



Coordinamento Territoriale Nord Est  
 Area Compartimentale Friuli Venezia Giulia  
 Via Fabio Severo, 52 - 34127 Trieste T [+39] 040 5602111 - F [+39] 040 577225  
 Pec anas.friuliveneziaigiulia@postacert.stradeanas.it - www.stradeanas.it  
 Anas S.p.A. - Società con Socio Unico  
 Sede Legale  
 Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224  
 Pec anas@postacert.stradeanas.it  
 Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 - C.F. 80208450587



## S.S. 52 bis "Carnica"

# Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario - LOTTO 1 dal km 12+000 al km 12+812

## PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTA:

*dot. ing. Marco Cojutti*

**SERIN S.r.l.**  
 SERVIZI - INGEGNERIA - INFORMATICA  
 Via Duino 1/1 - 33100 Udine (UD) - Italia -  
 Tel. +39 0432 511556  
 Fax +39 0432 511592  
 e-mail: info@serinsrl.com

COMMITTENTE

Anas S.p.A.

ELABORATO

# Relazione geologica ed idrogeologica

PROGETTO	DATA	NOME FILE cartiglio.dwg	REV.	FOGLIO	SCALA	N. PROGR
CODICE SIL	TSUP00033	CODICE ELABORATO	T00GEO0GEORE01	A		8
D						
C						
B						
A	Emissione		Agosto 2018	-	-	-
REV.	EMISSIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SR52bis Rev.0- Pagina 2 di 24
---	--	---

## Sommario

1. PREMESSA .....	3
2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, PAESAGGISTICHE E GEOLOGICHE....	5
3. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA .....	8
4. ANALISI PARAMETRI SISMICI .....	9
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	23
6. INDAGINI ESEGUITE .....	11
6.1 RILIEVI TOPOGRAFICI .....	11
6.2 RILIEVI GEOLOGICI.....	11
6.3 INDAGINE GEOGNOSTICA .....	11
6.4 INDAGINE SISMICA .....	18
7. CONCLUSIONI .....	24

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 3 di 24
---	--	---

## 1. PREMESSA

Il presente studio geologico geotecnico è stato eseguito, su affidamento dello Studio di Ingegneria Serin srl di Udine incaricato a sua volta da ANAS spa, al fine di valutare le caratteristiche geolitologiche, geotecniche del sito interessato dal piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario della SS 52 bis tra i km 12+000 e 12+862 nei comuni di Sutrio ed Arta Terme.

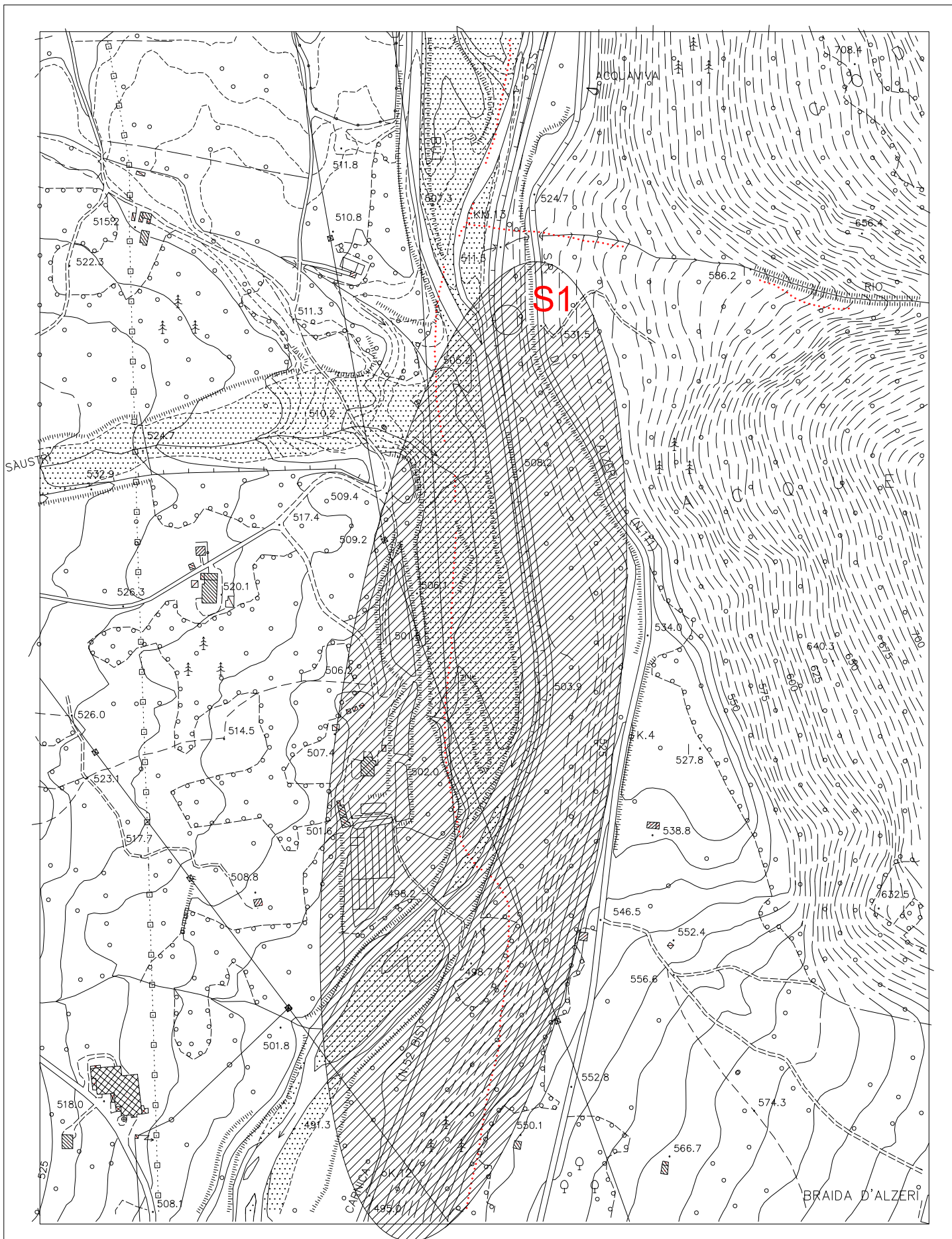
L'intervento prevede un allargamento stradale con realizzazione di terre armate sul lato di monte dalla progressiva 12+000 alla 12+739 e di una soletta a sbalzo lato valle (t. But) dalla 12+862.

Al fine di fornire le principali indicazioni tecniche per le soluzioni progettuali adottate sono stati eseguite le seguenti indagini:

1. Rilievi topografici
2. N° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo
3. Per la definizione della risposta sismica locale sono state effettuate n° 3 misurazione a stazione singola del tremore sismico.



