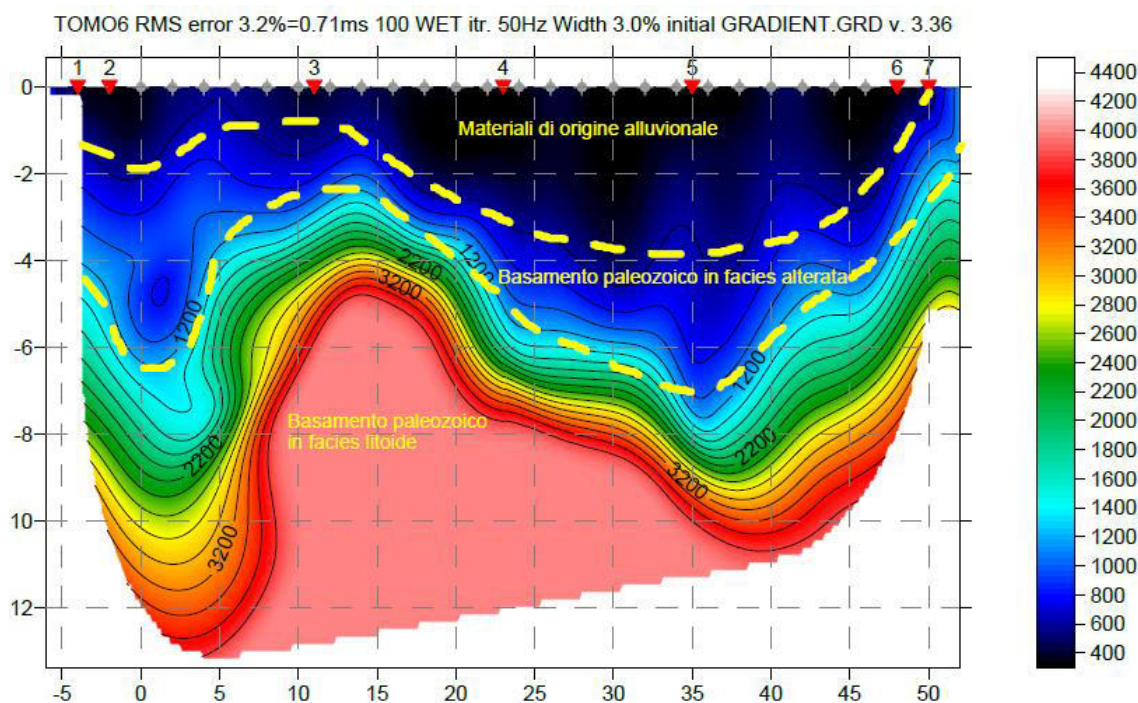


Figura 14. Elaborazione tomografica stendimento n.6.

Nel profilo tomografico è visibile uno strato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiori ai 600 m/s associabile a depositi di origine alluvionale, come riscontrato nel pozzetto geognostico n.2. Nella restante parte del profilo, si hanno velocità superiori a 800 m/s, attribuibili alla formazione granitoide in facies alterata. Nella parte sinistra del profilo e in prossimità del punto di scoppio n.5 si ha una diminuzione delle velocità lungo la verticale, probabilmente riconducibile a elementi strutturali subverticali o alla presenza di un compluvio poi regolarizzato in seguito all'urbanizzazione della zona e alla realizzazione del canale esistente. Procedendo in profondità si ha un notevole aumento di propagazione delle onde P, caratteristica comune alle formazioni plutoniche sarde che con l'aumentare della profondità

tendono essere meno alterate e fratturate fino a giungere senza un netto passaggio alla roccia sana in facies litoide. Non si demarca un netto passaggio tra i diversi gradi di alterazione delle formazioni del basamento e il granito in facies litoide.



Figura 15. Panoramica stendimento n.6.

7. Conclusioni

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

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

MASW 1

L'analisi del modello sismico ottenuto per il profilo sismico effettuato riporta, con riferimento alla quota del piano campagna, una velocità media equivalente delle onde di taglio S nei primi 30 m di profondità pari a $V_{s,eq}$ 524 m/s. Pertanto il sottosuolo, sulla base del valore di $V_{s,eq}$ è riferibile alla categoria "B" della Tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018, ed è definibile come "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."

MASW 2

L'analisi del modello sismico ottenuto per il profilo sismico effettuato riporta, con riferimento alla quota del piano campagna, una velocità media equivalente delle onde di taglio S nei primi 30 m di profondità pari a V_s/eq 290 m/s. Pertanto il sottosuolo, sulla base del valore di V_s/eq è riferibile alla categoria "E" della Tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018, ed è definibile come "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."

