



COMMISSARIO STRAORDINARIO DELEGATO PER LA
REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL
RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

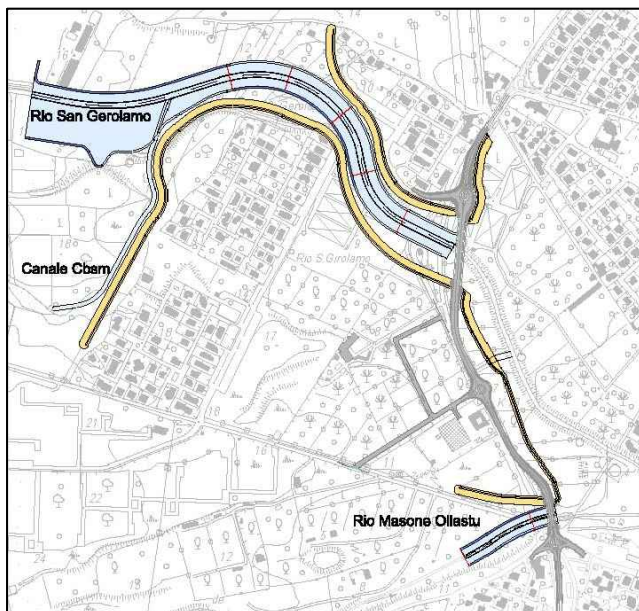
DECRETO LEGGE 24 GIUGNO 2014, N. 91, ART. 10

Direzione Generale
Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche
Ufficio di supporto del Commissario Straordinario



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA



CA006C/10-4 - Sistemazione idraulica del rio San Gerolamo - Masone
Ollastu e interventi di ricostruzione delle opere pubbliche danneggiate
nelle località Poggio dei Pini ed altre frazioni - Dagli attraversamenti sulla
S.S. 195 verso monte - LOTTO RIO SAN GEROLAMO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

CUP E43B0900047009

ELABORATI AMMINISTRATIVI

EL. A.10.02

PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Scala

Data

Luglio 2017

Progettista

Ing. Michele Cottu

Collaboratori

Geol. Antonio Pinna

Elaborazioni grafiche

Martech S.r.l.

Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche

Ing. Alberto Piras

Il Responsabile del Procedimento

firma

1	Premessa	2
2	Riferimenti normativi	4
3	Inquadramento territoriale	6
3.1	Inquadramento urbanistico.....	7
4	Inquadramento geologico e idrogeologico.....	11
4.1	Contesto geologico	11
4.2	Caratteri stratigrafici.....	15
4.3	Indagini geognostiche	18
4.4	Contesto idrogeologico	19
5	Descrizione delle attività svolte sul sito	23
5.1	Uso pregresso del sito	23
5.2	Definizione delle aree a maggiore possibilità di inquinamento e identificazione delle possibili sostanze presenti	23
5.3	Risultati delle indagini ambientali pregresse.....	24
6	Piano di campionamento e analisi.....	27
6.1	Prelievo di campioni ed analisi di laboratorio	28
6.1.1	Procedure di campionamento	30
7	Utilizzo dei materiali di scavo	52
7.1	Premessa	52
7.2	Suddivisione dei volumi di scavo.....	53
7.3	Suddivisione dei materiali e processi di produzione e impiego.....	57
7.3.1	Sito di deposito intermedio esterno al cantiere.....	60
7.3.2	Sito di destinazione dei materiali da scavo (diverse da quello di produzione)	62

1 Premessa

Nella presente relazione si vanno ad identificare le principali operazioni messe in atto per la realizzazione dell'opera in progetto che determineranno la produzione di materiali terrigeni al fine di descrivere le opzioni gestionali applicate ai materiali provenienti dalle operazioni di scavo.

Le operazioni generanti i volumi di terre da scavo sono:

- Scotciamento dello strato superficiale
- Scavo a sezione larga
- Scavo di sbancamento

Dal 6 ottobre 2012 la gestione dei materiali da scavo come sottoprodotti è disciplinata dalle nuove regole dettate dal D.M. Ambiente del 10 agosto 2012 n. 161 (pubblicato in G.U. del 21 settembre 2012, n. 221).

La nuova disciplina sostituisce quella prevista dall'art. 186 del D.Lgs. 152/2006, conosciuto come "Codice ambientale", in virtù della delegificazione proposta dallo stesso codice.

L'art. 186 consentiva di inserire le terre e le rocce provenienti dagli scavi, purché con caratteristiche merceologiche ed ambientali idonee, nel campo dei sottoprodotti gestibili con uno specifico "progetto di utilizzo", fuori dal più oneroso regime dei rifiuti.

Sono sempre stati del tutto evidenti i benefici ambientali che derivano dall'utilizzo come sottoprodotto del materiale da scavo non inquinato, comportando un risparmio di risorse primarie, una limitazione degli interventi, spesso invasivi, per l'estrazione dei materiali (in primo luogo di sabbie e ghiaie) e la diminuzione di rifiuti inerti da portare a discarica.

Il nuovo decreto ministeriale stabilisce ora criteri e adempimenti burocratici per gestire le terre e le rocce da scavo, prevedendo un controllo rigido lungo la filiera che va dalla produzione (scavo) al riutilizzo e disciplinando la stessa gestione in maniera in qualche modo diversa dal precedente regime di cui all'art. 186.

Le nuove regole recate dal decreto riguardano il suolo ed il sottosuolo, compresi eventuali materiali di riporto in essi presenti, derivanti dalla realizzazione di opere di costruzione, demolizione (ad esclusione dell'abbattimento di edifici), recupero, restauro, ristrutturazione e manutenzione.

Nel dettaglio si tratta di terre e rocce provenienti da scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee, ecc.), dalla costruzione di opere infrastrutturali (gallerie, dighe, strade, ecc.) e dalla rimozione e dal livellamento di opere in terra. Sono assimilati a materiali gestibili come sottoprodotto i materiali litoidi e tutte le altre frazioni granulometriche provenienti da escavazioni effettuate negli alvei, sia dei corpi idrici superficiali, che del reticolo idrico scolante, in zone golenali dei corsi d'acqua, spiagge, fondali lacustri

e marini; ed ancora sono assimilati i residui di lavorazione di materiali lapidei (marmi, graniti, pietre), anche non connessi alla realizzazione di un'opera.

Purché la composizione media della massa non presenti concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti dal regolamento, i materiali da scavo possono contenere anche calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per lo scavo meccanizzato. Il nuovo decreto ammette dunque tra i materiali di scavo gestibili come sottoprodotti quelli che contengono materiali di riporto, utilizzati ad esempio per riempimenti del terreno. Questa previsione è la conseguenza diretta dell'art. 3 del D.L. 2/2012, che stabilisce che la nozione di suolo di cui all'art. 185 del D.Lgs. 152/2006 deve essere riferita anche alla matrice "materiali di riporto".

Secondo il decreto le condizioni per una legittima gestione dei materiali da scavo devono soddisfare i seguenti criteri:

- devono essere generati dalla realizzazione di un'opera senza costituire la finalità diretta;
- devono essere riutilizzati nella stessa opera o in opera diversa, oppure in processi produttivi in sostituzione della materia prima;
- devono essere riutilizzati senza trattamenti diversi della "normale pratica industriale";
- devono rispondere a precisi requisiti di qualità ambientale.

L'obiettivo principale è quello di recuperare il materiale ritenuto idoneo, previa verifica del livello di contaminazione e di idoneità tecnica, e riutilizzarlo all'interno del cantiere, minimizzando la produzione di rifiuti e la richiesta di ulteriore materiale proveniente dalle cave di prestito.

Il conferimento della parte eccedente comprende diverse soluzioni di riutilizzo:

- Riutilizzo del materiale in esubero per il rifacimento dei ponti in corrispondenza del Rio San Gerolamo e Rio Masone Ollastu (cantiere SS 195 "Sulcitana" - Lavori di demolizione e ricostruzione dei ponti in corrispondenza del Rio San Girolamo, al km 12+650, e del Rio Masone Ollastu, al km 13+250, e raccordo con il tratto stradale intermedio).
- Riutilizzo come rilevato stradale nella realizzazione di una parte della Nuova S.S. 195, nello specifico aree relative al rilevato RI01 ed RI02 tra le progressive km 10+200 e 14+778
- il materiale in esubero che non verrà utilizzato nelle due soluzioni sopra descritte, verrà conferito presso gli impianti di recupero di Capoterra della ditta In. Fra. Srl (come da lettera di disponibilità agli atti).

Le terre e il pietrame, risultanti dall'escavo delle nuove canalizzazioni e dalla sistemazione dei tratti esistenti, verranno riutilizzati, prioritariamente, *in situ*. Per le quantità in esubero a cui l'amministrazione appaltante ha riconosciuto un valore economico e ceduto all'impresa appaltatrice potrà essere

impiegato in altri lavori esterni al cantiere. Nella caratterizzazione dei materiali è evidenziato il rispetto dei limiti previsti dalla Tab. 1 allegato 5 parte IV del D.Lgs 152/2006.

Per le quantità non riutilizzabili (CIs, e materiali plastici e ferrosi), che costituiscono rifiuto, si procederà, invece, all'allontanamento, classificazione e smaltimento, ai sensi della parte IV del D.Lgs. n. 152/2006, e s.m.i.. Per ridurre gli impatti sull'ambiente detti materiali potranno essere oggetto di operazione di recupero e riutilizzati come materia prima.

I depositi temporanei di stoccaggio dei materiali, sono stati ipotizzati in maniera tale da prevederli interni alle aree interessate dalle lavorazioni, minimizzando gli eventuali flussi di movimento dei mezzi meccanici al di fuori del perimetro dei lavori. E' presente inoltre un'area esterna e limitrofa alle zone di lavorazione con funzione di stoccaggio temporaneo del materiale.

Gli interventi in progetto svolgeranno una funzione di riduzione del rischio nei confronti degli eventi di piena limitando le aree di esondazione, prevedendo la realizzazione di due sistemi di protezione e sistemazione fluviale costituiti essenzialmente da:

- una risagomatura dell'alveo inciso, che al termine dei lavori risulterà radicalmente riprofilato in dimensioni e tracciato, con lo scopo di contenere le piene ordinarie all'interno delle sponde;
- l'inserimento di un sistema arginale continuo lungo le sponde, posto in stretto affiancamento alle aree urbanizzate, ed in grado di contenere i livelli idrici degli eventi di piena eccezionali e comunque quelli di riferimento progettuale anche nell'ipotesi di una parzializzazione indesiderata dell'alveo inciso dovuto a progressivi depositi di materiale solido: **scenario TR200 anni, scabrezza $K_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, alveo interrato.**

Al fine di garantire che la savanella centrale, entro cui l'alveo di magra divaga, mantenga l'assetto originario è prevista la realizzazione di alcune soglie in gabbioni metallici ad un passo all'incirca equidistante, pari a circa 125 m.

Tali soglie saranno realizzate con un adeguato immorsamento nel terreno esistente e da una quota di sommità che coincide con la quota di fondo scorrevole della savanella centrale assegnata al tratto di rio.

2 Riferimenti normativi

La presente relazione viene redatta ai sensi delle seguenti norme:

- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 – Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 – Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni

per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni.
- Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.
- Legge 28 febbraio 2008, n. 31, art. 20.
- Ordinanza Presidente Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Delibera Giunta Regionale 30 marzo 2004, n. 15/31 - Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Delibera di G. R. n.17/12 del 26.4.2006.
- Ordinanza n. 9 del 30.12.2008 del Commissario Delegato per l'emergenza alluvione in Sardegna del 22 ottobre 2008.
- R.D. 25 luglio 1904, n. 523 Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- Decreto Legislativo n. 152 del 3 Aprile 2006 – Norme in materia ambientale - Parte IV, Artt. 183, 184, 185 e 186 e Tabella 1 – Allegato 5 alla parte IV.
- Decreto Legislativo n. 4 del 16 Gennaio 2008 – Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152, recante norme in materia ambientale.
- Decreto Ministero dell'Ambiente n. 161 del 10 Agosto 2012 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".
- D.M. 13 Settembre 1999 Met. II 2 G.U. n. 248 del 21 Ottobre 1999 SO n. 185.
- D.M. 471 del 1999 – Allegato 2 – Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del D. Lgs. 5 Febbraio 1997, n. 22 e successive modifiche – Procedure di riferimento per il prelievo e l'analisi dei campioni
- D.M. 06 Settembre 1994 G.U. n. 220 del 20 Settembre 1994 SO Allegato 1°. – Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2 della legge 27 Marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

3 Inquadramento territoriale

L'area in esame è ubicata in territorio di Capoterra (Ca) e ricade per intero nella sezione 566050 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e nella Tav. 566 IV "La Maddalena" della cartografia I.G.M.I. in scala 1.25.000 (edizione 1989). Il tratto fluviale interessato dagli interventi ha uno sviluppo reale lineare complessivo di 963,27 m per il Lotto rio San Gerolamo e di 191,83 per il Lotto rio Masone Ollastu.