*Ortofoto dell'area di indagine con ubicazione sezioni di progetto*



## COROGRAFIA GENERALE

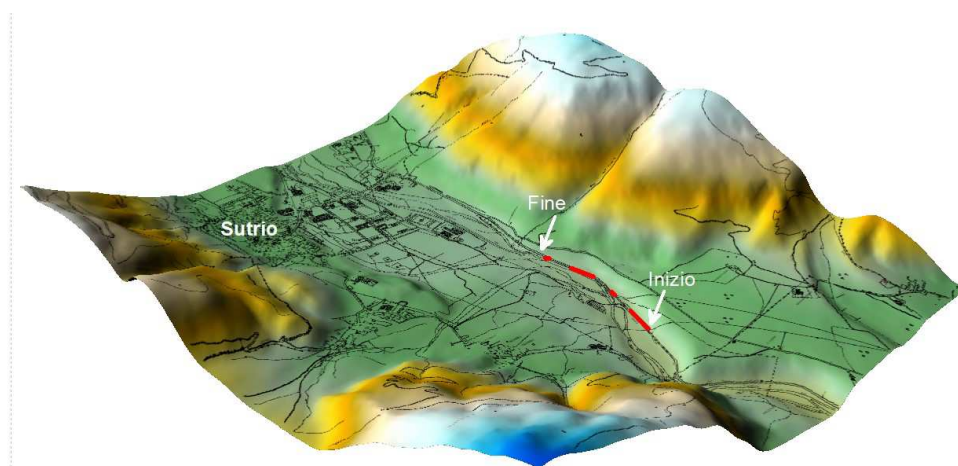
Con ubicazione tratto della SS52bis di indagine  
Scala 1:5000



*Panoramica da drone del tratto interessato dall'allargamento con soletta a sbalzo*

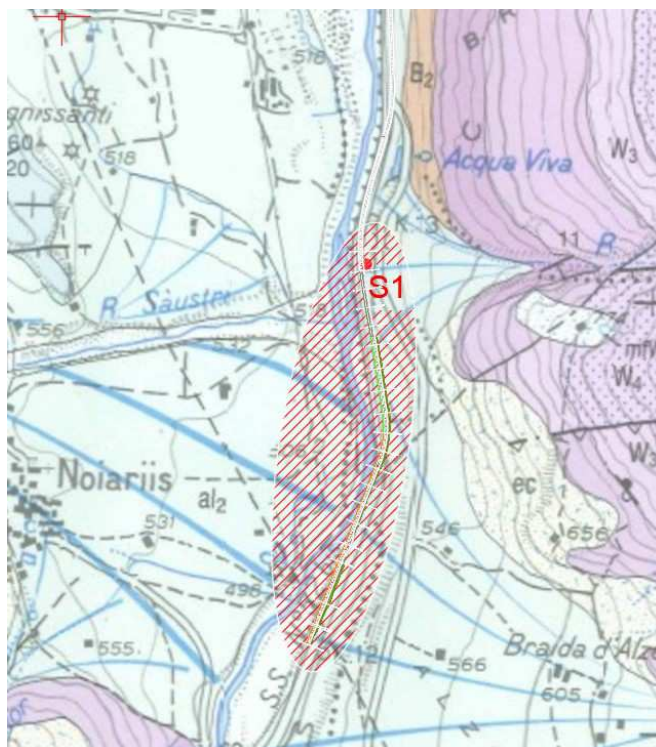
## 2. Caratteristiche morfologiche, paesaggistiche e geologiche

Il tratto di progetto insiste lungo il fondovalle del But in sponda sx dell'omonimo torrente ai piedi degli accumuli detritici del versante occidentale del Gruppo del Monte di Rivo



*Ricostruzione tridimensionale del territorio con in evidenza il tratto di studio*

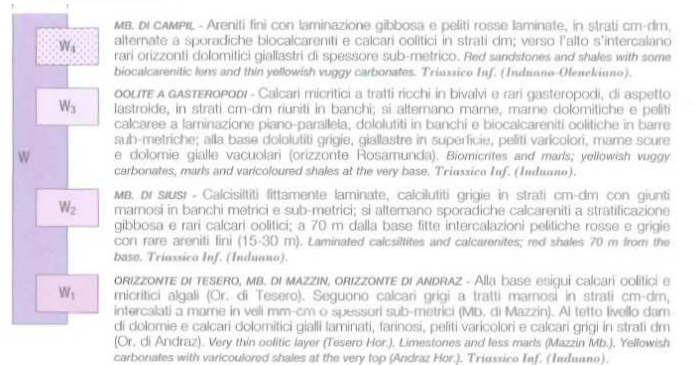
Come si può evincere dall'estratto della carta geologica allegato il pendio a monte è caratterizzato dalla presenza di rocce prevalentemente arenitiche e calcaree con una coltre superficiale detritica di materiale ciottoloso e ghiaioso in matrice sabbiosa.



ec. coltre eluvio-colluviale - Depositi morenici di fondo modellizzati e commisti a detriti sciolti rimaneggiati, spesse coperture humifere. *Eluvial-colluvial deposits. Olocene.*

al<sub>2</sub> alluvioni recenti stabilizzate - Ghiaie e sabbie in banchi e strati, limi sabbiosi e limi fluvio-lacustri varvati, formanti conoidi stabilizzati e litosomi terrazzati. *Recent fluvial and/or lacustrine inactive and terraced deposits. Olocene inf.-sup. p.p.*

FM. DI WERFEN

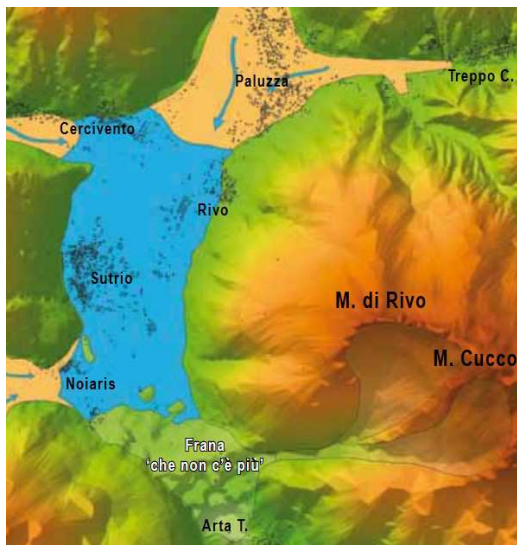


FM. A BELLEROPHON

**B<sub>2</sub>** MB. A DOLOMIE E CALCARI NERI - Dolomie e calcari dolomiti nocciola e grigi a stratificazione cm-dm, spesso cataclastici; seguono verso l'alto biocalcareni bituminose con rare marne. *Dolostones often tectonically brecciated; in the upper part bituminous limestones. Permiano Sup.*