Gennaio 2022

Il Tecnico

Dott. Geol. Pierluigi Fadda



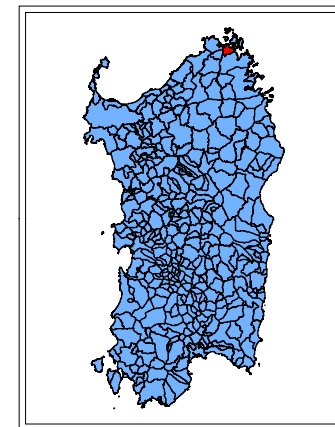


Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:500

MASW 1



Legenda

— STENDIMENTO SISMICO

Geof. 1 - 1532818 □ 4558634

Geof. 24 - 1532807 □ 4558654

10 5 0 10
Metri



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

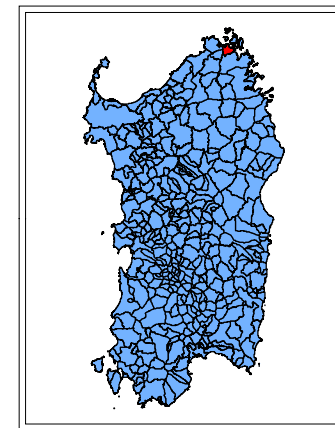


Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:500

MASW 2

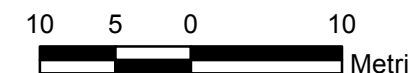


Legenda

— STENDIMENTO SISMICO

Geof. 1 - 1532622□4558324

Geof. 24 - 1532645□4558325



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

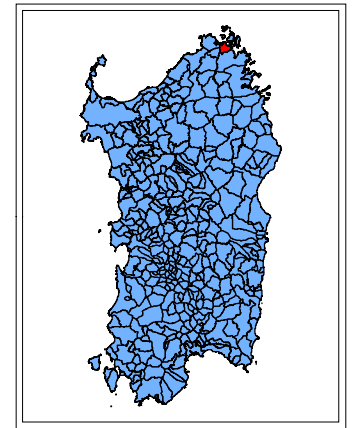


Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:500

TOMOGRFIA 3



Legenda

— STENDIMENTO SISMICO

Geof. 1 - 1532612□4558406

Geof. 24 - 1532628□4558390

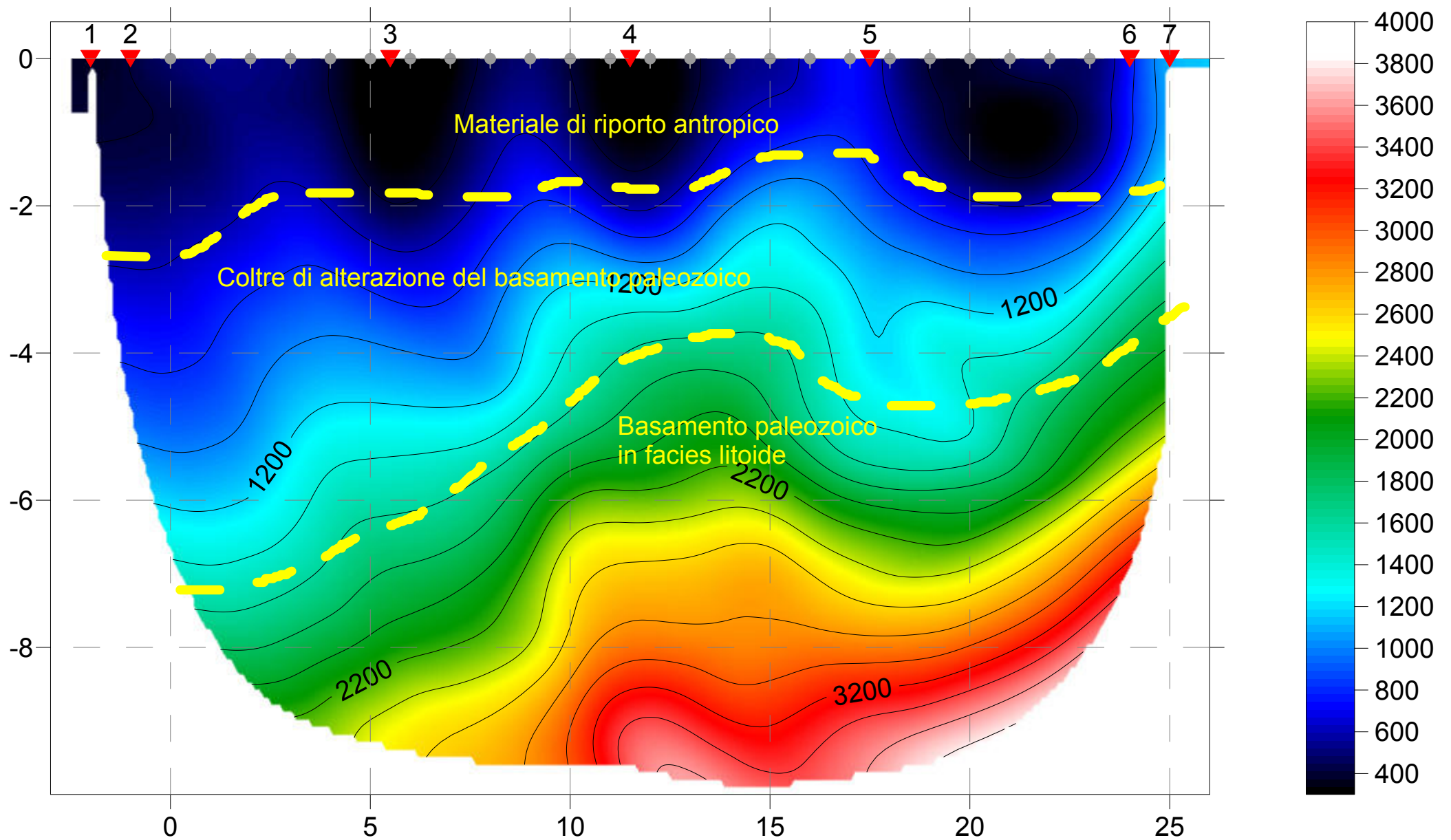
10 5 0 10
Metri



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

TOMOGRAFIA N.3

TOMO3 RMS error 2.0%=0.31ms 100 WET itr. 50Hz Width 3.0% initial GRADIENT.GRD v. 3.36



