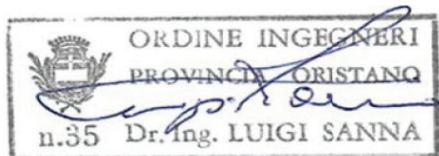
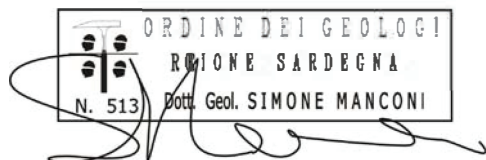




Ingegnere:



Geologo:



Scala:

Data:

LUGLIO 2017

Committente:



Soggetto attuatore:



Opera:

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI INFRASTRUTTURE DI RETE A BANDA  
ULTRA LARGA IN FIBRA OTTICA NEL COMUNE DI MUROS  
(CODICE TRATTA - SARUMuros0000001)

Oggetto:

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

Ente Autorizzatore:



COMUNE DI MUROS

STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA  
DOTT. ING. LUIGI SANNA

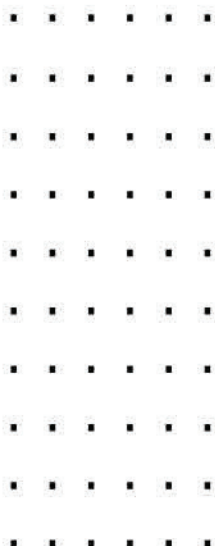
ORDINE INGEGNERI PROVINCIA DI ORISTANO N. 35 - P.I. 00020180956 - C.F. - SNNLGU40M19B354G  
SEDE OPERATIVA: ORISTANO, VIA BRUNELLESCHI N°26 - TEL. MOBILE:3332124536  
MAIL:luigisanna@tiscali.it

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA  
DOTT. GEOL. SIMONE MANCONI



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA SARDEGNA N. 513 - P.I. 02760610929 - C.F. - MNCSMN74B13B354G  
SEDE OPERATIVA: CAGLIARI, VIA PONTANO 11 - 09128 Sede legale: ASSEMINI - VIA PARIGI 9 - 09032  
TEL/FAX 070497499 MOBILE:3286513334 MAIL:geologo.manconi@gmail.com

Aggiornamenti:



## INDICE

1.	Premessa .....	3
2.	Ubicazione dell'area d'intervento .....	5
3.	Analisi del quadro di riferimento progettuale .....	6
4.	Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – P.A.I. – P.S.F.F. ....	18
5.	Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – P.S.F.F. ....	20
6.	Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – P.G.R.A. ....	21
7.	Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – Condizioni di ammissibilità dell'intervento previsto in progetto .....	22
8.	L'indagine .....	25
9.	Inquadramento geologico .....	27
10.	Lineamenti geomorfologici della zona .....	31
11.	Inquadramento geopedologico .....	33
12.	Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea .....	35
13.	Analisi geotecnica del sito .....	36
14.	Compatibilità dell'intervento proposto .....	38
15.	Conclusioni .....	40

## 1. Premessa

Nell'ambito del progetto di realizzazione di un cavidotto interrato a servizio della Banda Ultra Larga (BUL) da realizzarsi nel Comune di Muros (Provincia di Sassari), è stato predisposto uno studio di compatibilità geologica e geotecnica, così come disposto dal Titolo III, Cap. I - articolo 25 delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico Regione Sardegna.

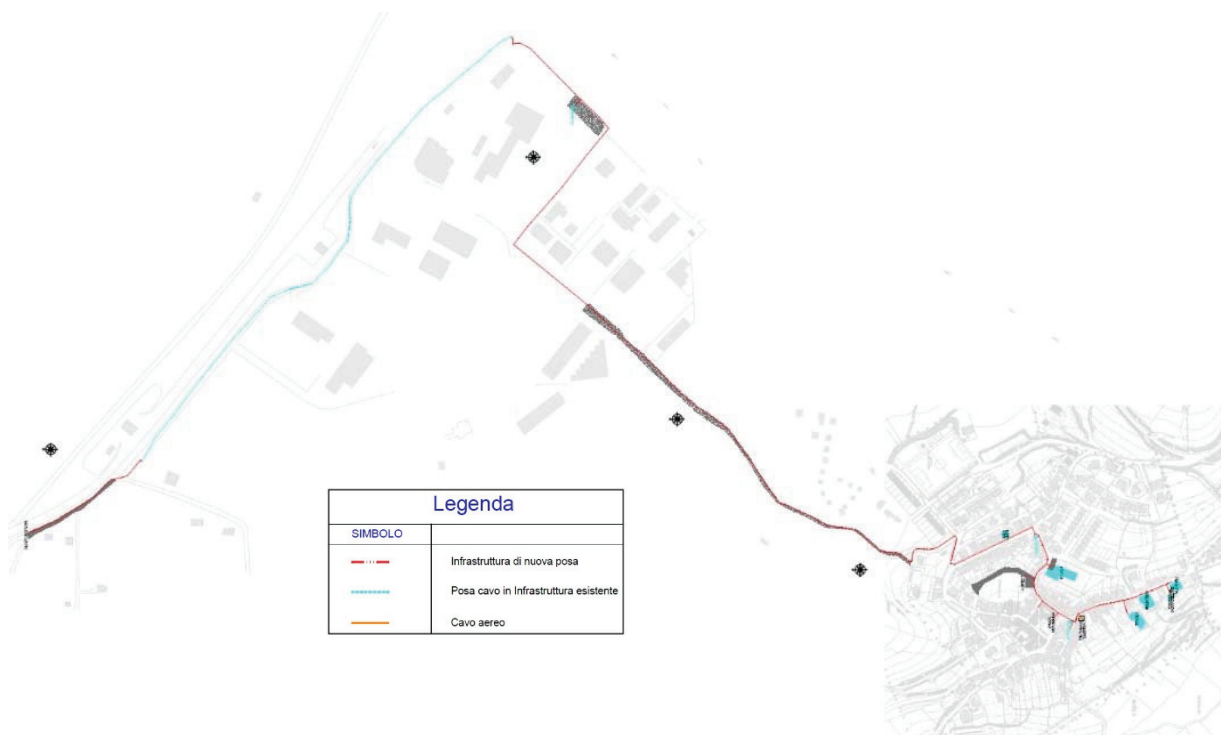


Fig.1 – Planimetria di posa del nuovo cavidotto

La redazione della presente è stata affidata ai professionisti Dott. Luigi Sanna, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Oristano col n° 35 e Geologo Dott. Simone Manconi, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Sardegna al n. 513. Nella presente relazione, verranno precisati gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area di studio e di un suo congruo intorno.

In particolare si avrà cura di argomentare al meglio la compatibilità geologica e geotecnica dell'intervento proposto sia in funzione degli effetti dell'intervento sui livelli di pericolosità rilevati dal PAI e dagli altri studi, sia sugli effetti diretti sull'ambiente tenendo conto dell'evoluzione geomorfologica dei versanti e del trasferimento della pericolosità a monte e a valle.

Come consuetudine, lo Studio di Compatibilità geologica e Geotecnica è stato compilato secondo i criteri di cui all'allegato F delle norme di attuazione del P.A.I.



Nello specifico, lo studio avrà cura di dimostrare la coerenza con le finalità indicate nell'articolo 23, comma 6, e nell'articolo 25 delle norme di attuazione del PAI, in particolare, verrà dimostrato che l'intervento sottoposto all'approvazione è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente - fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile - e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio. La compatibilità geologica e geotecnica dell'intervento proposto in progetto verrà verificata in funzione dei dissesti in atto o potenziali che definiscono la pericolosità dell'area interessata in relazione alle destinazioni e alle trasformazioni d'uso del suolo collegate alla realizzazione dell'intervento stesso, inoltre verrà valutata in base agli effetti dell'intervento sull'ambiente, tenendo conto della dinamica evolutiva dei dissesti che interessano il contesto territoriale coinvolto in funzione delle condizioni al contorno.



Fig.2 – Inquadramento Aerofotogrammetrico dell'area d'intervento – Ortofoto

L'analisi dei caratteri geologici e geotecnici nei terreni interessati dall'intervento verrà desunta sia da conoscenze già disponibili in merito alla geologia della zona, sia da indagini e rilievi eseguiti direttamente nell'area d'intervento al fine di ottenere elementi conoscitivi di dettaglio.



Considerata la tipologia di intervento e le condizioni morfologiche del terreno verranno valutati l'insieme di fattori che possono influire sulla stabilità reciproca tra l'opera prevista in progetto ed il terreno di sedime.

## **2. Ubicazione dell'area d'intervento**

Relativamente alla localizzazione geografica dell'intervento, alla sua caratterizzazione geologica e geomorfologica, si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- Piano di Assetto Idrogeologico – Regione Sardegna (Approvato con Decreto Presidente Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006 aggiornato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 148 del 26.10.2012 e n. 130 del 08.10.2013);
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali adottato definitivamente con Delibera del Comitato istituzionale n. 2 del 17.12.2015;
- Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub Bacino n°3 Coghinas – Mannu – Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna, di cui all'art.37 comma 1 delle vigenti norme di attuazione (Adottato definitivamente con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino, n. 1 del 16/07/2015);
- Perimetrazione I.F.F.I.
- Carta Topografica Foglio 459 "Sassari", dell'I.G.M.I. (scala 1:50.000);
- Carta Topografica Foglio 459 Sez. I "Sassari", dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Carta Topografica Foglio 459 Sez. II "Ossi", dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Carta Tecnica Regionale 459 sez. 080 "Laghi Bunnari" (scala 1:10.000);
- Carta Tecnica Regionale 459 sez. 080 "Ossi" (scala 1:10.000);
- Elaborati Progettuali;
- Ortofoto Digitali Georeferenziate;
- P.U.C. Comune di Muros vigente;
- Cartografia P.P.R.;
- Piano Forestale Sardegna;
- Piano Regionale delle attività estrattive
- Piano di Gestione del rischio alluvioni (P.G.R.A.)

### 3. Analisi del quadro di riferimento progettuale

L'intervento progettuale consiste in opere di scavo per la posa in opera di infrastrutture sotterranee a servizio della banda larga ed ultra-larga (BUL) e successiva posa di cavo in fibra ottica (FO) nelle strade del centro urbano del Comune di Muros e in corrispondenza dell'area industriale:

NOME VIA	TIPOLOGIA DI SCAVO	METRI	COMPETENZA
Via Brigata Sassari	Minitrincea	176	Comune di Muros
	Trincea	75	
Accesso Compagnia barracellare	Minitrincea	18	Comune di Muros
Accesso Scuola	Trincea	26	Comune di Muros
Accesso Piazza Repubblica	Trincea	12	Comune di Muros
Via Cesare Battisti	Minitrincea	129	Comune di Muros
	Trincea	78	
Accesso anfiteatro	Trincea	18	Comune di Muros
Accesso scuola	Trincea	13	Comune di Muros
Via IV Novembre	Minitrincea	153	Comune di Muros
	Trincea	7	
Via G. Merella	Minitrincea	49	Comune di Muros
Via Emilio Lussu	Minitrincea	100	Comune di Muros
Strada locale senza nome	Minitrincea	497	Comune di Muros
	Trincea	786	
Accesso giunto fastweb	Minitrincea Trincea	197	Comune di Muros
	Infrastruttura	216	
	esistente TIM	1030	

Fig.3 – Tabella delle strade interessata dalle opere in sotterraneo per la posa della fibra ottica

Nella fattispecie si prevede la realizzazione delle seguenti lavorazioni:

- |                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 1) Scavo in tecnologia Mini-Trincea          | m. 1319,00 |
| 2) Scavo in tecnologia trincea tradizionale  | m. 1231,00 |
| 3) Posa in opera di cassetta zancata         | m. 0,00    |
| 4) Apertura di pozzetti per inserimento cavi | m. 1030,00 |

Si precisa che nel quantitativo di scavi sopra riportato sono compresi i tratti di raccordo tra i punti di allaccio alla rete elettrica ENEL più vicini agli armadi telefonici e le paline di alloggio contatori. Tale

intervento si rende necessario al fine di garantire l'alimentazione elettrica agli apparati installati all'interno degli stessi, così come dettagliatamente descritto negli elaborati di progetto.

La posa avverrà con le stesse modalità tecniche previste per la rete in fibra ottica, ossia mini-trincea, trincea, posando all'interno dello scavo un tubo corrugato di diametro 80 mm. In ogni caso, al fine di ridurre l'impatto degli interventi, ove possibile, si procederà con posa condivisa delle infrastrutture. Si prevede inoltre di collegare mediante un'architettura FTTH (Fiber to the home) le seguenti sedi pubbliche:

Sede	Tipologia	Indirizzo
Municipio	Edificio Comunale	Via Brigata Sassari
Compagnia barracellare	Edificio Comunale	Via Brigata Sassari
Scuola	Edificio Comunale	Via Brigata Sassari
Biblioteca	Edificio Comunale	Via Brigata Sassari
Piazza Repubblica	Edificio Comunale	Piazza Repubblica
Anfiteatro	Edificio Comunale	Via Cesare Battisti
Scuola	Edificio Comunale	Via Cesare Battisti
Sala Lisai	Edificio Comunale	Via IV Novembre
Giunto fastweb	-	Strada locale senza nome

Fig.4 – Tabella delle strade interessata dalle opere in sotterraneo per la posa della fibra ottica

Complessivamente, a seguito delle condizioni rilevate nelle aree di intervento, potranno essere impiegate due tipologie di scavo, ovvero:

- Tecnica di scavo tradizionale
- Tecnica di scavo in mini- trincea

La tecnica di scavo tradizionale verrà impiegata laddove, per motivi di ingombro minimo e brevità di tratta, non è possibile l'uso del mezzo meccanico.

La norma a riguardo, salvo diversa disposizione dell'Ente proprietario, prevede le seguenti profondità:

- 80 cm in corrispondenza dei marciapiedi;
- 80 cm in corrispondenza delle partite carrabili (banchine comprese);
- 100 cm negli attraversamenti stradali;

In presenza di terreni di particolare natura quali ad esempio rocce dure, calcestruzzi, etc. la profondità dello scavo potrà essere limitata in tutti i casi a 50 cm.