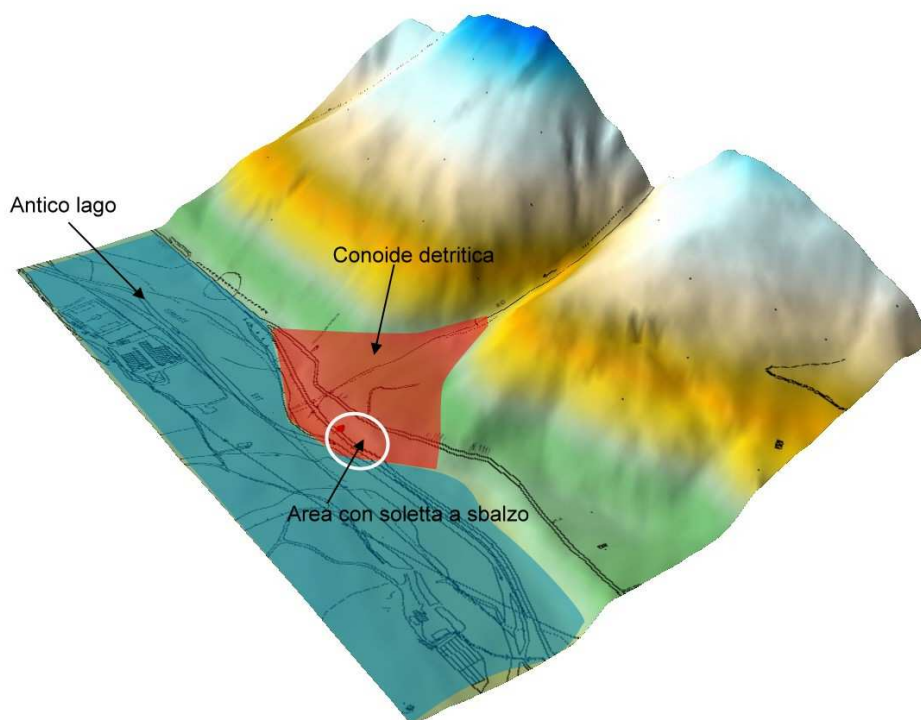
*Estratto da carta geologica delle Alpi Carniche (C. Venturini)*

Ca. 10.000 anni fa il tratto di valle compreso tra Paluzza e la stretta di Noiaris fu occupato da un lago generato da un'enorme frana staccatasi dai monti Rivo e Cucco. A testimonianza di tale evento i sondaggi geognostici eseguiti lungo la piana di fondovalle, dimostrano l'esistenza di una spessa coltre di sedimenti limo sabbiosi e torbosi.



Si rileva tuttavia come importanti conoidi detritiche spezzino la continuità dei depositi lacustri con importanti accumuli di materiale detritico. Nel caso si studio, ad esempio, si ritiene che dalla sezione di progetto n° 16 (Prg km12+696) sino a fine intervento la stratigrafia sia caratterizzata proprio da un consistente deposito detritico derivante dalla conoide del rio Maliis. Il tratto iniziale dell'intervento progettuale è caratterizzato, invece, da un livello superficiale alluvionale con ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa seguito dalla coltre di depositi lacustri con limi sabbiosi ed argillosi.

Estratto da "Alta Valle del Bût (Alpi Carniche)  
una storia scandita dalle acque nel tempo" (C. Venturini)



*Ricostruzione dell'assetto morfologico e geologico dell'area di indagine*

I versanti a monte della viabilità di progetto non sono interessati da criticità di tipo geologico e/o valanghivo ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

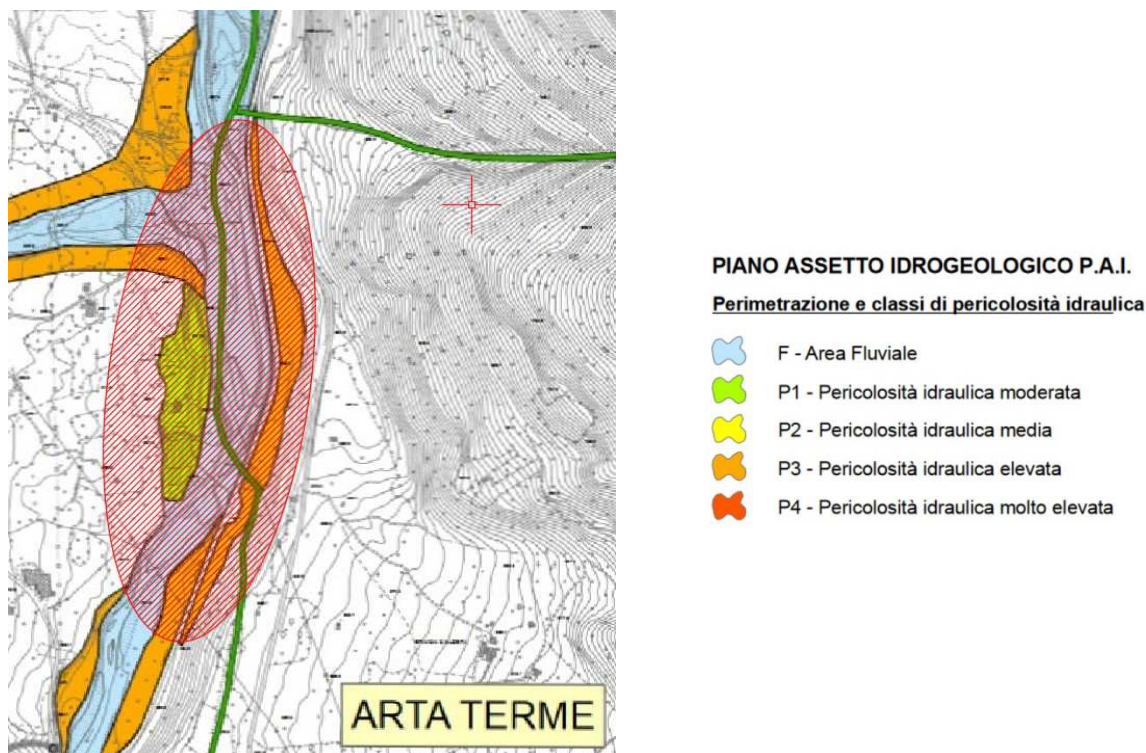


dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 8 di 24
---	--	---

### 3. Idrografia ed idrogeologia

#### Idrografia

Il But Nasce nell'alta Carnia, nei pressi di Timau e del passo di Monte Croce Carnico, e percorre con direzione nord-sud il Canale di San Pietro, detto anche, appunto, Val But, bagnando i comuni di Paluzza, Cercivento, Sutrio, Arta Terme e Zuglio, prima di gettarsi nel Tagliamento presso Caneva, frazione di Tolmezzo.



*Estratto dal PAI del f. Tagliamento*

Alla base del rilevato stradale sia la fascia di monte e parzialmente, nel tratto iniziale, quella di valle, risultano interessate da pericolosità idraulica elevata P3 secondo il PAI del bacino del F. Tagliamento

#### Idrogeologia

A partire da una profondità media di ca 5,0/6,0 dal piano strada sono presenti acquiferi associati sia alle perdite di subalvea sia alla ricca alimentazione idrica proveniente dalle conoidi di monte e dai depositi detritici di falda (testimoniata dalle numerose venute d'acqua presenti in sinistra idrografica al piede delle sponde del t. But). Tale livello è stato intercettato dal sondaggio S1.

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 9 di 24
---	--	---

#### 4. Analisi parametri sismici

Ai sensi della Delibera della Giunta Regionale n. 845 de 6/6/2010 i comuni di Sutrio ed Arta Terme sono stati dichiarati sismici ed inserito nell'ambito della zona 2 ad alta sismicità.