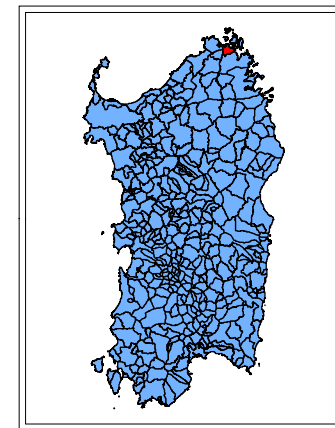


Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:500

TOMOGRAFIA 4



Legenda

— STENDIMENTO SISMICO

Geof. 1 - 1532634 □ 4558456

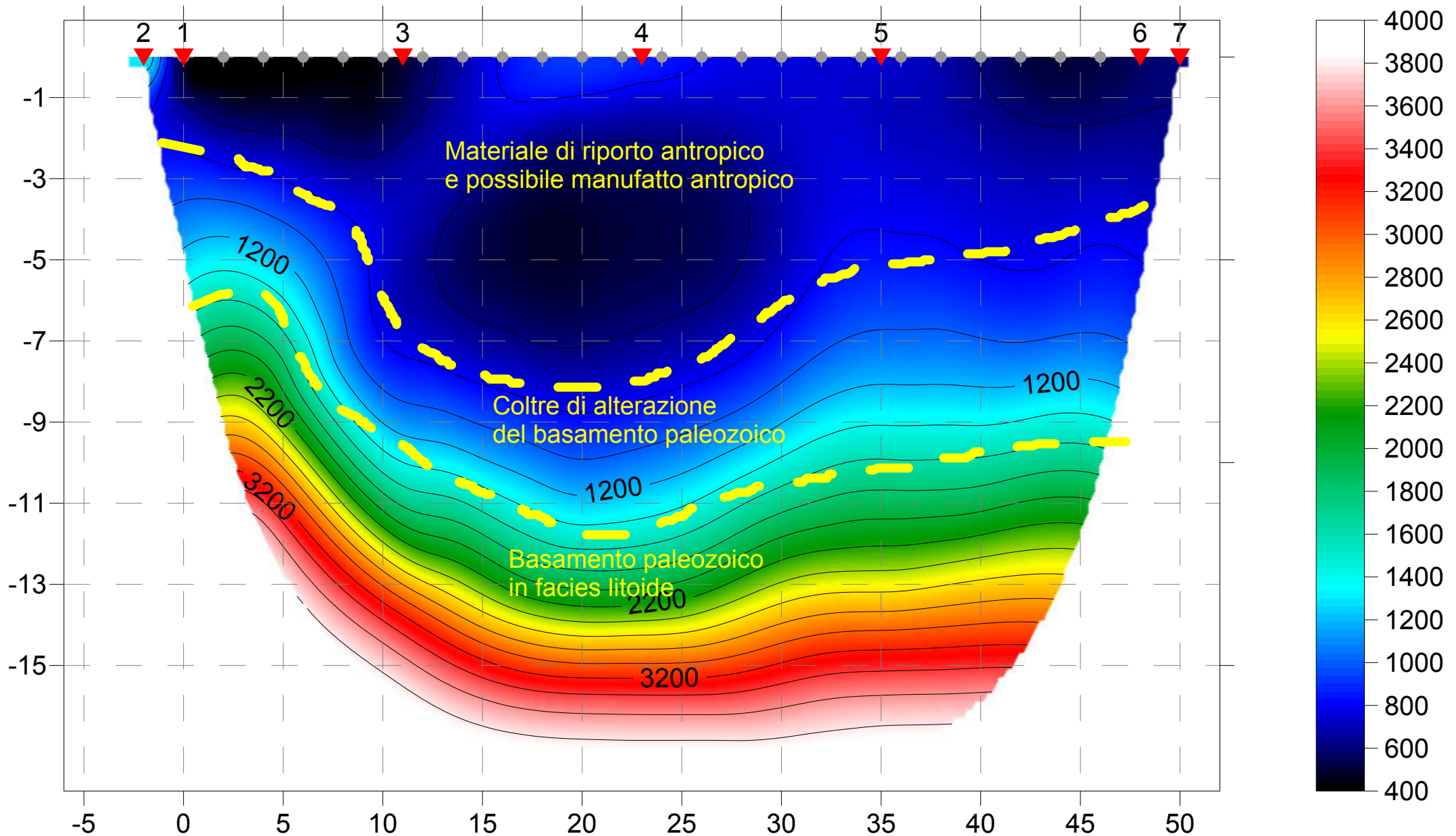
Geof. 24 - 1532674 □ 4558479



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

TOMOGRAFIA N.4

TOMO4 RMS error 2.0%=0.49ms 100 WET itr. 50Hz Width 3.0% initial GRADIENT.GRD v. 3.36