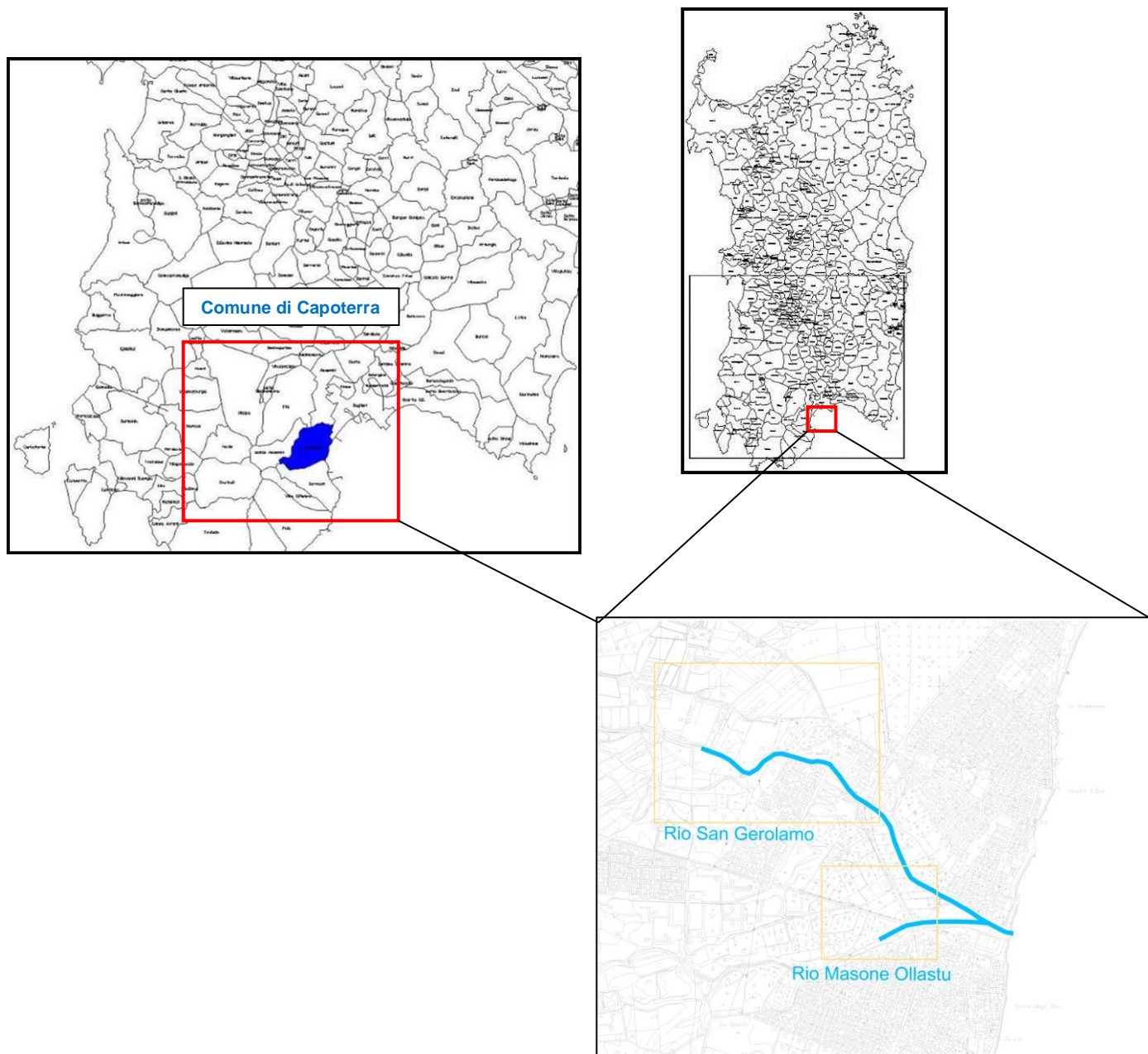


Figura 1 Inquadramento dei rii San Gerolamo e Masone Ollastu.

3.1 Inquadramento urbanistico

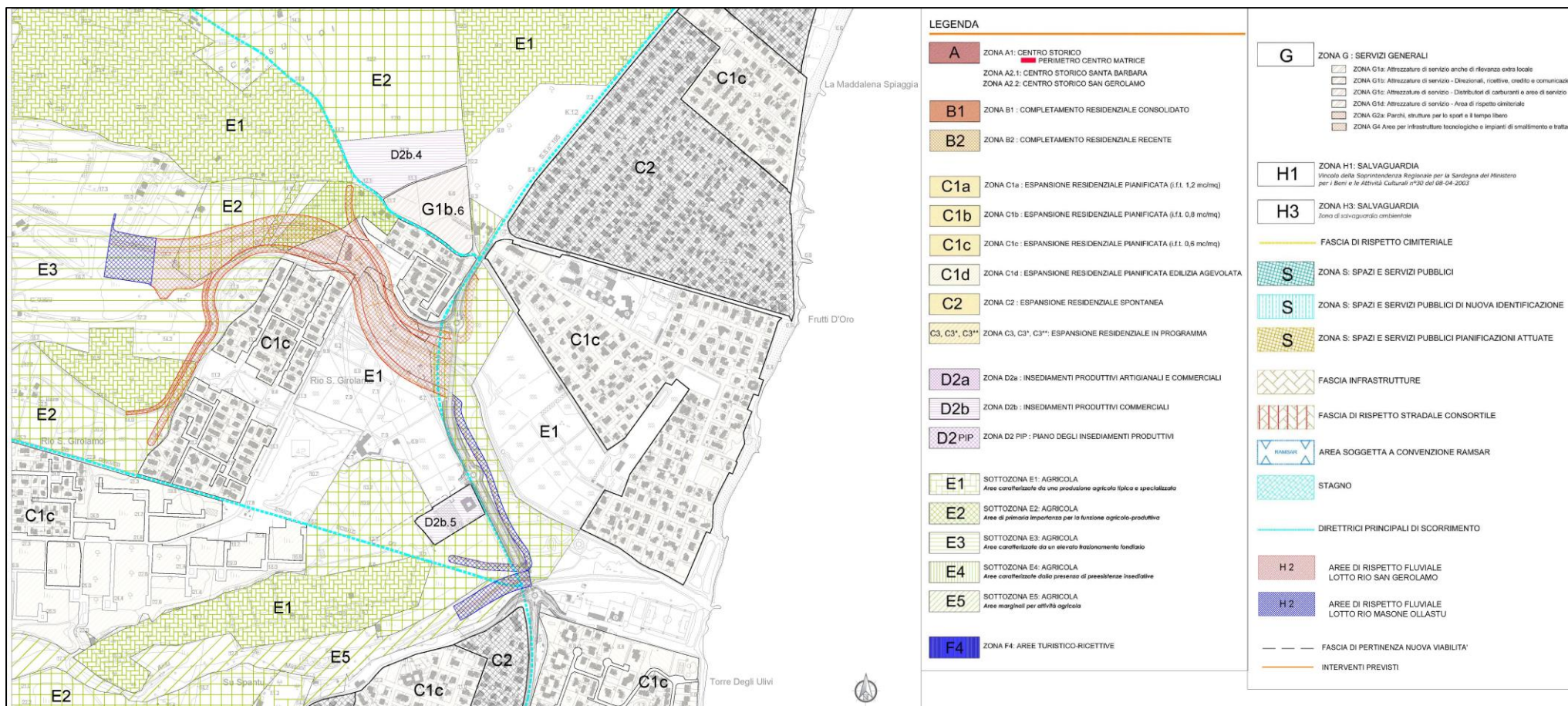


Figura 2 Piano Urbanistico Comunale zonizzazione territorio.

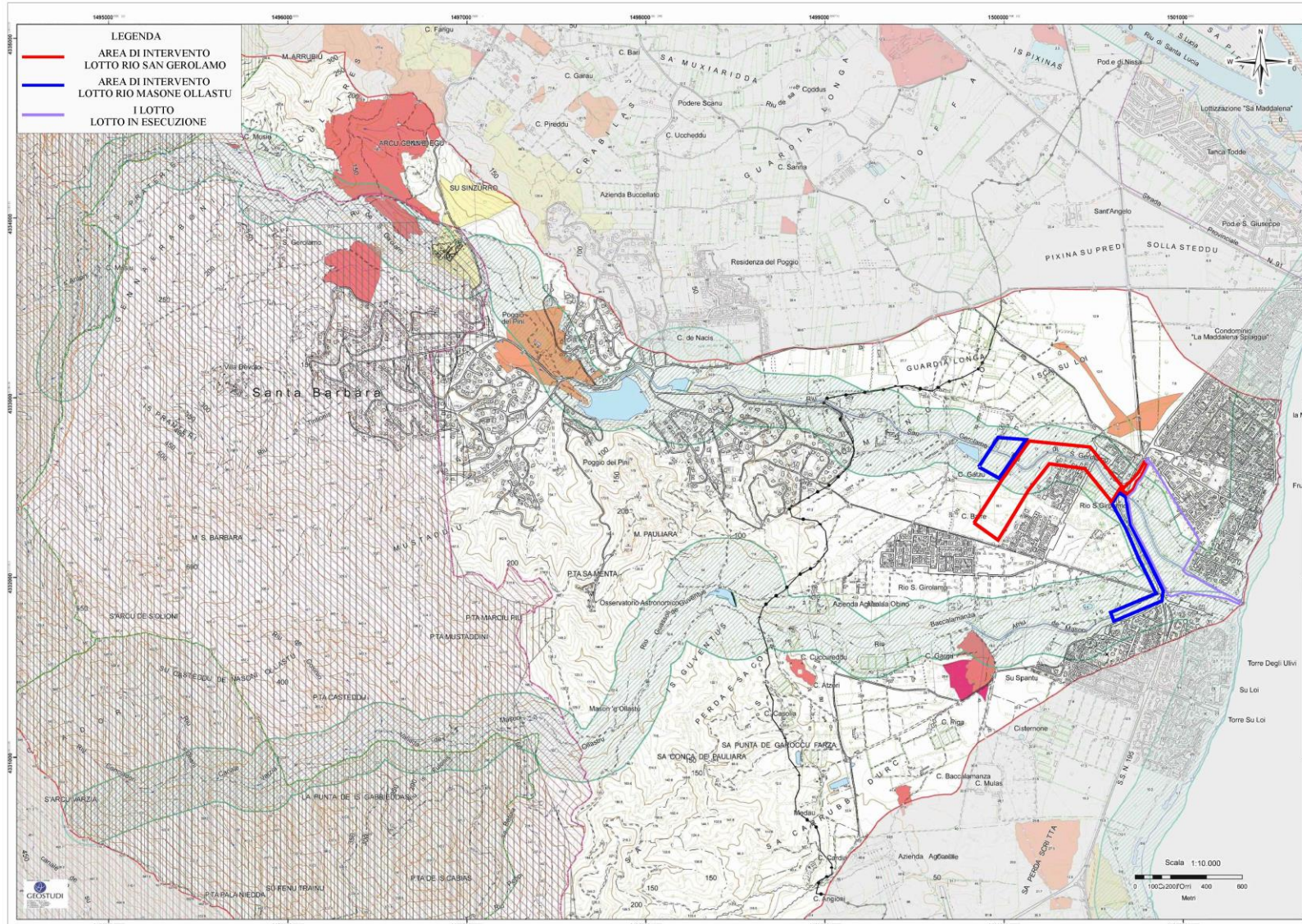


Figura 3 Piano Urbanistico Comunale Carta dei vincoli

Attualmente nel territorio comunale di Capoterra vige il Piano Urbanistico Comunale (PUC), approvato con Delibera C.C. n. 76 del 30/10/2015, redatto ai sensi della L.R. 22/12/89 n.45 e successive modifiche e integrazioni, e si attua nel rispetto delle norme, direttive e circolari emanate in materia urbanistica e di tutela del paesaggio della Regione Autonoma della Sardegna .

Le previsioni dei P.U.C. hanno validità giuridica a tempo indeterminato, per l'intero territorio comunale e possono essere soggette a revisioni periodiche, nei modi e con le procedure di cui all'art. 20 della L.R. 45/89 e successive modificazioni.

Il Piano Urbanistico Comunale disciplina le destinazioni d'uso relative all'intero territorio comunale e le trasformazione degli interventi pubblici e privati in rapporto alle esigenze di sviluppo economico e sociale delle comunità locali, tendendo alla salvaguardia dei valori urbani collettivi, di quelli ambientali e naturali, secondo quanto disposto dall'art. 19 della Legge Regionale 22 dicembre 1989 n. 45, dal Decreto dell'Assessore Regionale all'Urbanistica n.2266/U del 20 dicembre 1983 e successive modificazioni e dalle prescrizioni di cui all'art.107 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Paesaggistico Regionale (PPR).