Sulla base, infine delle disposizioni previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) si individuano n° 2 punti di analisi sismica il primo nel tratto iniziale di progetto ed il secondo coincidente con il tratto di SS ove verrà realizzata la soletta a sbalzo.



Ortofoto con ubicazione punti analisi sismica

##### Punto n°1

coordinate del sito :

latitudine: 46,499747

longitudine: 13,002918

- |   |                              |     |
|---|------------------------------|-----|
| - Vita nominale dell'opera                                  | $V_N = 50$ anni              |     |
| - Classe d'uso  |                              | IV  |
| - Coefficiente d'uso  | $C_U = 2,0$                  |     |
| - Periodo di riferimento per le azioni sismiche strutturali | $V_R = V_N * C_U = 100$ anni |     |
| - Stato limite di riferimento                               |                              | SLV |
| - Probabilità di superamento dello stato limite considerato | $PVR = 10\%$                 |     |

Con i parametri sismici:

- |  |                                  |                      |
|--|----------------------------------|----------------------|
| - comune : Sutrio  | categoria suolo =                | C                    |
| - tempo di ritorno                                       | $T_r = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) =$ | 949 anni             |
| - accelerazione massima su suolo $a_g$                   | =                                | $2,52 \text{ m/s}^2$ |
| - rapporto tra $a_g$ e accelerazione di gravità $a_g(g)$ | =                                | 0,257                |
| - massima amplificazione dell'acc. orizz. $F_0$          | =                                | 2,455                |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$     | =                                | 1,32                 |

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 10 di 24
---	--	--

$$(1,00 < 1,70 - 0,60 * F_0 * a_g / g < 1,50)$$

- categoria topografica = T1
- coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  = 1,0
- acc. max attesa in superficie  $a_{MAX} = S_S * S_T * a_g$  = 3,32 m/s<sup>2</sup>

Si evidenzia che sulla base dei risultati delle indagini geofisiche eseguite, si ritiene che la curva di dispersione delle  $VS_{30}$  ricada nell'ambito della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo C "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $Vs_{30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina)

## Punto n°2

coordinate del sito :

latitudine: 46,504062

longitudine: 13,003133

- Vita nominale dell'opera  $V_N = 50$  anni
- Classe d'uso IV
- Coefficiente d'uso  $C_U = 2,0$
- Periodo di riferimento per le azioni sismiche strutturali  $V_R = V_N * C_U = 100$  anni
- Stato limite di riferimento SLV
- Probabilità di superamento dello stato limite considerato PVR = 10%

Con i parametri sismici:

- comune : Arta Terme categoria suolo = B
- tempo di ritorno  $T_r = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 949$  anni
- accelerazione massima su suolo  $a_g$  = 2,50 m/s<sup>2</sup>
- rapporto tra  $a_g$  e accelerazione di gravità  $a_g(g)$  = 0,255
- massima amplificazione dell'acc. orizz.  $F_0$  = 2,457
- coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_S$  = 1,15
- ( $1,00 < 1,40 - 0,40 * F_0 * a_g / g < 1,20$ )
- categoria topografica = T1
- coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  = 1
- acc. max attesa in superficie  $a_{MAX} = S_S * S_T * a_g$  = 2,87 m/s<sup>2</sup>

Si evidenzia che sulla base dell'indagine geofisica eseguita e sulle indicazioni fornite dalle prove SPT relative al sondaggio geognostico si ritiene che la curva di dispersione delle  $VS_{30}$  ricada nell'ambito della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $Vs_{30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)."

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 11 di 24
---	--	--

## 5. Indagini eseguite

### 5.1 Rilievi topografici

E' stato possibile utilizzare un rilievo topografico di dettaglio messo a disposizione dallo Serin srl di quali progettisti incaricati da Anas Spa.

Sono state condotte inoltre misurazioni mediante distanziometro laser combinato con uno strumento a ruota con dispositivo contante e decontante.

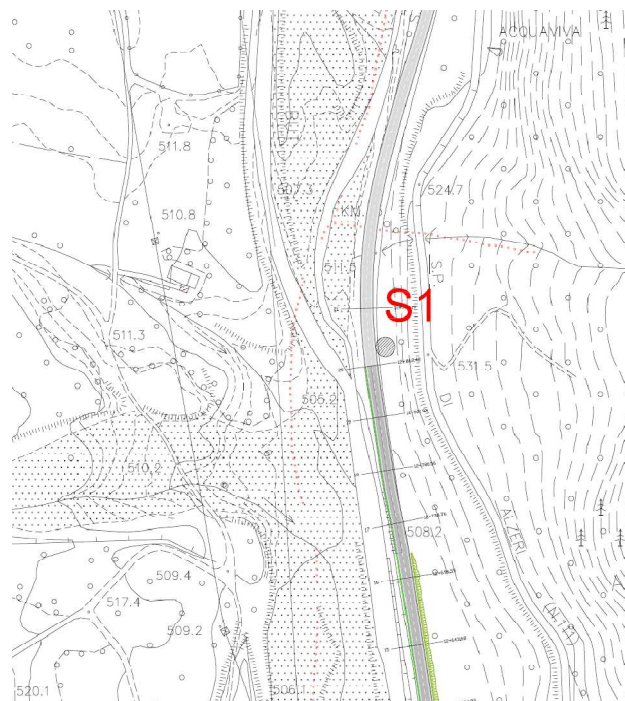
### 5.2 Rilievi geologici

Si è provveduto ad effettuare un rilievo geologico speditivo per verificare le principali la presenza di affioramenti litoidi e/o le strutture morfologiche (giaciture,fratture , pieghe ..) che possano condizionare le scelte progettuali per gli interventi di sistemazione.


E' stato inoltre ispezionata tutta la sponda del t. But a valle del tratto stradale di progetto.

### 5.3 Indagine geognostica

La ditta Geoalpina di Udine ha realizzato un sondaggio geognostico (S1) a carotaggio continuo, mediante sonda Puntel 600, spinto sino alla profondità di 25,0m da p.c..