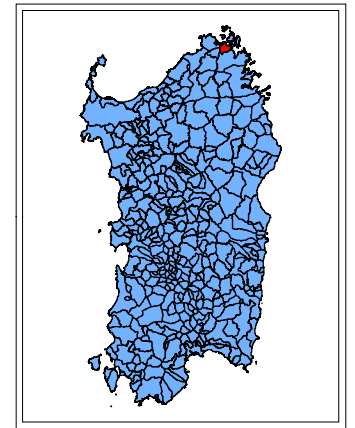


Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:500

TOMOGRAFIA 5



Legenda

— STENDIMENTO SISMICO

Geof. 1 - 1532734□4558524

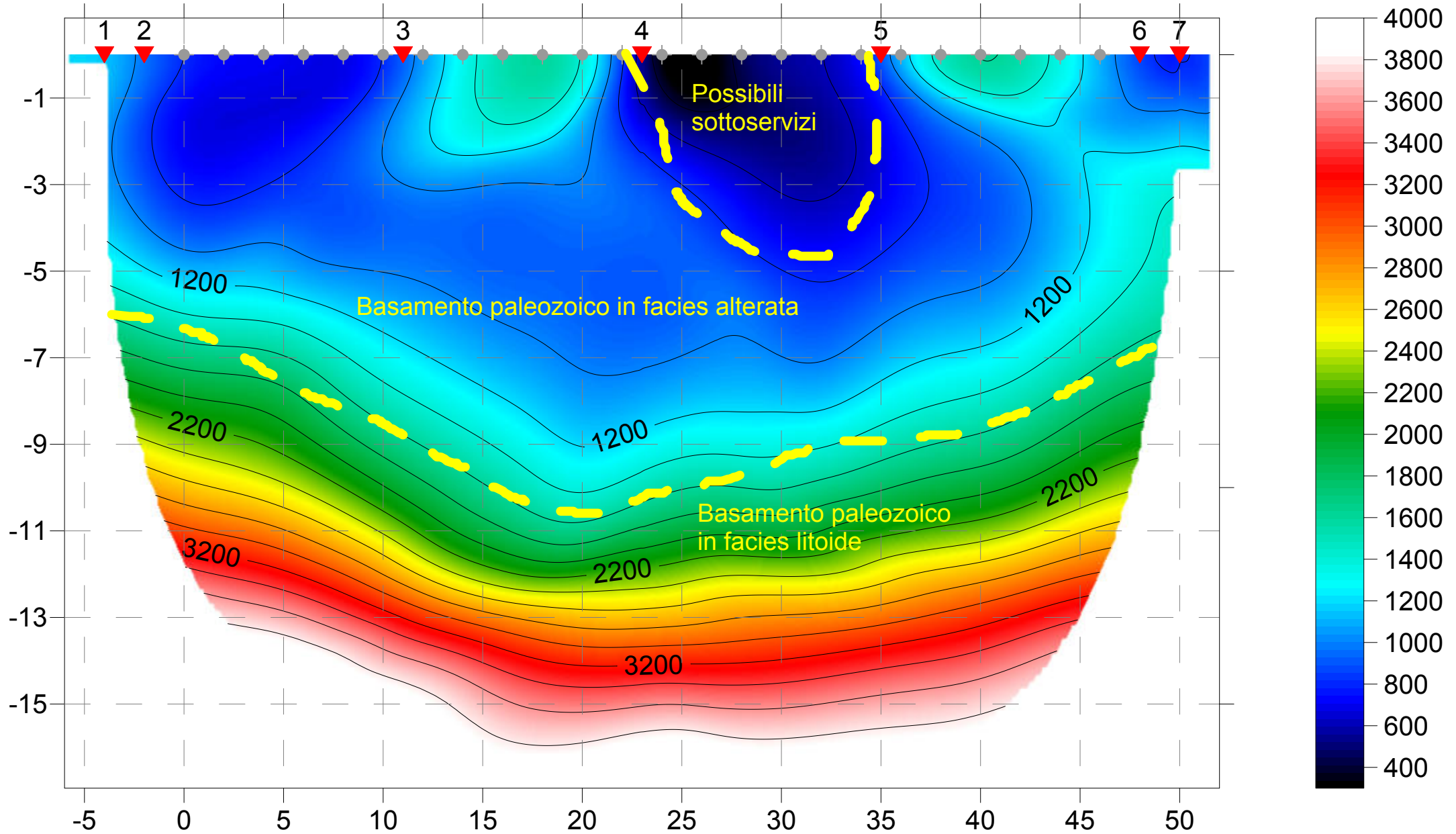
Geof. 24 - 1532773□4558547



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

TOMOGRAFIA N.5

TOMO5 RMS error 3.3%=0.64ms 100 WET itr. 50Hz Width 3.0% initial GRADIENT.GRD v. 3.36



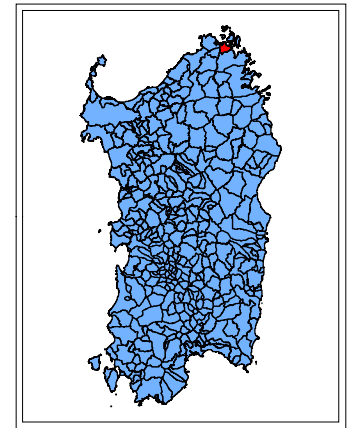


Ubicazione indagini sismiche
Comune di Palau (SS)

RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO
CANALE BARAGGE - VECCHIO MARINO