Nell'ambito della scelta di scavo tradizionale (a trincea ristretta) la scelta del tracciato di posa dei mini tubi dovrà garantire il pieno rispetto delle vigenti normative nazionali e locali in materia di tutela ambientale, paesaggistica, ecologica, architettonica monumentale nonché i vincoli idrogeologici imposti. Essa dovrà essere fatta anche in funzione degli elementi, raccolti preventivamente, relativi all'esistenza di altri servizi che renderebbero difficoltosa la fattibilità e l'esercibilità degli impianti.

Qualora il tracciato di posa non dovesse essere imposto dall'Ente proprietario della strada, lo stesso dovrà essere stabilito in modo da:

- conciliare le esigenze di minore disturbo al traffico ed agli impianti di terzi con quelle di minor costo dell'opera;
- collocare il cavo in condizioni favorevoli, tenendo conto anche della possibilità di un facile riaccesso allo stesso;
- essere, per quanto consentito, parallelo al bordo della strada.

Qualora lo stato dei luoghi susciti incertezze circa la presenza di altri servizi che, per la loro collocazione, possono originare onerose variazioni in corso d'opera, sarà opportuno praticare preventivamente dei saggi nel terreno, trasversali al tracciato prescelto e ad opportuni intervalli, in maniera da accertarne l'esistenza. Prima di iniziare il disfacimento delle pavimentazioni stradali ad opera dei mezzi meccanici, dovrà essere rilevata la posizione di cippi, segnali indicatori, termini di proprietà, segnaletica orizzontale etc.. onde poter assicurare, durante i successivi ripristini, la loro esatta rimessa in sito.

Salvo diverse disposizioni imposte dall'Ente proprietario della sede di posa, i disfacimenti dovranno essere limitati alla superficie strettamente indispensabile per l'esecuzione degli scavi in modo da ridurre al minimo gli oneri per i ripristini ed assicurare la massima eventuale riutilizzabilità degli elementi della pavimentazione rimossa (basoli, cubetti di porfido, cordoli, ecc.).

In particolare, i materiali reimpiegabili dovranno essere accatastati con ordine ai bordi dello scavo (salvo diversa disposizione dell'Ente proprietario) in posizione tale da non impedire o intralciare l'esecuzione dei lavori e in modo da non ostacolare la circolazione stradale.

La profondità dello scavo dovrà tener conto della minima distanza fra la generatrice superiore della tubazione o del cavo ed il piano di calpestio, che non potrà essere inferiore su asfalto a ml. 1,00 dalla superficie stradale. Su marciapiede tale distanza non dovrà essere inferiore a ml. 0,80.

In presenza di terreni di particolare natura quali ad esempio rocce dure, calcestruzzi, etc. la profondità dello scavo potrà essere limitata in tutti i casi a 50 cm.

Nell'esecuzione degli scavi dovranno essere osservate le presenti prescrizioni:

- Osservazione delle norme fissate dai regolamenti e dalle disposizioni degli Enti interessati per quanto riguarda la richiesta dei permessi, i periodi consentiti per l'apertura degli scavi, ecc.;
- Sistemazione, in posizione ben visibile, degli sbarramenti protettivi e delle segnalazioni stradali previste dagli Enti interessati e dalle Leggi e Normative vigenti;
- Qualora lo scavo dovesse rimanere aperto o la sede stradale restare comunque ingombra nelle ore notturne o in condizioni di scarsa visibilità, integrare la segnaletica con dispositivi luminosi di colore, forma e dimensioni secondo quanto previsto dai regolamenti vigenti. Le stesse devono essere visibili a sufficiente distanza;
- Qualora non venga richiesta l'asportazione, accatastamento del materiale di risulta lungo uno dei bordi della trincea in modo da lasciare libero l'altro lato per le operazioni di posa del cavo.
- Quando possibile, tra il bordo della trincea e l'argine formato dal materiale di risulta, dovrà rimanere libera una banchina praticabile.
- Resta comunque vietato costituire depositi di materiale presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni di lavoro, saranno messe in opera tutte le opportune opere provvisorie, quali ad esempio le puntellature;
- Qualora non venga autorizzata la chiusura al traffico, gli attraversamenti stradali dovranno essere condotti in modo tale che rimanga sempre disponibile una sufficiente porzione della sede stradale per la circolazione del traffico;
- Dovranno essere sempre assicurati i transiti e gli accessi carrai e pedonali ricorrendo a strutture provvisorie che garantiscano le condizioni di sicurezza necessarie;
- Dovranno essere segnalati immediatamente ai rispettivi proprietari ed alla Società eventuali danni provocati a condutture o servizi presenti nel sottosuolo;
- Nel caso di scavi in forte pendenza dovranno essere lasciati diaframmi di terra che impediscano all'acqua di percorrere tutta la trincea; questi diaframmi dovranno essere demoliti al momento della posa in opera del cavo;
- Compatibilmente con la natura del terreno, dovranno essere ridotte al minimo la larghezza dello scavo e l'inclinazione delle sue pareti rispetto alla verticale. Per scavi molto profondi o per terreni molto cedevoli verrà scelta l'armatura dello scavo piuttosto che una riprofilatura delle stesse.

**RIPRISTINO PAVIMENTAZIONE A SEGUITO SCAVO LONGITUDINALE SU MARCIAPIEDE - SEZIONE DI SCAVO F.S.**

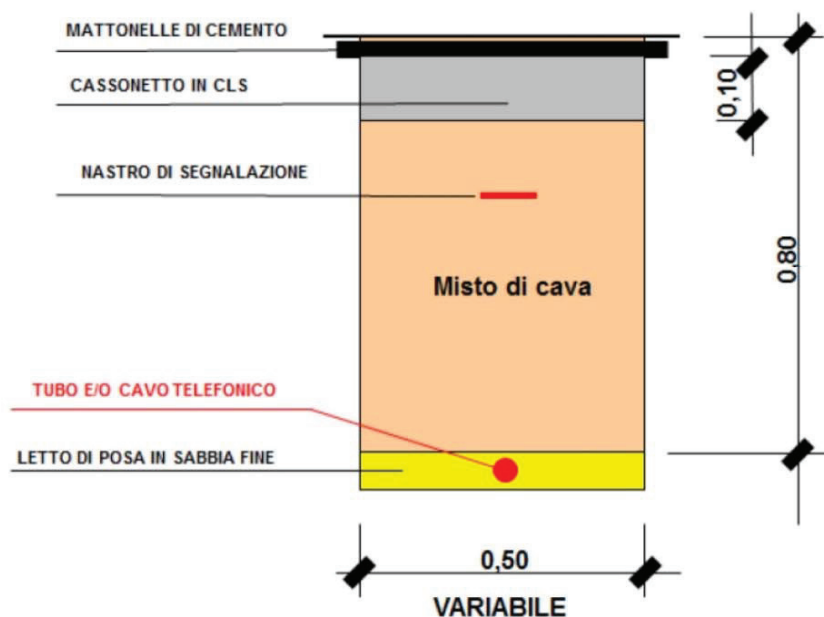


Fig.5 – Scavo longitudinale su marciapiede e tipologia di ripristino

**SCAVO SU STERRATO - SEZIONE DI SCAVO F.S.**

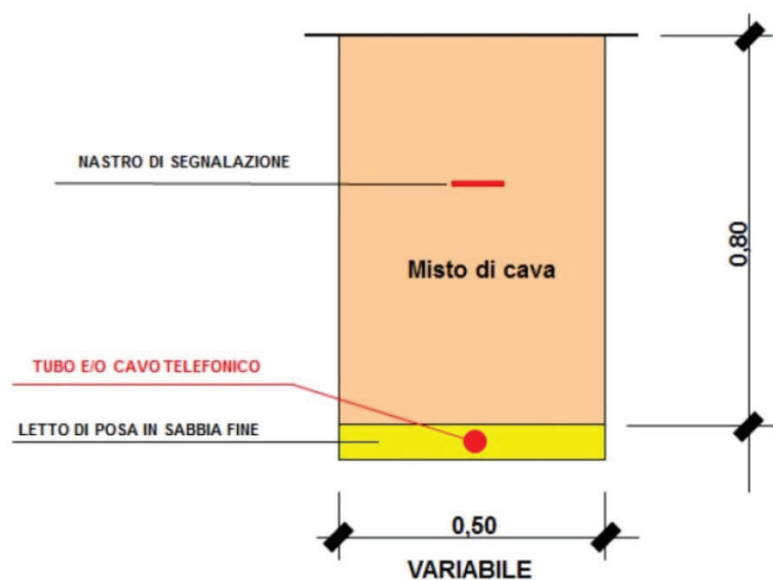


Fig.6 – Scavo longitudinale su sterrato e tipologia di ripristino



**RIPRISTINO PAVIMENTAZIONE A SEGUITO SCAVO SU ASFALTO- SEZIONE DI SCAVO F.S.**

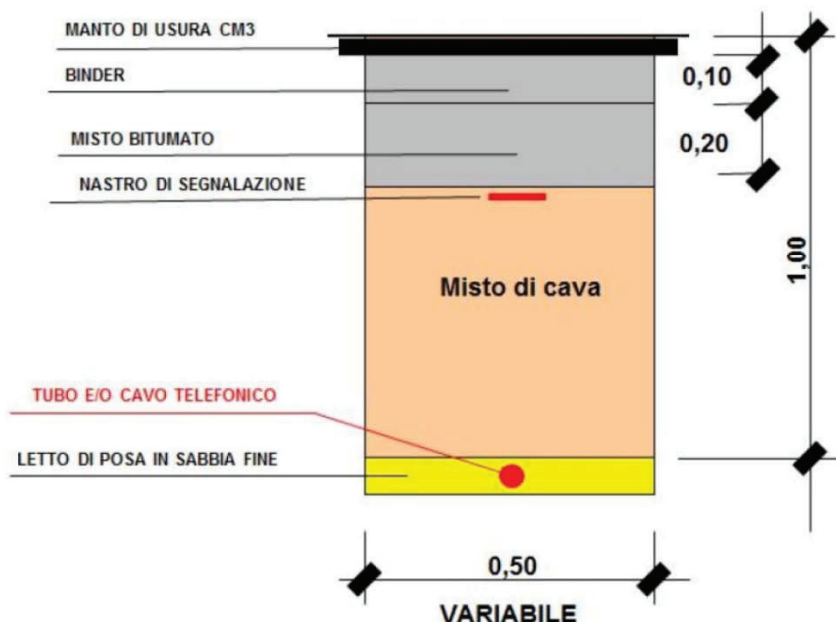


Fig.7 – Scavo longitudinale su strada asfaltata e tipologia di ripristino

Per quanto riguarda la tipologia dello scavo, questo potrà essere eseguito mediante:

- escavatori;
- mezzi meccanici a percussione alimentati da compressori silenziosi;
- piccone, vanga, mazzaranga, etc. tutte le volte che a causa di impedimenti (presenza di servizi, richieste particolari degli Enti, etc.) non sia possibile utilizzare i mezzi sopracitati.

L'eventuale presenza di acqua nel terreno durante le operazioni di scavo, dovrà essere eliminata con l'impiego di pompe aspiranti.

Il fondo dello scavo dovrà essere privato di eventuali spuntoni; Nel caso in cui lo scavo sia interessato dalla posa di tri-tubo, monotubi o tubi PVC/PE, sarà necessario predisporre un letto di sabbia; in alternativa potranno essere impiegati pozzolana o altri inerti a granulometria fine.

Qualora il materiale di risulta dovesse presentare caratteristiche analoghe a quelle dei materiali su citati, dovrà essere ovviamente reimpiegato per le fasi di ripristino.

Per quanto riguarda lo stendimento dei cavi o dei mini-tubi, potranno essere utilizzate due differenti modalità di posa:

- posa con bobina fissa
- posa con bobina mobile

Il sistema a bobina fissa si applica generalmente quando la trincea di scavo è a tratti sensibilmente rettilinei e con raccordi a curvatura ampia, quando a tratti in trincea sono intercalati tratti in tubazione o quando si devono sottopassare con i cavi altri servizi.

La bobina disposta sul carro porta bobina, viene collocata all'inizio dello scavo con l'asse di rotazione perpendicolare alla trincea; la mezzeria della bobina e dello scavo devono, per quanto possibile, coincidere; la bobina deve essere inoltre disposta in modo che il cavo / mini tubi si svolga dal basso.

All'estremità della testa di tiro si applica una fune (metallica se il tiro è eseguito con argano, non metallica se a mano) e si procede allo stendimento del cavo evitando, di sollecitarlo a torsione. A tale scopo si applica sulla testa di tiro, un morsetto con snodo.

Per tratte brevi e per medie potenzialità il cavo / mini tubi può essere steso con trazione diretta a mano senza l'uso della fune.

Quando il tiro avviene mediante argano, è necessario che lo stesso sia dotato di frizione automatica e di dinamometro tarato per il tiro massimo previsto per ciascun tipo di cavo / mini tubi.

Per quanto riguarda lo stendimento dei cavi a bobina mobile, questo sistema si applica generalmente quando lo scavo è tutto a cielo aperto e non vi sono ostacoli da sottopassare.

La procedura consiste nello stendere il cavo / mini tubo sul piano stradale, facendo ruotare a mano la bobina, mentre il carro porta bobine viene fatto spostare lungo la trincea; si colloca poi, a braccia, il cavo / mini-tubi nello scavo. In alternativa si può far scendere il cavo direttamente dalla bobina alla trincea guidandolo a braccia.

Per quanto concerne la copertura e protezione dei cavi, generalmente i cavi armati / mini tubi per posa sotterranea non necessitano, di norma, di protezione meccanica; per detti cavi è prevista la segnalazione mediante l'impiego di un apposito nastro.

Possono tuttavia verificarsi casi particolari ove la protezione meccanica deve essere prevista come ad esempio:

- cavi posati su roccia con profondità di scavo di 50 cm; in alternativa alla protezione meccanica si può far ricorso all'impiego di sabbia;
- in tutti i casi ove non sia possibile raggiungere la profondità di 50 cm.

Per segnalare la presenza dei cavi telefonici e manufatti nel sottosuolo è prevista la posa, lungo tutto lo sviluppo del cavo, di un nastro segnalatore. Nel caso in cui l'Ente richieda che il riempimento dello scavo venga eseguito con magrone, sopra la generatrice superiore del cavo dovrà comunque essere posato uno strato di sabbia affinché il cavo non venga a contatto con il magrone stesso.