*Ubicazione sondaggio Geognostico*

DOC.	SEZIONE LITOLOGICA		GEOALPINA		 Geoalpina s.r.l. Via Aquileia, 23 - 33100 Udine Tel. 0432 511785 - Fax 0432 26374 info@geoalpina.it	
PAG.						
COMMITTENTE:	ANAS S.P.A.					
CANTIERE:	S.S.52 BIS - KM 12+900 - COMUNE DI PALUZZA (UD)					
PERFORAZIONE N.	S1	RESPONSABILE:	dott. De Giusto A.	INIZIO SONDAGGIO:	15/02/18	
COORDINATE: Nord		OPERATORE:	Jugovac Z.	FINE SONDAGGIO:	17/02/18	
COORDINATE: Est		ATTREZZATURA:	Puntel 600	QUOTA Piano Camp.:		
Da m:	0.00	A m:	20.00	Profondità Finale m:	25.00	
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA						
	PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI	POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVANE Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.
			TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	N H
1	0.70	Terreno vegetale: sabbia fina limosa marrone con rari clasti di ghiaia.				
2	2.80	Ghiaia poligenica prevalentemente arenacea medio-grossa subangolare limoso sabbiosa marrone con ciottoli fino a 10 cm.				RIF * 3.00 3.10
3	4.10	Ciottoli e blocchi di varia litologia con poca matrice sabbiosa.				
4	5.00	Ghiaia poligenica prevalentemente arenacea da fina a grossa subarrotondata-subangolare limoso sabbiosa nocciola.				
5	5.40	Blocco di arenaria marrone.				
6						
7						
8						28 * 7.80 25 7.95 24 8.10 8.25
9						
10						27 * 10.50 31 10.65 33 10.80 10.95
11						
12						
13						
14						
15						29 * 15.00 41 15.15 RIF 15.30 15.37
16	15.90	Blocco di arenaria rossastra.				
17	16.30					
18						
19						34 * 19.00 RIF 19.15 19.24
20	20.00	Ghiaia poligenica prevalentemente arenacea da fina a grossa angolare-subangolare limoso sabbiosa marroncina con frequenti ciottoli e blocchi.				

<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO										RILIEVO H <sub>2</sub> O DURANTE LA PERFORAZIONE						DOC. 1	
PROF. FORO		PROF. ACQUA		SERA		MATTINA		PAG. 1		DI 2							
11.00		4.90				16 8		NOTE									
PROVE IN FORO																	
MANOVRA DI CAROTTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZONI			PROVE		STRUMENTAZIONE		METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA			
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.								
											CAROTTAGGIO CONTINUO A SECCO	CAROTIERE SEMPLICE ø 101 MM	ø 168 MM	15/02/18			
													10.50				
													ø 127 MM	16/02/18			
													11.00				
											20.00	20.00	20.00	20.00			

N.B.:  
 -materiale raccolto in n° 5 cassette cataloga-trici  
 -\* SPT eseguito con punta chiusa

DOC.	<b>SEZIONE LITOLOGICA</b>		<b>GEOALPINA</b>		 Geoalpina s.r.l. Via Aquileia, 23 - 33100 Udine Tel. 0432 511785 - Fax 0432 26374 info@geoalpina.it		
PAG.							
<b>COMMITTENTE:</b>		<b>ANAS S.P.A.</b>					
<b>CANTIERE:</b>		<b>S.S.52 BIS - KM 12+900 - COMUNE DI PALUZZA (UD)</b>					
PERFORAZIONE N.	S1	RESPONSABILE:	dott. De Giusto A.		INIZIO SONDAGGIO:	15/02/18	
COORDINATE:Nord		OPERATORE:	Li Pira R.		FINE SONDAGGIO:	17/02/18	
COORDINATE: Est		ATTREZZATURA:	Mustang 9-T1		QUOTA Piano Camp.:		
Da m:	20.00	A m:	25.00	Profondità Finale m:	25.00		
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA				PROFONDITA' m da p.c.	S.P.T.		
				SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI		
				TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	
				POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVANE Kg/cm <sup>2</sup>		
					N	H	
21	Ghiaia poligenica prevalentemente arenacea da fina a grossa angolare-subangolare limoso sabbiosa marroncina con frequenti ciottoli e blocchi.				25.00		
22							
23							
24							
25							
26	Fine sondaggio a 25.00 m.						
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
						31 * 23.00 RIF 23.15 23.28	

<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO										RILIEVO H <sub>2</sub> O DURANTE LA PERFORAZIONE				DOC. 1	
PROF. FORO		PROF. ACQUA		SERA		MATTINA		PAG. 2		DI 2					
				GG		H				NOTE					
PROVE IN FORO															
MANOVRA DI CAROTTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZONI			PROVE		STRUMENTAZIONE		METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA	
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.						
											CAROTTAGGIO CONTINUO A SECCO	CAROTIERE SEMPLICE ø 101 MM	ø 127 MM	16/02/18	
											25.00	25.00	24.00	22.50	
													17/02/18	25.00	

N.B.:  
 -materiale raccolto in n° 5 cassette cataloga-  
 trici  
 -\* SPT eseguito con punta chiusa



Sondaggio S1: posizionamento delle attrezzature.



Sondaggio S1: cassetta n° 1, da 0.00 m a 5.00 m.

dott. geol. F. CAPRONI  
Via Piazza D'Armi 64  
33100 Udine

S.S.52 bis "Carnica"  
Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario  
Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862  
Relazione Geologica

doc.  
RG\_SS52bis\_01  
Rev.0-  
Pagina 15 di 24



Sondaggio S1: cassetta n° 2, da 5.00 m a 10.00 m.



Sondaggio S1: cassetta n° 3, da 10.00 m a 15.00 m.





Sondaggio S1: cassetta n° 4, da 15.00 m a 20.00 m.



Sondaggio S1: cassetta n° 5, da 20.00 m a 25.00 m.

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 17 di 24
---	--	--

I risultati delle indagini hanno messo in luce una formazione granulare pressoché continua, prevalentemente arenacea, medio grossolana da sub-arrotondata e sub-angolare in matrice limoso sabbiosa marrone con frequenti ciottoli e blocchi.

La natura del substrato ha consentito l'effettuazione della sola prova SPT, Standard Penetration Test.

La prova consiste nel misurare il numero di colpi necessari per infiggere un campionatore standard " Raymond" per una profondità di 30 cm (1 piede) battendolo con un maglio di 63.5 kg (140 libbre) da un'altezza di 76,2 cm (30 pollici).

Pur essendo la prova empirica e risentendo di innumerevoli variabili, essa dà utili indicazioni soprattutto in terreni granulari eterogenei su cui non è possibile effettuare altri tipi di prove in situ.