Scala 1:500

TOMOGRAFIA 6



Legenda

— STENDIMENTO SISMICO

Geof. 1 - 1532853□4558399

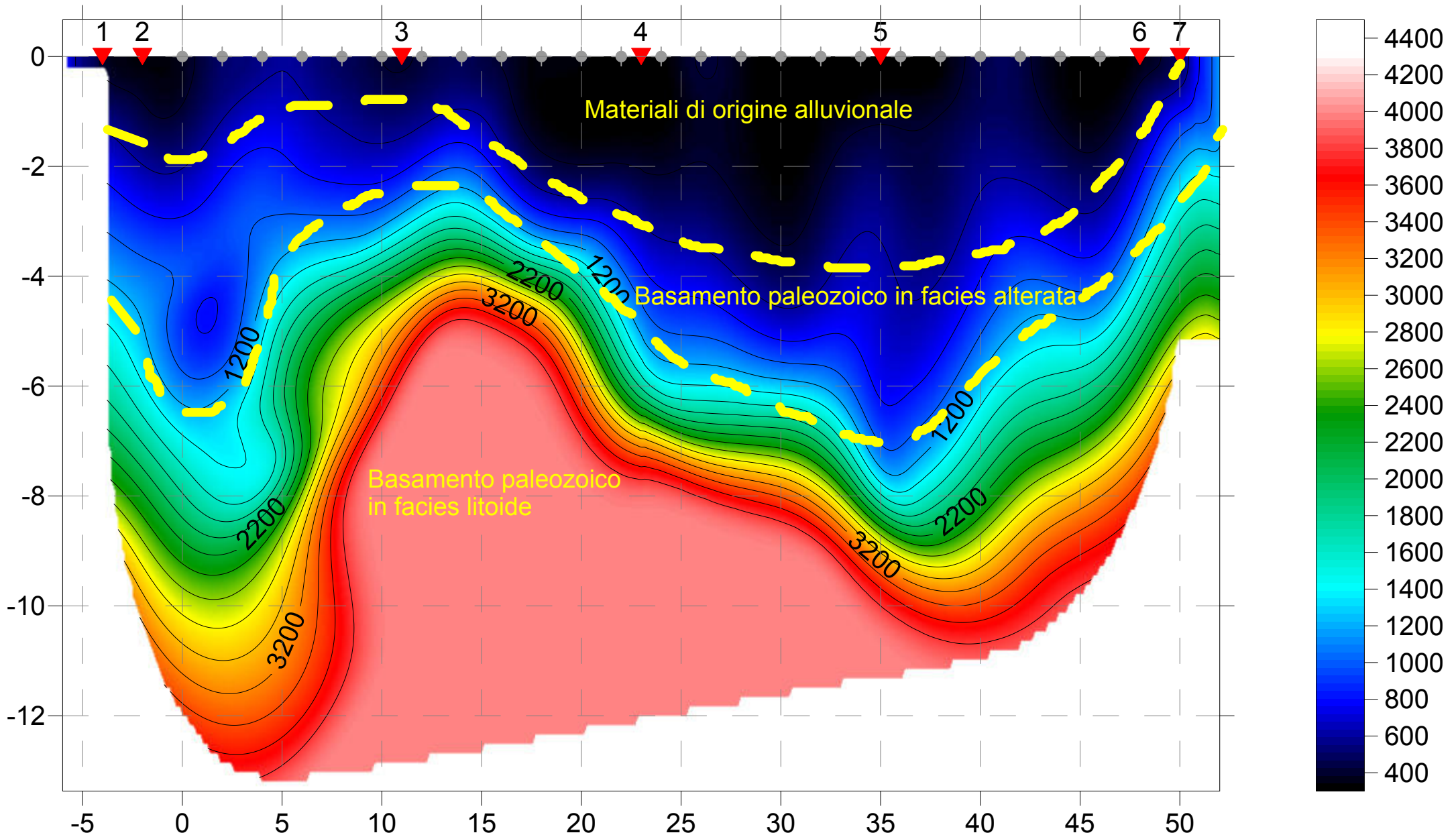
Geof. 24 - 1532875□4558359



Dott. Geol. Pierluigi Fadda
Ordine dei Geologi della Sardegna - N° 760 Sez. A
Via G. A. Goddi 11, 08025 Oliena (Nu)
Cell: 340/8284101
Email: pl.fadda@tiscali.it - Pec: pierluigi.fadda@pec.it

TOMOGRAFIA N.6

TOMO6 RMS error 3.2%=0.71ms 100 WET itr. 50Hz Width 3.0% initial GRADIENT.GRD v. 3.36