Per quel che concerne la nomenclatura delle zone urbanistiche la denominazione delle zone omogenee è conforme al D.P.G.R. n.2266/U del 20-12-1983, D.P.G.R. n.228 del 03-08-1994 e linee guida regionali per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI (Piano di Assetto Idrogeologico).

Tale Piano attribuisce all'area vasta in cui ricade l'opera in progetto la seguente destinazione urbanistica:

- ZONA E:

Con riferimento anche al D.P.G.R. 3/8/94 n. 228, la zona E definisce le aree agricole come le parti di territorio destinate all'agricoltura, alla pastorizia, alla zootecnica, all'itticoltura, alle attività di conservazione e di trasformazione dei prodotti aziendali, all'agriturismo, a punti di ristoro, alla silvicoltura e alla coltivazione industriale del legno.

Le presenti norme perseguono le seguenti finalità:

- a) Contenere l'indiscriminato utilizzo ai fini residenziali delle campagne, promuovendo oltre alle attività agricole specializzate, la fruibilità della campagna, salvaguardandone il valore ambientale per l'interesse collettivo;
- b) Disciplinare le caratteristiche tipologiche e architettoniche degli edifici sia con carattere residenziale, sia quelli agricoli;
- c) Conservare gli elementi paesaggistici del contesto agrario.

La zona E è suddivisa nelle seguenti cinque sottozone:

- Sottozona E1- aree caratterizzate da una produzione agricola tipica e specializzata;
- Sottozona E2- aree di primaria importanza per la funzione agricolo-produttiva, anche in relazione all'estensione, alla composizione e alla localizzazione dei terreni;
- Sottozona E3 - aree che, caratterizzate da un elevato frazionamento fondiario, sono contemporaneamente utilizzabili per scopi agricolo-produttivi e per scopi residenziali;

- Sottozona E4 - aree che, caratterizzate dalla presenza di preesistenze insediative, sono utilizzabili per l'organizzazione di centri rurali, con la previsione di attività economiche e servizi connessi alla residenza, anche stagionale;

- Sottozona E5 - aree marginali per attività agricola nelle quali viene ravvisata l'esigenza di garantire condizioni adeguate di stabilità ambientale;

Dalle suddette classificazioni sono comunque espressamente escluse le aree relative ad attività commerciali di proprietà privata.

Da quanto sopra, emerge che il contesto in cui ricade l'area vasta ed il sito ha una destinazione prevalentemente agricola e conservazionistica dei valori di naturalità presenti con bassi indici di edificabilità residenziale e rurale e con l'esclusione di insediamenti industriali.

Poiché, gli interventi in progetto, riguardano essenzialmente la sistemazione del corso d'acqua e le aree più prossime ad esso si ritiene che l'intervento di regimazione idraulica sia sostanzialmente coerente con le destinazioni d'uso previste dal piano urbanistico.

Dalle suddette classificazioni sono comunque espressamente escluse le aree relative ad attività commerciali di proprietà privata.

4 Inquadramento geologico e idrogeologico

4.1 Contesto geologico

Le caratteristiche geologiche del settore in esame sono principalmente legate alla complessa evoluzione paleozoica e quaternaria della Sardegna meridionale. A monte dell'area dei rii San Gerolamo e Masone Ollastu affiorano principalmente litotipi metamorfici ed intrusivi di età paleozoica. Le formazioni granitoidi sono disposte in vasti affioramenti plutonitici in giacitura batolitica o laccolitica od in ammassi irregolari. Sono costituite da termini leucocrati a composizione granitica e notevole omogeneità composizionale, da grana media e da tessiture isotrope. La messa loro in posto, così come quella dei corpi filoniani, è riconducibile al Ciclo Magmatico Ercnico che, al contempo, ha provocato – sulle strutture e tessiture delle sequenze clastiche paleozoiche – fenomeni di metamorfismo, determinando, altresì, estese deformazioni con traslazioni ed accavallamenti tettonici, delle successioni litologiche. Masse di granitoidi tardoerciniche e post-erciniche hanno ulteriormente deformato e metamorfosato i sedimenti inducendo fenomeni di ricristallizzazione.

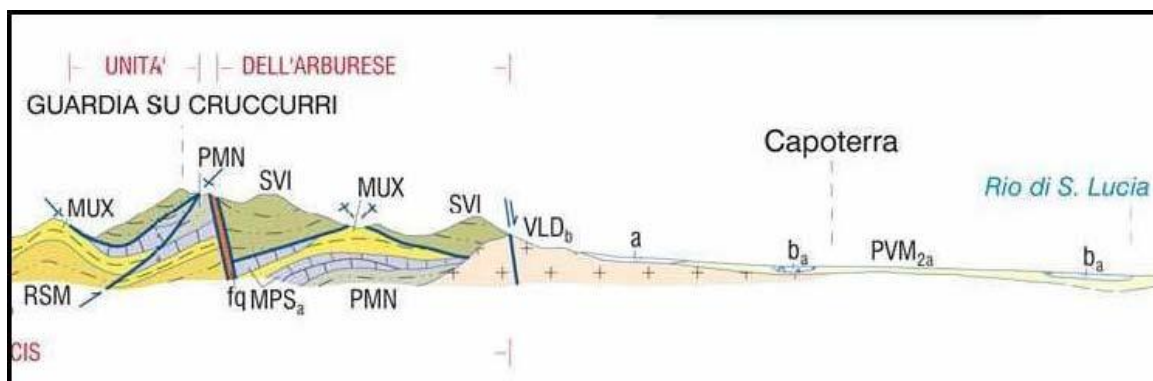


Figura 4 – Stralcio delle sezioni geologiche dell'APAT, Carta Geologica d'Italia.

In discordanza sulle rocce metamorfiche e granitiche poggiano i depositi pleistocenici ed olocenici, che formano coltri di spessore variabile da pochi decimetri sino a diverse decine di metri. Talora, al contatto con le litologie granitiche, la copertura quaternaria è commista ai prodotti di alterazione dei graniti i quali, nella porzione più esterna, presentano una fascia con diffusa arenizzazione.

I primi depositi quaternari sono legati alle dinamiche erosive e deposizionali connesse con la variazione del livello marino, in relazione alle oscillazioni climatiche avvenute nell'ultimo periodo glaciale del Pleistocene superiore (Würm). Si tratta di alluvioni costituite prevalentemente da conglomerati a matrice argilloso-arenacea con elementi clastici soprattutto di rocce paleozoiche e con locali intercalazioni arenacee e/o argillose, talora terrazzati ed ubicati al di sopra dei fondovalle attuali. In altri casi i terreni pleistocenici sono rappresentati da falde di detrito grossolane a litologia breccioide o, alle pendici dei versanti granitoidi, da sabbie di arenizzazione granitica. Sono incoerenti, o dotati di una lieve diagenizzazione e costituiti essenzialmente dall'accumulo caotico di clasti eterometrici debolmente gradati, la cui composizione rispecchia i litotipi granitoidi dei rilievi al contorno. Questi depositi, che rappresentano i corpi sedimentari di raccordo (*pediment*) tra i rilievi montuosi del Sulcis orientale e la fascia costiera, spesso pedogenizzati, si rinvencono

diffusamente e con grande continuità nella zona di Capoterra. Le repentine variazioni climatiche succedutesi nel Pleistocene fino all'Olocene hanno inciso e terrazzato queste litologie clastiche poco cementate o incoerenti ma ben addensate, permettendo il successivo deposito di sedimenti alluvionali recenti (olocenici) ed attuali che marcano il reticolo idrografico recente ed attuale delle fasce prospicienti la fascia costiera, in associazione anche a coltri eluvio-colluviali di spessore quasi mai significativo. Le alluvioni recenti costituiscono lembi di piccole piane alluvionali intersecate dai corsi d'acqua attuali; si rinvengono ai lati degli alvei attivi o dei tratti di alveo regimati e non sono interessati dalle ordinarie dinamiche fluviali. Si tratta di depositi grossolani con lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, sciolti o poco cementati ed in genere clasto-sostenuti con matrice arenacea e argillosa. In questi depositi l'alterazione e la pedogenesi sono quasi assenti. Le alluvioni attuali caratterizzano gli alvei attivi sia perenni che a carattere tipicamente torrentizio e di modesta lunghezza. In genere trattasi di sedimenti grossolani con locali intercalazioni di lenti e livelli sabbiosi.

La rappresentazione geologica classica della geologia del Bacino del Riu di San Gerolamo è contenuta nello storico Foglio "Cagliari" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, stralciato in Fig. 5. per la cui legenda si veda la didascalia della stessa.



Figura 5 - Stralcio F° Geologico 234 Cagliari della Carta Geologica d'Italia.
Q-Alluvioni quaternarie; a2-Alluvioni attuali; a2s. Spiagge attuali

I contatti fra basamento e corpi quaternari sono stratigrafici ma è evidente il carattere strutturale del bordo del rilievo montuoso cristallino.

La carta geologica allegata al progetto mette in evidenza alcune delle precedenti Unità a cui è stato assegnato il codice di legenda CARG come da Tabella di correlazione per uniformità con la Legenda dei Fogli geologici ufficiali (Capoterra edito; Pula in stampa).

Le Unità **PVM2a**, **bna**, **ba** sono costituite da sedimenti detritici alluvionali di differente tessitura e stato litotecnico, di ambiente continentale tipico delle aree pedemontane.

Per **PVM2a** si tratta di alluvioni terrazzate compatte ed addensate di colore bruno rossastro o rossastro, di ambiente di conoide prossimale, con giaciture a strati e, più spesso, lenti estese di varia granulometria, più sovente dia conglomerati a blocchi, clasti e ciottoli, lateralmente passanti a facies con granulometrie composite diverse, per cui il carattere tessiturale appare assai articolato sia in senso laterale che verticale, mancando di una ripetitività in piccolo. Lo spessore è delle decine di metri. Si sono messe nel Pleistocene superiore in concomitanza con l'*onlap* costiero conseguente al ritiro eustatico dell'ultimo glaciale.

bna costituiscono una facies più recente di colore marrone a tessitura, anche qui, varia ma più spesso ghiaiosa e verso l'alto abbondantemente sabbiosa, sempre con un certo addensamento dato dalle matrici fini argillose e siltose. Lo spessore è anche in questo caso variabile fra qualche metro sui contatti interni e le decine di metri in ambito distale rispetto al substrato.

ba rappresentano le alluvioni dei letti attuali o sub attuali e sono costituite da cumuli di ciottolame, ghiaia e sabbia variamente ripartiti nello spazio in funzione degli eventi, di spessore variabile compreso fra 1-2 m ai bordi e i 3-4 m, talora poco più nelle parti interne degli assi principali di drenaggio. Tale spessore è in ogni caso, mediamente maggiore nel tratto a monte, dove massimo è il gradiente clivometrico. Si tratta di alluvioni attuali.

g2 sono i sedimenti di spiaggia, per lo più sabbie grossolane e ghiaie derivanti dal recapito solido fluviale, ovvero dai cicli di erosione del basamento, deposizione e nuova erosione dei depositi continentali (per questo terrazzati ed incisi a più riprese). Hanno spessori spazialmente variabili nel corso del tempo che in ambiente emerso possono superare 1 m.

h1r rappresentano i corpi detritici artificialmente posizionati nel corso del tempo. La loro origine è varia. Si tratta in ogni caso di materiali clastici con matrice sabbioso-ghiaiosa e argillosa. Poiché a loro volta hanno subito e subiscono rimaneggiamenti, hanno potenze variabili e sono discontinui. Nella Carta geologica allegata sono stati indicati i settori dove appaiono più conservati e sono meglio rilevabili. Benché non siano stati riportati anche la restante area insediata è considerata sede di rimaneggiamenti discontinui a scopi edilizi.

Nessuna unità quaternaria presenta segni di tettonizzazione.

L'alveo del Rio San Gerolamo e quello del Masone Ollastu drenano un'evidente struttura geomorfologica centrata su di un sistema di conoidi alluvionali coalescenti terrazzate (AB0_007 della stratigrafia su riportata), che si sviluppa al passaggio fra ambito montano e costiero, a quanto pare fin dal Pleistocene superiore.