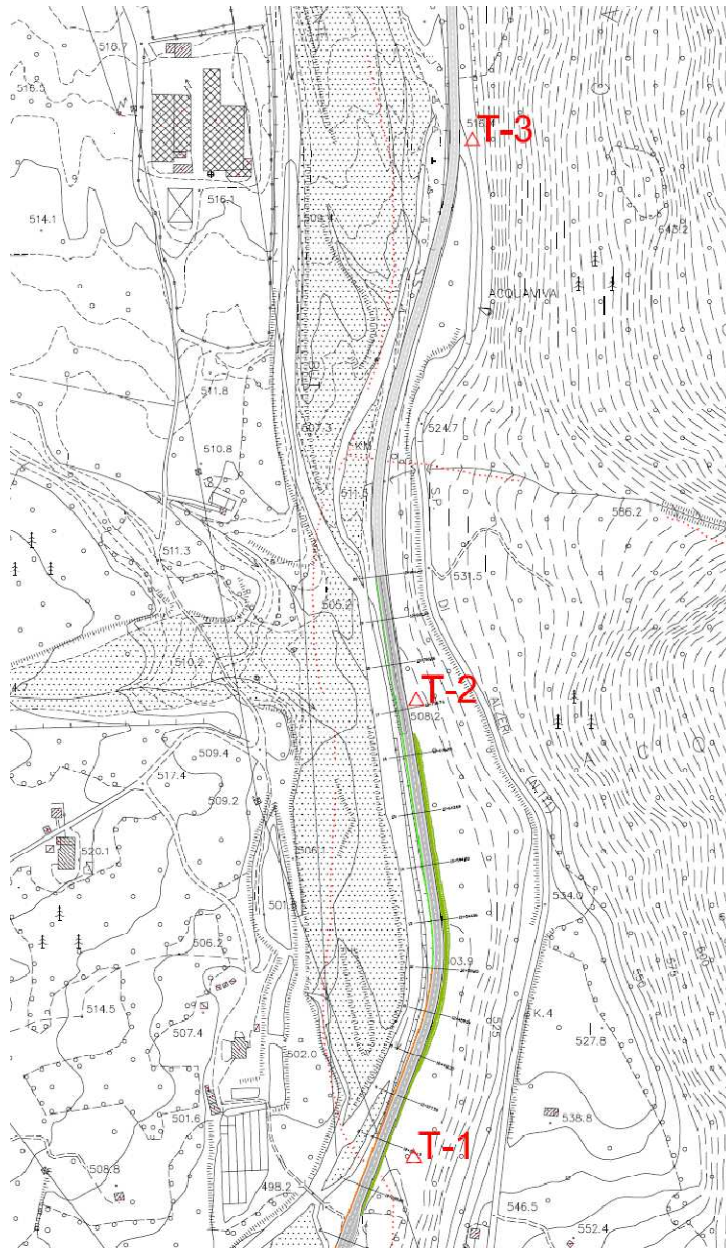
La letteratura tecnica cita una serie di diagrammi e tabelle che correlano i risultati della prova Penetrometrica Standard (SPT) con le caratteristiche del terreno considerando che i risultati sono più attendibili per i terreni granulari:

Qui sotto sono sintetizzati i risultati delle prove che caratterizzano un alto grado di addensamento

Prof.	Nspt	Note
3,00	R 10	
7,80	49	
10,50	64	
15,00	41 R	
19,00	34 R	
23,00	31 R	

## 5.4 Indagine sismica

Lungo le aree adiacenti alla sede stradale lato monte sono state eseguite, mediante sismografo, n° 3 misurazioni dei microtemori, finalizzate alla determinazione delle caratteristiche dinamiche del sito.



Corografia generale con ubicazione stazioni sismiche

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 19 di 24
---	--	--

## Risposta sismica locale

Per valutare gli effetti di sito dovuti alla risonanza prodotta dai depositi di superficie sono stati calcolati i rapporti spettrali tra la componente orizzontale e la componente verticale del moto (HVSR) in corrispondenza di una stazione di misura lungo la carreggiata di valle.

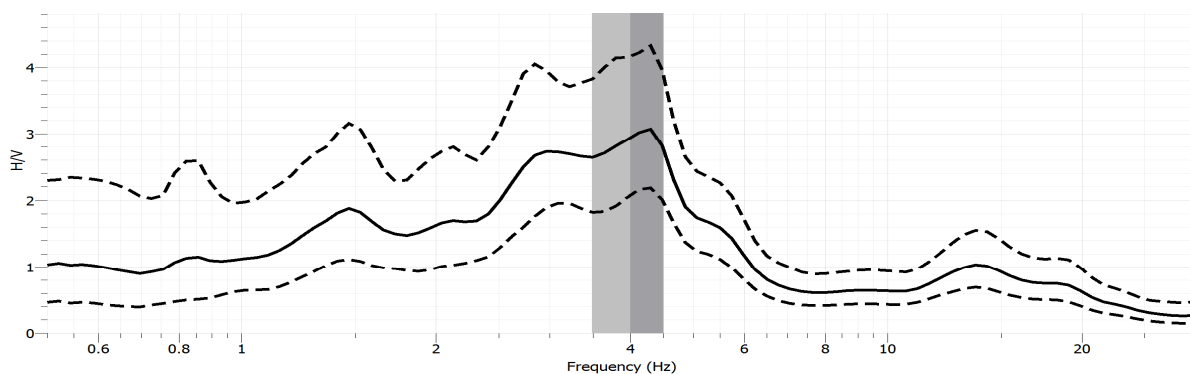
È noto come la frequenza di picco di tale funzione sperimentale possa predire la frequenza fondamentale di risonanza dei sedimenti (Haghshenas et al., 2008). Per il calcolo degli HVSR è stato utilizzato il software GEOPSY (<http://www.geopsy.org>). L'algoritmo è basato su una selezione automatica delle finestre d'analisi (anti-trigger) al fine di mantenere la parte stazionaria del segnale ed escludere i transienti. Le registrazioni eseguite hanno avuto durate differenti (da 6 minuti sino a 20 minuti) e sono state selezionate finestre di analisi di durata pari a 25 secondi.

A ciascuna finestra sono stati applicati:

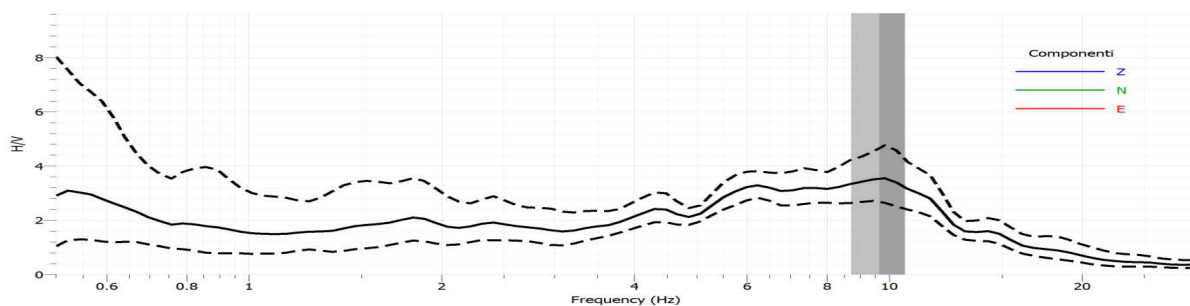
- una funzione di tapering tipo coseno al 5%,
- la FFT,
- lo smoothing dello spettro mediante funzione logaritmica proposta da Konno e Ohmachi (1998), con coefficiente  $b=20$ ;

sono stati quindi calcolati la media quadratica delle componenti orizzontali ed il rapporto spettrale H/V (HVSR) per ciascuna finestra; infine la media HVSR con deviazione standard .