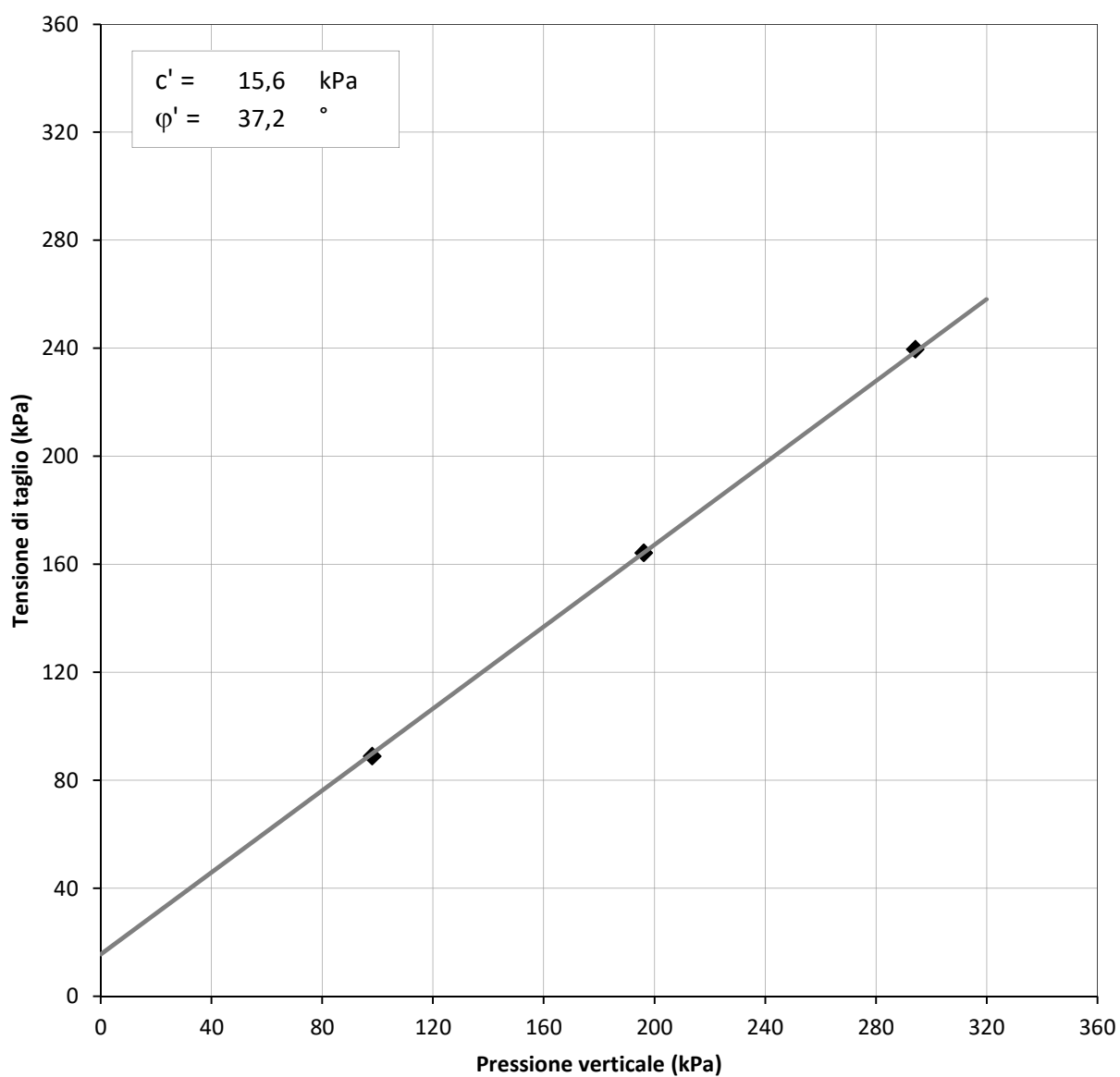


MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D 3080-98

CERTIFICATO DI PROVA - FASE DI TAGLIO

V.D.A. n.	5955-8	DEL	09/12/2021
Committente	Comune di Palau	CERTIFICATO N.	
Cantiere	Risanam. Canale Baraggi		
Campione	S1 C1 -3,00m	DEL	