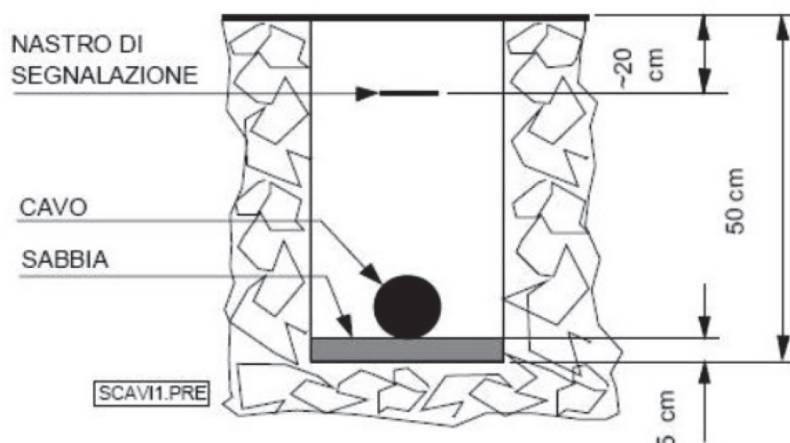


Fig.8 – Scavo longitudinale su strada asfaltata e tipologia di ripristino

Dopo aver posato il cavo ed i materiali di protezione si deve subito procedere al rinterro che deve essere eseguito in almeno due strati successivi costipati con appositi mezzi meccanici fino al livellamento con il piano stradale.

È necessario che il primo strato di rinterro, sia privo di sassi di diametro superiore a 10 cm. Durante la fase di rinterro, sulla generatrice superiore del cavo e per tutta la sua lunghezza, si posa il nastro segnalatore a circa 30 cm dalla sommità dello scavo, per profondità  $\geq 60$  cm; a circa 20 cm dalla sommità dello scavo per profondità  $< 60$  cm.

Quando sia prescritto dall'Ente proprietario o qualora il materiale proveniente dallo scavo sia tale da non garantire nel tempo la stabilità del rinterro (terra cedevole, di rilevante granulometria, terreno gelato, ecc..), il riempimento dello scavo deve essere eseguito con materiale inerte.

Eventuali cedimenti dovuti al naturale assestamento del terreno dovranno essere ricaricati con tempestività e comunque prima di eseguire le operazioni di ripristino.

A ripristino ultimato gli eventuali indicatori segna cavi devono essere collocati perfettamente a livello del piano stradale; del pari, anche cippi, segnali, limiti di proprietà, ecc., precedentemente rimossi devono essere ricollocati nella loro posizione.

La tecnica della mini trincea Consente la realizzazione di scavi di dimensioni ridotte rispetto a quelle tradizionali idonei a contenere mini tubi  $\varnothing 10/14$  mm lisci, all'interno dei quali saranno inseriti in tempi successivi cavi in fibra ottica per telecomunicazioni.

La tecnica di scavo in mini trincea verrà impiegata laddove applicabile, previa autorizzazione dell'Ente proprietario della strada, su tracciati che contemplino generalmente superfici asfaltate quali strade e marciapiedi aventi un sottofondo di materiale compatto.



Per la determinazione dell'idoneità del tracciato di posa deve essere preventivamente rilevata la presenza di servizi e la loro posizione nel sottosuolo, di norma tramite documentazioni cartografiche, documentazioni disponibili presso gli Enti proprietari della strada o dei Servizi e/o tramite idonee indagini strumentali in campo (cerca servizi ecc.).

Qualora non siano disponibili gli elementi necessari per determinare l'esistenza dei sotto-servizi si può ricorrere all'uso di indagini georadar ad una profondità compresa tra 0 e 100 cm.

I vantaggi, rispetto all'utilizzo di tecniche di posa tradizionali, sono essenzialmente la rapidità di esecuzione, il minor costo dell'opera, la significativa riduzione dell'impatto ambientale ed il limitato intralcio al traffico veicolare.

La mini trincea deve essere eseguita utilizzando apposite frese a disco montate su idonee macchine operatrici tipo Bob-Cat modificati, i quali montano sul dispositivo di scavo anche un sistema di abbattimento delle polveri.



Fig.9 – Macchina operatrice con dotazione di fresa a disco per esecuzione di mini-trincee

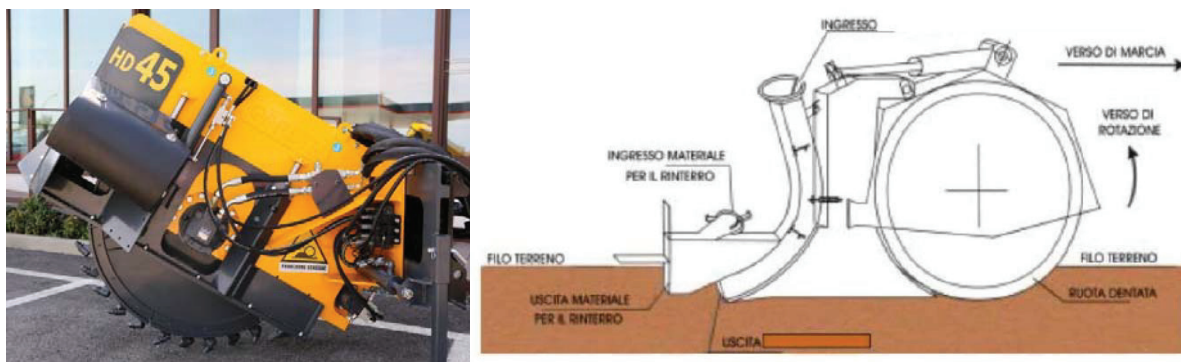


Fig.10 – Disco – fresa e sistema di scavo mini - trincea

Nel corso di tutta la durata dell'esecuzione della mini trincea si devono osservare tutte le prescrizioni atte ad assicurare la sicurezza delle persone; in particolare:

- Attenersi alle norme fissate dai regolamenti e dalle disposizioni degli Enti interessati per quanto riguarda la richiesta dei permessi, i periodi consentiti per l'apertura degli scavi, ecc.
- Collocare, in posizione ben visibile, gli sbarramenti protettivi e le segnalazioni stradali previste dagli Enti interessati e dalle Leggi e Normative vigenti.
- Integrare le segnalazioni dello scavo con dispositivi luminosi di colore, forma e dimensioni secondo quanto previsto dai regolamenti vigenti, qualora dovesse restare aperto o la sede stradale restare comunque ingombra nelle ore notturne o in condizioni di scarsa visibilità,
- Eventuali danni provocati a infrastrutture o servizi presenti nel sottosuolo, devono essere immediatamente segnalati ai rispettivi proprietari gestori dei servizi, alle autorità di controllo preposte e a Telecom Italia.

Per quanto riguarda la configurazione e la posizione iniziale dei monotubi, appare evidente che la sezione di scavo da realizzare dipende dalla quantità e dimensioni dei tubi e/o cavi in rame da posare al suo interno.

Nella posa di mini tubi le strutture devono essere mantenute compatte mediante nastratura ogni tre metri circa lungo tutta la posa.

Nel caso di giunzione (diramazione pezzatura ecc.) di mini tubi non è necessario installare un nuovo pozzetto ma le giunzioni possono essere realizzate direttamente interrate senza nessuna ulteriore protezione. Le operazioni di posa devono essere condotte con particolare accortezza evitando brusche piegature, schiacciamenti, abrasioni etc. e rispettando i raggi di curvatura minimi pari 120 mm per i mini tubi 10/14 e devono avvenire nel rispetto delle indicazioni previste in materia di sicurezza, traffico e rispetto ambientale.

Terminata la posa dei tubi e/o dei cavi si procede al ripristino preliminare, previo riempimento della sezione di scavo con malta cementizia additivata con opportuno colorante al fine di garantire l'immediato riconoscimento dell'infrastruttura digitale sottostante. A partire dall'estradosso della pavimentazione e fino ai 10 cm sottostanti, il riempimento avverrà con cls Rck 20 sigillato con primer bituminoso. Qualora possibile si procederà all'intero riempimento dello scavo (sino all'estradosso della pavimentazione) attraverso la sola posa di malta cementizia colorata. In questo caso dovrà essere garantita e certificata, l'idoneità del materiale utilizzato a sopportare il traffico veicolare.

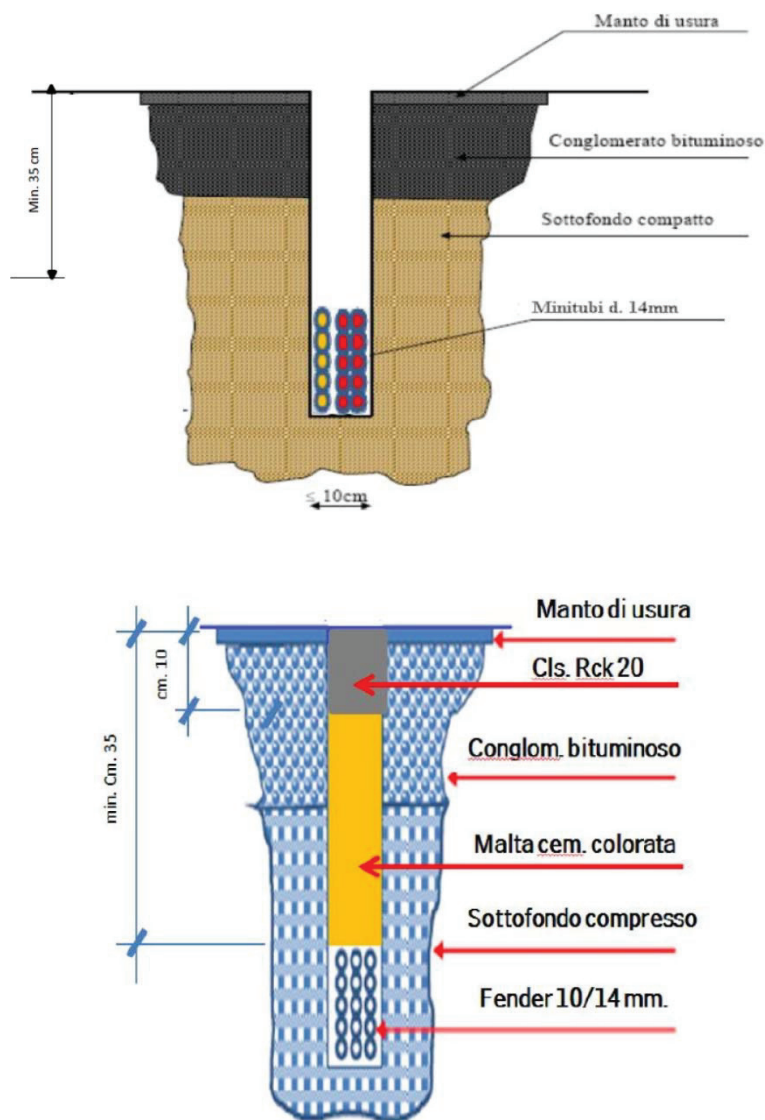


Fig.11 – Schema di scavo con tecnica di mini-trincea , posa dei fender e tipologia di ripristino su strada asfaltata.

Il conglomerato realizzato secondo le caratteristiche sopra descritte deve garantire le seguenti prestazioni di qualità:

- Stabilità volumetrica;



- Adesione alle pareti dello scavo e alle infrastrutture;
- Completo riempimento del volume di scavo;
- Eliminazione di cedimenti differenziati;
- Tempi di presa ed uno sviluppo delle resistenze tali da permettere il ripristino delle sedi stradali almeno 24 ore dopo l'esecuzione del rinterro;
- Resistenza a compressione idonea a sopportare le sollecitazioni derivate dal traffico leggero e pesante;
- Permeabilità ai gas e ai liquidi;
- Facilità di rimozione;
- Elevata lavorabilità (stabilità e coesione all'impasto, fluidità tale da renderlo impiegabile mediante apposita pompa).

Per entrambe le metodologie di posa precedentemente descritte, dovrà essere garantita la disposizione dei tubi e/o dei cavi e non dovranno verificarsi innalzamenti indesiderati durante le fasi di rinterro. La posa del materiale di riempimento all'interno del solco deve essere effettuata mediante sistema idoneo a mantenere pulite le pareti in asfalto derivate dal disfacimento della pavimentazione. Al termine delle opere di riempimento, in attesa dell'esecuzione dei ripristini, si devono prendere tutte le necessarie precauzioni (utilizzo di strutture provvisorie, mantenimento delle protezioni segnaletiche, riempimento dello scavo fino al livello stradale in situazioni particolari come attraversamenti ecc.) atte ad evitare situazioni di pericolo ed a garantire le condizioni di sicurezza richieste. Trascorse almeno 24 ore dall'esecuzione del riempimento si può procedere all'esecuzione del ripristino definitivo della mini trincea. Tale attività dovrà essere eseguita rispettando le seguenti indicazioni:

- Dovrà essere garantita la ricostituzione degli originali spessori di conglomerato.
- La posa degli strati di binder e di usura dovrà avvenire previa fresatura con macchina scarificatrice.
- I nuovi manti bituminosi dovranno essere posati attraverso macchina vibrofinitrice e successivamente rullati con rullo compressore.

Qualora lo scavo con mini trincea non abbia seguito una traiettoria rettilinea e parallela all'asse stradale, la larghezza del ripristino definitivo dovrà essere opportunamente allargata, al fine di avere una fascia di ripristino tale da sormontare l'eventuale sinuosità dello scavo. In generale, per entrambe le tipologie di scavo, che potranno essere eseguite anche in contemporanea, trattandosi di opere

interrate appare evidente che le stesse non saranno certamente di ostacolo al normale deflusso delle acque, inoltre non precluderanno la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio idraulico.

#### **4. Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – P.A.I. – P.S.F.F.**

Relativamente alla potenzialità dei dissesti, è stata eseguita un'analisi molto dettagliata della pericolosità idrogeologica, dovuta sia a fenomenologie riconducibili a criticità di tipo idrauliche (pericolosità Idraulica  $H_i$ ) sia a fenomenologie riconducibili a criticità di tipo geo-morfologiche (Pericolosità per Frana  $H_g$ ).