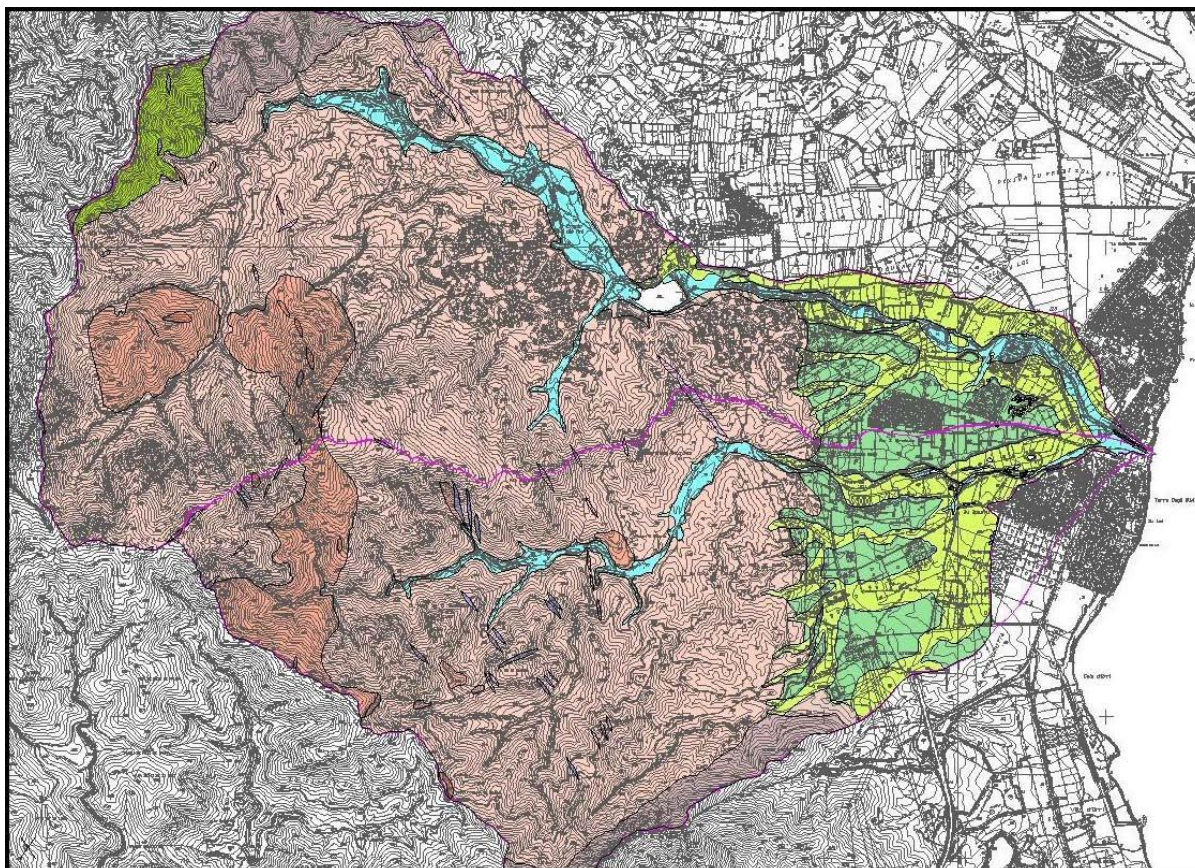


Figura 6 – Contesto geologico del bacino idrografico del Rio San Gerolamo e del Rio Masone Ollastu.

L'alveo del Rio San Gerolamo è divenuto monocursale per effetto delle opere di sistemazione reiterate negli ultimi due secoli. Il tratto terminale è stato visibilmente rettificato e canalizzato. La sinuosità attuale è solo il relitto di quella originaria che testimonia la naturale e perdurante tendenza alla divagazione dell'alveo in buona parte dell'area costiera.

L'ampiezza della sezione idrografica del Rio San Gerolamo, riprofilata in più occasioni ed anche a seguito degli interventi di somma urgenza nella parte a monte della SS 195, si restringe nettamente a valle di questa.

Nel tratto terminale canalizzato e rettilineo, sono stati eseguiti interventi di manutenzione sulle protezioni spondali, essenzialmente con tamponamenti in gabbioni ed è stata allargata la sezione a partire dalla confluenza con il Rio Masone Ollastu. Quest'ultimo è anch'esso canalizzato e rettificato con rivestimento in cls per tutto il tratto d'intervento.

Il corso d'acqua del Rio San Gerolamo, in origine regimato per ragioni attinenti allo sviluppo agricolo dell'area, a partire dagli anni '70 è stato via via sempre più artificialmente condizionato, sia dalle opere viarie che dagli insediamenti. Data la presenza dei due

quartieri in Dx e in Sx, le possibilità di divagazione naturale sono attualmente limitate e comunque pressoché nulle in Sx, maggiori ma piuttosto vincolate in Dx. Lo stato di restrizione del corso d'acqua appare drasticamente incompatibile in termini geomorfologici con le portate di piena, soprattutto a partire dal quartiere San Gerolamo e, ancor più, a valle della SS195. In quest'area l'incremento del pericolo idraulico si evidenzia anche come risultato progressivo di esigenze di urbanizzazione che per anni hanno ignorato o al più sottovalutato il contesto, con riferimento sia alla pianificazione dell'insediato che alla progettazione degli attraversamenti viari, spesso non adeguati. Si veda per questo la sequenza cartografica alle figure successive.

E' probabile che gli assetti rettilinei assegnati ai rispettivi segmenti idrografici terminali del Riu San Gerolamo e del Riu Masone Ollastu dovessero rispondere all'esigenza di conferire al deflusso maggiore velocità. Non sorprende dunque il fatto che allo stato attuale il tratto pre-focivo allargato negli interventi di somma urgenza posteriori all'alluvione del 2008 tenda al sovralluvionamento, con inusuale crescita di vegetazione riparia.

La foce a mare si trova, peraltro, in condizione di ostruzione per aggradazione della berma di spiaggia (vedi in seguito il paragrafo specifico).

4.2 Caratteri stratigrafici

I terreni rilevati risultano caratterizzati da buone proprietà geomeccaniche già dai primi strati.

Le tipologie sedimentarie riscontrate sono costituite da:

- sabbie ghiaiose di colore avana – marrone a grana media. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensata, da debolmente umido a umido.
- sabbie di colore marroncino chiaro. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensata, da debolmente umido a umido.
- Limi sabbiosi di colore marroncino scuro che passano a marrone chiaro con locali clasti centimetrici. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensata, molto umido.
- Ghiaie sabbiose con matrice di color marrone a grana media. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensata, da debolmente umido a umido.
- Ghiaie con sabbie di color marrone a grana media con clasti di dimensioni da centimetri che a decimetriche. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensato, da debolmente umido a umido in profondità;

- Limi sabbioso-ghiaioso con locali clasti, di colore marrone chiaro (terra rossa). La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta poco addensato, asciutto.
- sabbie ghiaiose di color marrone con locali blocchi. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensato e umido.
- sabbie medio fini di colore marrone, limose, debolmente ghiaiose. La composizione dei grani è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensato e umido.
- Limi sabbio frammisti a ghiaia, di colore marrone. La composizione dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta poco addensato, poco umido.
- Ghiaie sabbiose alternate a sabbie ghiaiose a matrice di colore marrone. Presenti locali blocchi. La composizione dei grani e dei clasti è vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta da poco a mediamente addensato, da umido a molto umido.
- Sabbie con intercalazioni limose di colore marrone a composizione vulcanica/metamorfica. Il deposito è di origine sedimentaria e risulta molto umido.

I sondaggi geognostici a carotaggio eseguiti all'interno dell'area sono i seguenti:

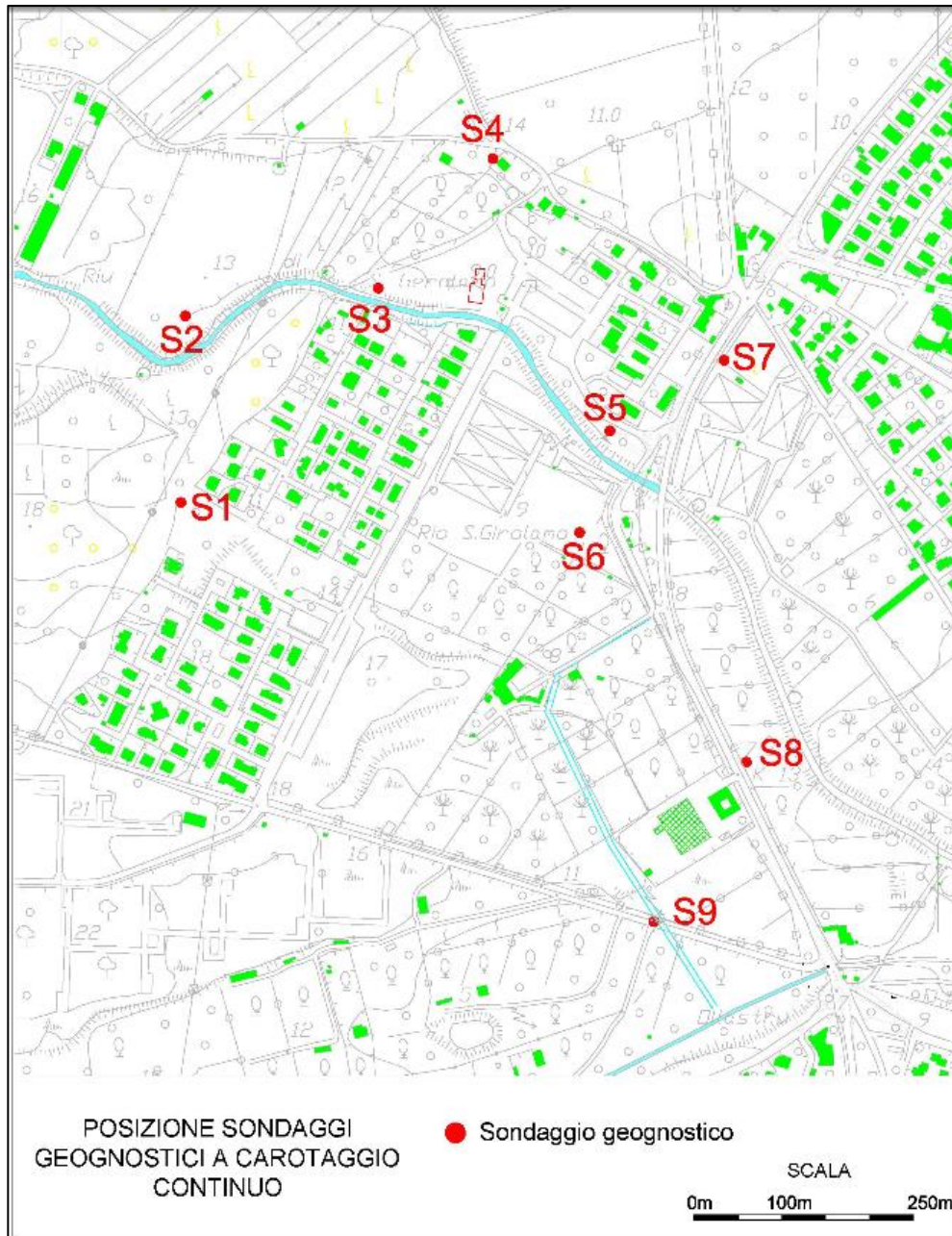


Figura 7 – Posizioni sondaggi.

Le tipologie sedimentarie sopra riportate sono il risultato dell'analisi dei 9 sondaggi geognostici a carotaggio eseguiti all'interno dell'area, spinti sino alla profondità di -10,00 m dal p.c., delle relative prove SPT eseguite.

4.3 Indagini geognostiche

Tra il 23 e il 29 Maggio 2016 sono stati eseguiti n° 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, della profondità di 10 m:

- **Sondaggio S1:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**, installazione di piezometro di Casagrande per il monitoraggio della falda;
- **Sondaggio S2:** carotaggio a rotazione continua ed installazione di piezometro di Casagrande per il monitoraggio della falda;
- **Sondaggio S3:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**,
- **Sondaggio S4:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**,
- **Sondaggio S5:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**, installazione di piezometro di Casagrande per il monitoraggio della falda;
- **Sondaggio S6:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**, installazione di piezometro di Casagrande per il monitoraggio della falda;
- **Sondaggio S7:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**, installazione di piezometro di Casagrande per il monitoraggio della falda;
- **Sondaggio S8:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di 2 prove **S.P.T.**;
- **Sondaggio S9:** carotaggio a rotazione continua ed esecuzione di prova **S.P.T.**;

I sondaggi e le prove penetrometriche dinamiche **S.P.T.** (Standard Penetration Test), hanno avuto lo scopo di verificare le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione.

Le indagini hanno confermato una certa eterogeneità litologica nelle caratteristiche geomeccaniche degli strati rilevati.

La totalità delle prove geotecniche è ben esposta nella relazione geotecnica allegata in progetto.

Durante la perforazione dei 9 sondaggi geognostici sono stati prelevati complessivamente 9 campioni (uno per ciascun sondaggio) di qualità variabile da Q5 ottima a Q2 insufficiente. Per i campioni è stato realizzato un quadro riassuntivo delle Prove Geotecniche di Laboratorio, operando, perciò, una sintesi delle principali caratteristiche geotecniche.

I 9 campioni di terra, di forma cilindrica, sono stati identificati con due codici rappresentativi del sondaggio (S1, S2, ecc...) e del campione (C1). Le profondità di prelievo dei campioni variano da un minimo di 2.5 m ad un massimo di 6.5 m.