Il Tecnico

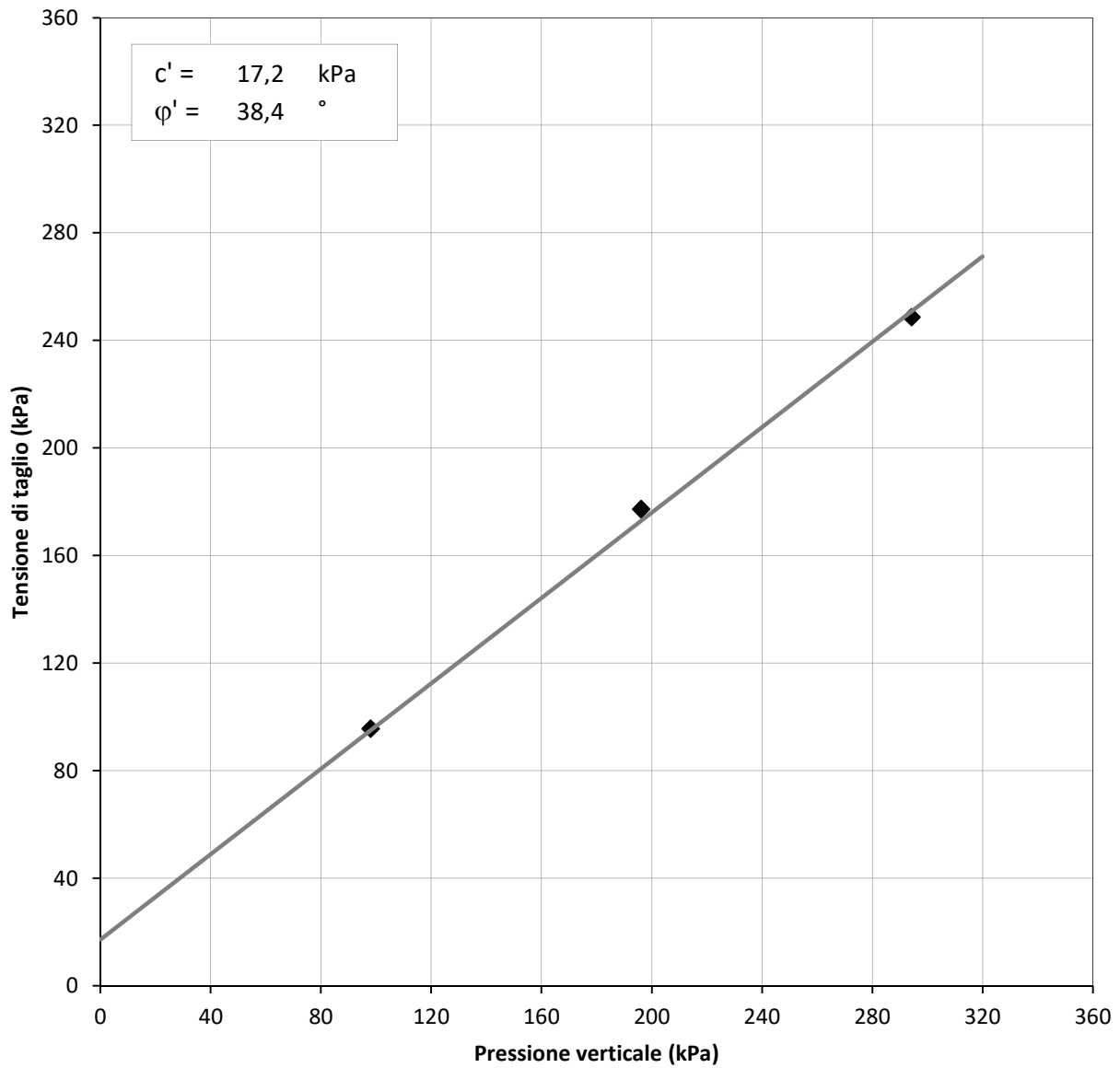
Il Direttore

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D 3080-98

CERTIFICATO DI PROVA - FASE DI TAGLIO

V.D.A. n.	5955-6	DEL	09/12/2021
Committente	Comune di Palau	CERTIFICATO N.	
Cantiere	Risanam. Canale Baraggi		
Campione	S4 C1 -2,50m	DEL	