Più precisamente è stata eseguita una sovrapposizione cartografica in ambiente G.I.S. al fine di stabilire se l'area interessata dall'intervento risulta o meno a pericolosità idrogeologica ai sensi di quanto stabilito dalle norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico attualmente vigente.

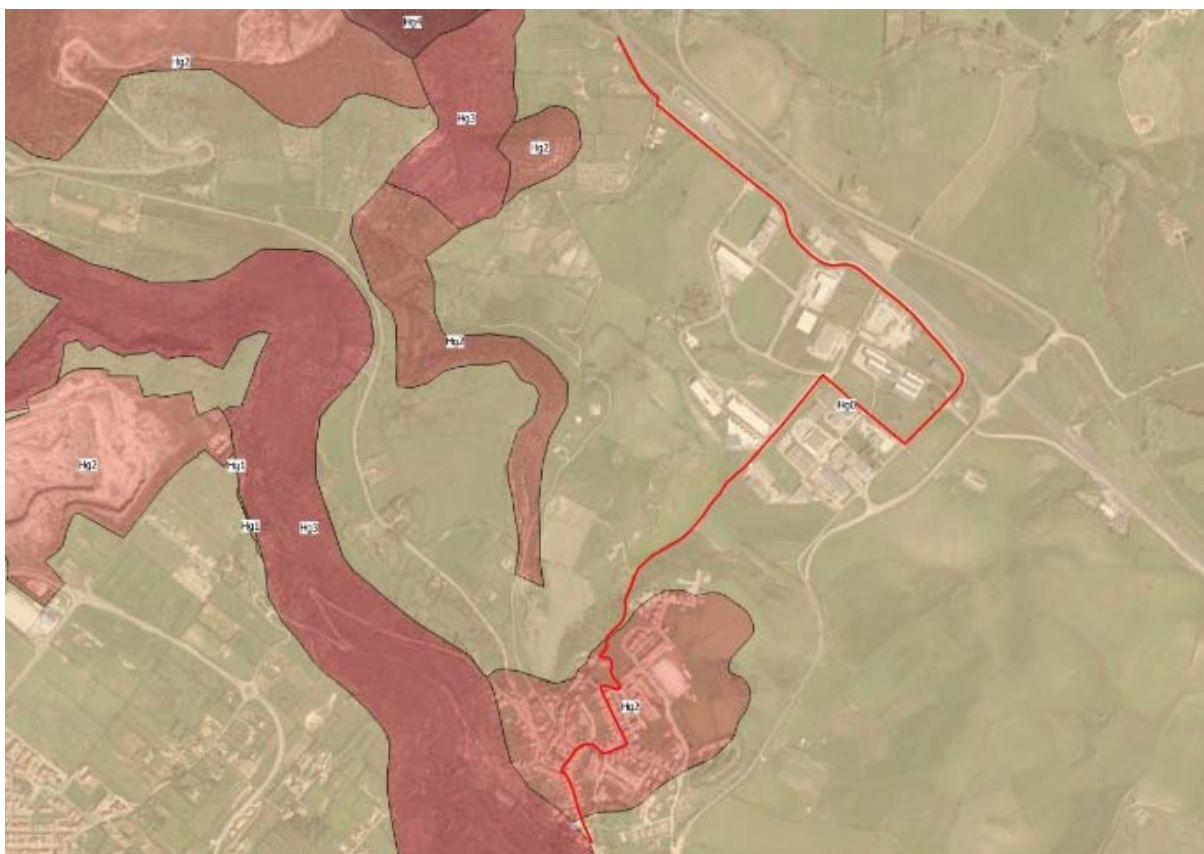


Fig.12 – Overlay cartografico - Tracciato Fibra ottica su P.A.I. Vigente (Variante Art. 37 Bacino Idrografico n°3)

L'area d'intervento ricade nell'ambito del Bacino Idrografico n° 3 – Coghinas – Mannu di P. Torres - Temo. A seguito dello Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo e del rischio da frana nel Sub-Bacino n° 3 Coghinas – Mannu – Temo – Progetto di Variante generale e Revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (Art. 37 comma 1 N.A. P.A.I.), l'area d'intervento è stata riclassificata con un grado di pericolosità generalmente più elevato rispetto alla prima stesura del P.A.I.

A seguito della Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 16 giugno 2015, è stata adottata definitivamente la variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 lettera b delle N.A. del P.A.I al P.A.I. del Bacino idrografico n°3, che comprende anche il territorio del Comune di Muros.

Le nuove perimetrazioni sono state perfezionate in riferimento alla pubblicazione della Procedura di Variante sul B.U.R.A.S. n°58 del 19.12.2015. A seguito di questa ridefinizione delle aree a pericolosità da frana, come si evince in Fig. 11, parte del tracciato previsto in progetto ricade in area a pericolosità media da frana (Hg2), mentre la restante parte ricade in zona priva di pericolosità da frana (Hg0). Nella Fattispecie, tutta l'area che coinvolge il centro abitato di Muros, rientra in zona a pericolosità media da frana (Hg2)

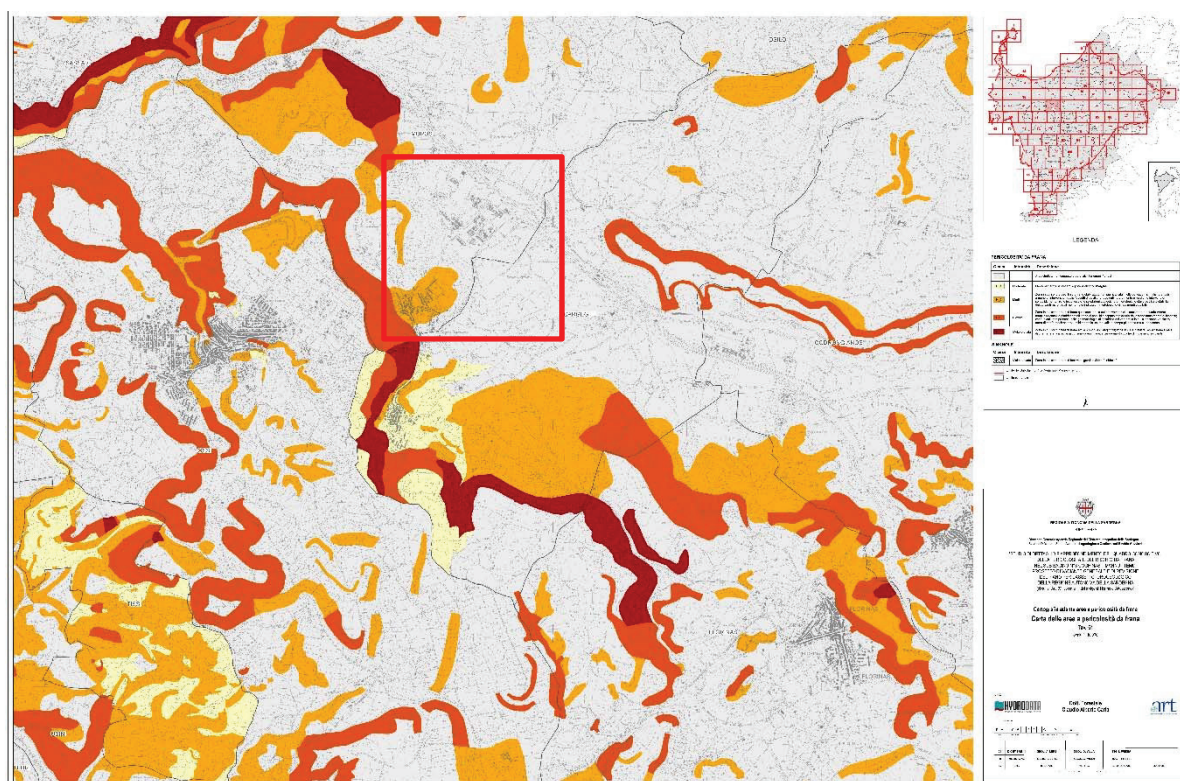


Fig. 13: Tavola 51 - P.A.I. – Carta delle aree a pericolosità da frana nel Comune di Muros



## **5. Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – P.S.F.F.**

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale. Il PSFF trova specificazione nella direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che recepisce tale direttiva.

Il P.S.F.F. ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Inoltre, costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 2 del 17.12.2015, che ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, per tutto il territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedenti identificate dal PAI.

Per quanto concerne gli elementi areali il Piano individua le cosiddette fasce fluviali, dette anche aree di pertinenza fluviale, che identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali.

Per quanto concerne la pericolosità ed il rischio idraulico, l'area di interesse si trova all'interno del "Rio Mannu di Porto Torres" del bacino 03 "Coghinas – Mannu – Temo", ma risulta comunque esterna rispetto alla perimetrazione definita dal Piano Stralcio Fasce Fluviale, (che individua comunque la sola Fascia Geomorfologica C", pertanto non sussiste alcun vincolo riconducibile a classi di pericolosità idraulica di cui al P.S.F.F. /P.A.I.

Conferma di quanto sopradetto, lo si rileva dalla Fig. 14 dove si evince la sovrapposizione (Overlay Cartografico) tra il tracciato della fibra ottica prevista in progetto e le fasce di pericolosità idraulica definite del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.



Fig. 14: Overlay Cartografico - Tracciato Fibra ottica su P.S.F.F.

## **6. Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – P.G.R.A.**

In attuazione delle previsioni dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e dell'art. 13 del D.Lgs. 152/2006, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 1 del 30.07.2015 è stata adottata la "Proposta di Piano di gestione del rischio di alluvioni" (di qui in poi PGRA) e la relativa documentazione per la Valutazione Ambientale Strategica, comprendente il Rapporto Ambientale, la Sintesi non tecnica e la Valutazione di incidenza ambientale.

Con successiva Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 2 del 30.07.2015 è stata approvata la proposta di variante al PAI costituita dall'integrazione del Titolo V alle N.A del PAI recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)" così come riportato nell'allegato A della suddetta deliberazione.

Le quattro classi di legenda utilizzate negli strumenti di pianificazione succitati (PAI, PSFF, studi ex art. 8 c.2 PAI e aree Cleopatra) sono state ricondotte alle tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010:



P3 – Classe di pericolosità elevata, per eventi con tempo di ritorno minori o uguali a 50 anni;

P2 – Classe di pericolosità media, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 50 e 200 anni;

P1 – Classe di pericolosità bassa, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 200 e 500 anni.

Analogamente al PAI, anche il PGRA ricomprende l'area di interesse all'interno delle Classi di Pericolosità P3–elevata e P1-bassa, valevoli rispettivamente per gli eventi con tempi di ritorno inferiori o uguali a 50 anni e tra i 200 e i 500 anni. Si riporta nella figura seguente la mappatura della pericolosità relativa al PGRA del territorio comunale di Muros che ricade nella tavola Hi 1253:

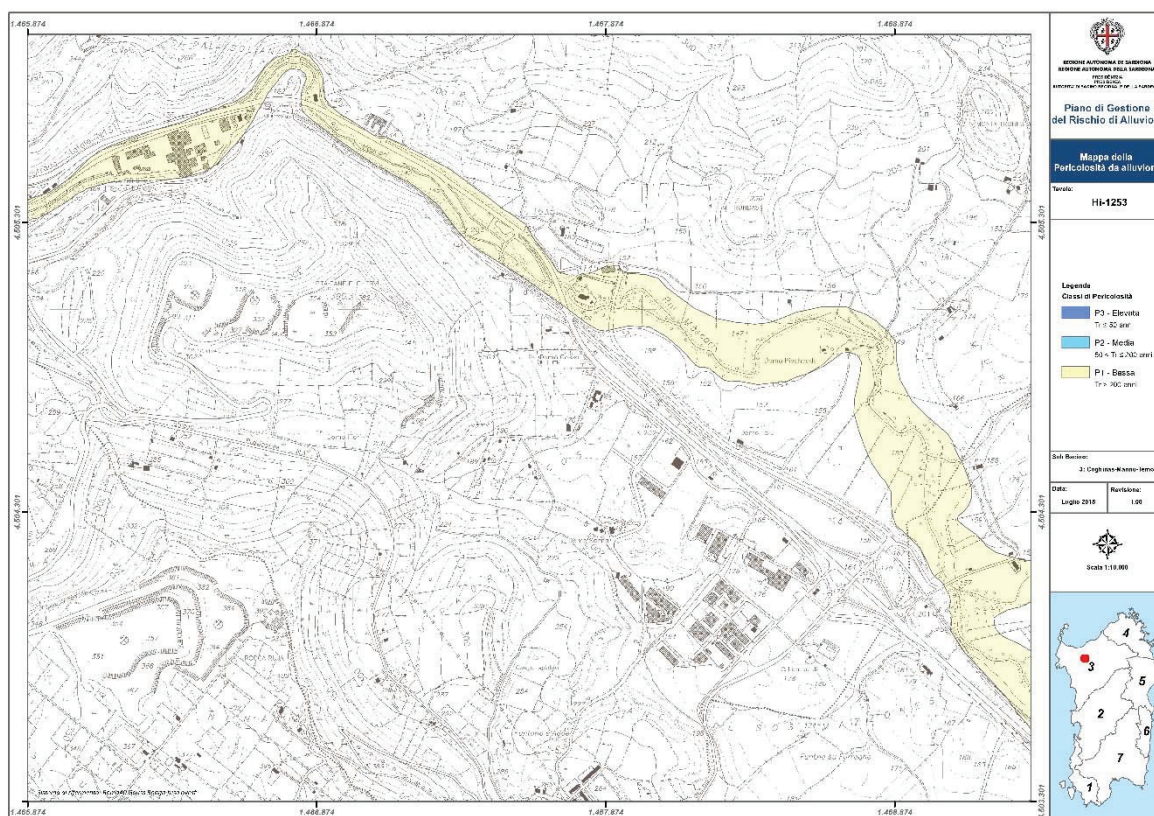


Fig.15 – Rappresentazione cartografica delle zone studiate dal P.G.R.A. nell'ambito del dell'area d'intervento – Sotto-Bacino Rio Mannu di P. Torres

## 7. Analisi del Quadro di Riferimento Programmatico – Condizioni di ammissibilità dell'intervento previsto in progetto

Per quanto concerne la pericolosità da frana, come si evince in Fig. 12 e Fig. 13, l'area d'intervento ricade in zona a pericolosità media da frana (Hg2).