Analisi granulometriche:

- il campione S1-C1 è una sabbia ghiaiosa debolmente limosa ed argillosa di colore marrone giallastro.
- il campione S2-C1 è una sabbia ghiaiosa di colore marrone rossastro;
- il campione S3-C1 è una sabbia con ghiaia di colore marrone rossastro;
- il campione S4-C1 è sabbia con ghiaia debolmente limosa di colore marrone rossastro;
- il campione S5-C1 è una sabbia ghiaiosa debolmente limosa marrone;
- il campione S6-C1 sabbia con ghiaia limosa marrone olivastro;
- il campione S7-C1 è sabbia con ghiaia debolmente limosa di colore marrone;

4.4 Contesto idrogeologico

L'idrogeologia di un settore dipende in maniera predominante dalla natura dei litotipi affioranti e dal loro grado di fessurazione. Sono, infatti, acquifere le rocce con caratteristiche tali da consentire l'assorbimento, l'immagazzinamento, il deflusso e la restituzione di acque sotterranee in quantità apprezzabili. Rocce molto porose, come sabbie e ghiaie, costituiscono ottimi acquiferi in grado di ospitare importanti falde idriche. Laddove le rocce non sono porose, eventi tettonici, contrazioni termiche ed altro possono generare fratture entro le quali può instaurarsi, anche se solo lungo lineamenti preferenziali, una circolazione idrica. Dal punto di vista idrogeologico gli acquiferi dei depositi alluvionali della Sardegna, essendo alimentati da corsi d'acqua, forniscono portate soddisfacenti (10-40 l/s). Si tratta di acquiferi da mediamente porosi ad altamente porosi, in funzione della presenza della frazione limo-argillosa. L'alimentazione di queste falde appare provenire più che dalle precipitazioni dirette (infiltrazione reale, pari ad un decimo degli apporti e un drenaggio in periodo estivo pari al 3% degli afflussi) da corsi d'acqua a carattere torrentizio che drenano i rilievi circostanti. L'entità dell'alimentazione appare difficile da stabilirsi per mancanza di misure dei deflussi sui corsi d'acqua.

Acquiferi -consentono sia il moto che l'immagazzinamento dell'acqua. Ammettono componenti di movimento sia orizzontale (con portate significative per le opere di captazione) che verticale. I parametri idraulici sono sperimentabili con prove di portata.

Aquitardi – la componente orizzontale è pressoché trascurabile. Possono essere però sede di importanti movimenti verticali. Inoltre, se potenti, possono rappresentare importanti serbatoi di immagazzinamento, da cui l'acqua, può muoversi in verticale verso gli acquiferi. I parametri idraulici sono indirettamente determinabili con prove di pompaggio sugli acquiferi posti al letto o al tetto.

Aquicludi – entrambe le componenti di moto sono trascurabili. L'acqua può essere presente sotto forma di ritenzione, non soggetta a forza di gravità. I parametri idraulici non sono determinabili con prove di pompaggio, ma solo con test di laboratorio.

Gli acquiferi sono differenziati dagli aquitardi e dagli aquicludi in base al valore della permeabilità: Il moto è regolato dalla legge di Darcy:

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

La legge è vettoriale per cui si possono distinguere una componente orizzontale Kh e una verticale Kv . Dal punto di vista operativo il moto orizzontale viene anche definito deflusso di falda e rappresenta il vettore di flusso verso le opere di captazione, ma poiché queste ultime hanno sezioni (A) molto piccole tale componente può risultare trascurabile per bassi valori di K. Per gli stessi valori di K può viceversa essere rilevante il flusso verticale, dal momento che esso interessa l'intera sezione di A del sistema idrogeologico, se questo ammette significative variazioni del carico idraulico. Il mezzo fisico in cui avviene il deflusso e l'immagazzinamento dell'acqua sotterranea permette di distinguere:

1. *acquiferi granulari* (porosi)

2. *acquiferi fratturati*

Gli acquiferi possono essere classificati in base alle caratteristiche idrogeologiche della formazione sovrastante nel modo seguente: *Acquiferi freatici* – non necessariamente devono affiorare sino alla quota del p.c., possono essere limitati da coperture meno permeabili. La condizione determinante è che non siano saturi sino a tetto, ovvero la superficie freatica, in contatto con l'esterno, cada all'interno.

Acquiferi semifreatici – è il caso in cui l'acquifero è limitato a tetto da una copertura a bassa permeabilità relativa, all'interno del quale cade la superficie freatica.

Acquiferi confinati – al tetto presentano un aquicludo o comunque un aquitard a bassissima permeabilità relativa, tale da rendere gli scambi idrici nulli, con gli acquiferi sovrastanti. Sono saturi e il livello di falda è piezometrico, ovvero rappresenta una pressione al letto dell'acquifero.

Acquiferi semiconfinati – al letto presentano un aquitard che si può estendere sino al p.c., oppure essere a sua volta sormontati da un acquifero freatico. Attraverso l'aquitard sono resi possibili gli scambi idrici verticali con l'acquifero sottostante. Se l'aquitard è dotato di magazzino proprio può cedere la risorsa all'acquifero semi-confinato.

Sistemi acquiferi multifalda – sono sistemi molto diffusi in natura, e generalmente sono contrassegnati da un acquifero freatico o semi freatico sovrapposto a più orizzonti successivi semi confinati, ovvero separati da aquitard. Le condizioni di scambio idrico sono regolate dal carico piezometrico e dalle caratteristiche degli aquitard.

L'idrografia attuale non è altro che risultato della naturale evoluzione dell'assetto idrografico preesistente, a sua volta, strettamente legato alle vicissitudini tettonico-strutturali che si sono protette sino a tutto il Pleistocene.

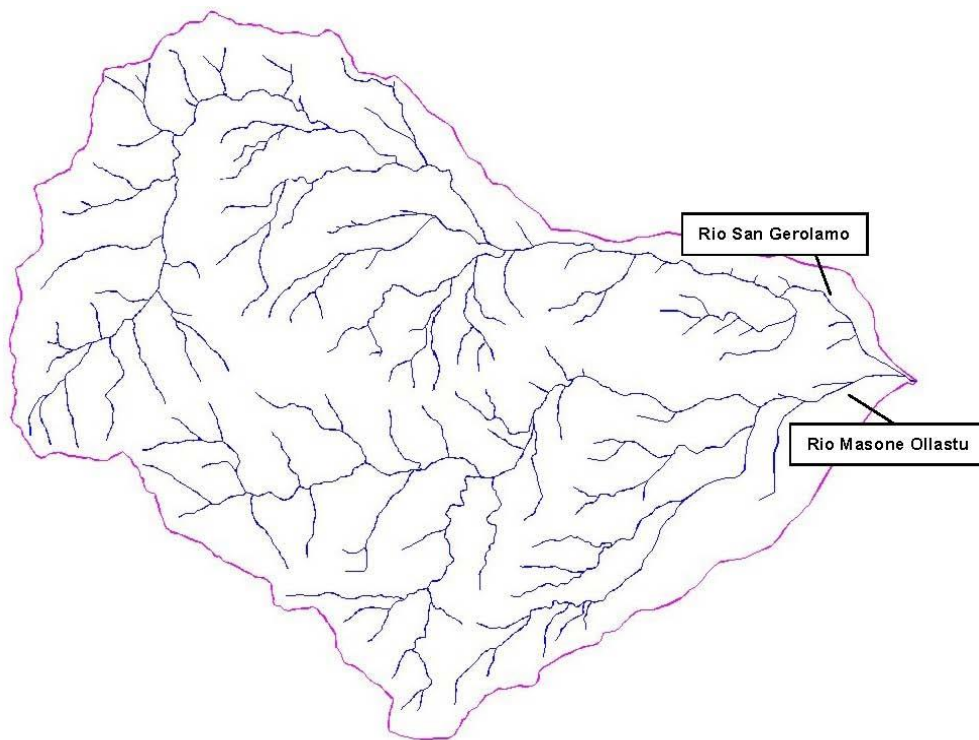


Figura 10 – Idrografia dei ri San Gerolamo e Masone Ollastu

L'andamento del reticolo idrografico si può definire a grande scala di tipo pseudo-parallelo in quanto di impostazione tettonica lungo le principali direttrici strutturali circa N-S ed NE-SW. Solo nei tratti a monte degli affluenti secondari, assume un andamento subdendritico, interessando i contatti litologici. La diversità tra i due torrenti citati è data soprattutto dalla differente estensione dei rispettivi bacini idrografici (rispettivamente 14,06 km² e 12,04 km²) e conseguentemente della capacità di far defluire verso la costa quantità d'acqua molto diverse attraverso il rispettivo reticolo di drenaggio.

Nel settore di valle l'alveo il Rio San Gerolamo è impostato prima sui depositi ghiaioso-sabbiosi e poi su quelli francamente sabbiosi della zona di foce. La lunghezza complessiva dell'asta fluviale è stimata in 11,20 km. Il Rio Masone Ollastu ha direzione di scorrimento W-E fino alla costa dove, a causa di pregressi interventi di sistemazione idraulica, conferisce al Rio San Gerolamo prima di sfociare a mare in località Su Loi. La lunghezza complessiva dell'asta fluviale è stimata in 8,44 km.

Le portate di entrambi i corsi d'acqua sono modeste ed regimi di flusso hanno carattere incostante, talora saltuario, poiché strettamente influenzati dalle condizioni meteorologiche stagionali e dal persistente clima subtropicale-semiarido. Lo spartiacque di separazione passa lungo l'allineamento formato dai rilievi Monte Turrineri, Monte Santa Barbara, Punta Mustaddini, Punta Sa Menta, Monte Pauliara e l'azienda agricola Medda Obino. Le differenti formazioni litologiche sono state caratterizzate anche sulla base della loro permeabilità, ovvero della capacità di immagazzinare acqua in quantità più o meno significative. In tal senso, sulla base dei loro caratteri intrinseci omogenei, i substrati

litologici sono stati raggruppati in funzione del grado di permeabilità. Per il settore in esame i livelli di permeabilità sono stati riassunti nella seguente tabella:

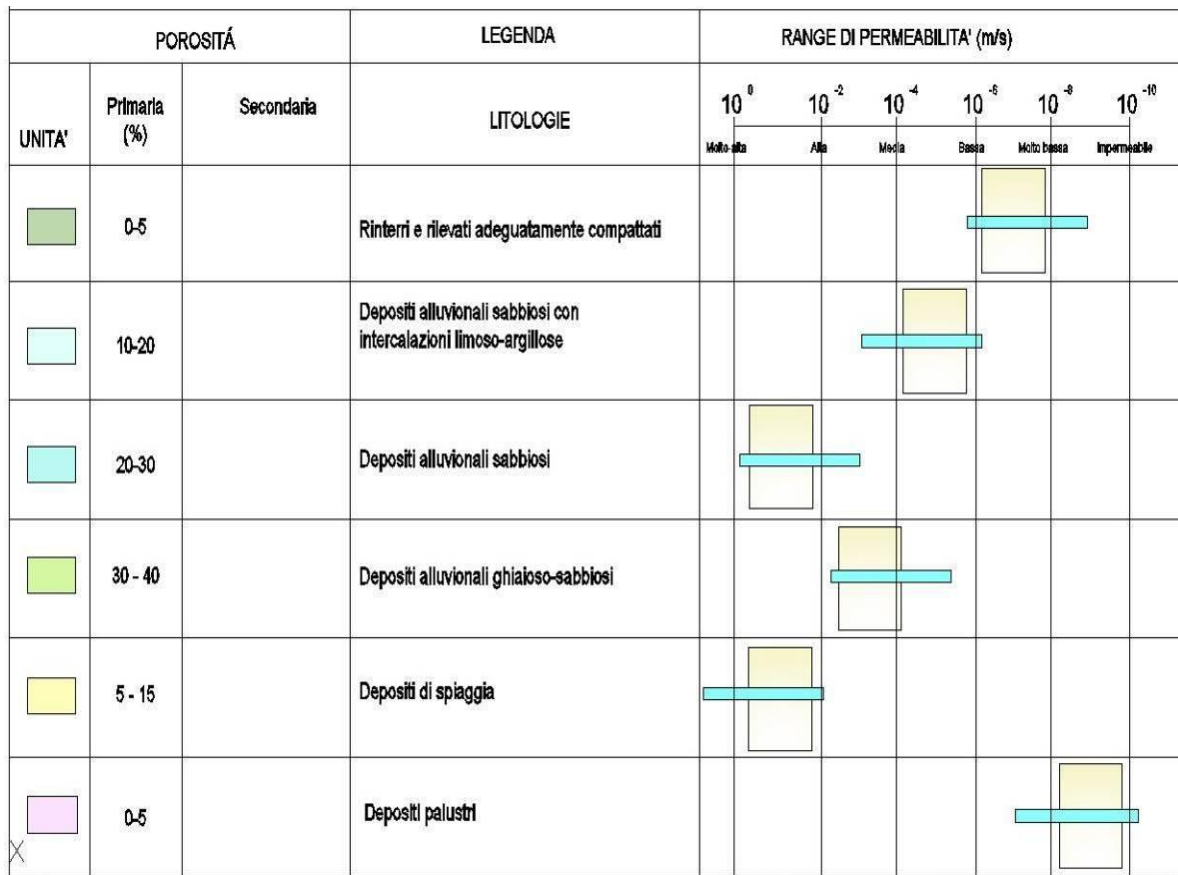


Figura 9 – Range di permeabilità dei sedimenti investigati.