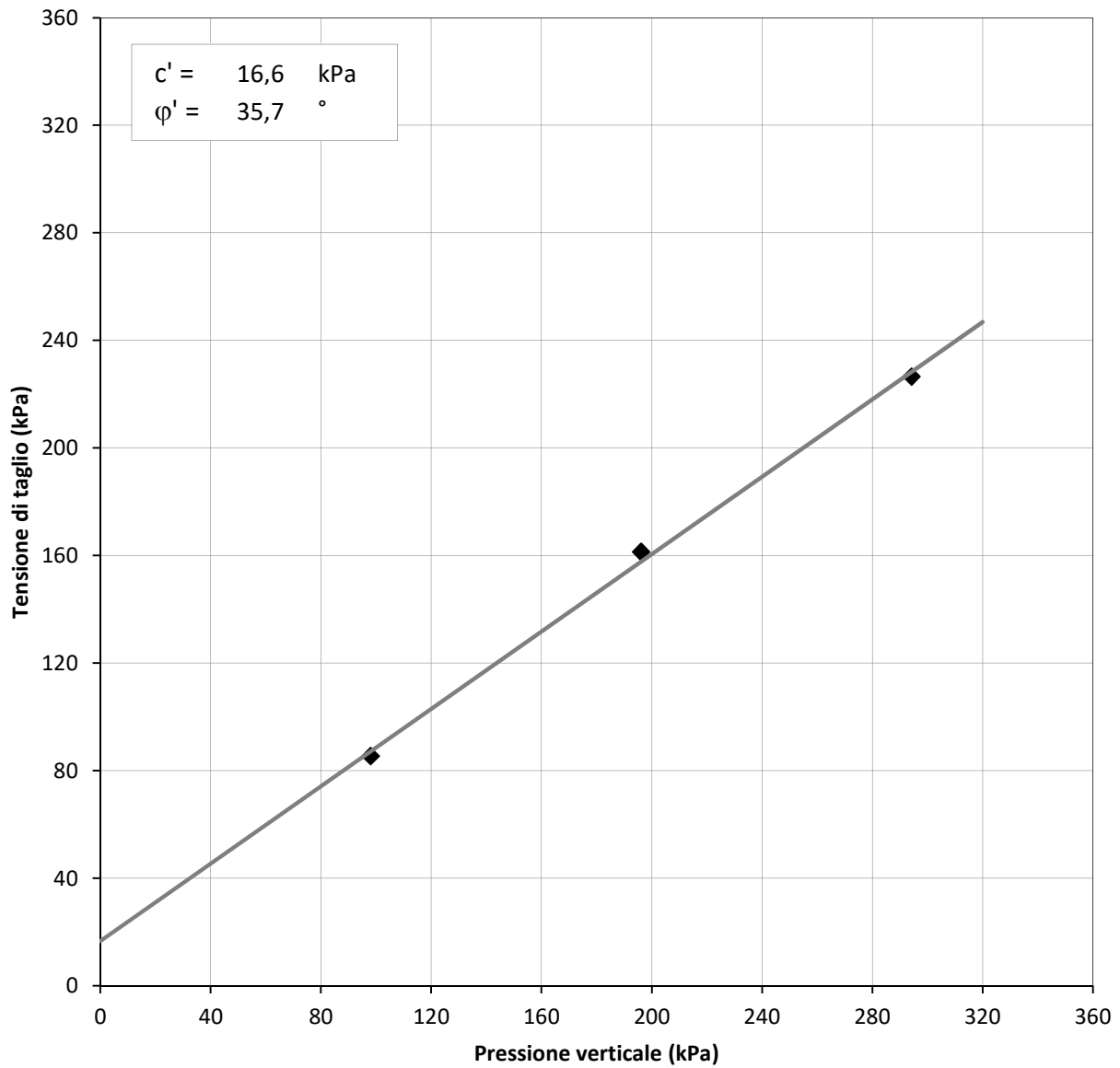
Il Tecnico

Il Direttore

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO
ASTM D 3080-98

CERTIFICATO DI PROVA - FASE DI TAGLIO

V.D.A. n.	5955-2	DEL	09/12/2021
Committente	Comune di Palau	CERTIFICATO N.	
Cantiere	Risanam. Canale Baraggi		
Campione	S5 C1 -3,00m	DEL	



Il Tecnico

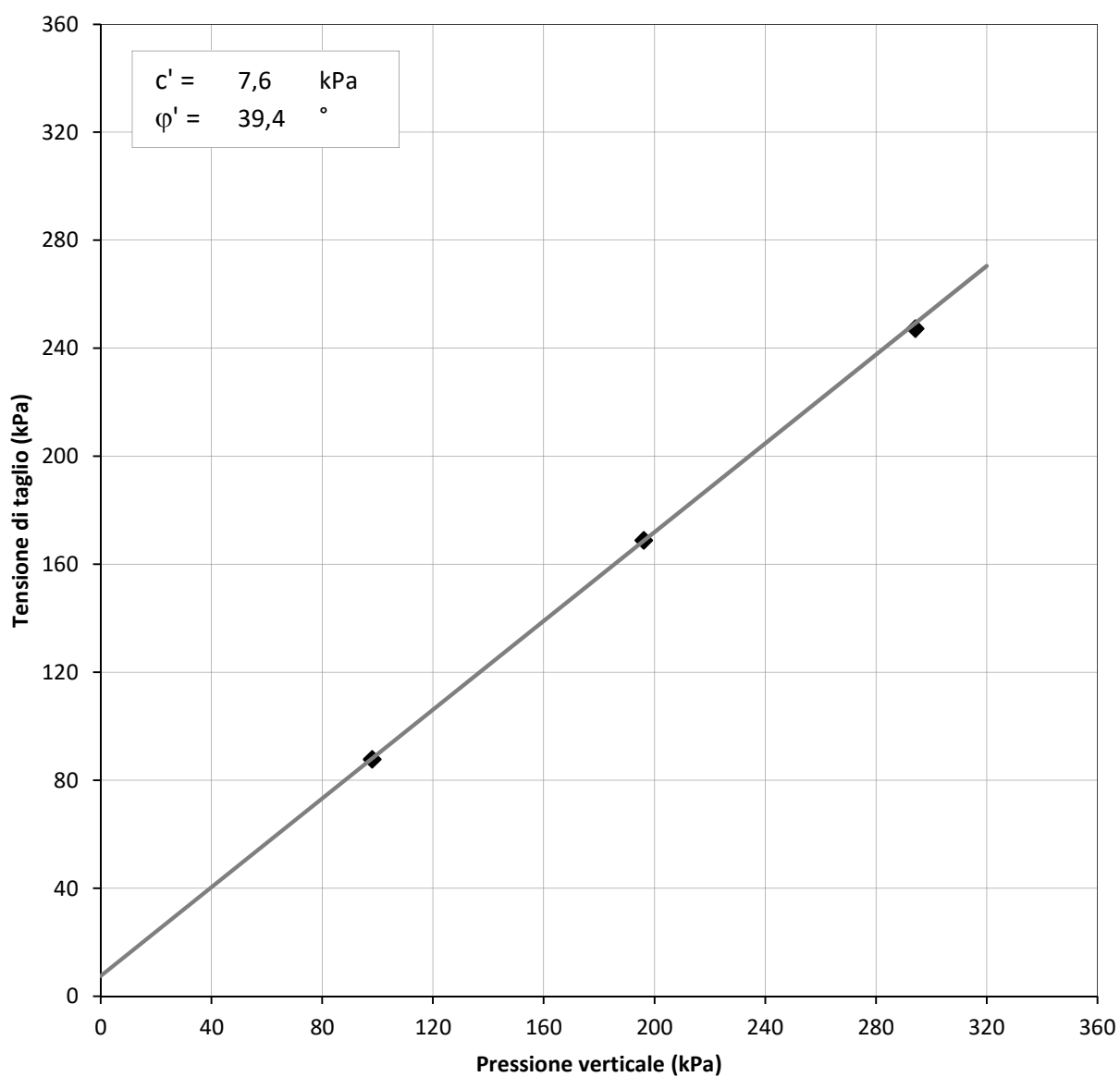
Il Direttore

MISURA DELLA RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE APPARECCHIATURA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D 3080-98

CERTIFICATO DI PROVA - FASE DI TAGLIO

V.D.A. n.	5955-5	DEL	09/12/2021
Committente	Comune di Palau	CERTIFICATO N.	
Cantiere	Risanam. Canale Baraggi		
Campione	S6 C1 -5,30m	DEL	



Il Tecnico

Il Direttore