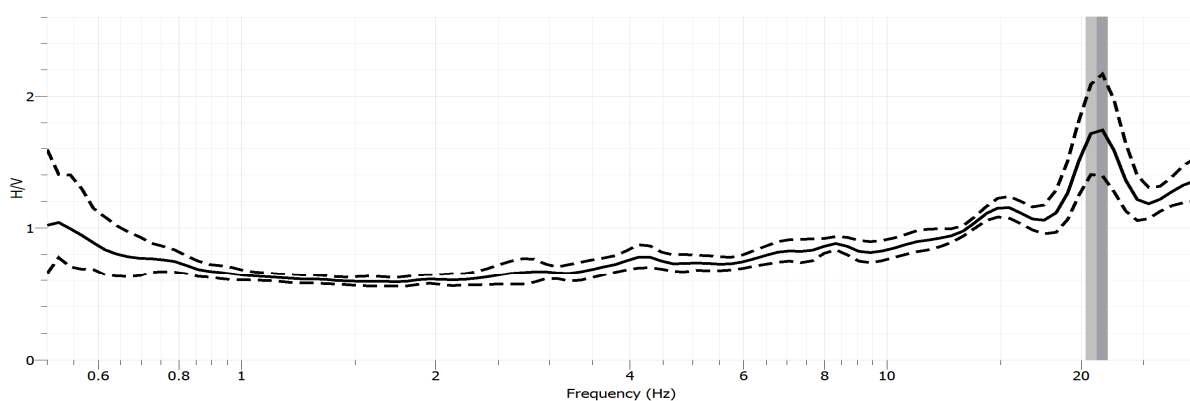
Di seguito vengono riportate le curve HVSR relative alle stazioni di misura



T1- La curva HVSR



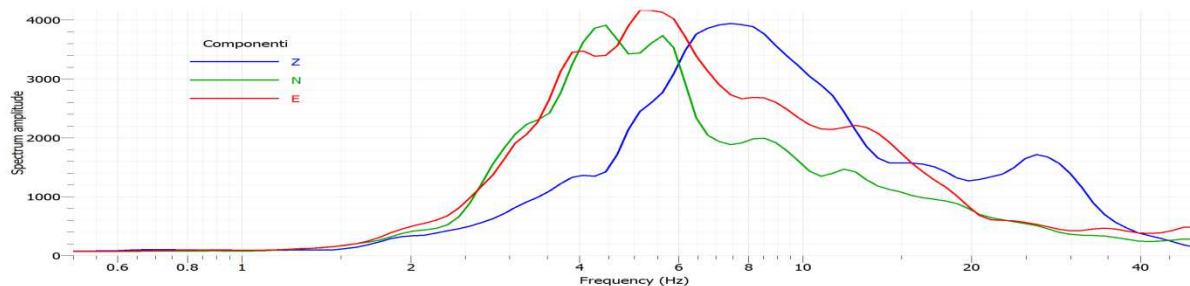
T2- La curva HVSR



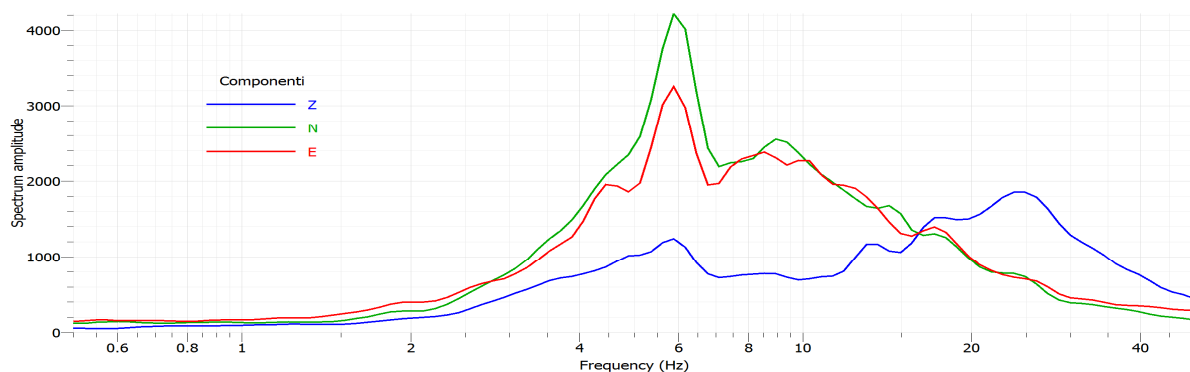
T3- La curva HVSR

Si osserva in generale una bassa amplificazione mentre sono presenti alcuni picchi in frequenza.

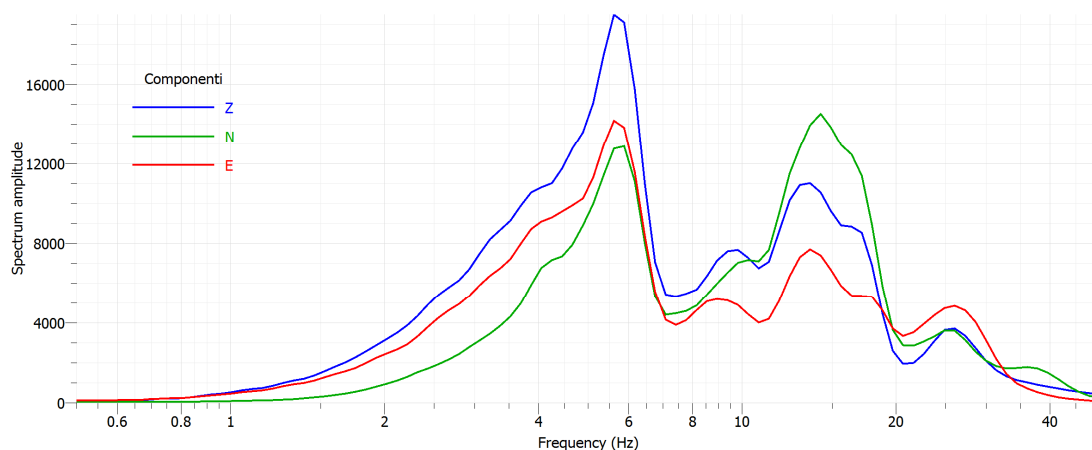
Dall'analisi dello spettro del segnale alle frequenze si possono evidenziare alcuni segnali di tipo direzionali di probabile origine antropica che verranno dunque scartati nella modellazione del segnale per l'inversione dei dati.



T1- Lo spettro di ampiezza delle componenti Z, N ed E.



T2- Lo spettro di ampiezza delle componenti Z, N ed E.