Vengono distinti cinque livelli di permeabilità ai quali appartengono le cinque tipologie di facies sedimentarie investigate più le terre selezionate e riutilizzate che andranno a costituire i nuovi rilevati e i rinterri in progetto:

- Rinterri e rilevati adeguatamente compattati, caratterizzati da grado di permeabilità indotto da molto basso a basso;
- Depositi alluvionali sabbiosi addensati con abbondante frazione limo-argillosa , caratterizzati da grado di permeabilità da basso a medio;
- Depositi alluvionali sabbiosi, sciolti o poco addensati, caratterizzati da grado di permeabilità da alto a molto alto;
- Depositi alluvionali ghiaio-sabbiosi, spesso cementati e addensati, caratterizzati da grado di permeabilità da medio ad alto;
- Depositi litorali di spiaggia, caratterizzati da grado di permeabilità molto alto;

- Depositi palustri, argillo-limosi, caratterizzati da grado di permeabilità da molto basso a impermeabile.

Le conducibilità idrauliche dell'area investigata sono in genere, da alte a medie, in ragione inversa allo stato di addensamento dei terreni (rimaneggiamento agrario). L'area di Frutti d'Oro e di Su Loi, lungo il Rio San Gerolamo e il Masone Ollastu sono caratterizzate dalla presenza di una falda freatica a bassa soggiacenza, testimoniata anche dalla presenza di diversi pozzi ad uso agricolo, oggi abbandonati.

5 Descrizione delle attività svolte sul sito

5.1 Uso pregresso del sito

L'intensa urbanizzazione, anche a danno delle zone montane e pedemontane avvenuta negli ultimi decenni, ha di fatto ridotto considerevolmente le superfici boscate, che attualmente ricoprono circa il 65,50% di quella complessiva, estendendosi nei settori meridionale ed occidentale del bacino idrografico del Rio San Gerolamo-Rio Masone Ollastu, a meno di limitate aree a vegetazione rada o utilizzate come pascolo (circa 2%). Le attività agricole trovano diffusione nel settore di valle, specie in corrispondenza delle coperture alluvionali recenti. I seminativi sono il tipo colturale più diffuso, a cui seguono per importanza frutteti e oliveti. Sono abbastanza diffuse nelle aree di piana le culture in serra, che sono presenti, sporadicamente, anche nel tratto montano del Rio San Gerolamo all'altezza della confluenza con il Rio s'Arriu e di quello pedemontano del Rio Masone Ollastu, poco prima della diga crollata in località Is Gunventus realizzata, appunto, per fini irrigui. Le superficie interessate dalle coltivazioni ammontano a circa il 9%. Gli ambienti antropizzati sono riconducibili pressoché interamente agli abitativi che detengono circa il 6% delle superfici. Solo limitatamente al settore montano del Rio San Gerolamo esistono forme embrionali di sfruttamento minerario. Gli insediamenti residenziali che rientrano nel bacino di interesse sono, da monte a valle, quello di POGGIO DEI PINI, che si sviluppa in un tre distinti agglomerati, di RIO SAN GEROLAMO, delle CASE DEL SOLE, di SU SPANTU e di FRUTTI D'ORO. Ridotte concentrazioni di fabbricati, a vocazione rurale, sono quelli in località Santa Barbara o anche quelli circostanti l'eremo di San Gerolamo. Pressoché irrilevanti sono le attività industriali e artigianali, così come quelle minerarie che sono riconducibili a semplici saggi di ricerca circoscritti al settore di s'Arcu 'e su Linnarbu, interessato dalla presenza di ridotte mineralizzazioni di ferro ferrosi ed ancora più esigue a titanio ed uranio.

5.2 Definizione delle aree a maggiore possibilità di inquinamento e identificazione delle possibili sostanze presenti

La mineralizzazione a minerali di ferro è di genesi comune a quella di *San Leone* ma le manifestazioni presenti non sono mai state oggetto di serie investigazioni. I minerali associati sono costituiti da ossidi e silicati di ferro e secondariamente elementi affini al ferro, come il titanio. La manifestazione ad uranio è invece costituita da una fonte di uranio primario a uraninite e pechblenda, presente nei graniti, e da un corteo di minerali secondari associati costituiti da Sali complessi di uranile ed altri metalli. Il sito è stato investigato nel 1956 dalla SOMIREN e nel 1980-1982 dall'Agip nucleare S.p.A. che ha confermato le caratteristiche della mineralizzazione ed abbandonato eventuali approfondimenti stante la scarsissima rilevanza ai fini produttivi. Sulla base delle descrizioni sopra esposte, nel

paragrafo precedente sono state ricostruite le “fonti di pressione” presenti sul territorio analizzato, che sono state ricondotte, considerata la vocazione del territorio, alle seguenti tre categorie (in ordine di incidenza):

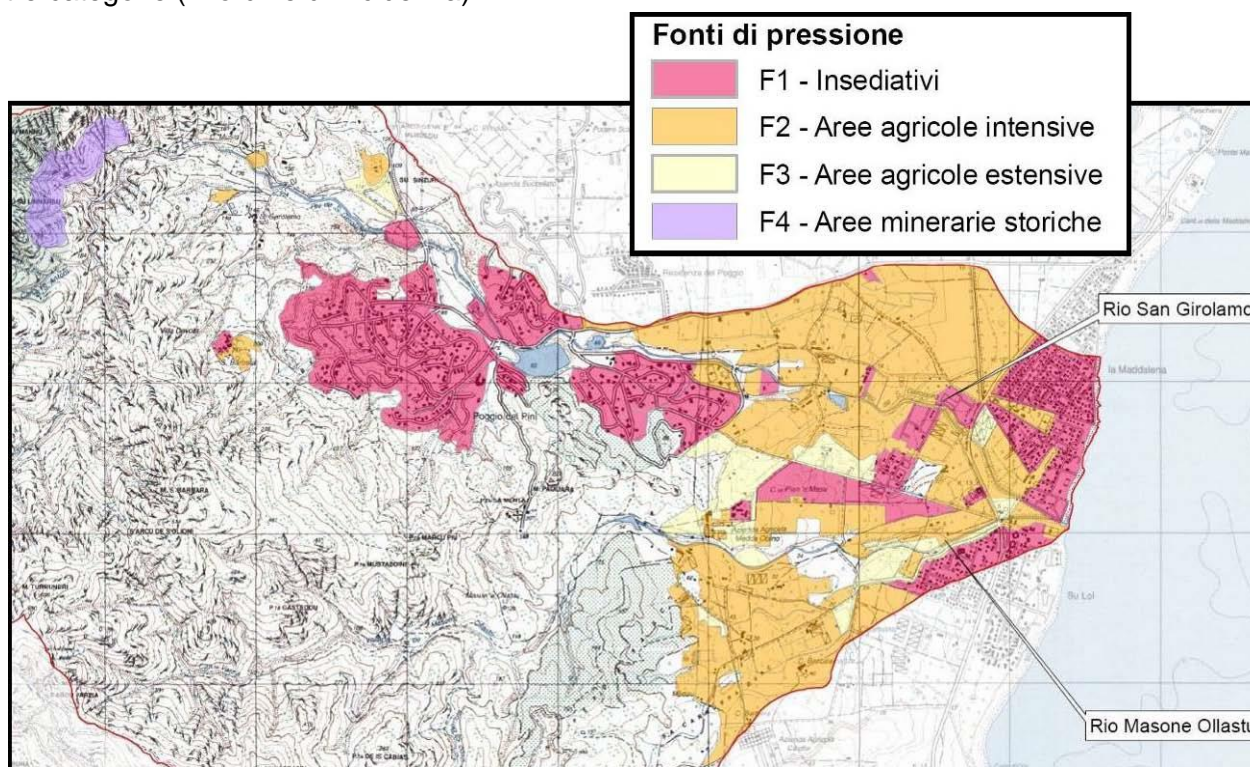


Figura 12 – Fonti di pressione (da: “Studio per la predisposizione del piano di indagini preliminare finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo”).

Alla presenza di insediamenti residenziali è legata infatti la dispersione di rifiuti urbani ed urbani pericolosi (elettrodomestici, sostanze infiammabili, medicinali, pile, etc.), di reflui fognari di gas per il funzionamento delle caldaie e delle cucine, di idrocarburi in generale. Le attività agricole possono invece essere causa di diffusione incontrollata di pesticidi, diserbanti, concimi e fitofarmaci in generale, metalli ed evidentemente coliformi, enterococchi e salmonelle per quanto attiene le aziende zootecniche.

Sebbene poco incidenti nell’ambito del contesto territoriale in questione, in generale le attività minerarie sono da considerarsi una potenziale causa di messa in mobilitazione di inquinanti in relazione a fenomeni di lisciviazione dei prodotti di scarto (tout venant, sterili) e degli scavi da parte delle acque, o anche il pregresso impiego di composti per l’estrazione del metallo.

5.3 Risultati delle indagini ambientali pregresse

Nell’aprile del 2010 la Regione Autonoma della Sardegna ha commissionato l’elaborazione di un piano di indagini preliminari al fine di verificare lo stato ambientale del suolo lungo il Rio San Gerolamo-Masone Ollastu, ovvero per valutare la sussistenza o meno di condizioni di contaminazione dei materiali da mobilitare in fase di attuazione

degli interventi di risistemazione idraulica (“Indagine preliminare finalizzata alla definizione dello stato ambientale del suolo” - Piano di indagine preliminare – Dott.ssa Lobina).

E’ stato pertanto eseguito un campionamento e sono state eseguite delle analisi chimiche, fisiche e batteriologiche sui materiali prelevati (Report sui campionamenti). Il prelievo di campioni ha interessato quasi sempre la porzione di terreno sopra il livello della falda acquifera superficiale.

Le analisi sono state condotte in un laboratorio accreditato ai sensi della UNI CEI EN 17011/05 secondo le procedure conformi ai protocolli nazionali e/o internazionali ufficialmente riconosciuti quali, ad esempio, le metodiche EPA, ISO, INI EN, IRSA-CNR, il Manuale Tecnico «Metodologie analitiche di riferimento» a cura dell’ICRAM, Ministero Ambiente e Tutela del Territorio (2001) come specificato in Fig. 13.

La concentrazione degli analiti è stata determinata sul passante 2 mm e riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

METALLI	Antimonio, Arsenico, Berillo, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Vanadio e Zinco	EPA 6010C 2007
	Cromo esavalente	EPA 3060A 1996 Rev.1
IDROCARBURI TOTALI	C < 12	EPA 8015D 2003
	C > 12	
FITOFARMACI	Alactor	EPA 8270D 2007
	Aldrin	
	Altrazina	
	Clordano	
	DDD	
	DDE	
	DDT	
	Dieldrin	
	Endrin	
	α -esaclorocicloesano	
	β -esaclorocicloesano	
	Lindano	
	CONTENUTO MICROBIOLOGICO	
Enterococchi fecali		
Salmonelle		UNI 10780 : 1998 App. H
Clorstridi		ICRAM scheda n° 6 Man 2001-2003
Stafilococchi		Rapporti ISTISAN 96/35 p. 8

Figura 13 – Metodologie analitiche di riferimento impiegate in laboratorio.

Ad eccezione di qualche caso isolato in cui si è riscontrata una presenza di metallo oltre i limiti previsti dal D.Lgs 152/2006, la concentrazione dello stagno, nella quasi totalità dei campioni, è risultata superiore rispetto ai limiti massimi di accettabilità previsti dalla normativa vigente (valore max 10,6 mg/kg a fronte del limite di 1 mg/kg). Quest’anomalia è però abbastanza ricorrente nell’area vasta di Capoterra. A riguardo, si richiama uno

stralcio dello studio “Interventi di indagine preliminare e realizzazione del sistema di monitoraggio siti inquinati: aree industriali di Assemini, Sarroch, Ottana e Porto Torres” (POR Sardegna 2000 – 2006 Asse I Misura 1.7 Azione C), realizzato dal Servizio S.A.V.I. dell'Assessorato alla Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna: «[...] **Stagno (Sn)** – I valori più alti (3÷51 ppm) si riscontrano per le alluvioni recenti. Valori intermedi sono caratteristici delle alluvioni plio-pleistoceniche (1÷11 ppm) e delle andesiti (3÷18 ppm)» (paragrafo 5.1 “Caratteristiche geochimiche del territorio”).