Per quanto attiene le aree a pericolosità media da frana, così come disposto dal comma 1 dell'art. 33 delle norme di attuazione del P.A.I., fermo restando quanto stabilito dagli art. 23 e 25,

nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammesse nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite negli art. 31 e 32.

Pertanto, appare evidente qualora la tipologia di intervento dovesse rilevarsi ammissibile per le zone a pericolosità da frana molto elevata (Hg4) ed elevata (Hg3), tale assunto è da intendersi valido anche per le zone a pericolosità media (Hg2).

La disciplina delle aree a pericolosità media da frana stabilisce ai sensi dell'art. 33 delle N.A. del P.A.I. che, fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, in materia di patrimonio edilizio stabilisce che sono inoltre consentiti esclusivamente:

- a) gli interventi di ristrutturazione edilizia;
- b) gli ampliamenti e le nuove costruzioni nei lotti interclusi dei centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971;
- c) gli ampliamenti e le nuove costruzioni nelle aree libere di frangia dei centri edificati, con esclusione delle sole aree situate a monte delle costruzioni esistenti alle quote più alte dei versanti esposti alle frane;
- d) i cambiamenti di destinazione d'uso nei centri edificati, nelle zone residenziali e nelle zone di verde privato, anche relativi ai fabbricati rurali esuberanti per la conduzione dell'azienda agricola, purché compatibili con le caratteristiche formali e strutturali preesistenti degli edifici;
- e) i cambiamenti di destinazione d'uso al di fuori delle zone di cui alla precedente lettera d., con eventuali aumenti di superficie o volume e di carico urbanistico non superiori al 20%, a condizione di essere finalizzati a servizi pubblici e di pubblica utilità o ad attività terziarie ed attività diverse compatibili con le condizioni di pericolosità media da frana;
- f) in tutte le zone territoriali omogenee, con esclusione delle aree con vincoli di tutela ambientale e paesistica, i recuperi a fini residenziali, esclusivamente per le necessità dei conduttori dei fondi agricoli, di edifici ed annessi rustici esistenti alla data di approvazione del PAI e divenuti non idonei alla conduzione degli stessi fondi;
- g) la realizzazione di volumi per attività agrituristiche nelle sedi delle aziende agricole;
- h) l'ampliamento degli immobili destinati ad esercizi alberghieri o di somministrazione di pasti e bevande;
- i) gli ampliamenti e le nuove realizzazioni di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi.

In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti esclusivamente:

- a) gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici;
- b) l'adeguamento degli impianti esistenti di depurazione delle acque e di smaltimento dei rifiuti; gli interventi di edilizia cimiteriale.

Nelle aree di pericolosità media da frana resta comunque sempre vietato realizzare nuovi impianti di smaltimento e recupero rifiuti.

Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art. 25:

- a) è richiesto per gli interventi di cui al comma 2 lettere a., b., c., e., g., h., i. Per gli interventi di cui al comma 2 lettera d., l'Autorità Idraulica potrà richiedere, a suo insindacabile giudizio, lo studio di compatibilità geologica e geotecnica o parte di esso, in relazione alla peculiarità e entità dell'intervento;
- b) è richiesto per gli interventi di cui al comma 3, lettere a., b., c.

Le modifiche e gli ampliamenti relativi agli stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose", eventualmente ubicati nelle aree di pericolosità media da frana, sono decise secondo il criterio di precauzione applicando le modalità di valutazione di cui al punto 6.3 dell'Allegato al decreto del Ministro dei lavori pubblici 9.5.2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Per quanto concerne la pericolosità idraulica, come si evince dall'estratto di mappa, è stato accertato che l'area d'intervento risulta esterna rispetto a questa fattispecie di vincolo.

## **8. L'indagine**

Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica vuole analizzare e valutare tutti gli elementi progettuali relativamente all'eventuale modificazione dello stato dei luoghi e se questi possano portare ad un incremento o diminuzione della soglia del rischio frana e in quale misura.

La compatibilità geologica e geotecnica dell'intervento proposto verrà valutata in funzione dei dissesti in atto o potenziali che definiscono la pericolosità dell'area interessata in relazione alle destinazioni e alle trasformazioni d'uso del suolo collegate alla realizzazione dell'intervento stesso.

Verrà valutata anche in base agli effetti dell'intervento sull'ambiente, tenendo conto della dinamica evolutiva dei dissesti che interessano il contesto territoriale coinvolto in funzione delle condizioni al contorno.

Così come previsto dall'Allegato F delle N.A. del P.A.I. e dalle N.T.C. 2008, le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche si sono basati sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di rilievi, sondaggi, indagini e prove.

La relazione geologica che integra lo studio di compatibilità geologica e geotecnica dovrà comprendere e illustrare:

- l'assetto geologico di inquadramento;
- la situazione litostratigrafica locale;
- la definizione dell'origine e natura dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
- i lineamenti geomorfologici della zona, gli eventuali processi morfologici nonché i dissesti in atto e potenziali che possono interferire con l'opera da realizzare e la loro tendenza evolutiva;
- i caratteri geostrutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità;
- lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

La relazione geotecnica (che integra lo studio di compatibilità geologica e geotecnica dovrà comprendere e illustrare):

- la localizzazione dell'area interessata dall'intervento;
- i criteri di programmazione ed i risultati delle indagini in sito e di laboratorio e le tecniche adottate con motivato giudizio sulla affidabilità dei risultati ottenuti;

- la scelta dei parametri geotecnici di progetto, riferiti alle caratteristiche dell'opera;
- la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in relazione alle finalità da raggiungere con il progetto, effettuata sulla base dei dati raccolti con le indagini eseguite;
- il dimensionamento del manufatto o dell'intervento;
- i risultati dei calcoli geotecnici (determinazione del carico ammissibile e, se necessario, dei cedimenti) realizzati sulla base dei procedimenti della meccanica delle terre e della Ingegneria delle fondazioni;
- le verifiche di stabilità del pendio in assenza ed in presenza degli interventi di stabilizzazione
- dall'intervento (condizioni ex-ante ed ex-post), con descrizione dei metodi di calcolo adottati;
- le eventuali interazioni con altre opere;
- le conclusioni tecniche;
- le diverse tipologie delle opere di consolidamento e le finalità di ognuna di esse con valutazione di tipo
- analitico che ne evidenzino l'efficacia in riferimento alle condizioni pre-intervento;
- il piano di manutenzione degli interventi;
- il piano di monitoraggio per il controllo della efficacia degli interventi di consolidamento ed il programma delle misure sperimentali.

In riferimento a quanto previsto dall'art. 24 e 26 del D.P.R. 207/2010 – comma 1 lettera A - D, l'analisi geologica e geotecnica verrà articolata secondo i seguenti punti:

La relazione geologica comprende, sulla base di specifiche indagini geologiche, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica.

La relazione geotecnica definisce, alla luce di specifiche indagini, scelte in funzione del tipo di opera e delle modalità costruttive, il modello geotecnico del volume del terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso.

Illustra inoltre i procedimenti impiegati per le verifiche geotecniche, per tutti gli stati limite previsti dalla normativa tecnica vigente, che si riferiscono al rapporto del manufatto con il terreno, e i



relativi della risposta sismica locale, la relazione geotecnica deve comprendere l'illustrazione delle indagini effettuate a tal fine, dei procedimenti adottati e dei risultati ottenuti. Nel complesso, l'analisi geologico-tecnica è articolata secondo i seguenti punti:

- Ubicazione dell'area in esame
- Inquadramento Geologico
- Inquadramento Geomorfologico
- Inquadramento Geopedologico
- Inquadramento Idrogeologico superficiale
- Inquadramento Idrogeologico sotterraneo
- Modello geologico tecnico del sottosuolo
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni

## **9. Inquadramento geologico**

L'area d'indagine si inserisce in quella zona della Sardegna comunemente nota come il Logudoro, ubicato nella Sardegna settentrionale (porzione Nord – Occidentale), nel quale affiorano in maniera estesa rocce sedimentarie terziarie (Miocene) talora ricoperte da superfici vulcanico – effusive anche di notevole estensione.

Il territorio comunale di Muros ed il suo centro abitato occupano il quadrante nord-occidentale dell'Isola. Questo settore settentrionale, nel periodo tra l'Oligocene superiore ed il Miocene Inferiore - medio, è stato sede di importanti eventi tettonici e di una diffusa attività vulcano-sedimentaria che si è manifestata in diversi bacini, in parte coalescenti, fra loro differenziati in quanto caratterizzati da due differenti orientazioni strutturali e da differenti evoluzioni tettonico-sedimentarie.

Tali bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come Fossa Sarda ("Rift sardo"), interpretata come un lineamento tettonico orientato N-S, che attraversa tutta l'Isola, legato ad un'estensione crostale orientata E-W avvenuta durante la rotazione del Blocco sardo-corso (Oligocene superiore).

Secondo le più recenti interpretazioni i bacini miocenici della Sardegna settentrionale sono contraddistinti da due diverse strutturazioni successive: la prima con fosse orientate prevalentemente N60° mentre la seconda con orientazione NNW.

I bacini miocenici con orientazione N60, definiti comunemente Bacini Acquitani, risultano localizzati in corrispondenza della fossa di Chilivani-Berchidda, Anglona e Ottana, mentre i secondi,

con orientazione NNW, chiamati comunemente Bacini Transtensivi Burdigaliani sono ubicati in corrispondenza della Fossa del Logudoro e di Porto Torres.

Secondo la più recente interpretazione, si tratterebbe di bacini sin-rift (Chilivani – Anglona – Berchidda) e post-rift (Bacino del Logudoro e Porto Torres).

I Bacini transtensivi del Miocene Inferiore (Bacini transtensivi Aquitaniani) occupano la porzione più orientale dell'Isola, dove si impostano in trasgressione sul basamento cristallino ercinico caratterizzato prevalentemente da granitoidi intrusi in metamorfiti di medio e basso grado.

I Bacini Transtensivi dell'Aquitano si impostano lungo faglie trascorrenti sinistre orientate N60°, hanno caratteristica forma allungata parallela alle faglie principali ed una successione sedimentaria con sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, in genere depositi lacustri, con intercalati prodotti vulcanici e vulcano-clastici, alternati a depositi alluvionali e con associati depositi sin-tettonici in prossimità delle faglie. Localmente la successione continentale evolve a marina (zona di Castelsardo e Anglona). I Bacini burdigaliani sono più recenti, hanno direzione circa NNW ed interessano la parte occidentale della Sardegna settentrionale, dal Golfo dell'Asinara a nord, fino all'altopiano di Campeda, a sud. Dal punto di vista strutturale si configurano come semi-graben con faglie principali su bordi opposti, connessi da zone di taglio trascorrenti ad orientamento EW che trasferiscono la deformazione estensionale da un fianco all'altro del bacino. Nella successione stratigrafica che interessa anche l'area d'intervento è possibile distinguere tre sequenze deposizionali:

- Sequenza 1: Burdigaliano superiore – Langhiano;
- Sequenza 2: Serravalliano – Tortonian-Messiniano;
- Sequenza 3: Messiniano superiore.

Le prime due sequenze sono caratterizzate dal passaggio da depositi clastici di ambiente fluvio-deltizio e lagunare a depositi arenacei e carbonatici marini di piattaforma. La terza sequenza è caratterizzata da depositi clastici grossolani di ambiente fluviale. L'evoluzione sedimentaria nella Sardegna Settentrionale è caratterizzata da numerosi cicli trasgressivo-regressivi, fra loro alternati. Durante il Burdigaliano superiore – Langhiano l'innalzamento del livello del mare porta alla deposizione della Sequenza 1, dove, in successione verticale, ai depositi continentali, prevalentemente sabbiosi, seguono depositi marini calcarenitici e di piattaforma prossimale (calcari algali) e distale (marne). La caduta del livello del mare nel Langhiano superiore-Serravalliano inferiore è responsabile dell'accentuata erosione dei depositi della Sequenza 1. In questa fase si sviluppano

profonde valli incise (100 m). Nel successivo periodo di risalita del livello del mare si deposita la Sequenza 2. Lungo il margine del bacino si sviluppano sistemi deltizi (nella zona di Ploaghe) mentre, al margine della piattaforma (Florinas) si depositano le sabbie quarzoso-feldspatiche che vanno a colmare le valli precedentemente formatesi (Formazione delle sabbie di Florinas)

Nel Serravalliano inferiore, a seguito di un'ulteriore trasgressione, si forma una vasta piattaforma carbonatica. Nel Messiniano la caduta del livello del mare porta alla formazione, lungo tutto il margine della piattaforma, di numerosi valli incise fra le quali si ricorda il Canyon di Castelsardo a NE del bacino del Logudoro. Una seconda valle incisa si sviluppa a N di Sassari in località Scala Erre ove troviamo traccia dei sedimenti clastici grossolani di origine alluvionale.

Da un punto di vista stratigrafico, il complesso sedimentario miocenico è delimitato al tetto dalle litologie continentali quaternarie, e alla base dalle vulcaniti del ciclo "calcalcalino" oligo-miocenico.

Sulla base di questo schema stratigrafico strutturale, si può certamente affermare che l'area d'intervento è costituita da litologie riconducibili alla sequenza deposizionale n° 1 (Formazione del Rio Minore costituita da arenarie, siltiti e marne, conglomerati e calcari silicizzati di facies lacustre) e in parte dalla sequenza deposizionale n°2 (Formazione di Borutta, costituita da Marne, Marne Arenacee e calcari marnosi in alternanze ritmiche). Per quanto concerne il centro abitato di Muros, le carte geologiche evidenziano che il substrato marnoso della formazione di Borutta è ricoperto da un corpo di frana stabilizzato, costituito da detriti colluviali eterometrici disposti lungo il versante di Monte Muros (436 m). Sulla base dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico - geomorfologico si evidenzia che il Tracciato della fibra ottica attraverserà le seguenti successioni geologiche:

- Corpi di frana stabilizzati costituiti da depositi eterometrici di marne, arenarie e calcari della Formazione di Borutta (Olocene) – Centro Abitato di Muros;
- Formazione del Rio Minore, costituita da depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di frustoli vegetali, arenarie, conglomerati e calcari silicizzati di facies lacustre (Miocene inf. – Burdigaliano) – Tratto di viabilità che porta alla zona industriale;
- Unità di Monte Sa Silva, costituita da depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici non saldati di colore bianco-grigiastro (ignimbriti) (Miocene inf. – Burdigaliano) – Tratto di viabilità che costeggia la S.S. 131;

In virtù del fatto che il centro abitato di Muros si inserisce in una paleo-frana, tutta la zona è stata inserita a pericolosità media da frana a seguito dello studio di maggior dettaglio approvato recentemente dal Comitato istituzionale dell'Agenzia del Distretto Idrografico.