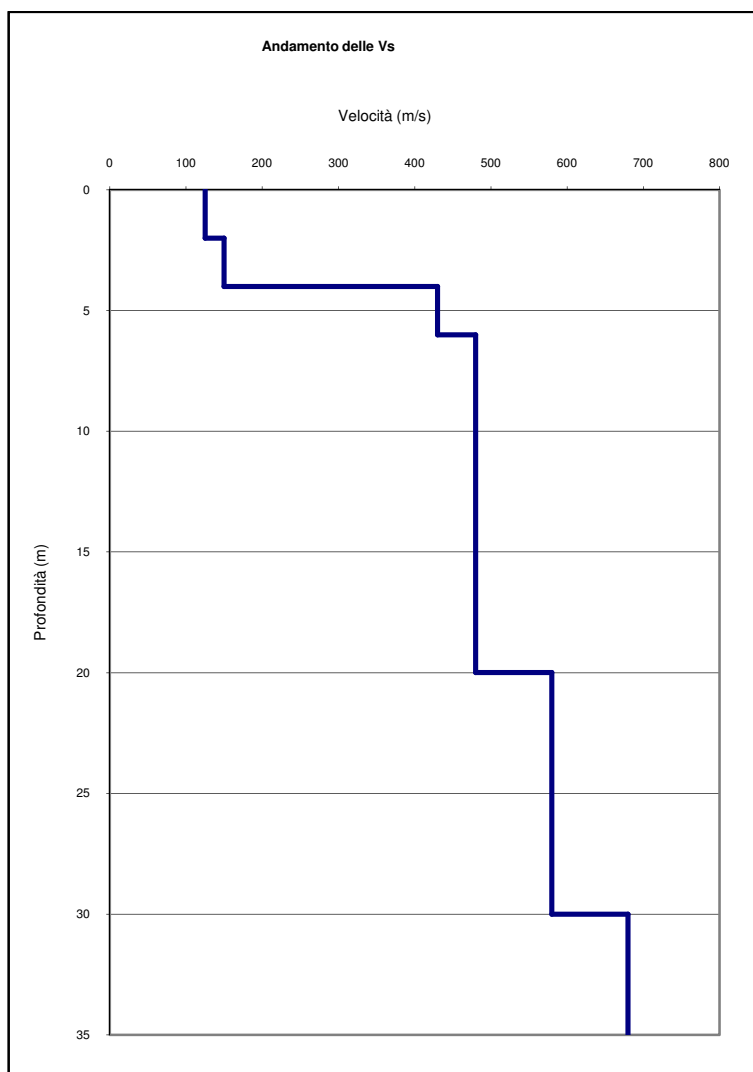


T3- Lo spettro di ampiezza delle componenti Z, N ed E.

Per ricavare l'andamento del valore delle velocità delle onde di taglio è stato applicato il metodo SPAC (Aki, 1957; Chavez-Garcia, 2005), basato sull'ipotesi di stazionarietà spazio-temporale del segnale sismico, alle componenti verticali dei segnali registrati in superficie.

Dal confronto tra la funzione teorica e la curva sperimentale, si è potuto ricavare la funzione di dispersione per il modo fondamentale delle onde di Rayleigh, la cui conoscenza consente di risalire al modello di velocità del mezzo, attraverso un procedimento di inversione. A tal fine è necessario disporre di un modello del sottosuolo da assumere come modello iniziale, consistente in un insieme di strati piano-paralleli sovrastanti un semispazio, ciascuno caratterizzato da quattro parametri: spessore, velocità delle onde S, rapporto di Poisson, densità ( $h$ ,  $V_s$ ,  $\nu$ ,  $\rho$ ).

L'inversione dei dati tramite codice di calcolo DINVER (<http://www.geopsy.org/>) è stata eseguita attraverso 50 iterazioni che hanno prodotto 2500 modelli per ciascuna stazione. Per la stazione T1 e T3 è stata definita una curva di dispersione nell'ambito della categoria stratigrafica C mentre per la T2 (relativa al tratto interessato dall'allargamento con soletta a sbalzo) si è definita la categoria B.



*Modello di velocità finale*

In allegato è riportato il modello di velocità finale ricavato dal procedimento di inversione per la stazione T2, tale modello conduce a Il valore  $V_{S30}$  a piano campagna risulta pari a **585m/s** e pertanto ciò porta a classificare il suolo come appartenente alla **categoria B** ossia "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina".

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 23 di 24
---	--	--

## 6. Caratterizzazione geotecnica

Come già detto il tratto stradale di progetto presenta lungo il suo sviluppo n° 2 sezioni stratigrafiche distinte:

- La prima caratterizza il tratto dall'inizio sino alla sezione di progetto n° 16 (Prg km12+696) ed è rappresentata da uno strato superficiale con ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa (ca. 5.0/6.0 m di spessore) seguito da una coltre di ca 25/30 m con limi prevalentemente sabbiosi
- Il tratto seguente è invece caratterizzato da depositi di conoide con prevalenza di ghiaia poligenica prevalentemente arenacea da fina a grossa angolare – subangolare limosa sabbiosa con frequenti ciottoli e blocchi

Si sottolinea inoltre che il tratto stradale risulta sovente in rilevato è dunque localmente è caratterizzato per i primi 2,0/3,0 m da materiale di riporto con ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa.

Vengono dunque definite per interpolazione n° 2 principali unità geotecniche

### Unità 1

Litotipo	Parametro	Definizione	Valore
Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa Materiale da addensato a molto addensato	$\phi$	Angolo d'attrito interno in condizioni statiche	<b>38</b>
	C	Coesione (kN/mq)	<b>0</b>
	$\gamma$	Peso di volume (kPa)	<b>19</b>
		Modulo elastico (Mpa)	<b>70</b>

### Unità 2

Litotipo	Parametro	Definizione	Valore
Limi sabbiosi Materiale addensato	$\phi$	Angolo d'attrito interno in condizioni statiche	<b>35</b>
	C	Coesione (kPa)	<b>0</b>
	$\gamma$	Peso di volume (kN/mc)	<b>18</b>



dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	S.S.52 bis "Carnica" Piano di potenziamento e riqualificazione di itinerario Lotto 1 dal km 12+000 al km 12+862 Relazione Geologica	doc. RG_SS52bis_01 Rev.0- Pagina 24 di 24
---	--	--

## 7. Conclusioni

Sulla base di tutte le informazioni ricavate nel presente studio è possibile formulare le seguenti conclusioni:

- l'area di studio non risulta inserita nell'ambito di aree a pericolosità geologica e/o valanghiva secondo Il Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del F. Tagliamento
- alla base del rilevato stradale sia la fascia di monte e parzialmente, nel tratto iniziale, quella di valle, risultano interessate da pericolosità idraulica elevata P3 secondo il PAI
- a partire da una profondità media di ca 5,0/6,0 dal piano strada sono presenti acquiferi associati sia alle perdite di subalvea sia alla ricca alimentazione idrica proveniente dalle conoidi di monte e dai depositi detritici di falda (testimoniata dalle numerose venute d'acqua presenti in sinistra idrografica al piede delle sponde del t. But).
- Il tratto stradale di progetto presenta lungo il suo sviluppo n° 2 sezioni stratigrafiche distinte:
  - la prima caratterizza il tratto dall'inizio sino alla sezione di progetto n° 16 (Prg km12+696) e presenta uno strato superficiale con ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa (ca. 5.0/6.0 m di spessore) seguito da una coltre di ca 25/30 m con limi prevalentemente sabbiosi
  - Il tratto seguente (sono a fine intervento prg km 12+862) è invece caratterizzato da depositi di conoide con prevalenza di ghiaia poligenica prevalentemente arenacea da fina a grossa angolare –subangolare limosa sabbiosa con frequenti ciottoli e blocchi
- sulla base delle indicazioni stratigrafiche e idrogeologiche fornite si rileva che l'area non può essere interessata da fenomeni di liquefazione delle sabbie
- ai sensi delle Norme Tecniche di Costruzione (2008) si ritiene che i terreni interessati dall'allargamento della sede stradale con soletta a sbalzo appartengano alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo B con un'accelerazione massima su suolo prevista, per un tempo di ritorno di 949 anni di  $2,87\text{m/s}^2$

Udine, febbraio 2018

dott. geol. Francesco CAPRONI