E ancora: «Nella trattazione della qualità del suolo e sottosuolo (capitolo 6) è emerso che i valori dello stagno, riscontrati nei punti di indagine ricadenti in aree a destinazione d'uso assimilabile alla colonna A della Tab. 1, All. 5, Titolo V, parte IV del DLgs. 152/06, superano con elevata frequenza il limite normativo (CSC A = 1 mg/kg) sia nel suolo sia nel sottosuolo, anche alle massime profondità indagate (20÷40 m). La stima preliminare delle concentrazioni di “fondo ambientale” per metalli e metalloidi dell'area di Assemini, svolta durante questo progetto (cfr. capitolo 5), ha evidenziato che lo stagno è presente nell'area di studio con valori di possibile fondo compresi tra 1,85÷2,30 mg/kg s.s., circa il doppio del valore della soglia normativa e molto simili a quelli determinati nei campioni prelevati in tutto il sito. I superamenti che sono stati registrati quindi sono stati attribuiti, nel complesso della trattazione dei capitoli precedenti, al fondo ambientale del sito indagato.

Di conseguenza, visti i valori preliminari di “fondo ambientale” dello stagno e la distribuzione omogenea delle concentrazioni del metallo in tutto il sito indagato anche alle massime profondità, si è ritenuto ragionevole di non considerare i superamenti di tale elemento nell'individuazione di aree contaminate o prive di contaminazione come descritte al paragrafo precedente» (paragrafo 9.5 “Considerazioni conclusive con il parametro Stagno”). I valori ottenuti sembrerebbero quindi in linea con i valori tipici del gradiente geochimico naturale dei luoghi. Le concentrazioni di idrocarburi sono risultate sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dello strumento (5 mg/kg per C > 12 e 1 mg/kg per C < 12) e, pertanto, del limite di cui al D.Lgs 152/2006 (50 mg/kg per C > 12 e 10 mg/kg per C < 12). Le concentrazioni di fitofarmaci sono risultate sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dello strumento (0,001 mg/kg) e, pertanto, del limite di cui al D.Lgs 152/2006 (0,001 mg/kg).

CONTENUTO MICROBIOLOGICO	
Escherichia	⇒ È stata riscontrata in oltre il 50% dei campioni con una variabilità perlopiù entro 90 MPN/kg ed un massimo di 500 MPN/kg
Streptococchi	⇒ Sono stati riscontrata in oltre l'80% dei campioni con una variabilità perlopiù entro 25 MPN/kg ed un massimo di 150 MPN/kg
Salmonella	⇒ È stata riscontrata nei campioni SG-5a, SG-6b(1), SG-9b, SG-11b(1), SG-11b(2) e SG-12a.
Clostridi	⇒ Sono stati riscontrata nel 50% dei campioni con massimo di 800 UFC/g
Stafilococchi	⇒ Sono stati riscontrata in circa il 50% dei campioni con una variabilità perlopiù entro 600 UFC/g ed un massimo di 1.500 UFC/g

Figura 14 – Risultati delle analisi preliminari in termini di contenuto microbiologico per il Rio San Gerolamo (da: “Studio per la predisposizione del piano di indagini preliminare finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo”).

In conclusione, le analisi chimiche e batteriologiche preliminari condotte sui campioni di terreno prelevati lungo il Rio San Gerolamo ed il Rio Masone Ollastu hanno portato alle seguenti constatazioni:

- le concentrazioni dei metalli sono risultati perlopiù entro i valori di ammissibilità per le aree verdi di cui al D.Lgs 152/2006, e talora anche al di sotto dei limiti di rilevabilità dello strumento (antimonio, arsenico, berillo, selenio e cromo IV);
- sono risultati puntualmente oltre i limiti di cui al D.Lgs 152/2006, il mercurio in SG-10c (2,9 mg/kg > 1 mg/kg) e lo zinco in SG-8b (2,9 mg/kg > 1 mg/kg);
- lo stagno è risultato oltre il limite di cui al D.Lgs 152/2006 in quasi tutte le stazioni di campionamento (2,5÷10,6 mg/kg > 1 mg/kg);
- non sono state riscontrate presenze di idrocarburi e di fitofarmaci, neanche in tracce;
- l'Escherichia coli è stata rinvenuta in oltre il 50% dei campioni del Rio San Gerolamo e solo nella stazione MO-1C(3) nel Rio Masone Ollastu;
- gli Streptococchi fecali sono risultati presenti in oltre il 50% dei campioni del Rio San Gerolamo;
- la Salmonella è risultata presente solo nei campioni provenienti dal Rio San Gerolamo ed precisamente nei campioni SG-5a, SG-6b(1), SG-9b, SG-11b(1), SG-11b(2) e SG-12a;
- Spore di Clostridi solforiduttori e Stafilococchi sono stati riscontrati in oltre il 50% dei campioni;

6 Piano di campionamento e analisi

In tale fase progettuale è stato elaborato un piano di campionamento e analisi al fine di verificare e confrontare i dati ottenuti attraverso le indagini preliminari e in modo da infittire il numero di indagini in un settore maggiormente circoscritto (Lotto I, ex SG10 nel piano di indagini del progetto preliminare).

Tale piano di campionamento è stato organizzato in conformità con il D. M. Ambiente del 10 Agosto 2012 n. 161 (pubblicato in G.U. del 21 settembre 2012, n. 221).

L'art. 186 consentiva di inserire le terre e le rocce provenienti dagli scavi, purché con caratteristiche merceologiche ed ambientali idonee, nel campo dei sottoprodotti gestibili con uno specifico "progetto di utilizzo", fuori dal più oneroso regime dei rifiuti.

Sono sempre stati del tutto evidenti i benefici ambientali che derivano dall'utilizzo come sottoprodotto del materiale da scavo non inquinato, comportando un risparmio di risorse primarie, una limitazione degli interventi, spesso invasivi, per l'estrazione dei materiali (in primo luogo di sabbie e ghiaie) e la diminuzione di rifiuti inerti da portare a discarica.

Il nuovo decreto ministeriale stabilisce ora criteri e adempimenti burocratici per gestire le terre e le rocce da scavo, prevedendo un controllo rigido lungo la filiera che va dalla

produzione (scavo) al riutilizzo e disciplinando la stessa gestione in maniera in qualche modo diversa dal precedente regime di cui all'art. 186.

Le nuove regole recate dal decreto riguardano il suolo ed il sottosuolo, compresi eventuali materiali di riporto in essi presenti, derivanti dalla realizzazione di opere di costruzione, demolizione (ad esclusione dell'abbattimento di edifici), recupero, restauro, ristrutturazione e manutenzione.

Nel dettaglio si tratta di terre e rocce provenienti da scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee, ecc.), dalla costruzione di opere infrastrutturali (gallerie, dighe, strade, ecc.) e dalla rimozione e dal livellamento di opere in terra. Sono assimilati a materiali gestibili come sottoprodotto i materiali litoidi e tutte le altre frazioni granulometriche provenienti da escavazioni effettuate negli alvei, sia dei corpi idrici superficiali, che del reticolo idrico scolante, in zone golenali dei corsi d'acqua, spiagge, fondali lacustri e marini; ed ancora sono assimilati i residui di lavorazione di materiali lapidei (marmi, graniti, pietre), anche non connessi alla realizzazione di un'opera.

Purché la composizione media della massa non presenti concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti dal regolamento, i materiali da scavo possono contenere anche calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per lo scavo meccanizzato.

Il nuovo decreto ammette dunque tra i materiali di scavo gestibili come sottoprodotti quelli che contengono materiali di riporto, utilizzati ad esempio per riempimenti del terreno. Questa previsione è la conseguenza diretta dell'art. 3 del D.L. 2/2012, che stabilisce che la nozione di suolo di cui all'art. 185 del D.Lgs. 152/2006 deve essere riferita anche alla matrice "materiali di riporto".

Secondo il decreto le condizioni per una legittima gestione dei materiali da scavo devono soddisfare i seguenti criteri:

- devono essere generati dalla realizzazione di un'opera senza costituirne la finalità diretta;
- devono essere riutilizzati nella stessa opera o in opera diversa, oppure in processi produttivi in sostituzione della materia prima;
- devono essere riutilizzati senza trattamenti diversi della "normale pratica industriale";
- devono rispondere a precisi requisiti di qualità ambientale.

Qualora siano soddisfatti questi criteri, i materiali potranno essere gestiti come sottoprodotti nel rispetto del "Piano di Utilizzo" previsto all'art. 5 del decreto, che dovrà essere concordato con la pubblica Autorità responsabile dell'autorizzazione.

6.1 Prelievo di campioni ed analisi di laboratorio

Per poter caratterizzare fisicamente e chimicamente (e quindi da un punto di vista ambientale) il terreno interessato dal progetto preliminare per la realizzazione dell'intervento "Sistemazione idraulica del Rio San Gerolamo - Masone Ollastu ed interventi di ricostruzione delle opere pubbliche danneggiate nelle località Poggio dei Pini ed altre frazioni - Dagli attraversamenti della S.S. 195 verso monte" nel Comune

di Capoterra sono stati prelevati complessivamente 65 campioni di terra e 11 campioni di acqua nel periodo che va dal 23.05.2016 al 29.05.2016 come di seguito riportato.

SIGLA CAMPIONI	DATA CAMPIONAMENTO
S1	23/05/2016
S3	25/05/2016
S4	25/05/2016
S5	26/05/2016
S6	24/05/2016
S7	26/05/2016
S8	27/05/2016
S9	24/05/2016
PS6	27/05/2016
P8	27/05/2016
P6	27/05/2016
PS3	27/05/2016
P5	27/05/2016
P1	27/05/2016
P2	28/05/2016
P4	28/05/2016
P7	28/05/2016
P9	28/05/2016
P3	29/05/2016
PSI	28/05/2016
PS2	28/05/2016
PS4	28/05/2016
PS5	28/05/2016
PS7	27/05/2016
PS8	27/05/2016
PS9	29/05/2016

PIO	29/05/2016
Campioni di acqua	27/05/2016

La caratterizzazione ambientale è stata eseguita mediante scavi esplorativi (pozzetti) e tramite sondaggi a carotaggio .

Per ogni stazione di campionamento è stata compilata una scheda dove sono stati riportati i dati inerenti il punto (nome della stazione, data ed ora, coordinate effettive del punto di prelievo, profondità del prelievo, etc.), il numero e la sigla del campione ed infine la sua descrizione macroscopica .

L'esatta identificazione del campione è avvenuta mediante analisi granulometrica, peso di volume, limiti di Atterberg, che hanno portato poi alla classificazione CNR -UNI.

La campagna di caratterizzazione ha inoltre previsto il prelievo di 11 campioni di acqua sia dalla falda che dal fiume per determinarne le caratteristiche qualitative.

6.1.1 Procedure di campionamento

Ai fini della caratterizzazione delle terre e rocce da scavo i punti di prelievo sono stati stabiliti secondo i seguenti criteri:

- ✓ tutte le strutture arginali sono state considerate opere infrastrutturali lineari e per esse si è previsto un campionamento ogni 500 m circa; per la realizzazione degli argini è stata prevista un'altezza di scavo inferiore a 30 cm e pertanto sono stati prelevati due campioni per ogni punto di prelievo alla profondità di 1 m e 1.50 m.

I campioni prelevati relativi alla caratterizzazione degli scavi previsti in corrispondenza degli argini sono i seguenti:

- ❖ Argine destro del rio San Gerolamo a monte della S.S. 195 (L=1100 m): **PS1, PS3, PS6;**
- ❖ Argine sinistro del rio San Gerolamo a monte della S.S. 195 (L=448 m): **PS4, PS5;**
- ❖ Argine sinistro del rio San Gerolamo a valle della S.S. 195 (L=166 m): **PS7;**
- ❖ Argine sinistro del rio Masone Ollastu a monte della S.S. 195 (L=150 m): **PS9;**
- ❖ Argine sinistro del rio Masone Ollastu a valle della S.S. 195 (L=462 m): **PS8;**
- ✓ Il disalveo del rio Masone Ollastu è stato considerato un'opera infrastrutturale lineare (L= 140 m) e per esso si è previsto un solo campionamento; nel punto prescelto per il campionamento l'altezza di scavo è superiore a 2 m e pertanto si sono prelevati 3 campioni rispettivamente alla profondità a 1 m, a 1.50 m e a 5 m.

Il campione prelevato per la caratterizzazione degli scavi previsti in corrispondenza del disalveo del rio Masone Ollastu è il seguente:

- ❖ Disalveo del rio Masone Ollastu a monte della S.S. 195: **P10;**
- ✓ Il disalveo del rio San Gerolamo è stato considerato un'opera infrastrutturale lineare (L=1060 m) nel tratto canalizzato compreso fra la sezione n° 50, in corrispondenza della S.S. 195, e la sezione n° 1;

I campioni prelevati per la caratterizzazione degli scavi previsti in corrispondenza di tale disalveo sono i seguenti:

- ❖ Disalveo del rio San Gerolamo dalla sez. 11 alla sez. 50: **P1, P2 PS2, P5, P6, P7, P9;**

In corrispondenza dei pozzetti P1, P2, P5, P7, P9 l'altezza di scavo è inferiore a 2 metri e pertanto si sono prelevati, per ciascuno di essi, due campioni alla profondità di 1 m e di 1.50 m.