In realtà, tutta la zona del Sassarese risulta interessata da fenomenologie riconducibili a frane di crollo, basti pensare alle porzioni di territorio poste all'ingresso della Galleria sulla S.S. 131 direzione Sassari, dove si evincono le falesie di roccia cantone aggettanti verso sud, parte di queste non ancora messe in sicurezza.

Proprio nel Comune di Muros, lungo la strada ferrata Sassari-Chilivani, il 19 dicembre del 2009 è stata rilevata una frana di rotolamento a valle del Rio Mascari, che ha interessato circa cento metri di ferrovia, rendendo necessaria la chiusura della linea.

Sono stati necessari più di 5 mesi per mettere in sicurezza la parte di linea interessata dal movimento franoso.

I lavori di bonifica dei costoni, realizzati dal Comune di Muros su delega dell'Assessorato Regionale ai Lavori Pubblici, sono stati particolarmente delicati per la presenza di pareti verticali, quali quelle di Scala di Giocca, che presentavano frontoni rocciosi di marne e arenarie in disfacimento. In totale sono stati bonificati e messi in sicurezza più di 300 metri di fronte roccioso e di linea ferroviaria, con riapertura del tratto ferroviario in data 17 giugno 2010.

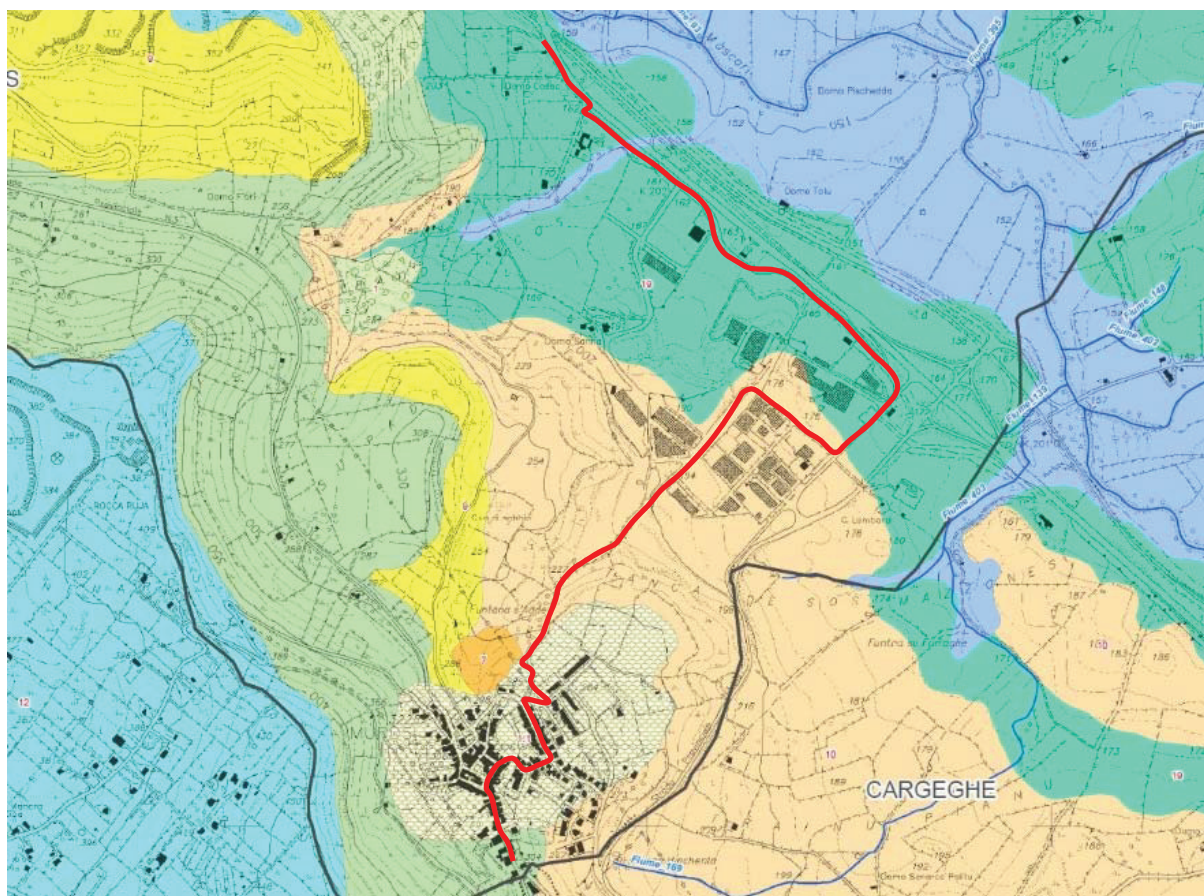


Fig.16 – Estratto Carta Geo-litologica dell'area d'intervento con sovrapposizione del tracciato F.O. previsto in progetto



#### Tipi litologici

-  1 - Depositi di versante, detriti di falda, con detritici e conoidi di deiezione
-  1.1 - Corpi di frana stabilizzati e/o paleofrane
-  2 - Depositi lagunari, lacustri e palustri
-  3 - Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali
-  4 - Alluvioni ghiaiose, antiche e terrazzate
-  5 - Alluvioni prevalentemente sabbiose
-  7 - Depositi argillosi, depositi eluvio-colluviali, detriti immersi in matrice fine talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti arricchiti in frazione organica
-  8 - Sabbie eoliche, depositi di spiaggia sabbioso-ghiaiosi attuali
-  9 - Sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi ed intercalazioni di arenarie e conglomerati
-  10 - Arenarie, arenarie conglomeratiche, metarenarie e metaconglomerati, epiclastiti
-  11 - Mame, bauxiti
-  12 - Calcarei, calcari marnosi miocenici, mame e calcari marnosi mesozoici, travertini
-  13 - Dolomie, calcari mesozoici e metacalcari
-  14 - Calcescisti, micascisti, argilloscisti, metapeliti, metargilliti
-  15 - Anfiboliti, quarziti, metagabbri
-  16 - Gneiss con elevata densità di giunti di fratturazione, paragneiss anche associati a micascisti
-  17 - Gneiss massicci e con giunti di fratturazione radi, metatessiti
-  18 - Piroclastiti mioceniche (tufi, tufi conglomeratici)
-  19 - Ignimbriti
-  20 - Basalti
-  21 - Trachiti, Fonoliti
-  22 - Andesiti
-  22.1 - Andesiti alterate
-  23 - Rioliti e daciti
-  25 - Graniti, granodioriti, leucograniti, monzograniti, tonaliti, gabbri massicci privi di copertura di alterazione
-  27 - Depositi antropici
-  28 - Depositi antichi di spiaggia
-  29 - Filoni di varia natura

Fig.17 – Legenda Carta Geo-litologica dell'area d'intervento

## 10. Lineamenti geomorfologici della zona

Trattandosi di un intervento lineare molto esteso, si possono distinguere nel complesso due regioni morfologicamente diverse: la prima zona è rappresentata dal settore collinare corrispondente al versante di Monte Muros, la seconda zona, pedemontana, è invece rappresentata dal raccordo tra la Valle del Rio Mascari e il rilievo collinare anzidetto.

L'area morfologicamente più complessa è certamente rappresentata dal centro abitato del Comune di Muros, dove le pendenze del versante del M. Muros, obliterano il paesaggio e condizionano gli interventi di edificazione, i quali generalmente si presentano terrazzati, in ragione dell'acclività del substrato.

Nello specifico, come si evince dalla carta delle pendenze, in corrispondenza del centro abitato di Muros si rileva un'acclività percentuale media tra il 10% ed il 20% con picchi massimi compresi tra il 36% ed il 50%.



Il settore vallivo per contro, risulta essere complanare, con classi di pendenze poco significative comprese tra 0% e 10%.

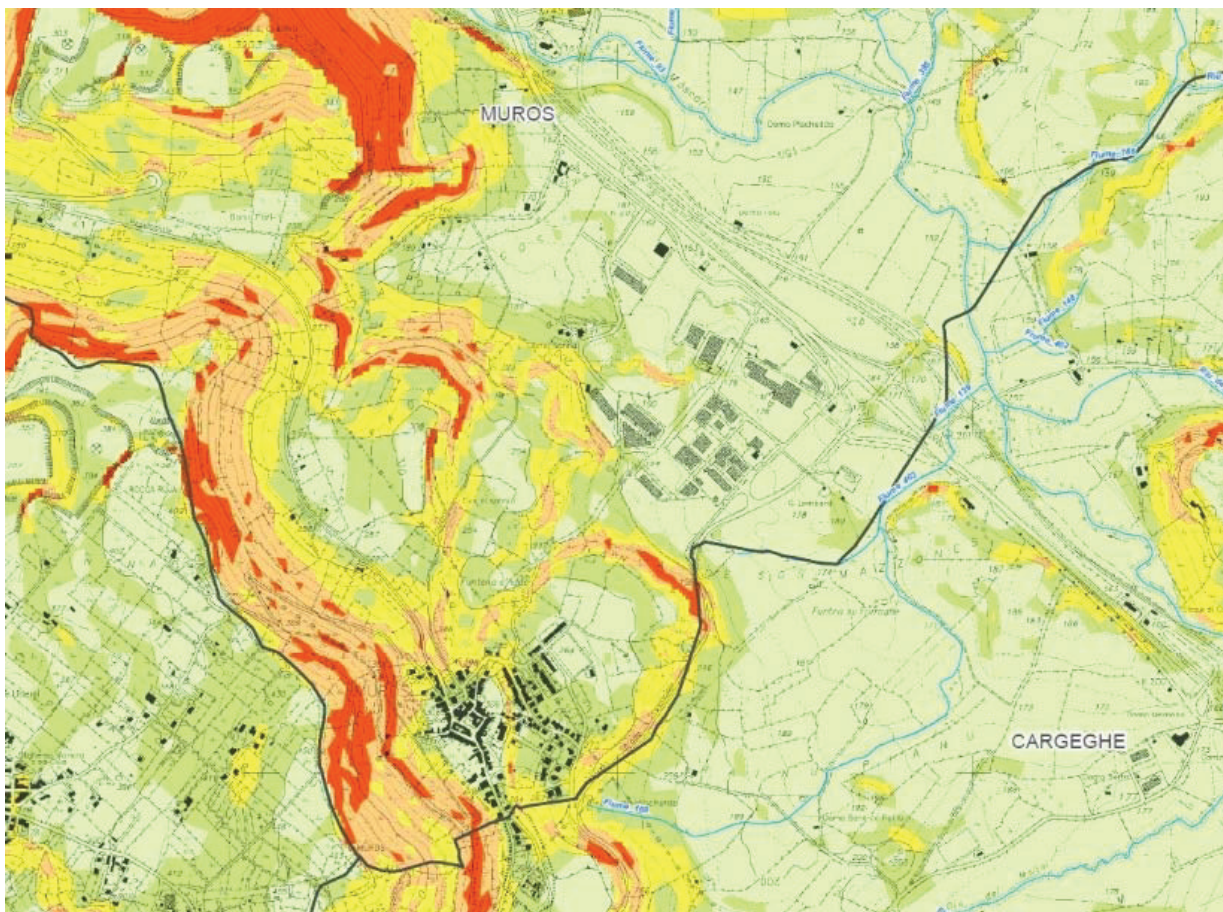


Fig.18 – Estratto Carta delle pendenze Comune di Muros

Le vicende tettoniche che questo settore ha subito, unitamente ad un contesto più ampio, hanno certamente influenzato sotto il profilo morfologico tutto il Sassarese.

Come è stato già rilevato in precedenza, i contrasti dei rilievi sono accentuati dalla presenza di affioramenti resistenti, compatti, come i calcari della Formazione di Monte Santo, che possono conservare più a lungo le originarie strutture geologiche.

I corsi d'acqua della zona scorrono prevalentemente incassati in valli abbastanza profonde, i cui versanti si presentano talora con valli molto ripide e in certi tratti con pareti rocciose sub verticali.

La giacitura delle rocce presenti risulta essere massiva, per cui i versanti possono mantenersi dopo l'approfondimento quasi verticali, assumendo un così detto profilo a gradoni.

Tale struttura risulta particolarmente evidente in corrispondenza della zona a monte dell'abitato di Muros e generalmente in tutto il Logudoro - Sassarese. Per quanto concerne i processi



morfogenetici, in corrispondenza dell'area d'intervento non è stato rilevato alcun tipo di dissesto incipiente o in atto, soprattutto ed in considerazione del fatto che l'area d'intervento insiste per gran parte in una zona pedemontana di raccordo con la Valle del Rio Mascari.

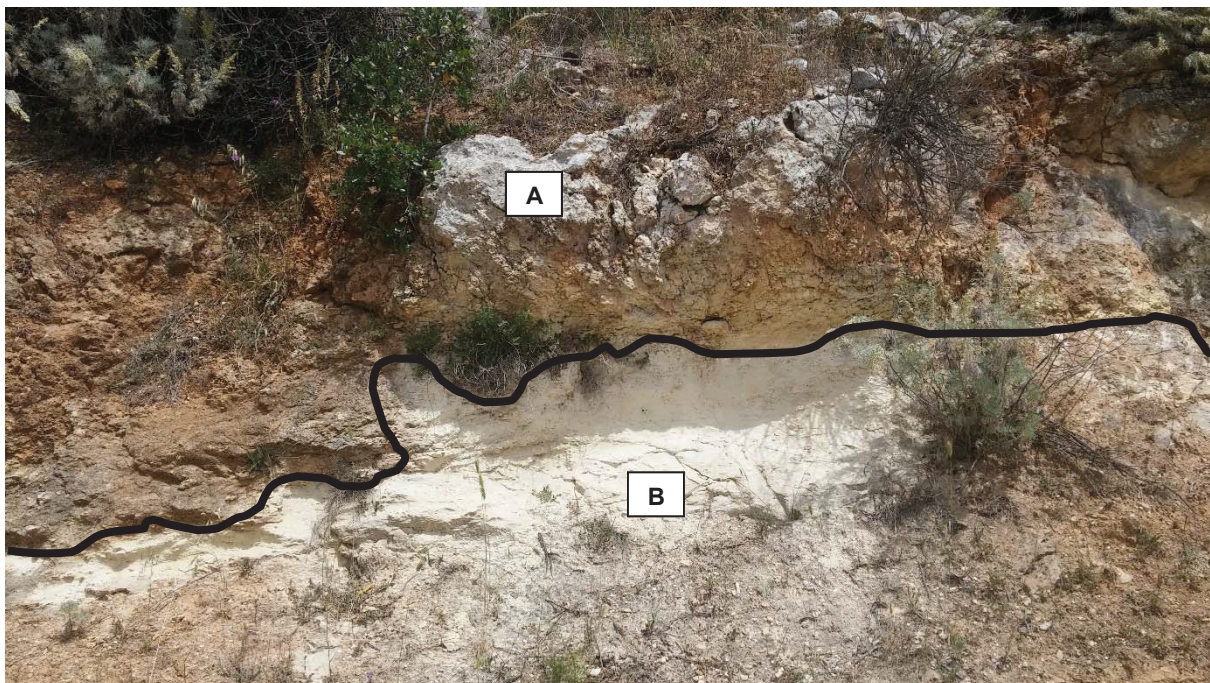


Fig. 19: Sezione stratigrafica di contatto tra le marne (B) ed i calcari (A) in corrispondenza dell'area a monte dell'abitato di Muros

Per quanto attiene la categoria di sottosuolo prevalente, considerato che nell'area d'intervento predominano le rocce marnose e le rocce epiclastiche, le stesse ricade in tipo "B" ovvero "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  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)"

Relativamente alle condizioni topografiche, considerando le condizioni più restrittive e stabilito che l'area d'intervento si presenta con una pendenza media compresa tra il 10% ed il 20%, si evince una classe topografica T2 "Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ".

## **11. Inquadramento geopedologico**

L'area rilevata si presenta urbanizzata, ad eccezione delle zone pedemontane, con un livello pedogenizzato piuttosto scadente per la presenza del substrato marnoso sub-affiorante.



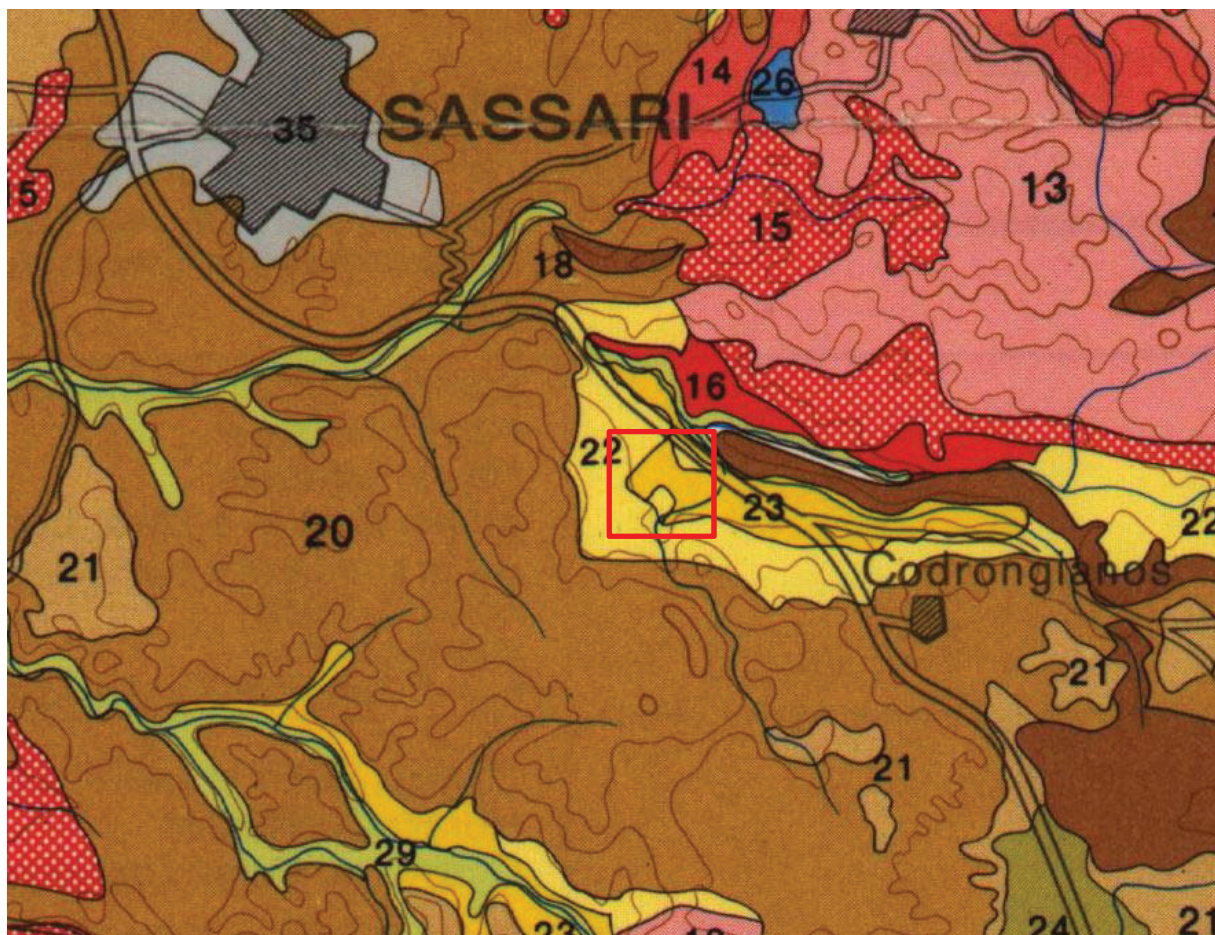


Fig.20: Inquadramento Geopedologico Muros

L'analisi geopedologica ha appurato che i suoli presenti nel sito oggetto di intervento si impostano essenzialmente su marne, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali. Per questa tipologia di paesaggi, i livelli pedogenizzati si impostano su aree con forme ondulate, sulla sommità collinari e in corrispondenza dei litotipi più compatti quasi privi di copertura arbustiva ed arborea. In corrispondenza dei settori vallivi, i livelli pedogenizzati si impostano su aree con morfologie orizzontali e sub-pianeggianti, con prevalente utilizzazione agricola. Per quanto concerne i suoli che si impostano sui rilievi collinari, essi si sviluppano con profili A-C, roccia affiorante e subordinatamente A-Bw-C, poco profondi, da franco sabbiosi a franco argillosi, permeabili, subalcalinie saturi. Per questa varietà di suoli, ai sensi della U.S.D.A. Soil Taxonomy 1988, si possono distinguere come suoli predominanti Lithic Xerorthents e Rock Outcrop. Per quanto attiene le limitazioni d'uso si evincono rocciosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, eccesso di scheletro e carbonati, forte pericolo di erosione. Per quanto concerne i suoli che si impostano sulle aree vallive, essi si sviluppano con profili A-Bw-C, A-Bk-C e A-C, da mediamente profondi a profondi, da franco

sabbiosi a franco sabbioso-argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, subalcalini, saturi. Per questa varietà di suoli, ai sensi della U.S.D.A. Soil Taxonomy 1988, si possono distinguere come suoli predominanti Typic e Vertic Xerochrepts, Calcixerolic Xerochrepts e Typic Xerorthents. Per quanto attiene le limitazioni d'uso si evincono a tratti tessitura fine, eccesso di carbonati e moderato pericolo di erosione superficiale. Nel complesso, considerato che si tratta di interventi di tipo lineare su pavimentazioni stradali esistenti, non si evince alcun tipo di alterazione superficiale in merito allo stato di uso del suolo attualmente presente, anche in ragione della tipologia di scavi, i quali hanno come indicazione progettuale una larghezza di 10 cm e un'altezza media di circa 50 cm.

## **12. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea**

L'idrografia superficiale caratterizzante tutta l'area di studio è direttamente connessa con le caratteristiche del substrato geologico riconducibile alle successioni mioceniche del Logudoro - Sassarese.

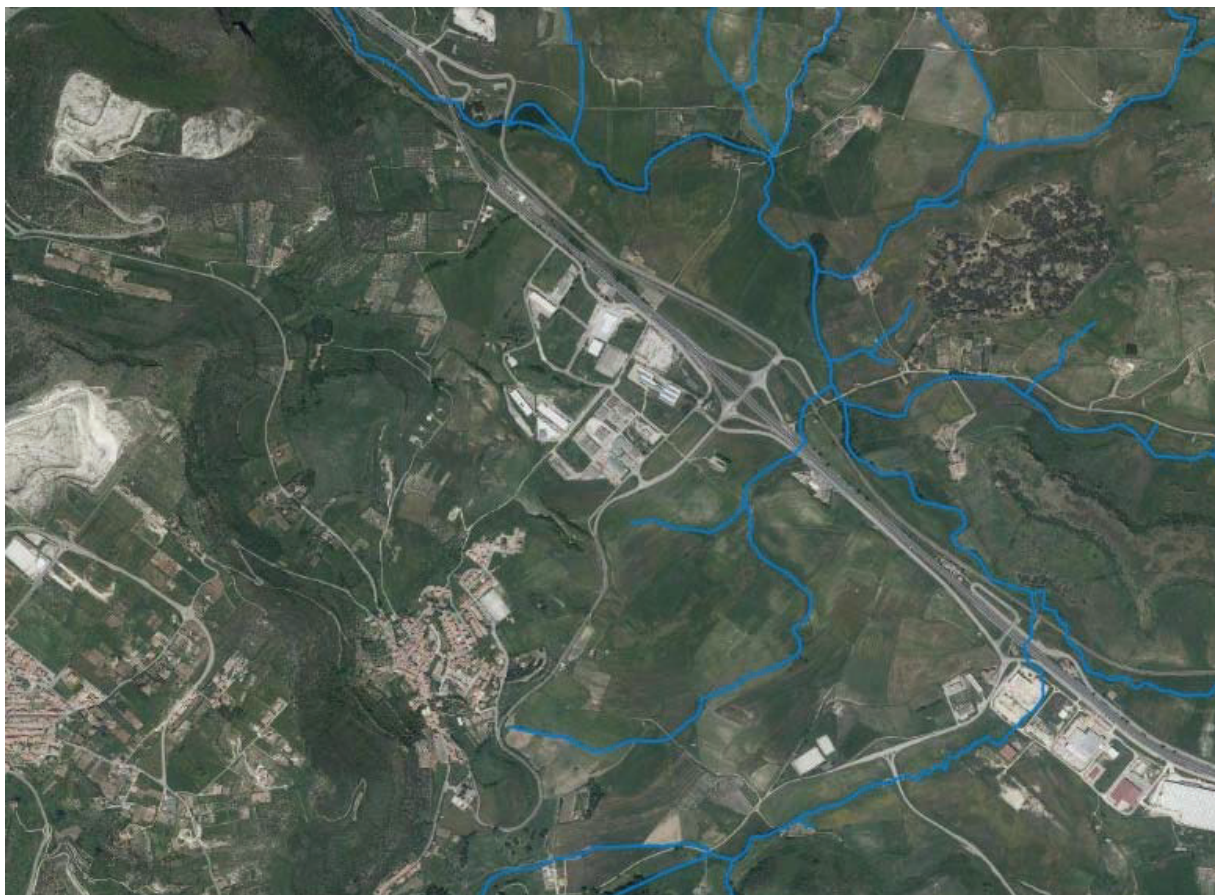


Fig.21: Inquadramento Idrogeologico dell'area d'intervento



Da un esame degli aspetti idrogeologici, l'area d'indagine rientra nell'ambito del Bacino Idrografico del Rio Mannu di Porto Torres, avente una superficie complessiva di ~ 671.32 Km<sup>2</sup>. In effetti, la zona d'intervento costituisce uno degli spartiacque del Rio Binchenta e del Rio Furrage, affluenti in sx idraulica del Rio Mascari.

Sulla base delle indicazioni desunte dal rilevamento geologico, considerata la giacitura degli strati e date le caratteristiche idrogeologiche dei terreni, si ritiene che questi non siano sede di acquifero superficiale.

Inoltre, per quanto rilevato in sito, non esiste alcun tipo di interferenza tra il tracciato dei cavidotti previsti in progetto e la rete di deflusso delle acque superficiali, pertanto non sussiste l'esigenza di redigere alcun studio idraulico e compatibilità idraulica ai sensi delle N.A. del P.A.I., trattandosi di opere non interferenti con il reticolo idrografico.

### **13. Analisi geotecnica del sito**

L'esame dei dati rilevati nel corso dell'indagine ha consentito di specificare nell'ambito dell'area di intervento i modelli di comportamento geologico tecnico del sottosuolo: in virtù delle scelte progettuali, è stata riprodotta la litostratigrafia dell'area e dove possibile una correlazione fra le litologie che mostrano caratteristiche analoghe.

In generale, la sequenza stratigrafica rilevata si presenta in due forme: nel centro abitato di Muros si rileva una sequenza detritica colluviale avente spessore variabile da decimetrico a metrico relativa alla paleo-frana stabilizzata di Monte Muros, il quale si assottiglia procedendo verso le zone più in rilievo, dove affiora il substrato marnoso – arenaceo, che corrisponde al substrato litoide di consistenza coesiva.

La sequenza stratigrafica che si rileva in corrispondenza del settore vallivo è invece costituita da epiclastiti e piroclastiti pomiceo-cineritiche non saldate, avente consistenza granulare.

Considerato che gli scavi da realizzarsi avranno una larghezza di 10 cm ed un'altezza media di circa 50 cm dal piano viario, si è cercato di ricostruire quelle che sono le caratteristiche geotecniche dei materiali presenti al fine di verificare se e in quale modo questa tipologia di scavi possa arrecare pregiudizio alla stabilità del piano viario e soprattutto del corpo di frana su cui sorge l'abitato di Muros.

Considerato che lo scavo previsto deve essere realizzato lungo la viabilità comunale, è da ritenersi accettabile l'ipotesi che lo spessore complessivo della sovrastruttura stradale debba essere compreso tra un minimo di 30 cm fino ad oltre 50 cm dal piano viario.



In particolare, stabilito che la buona norma di progetto sulle pavimentazioni stradali prescrive generalmente i seguenti spessori:

▪ Tappetino di usura:	3 cm
▪ Binder:	7 cm
▪ Strato di base:	15 cm ÷ 20 cm
▪ Strato di fondazione:	30 cm ÷ 35 cm
▪ Spessore Totale	55 cm ÷ 65 cm

Sulla base di questo schema, appare evidente come gli scavi previsti in progetto andranno ad insistere esclusivamente nel pacchetto del corpo stradale, escludendo qualsiasi tipo di interferenza con il sottofondo naturale. Nel contesto, vengono comunque rappresentate le caratteristiche geotecniche dei materiali costituenti il sottofondo stradale dell'abitato di Muros, le cui caratteristiche geomeccaniche sono da considerarsi da buone a eccellenti.

1. Sottofondo stradale costituito da sequenze deposizionali eterometriche e caotiche di calcari marnosi e marne arenacee, in matrice sabbiosa – limosa (Olocene) – (Spessore > 1.00 m)

- Peso di Volume naturale  $\gamma$ : 1610 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso di volume secco  $\gamma_d$ : 1410 Kg/m<sup>3</sup>
- Angolo di Attrito  $\Phi$ : 37.00°
- Coesione C: 0,19 Kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo di compressibilità Elastica  $E_y$ : 290 Kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo di compressibilità Edometrica  $E_d$ : 320 Kg/cm<sup>2</sup>

Per quanto concerne la zona a valle dell'abitato di Muros vengono di seguito rappresentate le caratteristiche geotecniche dei materiali costituenti il sottofondo stradale della zona industriale;

2. Sottofondo stradale costituito da sequenze deposizionali di epiclastiti pomiceo-cineritiche in disfacimento, non saldate (Miocene medio - Langhiano) – (Spessore > 1.00 m)

- Peso di Volume naturale  $\gamma$ : 1740 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso di volume secco  $\gamma_d$ : 1530 Kg/m<sup>3</sup>
- Angolo di Attrito  $\Phi$ : 27.00°
- Coesione C: 0,22 Kg/cm<sup>2</sup>

- Modulo di compressibilità Elastica  $E_y$ : 110 Kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo di compressibilità Edometrica  $E_d$ : 120 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **14. Compatibilità dell'intervento proposto**

Come si è potuto osservare nel presente studio, parte del tracciato previsto in progetto ricade in area a pericolosità media da frana (Hg2), mentre la restante parte ricade in zona priva di pericolosità da frana (Hg0).

Le Norme di attuazione del P.A.I., identificano le opere previste in progetto come *“Infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico”*.

Queste opere, sono da ritenersi ammissibili ai sensi dell'art. 31 comma 3 lettera i delle Norme di Attuazione del P.A.I. che recitano testualmente: *“In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono inoltre consentiti esclusivamente “gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici.”*

Come si evince dalle Norme di Attuazione del P.A.I., questa tipologia di interventi è da ritenersi ammissibile già per le aree a pericolosità molto elevata da frana (Hg4), pertanto, di conseguenza, come stabilito dall'Art. 33 comma 1, *“Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite negli articoli 31 e 32”*.

Per quanto attiene l'ottemperanza rispetto all'Art. 19 comma 4 delle Norme di Attuazione del PAI, trattandosi di un intervento molto modesto che interesserà una porzione limitata della pavimentazione stradale, che attualmente non sono stati rilevati fenomeni di frana attivi e che non verrà alterata la geometria del pendio, si ritiene di aver dimostrato come nelle aree di pericolosità idrogeologica perimetrate dal PAI gli scavi, gli sbancamenti, i riporti e i movimenti di terra necessari per gli interventi consentiti garantiscono che non venga aumentato il grado di pericolosità o di rischio presente nell'area interessata, con speciale riferimento alle pareti rocciose ed a tutte le opere che comportino importanti variazioni nella geometria del pendio.

Per quanto attiene l'ottemperanza rispetto all'Art. 23 delle Norme di Attuazione del PAI, allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica, l'intervento previsto dal PAI e consentito dalle presenti norme sarà tale da:

- migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;
- favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;
- salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;
- non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;
- adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;
- non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;
- assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;
- garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- garantire coerenza con i piani di protezione civile.

## **15. Conclusioni**

Sulla base dello schema programmatico e progettuale esposto, è stato redatto uno studio di compatibilità geologica e geotecnica così come disposto dal Titolo III, Cap. I - articolo 25 delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna secondo i criteri di cui all'allegato F delle stesse norme.

La compatibilità geologica e geotecnica dell'intervento proposto è stata valutata in funzione dei dissesti in atto o potenziali che definiscono la pericolosità dell'area interessata in relazione alle destinazioni e alle trasformazioni d'uso del suolo collegate alla realizzazione dell'intervento stesso.

L'indagine ha avuto l'obiettivo di analizzare e valutare tutti gli elementi progettuali relativamente ad una modificazione dello stato dei luoghi e se questi possano portare ad un incremento o diminuzione della soglia del rischio frana.

L'analisi del rischio geologico è stata valutata anche in base agli effetti dell'intervento sull'ambiente, tenendo conto della dinamica evolutiva dei dissesti che interessano il contesto territoriale coinvolto in funzione delle condizioni al contorno.

L'intervento progettuale consiste in opere di scavo per la posa in opera di infrastrutture sotterranee a servizio della banda larga ed ultra-larga (BUL) e successiva posa di cavo in fibra ottica (FO) nelle strade del centro urbano del Comune di Muros e in corrispondenza dell'area industriale.

Nell'intervento previsto in progetto sono compresi i tratti di raccordo tra i punti di allaccio alla rete elettrica ENEL più vicini agli armadi telefonici e le paline di alloggio contatori. Tale intervento si rende necessario al fine di garantire l'alimentazione elettrica agli apparati installati all'interno degli stessi, così come dettagliatamente descritto negli elaborati di progetto.

La posa avverrà con le stesse modalità tecniche previste per la rete in fibra ottica, ossia mini-trincea, trincea, posando all'interno dello scavo un tubo corrugato di diametro 80 mm.

In ogni caso, al fine di ridurre l'impatto degli interventi, ove possibile, si procederà con posa condivisa delle infrastrutture.

La norma a riguardo, salvo diversa disposizione dell'Ente proprietario della strada, prevede che vengano rispettate le seguenti profondità:

- 80 cm in corrispondenza dei marciapiedi;
- 80 cm in corrispondenza delle partite carrabili (banchine comprese);
- 100 cm negli attraversamenti stradali;

In presenza di terreni di particolare natura quali ad esempio rocce dure, calcestruzzi, etc. la profondità dello scavo sarà comunque limitata in tutti i casi a 50 cm.



Per quanto attiene l'ottemperanza rispetto alle Norme di Attuazione del PAI, le opere previste in progetto vengono riconosciute come *"Infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico"*.

Queste opere, sono da ritenersi ammissibili ai sensi dell'art. 31 comma 3 lettera i delle Norme di Attuazione del P.A.I. che recitano testualmente: *"In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono inoltre consentiti esclusivamente "gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici."*

Come si evince dalle Norme di Attuazione del P.A.I., questa tipologia di interventi è da ritenersi ammissibile già per le aree a pericolosità molto elevata da frana (Hg4), pertanto, di conseguenza, come stabilito dall'Art. 33 comma 1, *"Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite negli articoli 31 e 32"*.

Per quanto attiene l'ottemperanza rispetto all'Art. 19 comma 4 delle Norme di Attuazione del PAI, trattandosi di un intervento molto modesto che interesserà una porzione limitata della pavimentazione stradale, che attualmente non sono stati rilevati fenomeni di frana attivi e che non verrà alterata la geometria del pendio, si ritiene di aver dimostrato come nelle aree di pericolosità idrogeologica perimetrate dal PAI gli scavi, gli sbancamenti, i riporti e i movimenti di terra necessari per gli interventi consentiti garantiscono che non venga aumentato il grado di pericolosità o di rischio presente nell'area interessata, con speciale riferimento alle pareti rocciose ed a tutte le opere che comportino importanti variazioni nella geometria del pendio.

Per quanto attiene l'ottemperanza rispetto all'Art. 23 delle Norme di Attuazione del PAI, allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica, l'intervento previsto dal PAI e consentito dalle presenti norme sarà tale da:

- migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;

- migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;
- favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;
- salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;
- non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;
- adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;
- non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;
- assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;
- garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- garantire coerenza con i piani di protezione civile.

L'assetto stratigrafico dell'area si inserisce in quella zona della Sardegna comunemente nota come il Logudoro, ubicato nella Sardegna settentrionale (porzione Nord – Occidentale), nel quale affiorano in maniera estesa rocce sedimentarie terziarie (Miocene) talora ricoperte da superfici vulcanico – effusive anche di notevole estensione.

Il territorio comunale di Muros ed il suo centro abitato occupano il quadrante nord-occidentale dell'Isola. Questo settore settentrionale, nel periodo tra l'Oligocene superiore ed il Miocene Inferiore - medio, è stato sede di importanti eventi tettonici e di una diffusa attività vulcano-sedimentaria che si è manifestata in diversi bacini, in parte coalescenti, fra loro differenziati in quanto caratterizzati da due differenti orientazioni strutturali e da differenti evoluzioni tettonico-sedimentarie.

Tali bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come Fossa Sarda (“Rift sardo”), interpretata come un lineamento tettonico orientato N-S, che attraversa tutta l’Isola, legato ad un’estensione crostale orientata E-W avvenuta durante la rotazione del Blocco sardo-corso (Oligocene superiore). Sulla base di questo schema stratigrafico strutturale, si può certamente affermare che l’area d’intervento è costituita da litologie riconducibili alla Formazione del Rio Minore costituita da arenarie, siltiti e marne, conglomerati e calcari silicizzati di facies lacustre e in parte dalla Formazione di Borutta, costituita da Marne, Marne Arenacee e calcari marnosi in alternanze ritmiche.

Per quanto concerne il centro abitato di Muros, le carte geologiche evidenziano che il substrato marnoso della formazione di Borutta è ricoperto da un corpo di frana stabilizzato, costituito da detriti colluviali eterometrici disposti lungo il versante di Monte Muros (436 m).

Sulla base dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico - geomorfologico si evidenzia che il Tracciato della fibra ottica attraverserà le seguenti successioni geologiche:

- Corpi di frana stabilizzati costituiti da depositi eterometrici di marne, arenarie e calcari della Formazione di Borutta (Olocene) – Centro Abitato di Muros;
- Formazione del Rio Minore, costituita da depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di frustoli vegetali, arenarie, conglomerati e calcari silicizzati di facies lacustre (Miocene inf. – Burdigaliano) – Tratto di viabilità che porta alla zona industriale;
- Unità di Monte Sa Silva, costituita da depositi di flusso piroclastico pomiceo-cinertici non saldati di colore bianco-grigiastro (ignimbriti) (Miocene inf. – Burdigaliano) – Tratto di viabilità che costeggia la S.S. 131;

In virtù del fatto che il centro abitato di Muros si inserisce in una paleo-frana, tutta la zona è stata inserita a pericolosità media da frana a seguito dello studio di maggior dettaglio che ha dato luogo alla Variante al PAI approvata recentemente dal Comitato Istituzionale dell’ADIS.

Per quanto attiene la categoria di sottosuolo prevalente, considerato che nell’area d’intervento predominano le rocce marnose e le rocce epiclastiche, le stesse ricade in tipo “B” ovvero “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  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)”

Relativamente alle condizioni topografiche, considerando le condizioni più restrittive e stabilito che l'area d'intervento si presenta con una pendenza media compresa tra il 10% ed il 20%, si evince una classe topografica T2 "Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ".

In generale, la sequenza stratigrafica rilevata si presenta in due forme: nel centro abitato di Muros si rileva una sequenza detritica colluviale avente spessore variabile da decimetrico a metrico relativa alla paleo-frana stabilizzata di Monte Muros, il quale si assottiglia procedendo verso le zone più in rilievo, laddove affiora il substrato marnoso – arenaceo.

La sequenza stratigrafica che si rileva in corrispondenza del settore vallivo è invece costituita da epiclastiti e piroclastiti pomiceo-cineritiche non saldate, avente consistenza granulare.

Considerato che gli scavi da realizzarsi avranno una larghezza di 10 cm ed un'altezza media di circa 50 cm dal piano viario, si è cercato di ricostruire quelle che sono le caratteristiche geotecniche dei materiali presenti al fine di verificare se e in quale modo questa tipologia di scavi possa arrecare pregiudizio alla stabilità del piano viario e soprattutto del corpo di frana su cui sorge l'abitato di Muros.

Considerato che lo scavo previsto deve essere realizzato lungo la viabilità comunale, è da ritenersi accettabile l'ipotesi che lo spessore complessivo della sovrastruttura stradale debba essere compreso tra un minimo di 30 cm fino ad oltre 50 cm dal piano viario.

In particolare, stabilito che la buona norma di progetto sulle pavimentazioni stradali prescrive generalmente i seguenti spessori:

▪ Tappetino di usura:	3 cm
▪ Binder:	7 cm
▪ Strato di base:	15 cm ÷ 20 cm
▪ Strato di fondazione:	30 cm ÷ 35 cm
▪ Spessore Totale	55 cm ÷ 65 cm

Sulla base di questo schema, appare evidente come gli scavi previsti in progetto andranno ad insistere esclusivamente nel pacchetto del corpo stradale, escludendo qualsiasi tipo di interferenza con il sottofondo naturale.

Sulla scorta della documentazione progettuale presentata, esaminata la natura e le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area d'intervento, si dichiara che gli interventi sottoposti ad approvazione sono stati progettati rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente fatto salvo quello eventualmente



intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e di rischio.

L'Ingegnere

Dott. Ing. Luigi Sanna

Il Geologo

Dott. Geol. Manconi Simone