Nei punti prescelti per il campionamento PS2 e P9, l'altezza di scavo è superiore a 2 m e pertanto si sono prelevati 3 campioni per ciascun punto, rispettivamente alla profondità a 1 m, a 1.50 m e a 5 m.

I punti di campionamento atti a caratterizzare il disalveo del rio San Gerolamo sono stati volutamente incrementati rispetto a quanto previsto dalla normativa al fine di ottenere una più puntuale conoscenza delle caratteristiche dei terreni interessati.

6.1.1.1 Riepilogo dei punti di prelievo e dei campionamenti eseguiti

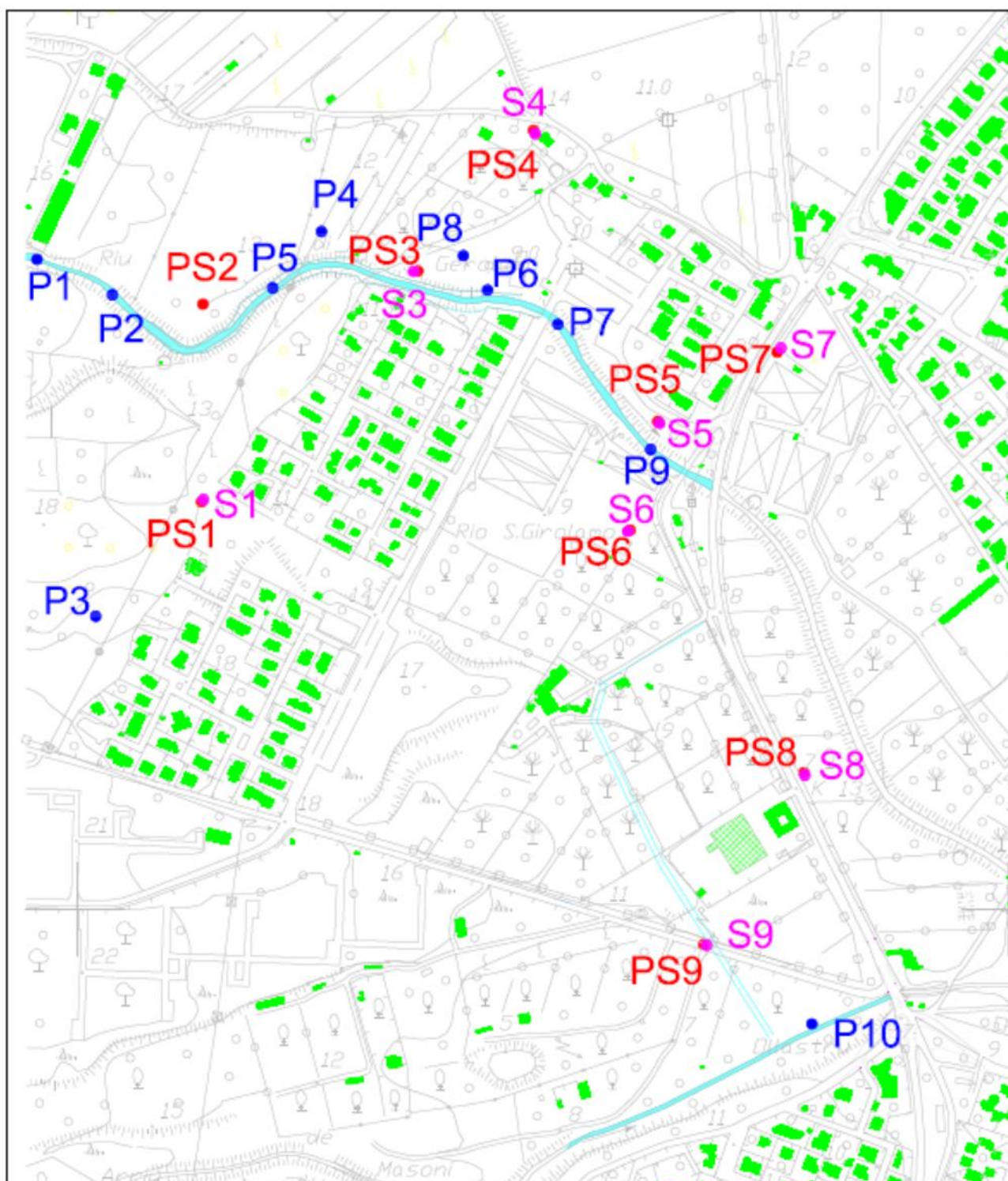
Di seguito si riportano una corografia con indicati i punti di prelievo dei campioni utilizzati per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, ed una tabella nella quale viene indicato il n° di campioni prelevati e la profondità di prelievo degli stessi e :

Su tutti i campioni prelevati sono state eseguite le analisi di caratterizzazione ambientale; su n.9 campioni di terreno e su n.3 campioni di acqua sono state eseguite le determinazioni BTEX-IPA.

I campioni sottoposti a questo tipo di analisi sono:

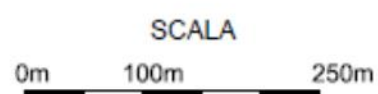
- ✓ Terra: PS1A,PS3B,PS7A,PS8B,P1A,P5B,P6A,P9A,P10A;
- ✓ Acqua: D, E, M

Punto	Campione	Profondità	Punto	Campione	Profondità	Punto	Campione	Profondità	Punto	Campione	Profondità	Punto	Campione	Profondità
P1	A	1.00	P8	A	1.00	PS3	C	1.50	PS8	C	1.50	S7	B	1.00
P1	B	1.50	P8	B	1.50	PS4	A	1.50	PS9	A	1.00	S8	A	1.00
P2	A	1.50	P9	A	1.00	PS4	B	1.00	PS9	B	1.50	S8	B	1.50
P2	B	1.00	P9	B	1.50	PS4	C	5.00	PS9	C	5.00	S9	A	1.50
P3	A	1.00	P10	A	5.00	PS5	A	1.00	S1	A	1.00	S9	B	1.00
P3	B	1.50	P10	B	1.50	PS5	B	1.50	S1	B	1.50			
P4	A	1.00	P10	C	1.00	PS5	C	5.00	S3	A	1.00			
P4	B	1.50	PS1	A	5.00	PS6	A	5.00	S3	B	1.50			
P5	A	1.00	PS1	B	1.50	PS6	B	1.50	S4	A	1.00			
P5	B	1.50	PS1	C	1.00	PS6	C	1.00	S4	B	1.50			
P6	A	5.00	PS2	A	1.50	PS7	A	5.00	S5	A	1.00			
P6	B	1.50	PS2	B	1.00	PS7	B	1.50	S5	B	1.50			
P6	C	1.00	PS2	C	5.00	PS7	C	1.00	S6	A	1.00			
P7	A	1.50	PS3	A	1.00	PS8	A	1.00	S6	B	1.50			
P7	B	1.00	PS3	B	5.00	PS8	B	5.00	S7	A	1.50			



**POSIZIONE PUNTI DI
CAMPIONAMENTO
TERRENI**

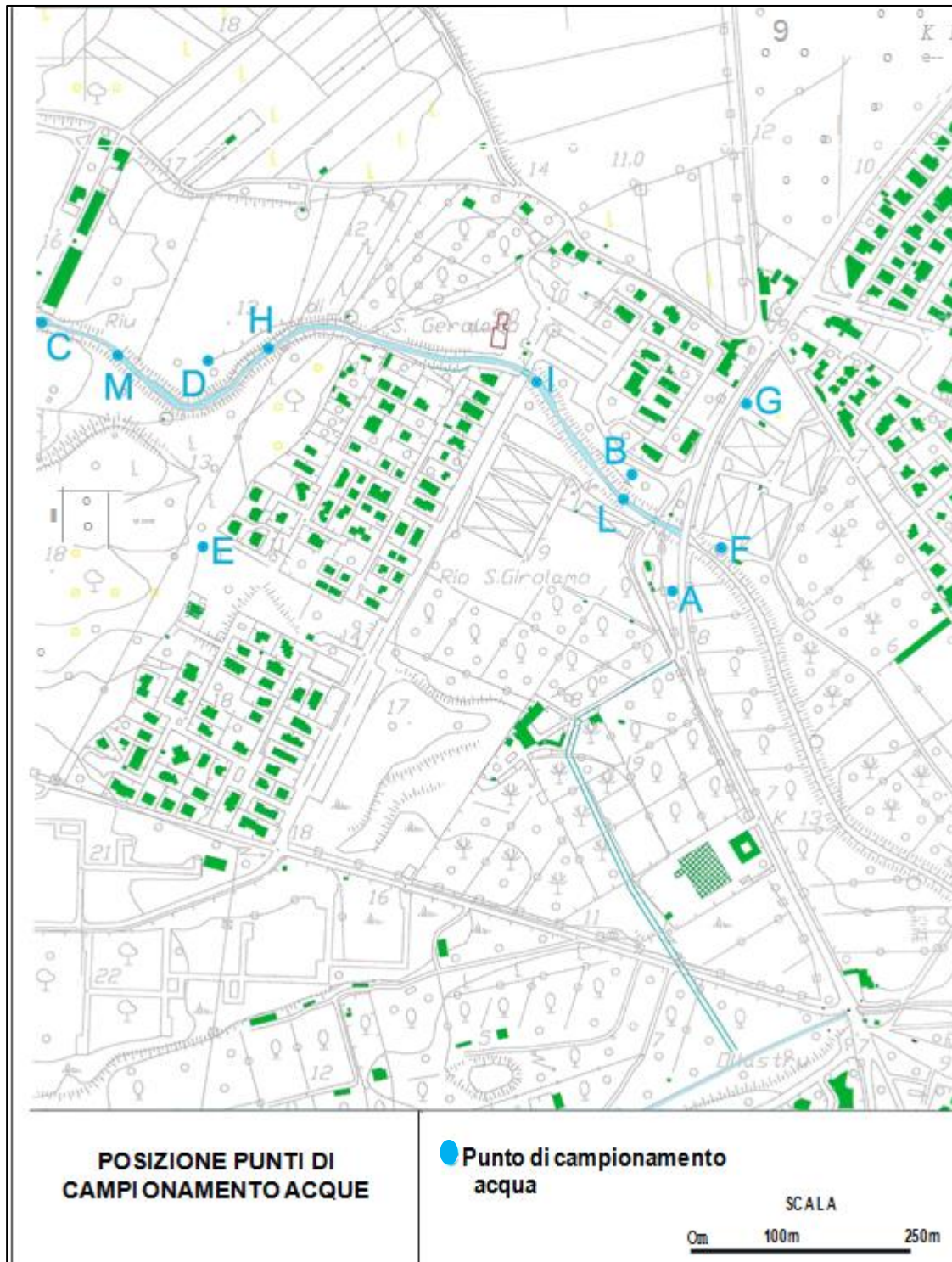
- Punto di campionamento PS eseguito tramite pozzetto e carotaggio
- Punto di campionamento P eseguito tramite pozzetto
- Punto di campionamento S eseguito tramite carotaggio



Di seguito si allegano:

- una planimetria con i punti di campionamento delle acque.

- la documentazione fotografica degli scavi esplorativi





P1



P2



P3



P4



P5



P6



P7



P8



P9



P10



PS1



PS2



PS3



PS4



PS5



PS6



PS7



PS8



PS9

Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

La campagna di indagine geognostica s1 è sviluppata attraverso l'esecuzione di n° 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo 101 mm della profondità di 10 metri.

Il metodo utilizzato per l'esecuzione del perforo è stata quello a rotazione con carotaggio continuo. Per prelevare i campioni è stato utilizzato il doppio carotiere mod. T6, che risulta costituito da due tubi concentrici dei quali solo l'esterno ruota. Il tubo interno, non rotante, raccoglie il campione evitando che esso venga in contatto con la parte rotante dell'utensile.

I campioni prelevati da sondaggio sono in totale 16.

Scavi eseguiti con mezzi meccanici

La caratterizzazione ambientale è stata eseguita mediante scavi esplorativi (pozzetti); da qui sono stati prelevati campioni che sono rappresentativi di una zona definita dello scavo.

Essi sono stati raccolti in contenitori di buona tenuta (barattoli di vetro).

Il prelievo è stato eseguito su fronti di scavo freschi, dopo aver rimosso lo strato superficiale disseccato, alterato o allentato.

I campioni prelevati da pozzetto sono in totale 49.

Caratteristiche fisiche del terreno

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati 16 campioni di terra, di forma cilindrica, da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Dai 19 pozzetti ne sono stati prelevati altri 49 per un totale di 65 campioni.

Essi sono stati identificati con due codici rappresentativi del sondaggio o del pozzetto (e quindi S1, S7, ecc... e P1, P2, ... PS1, PS5, ecc...) e del campione A, B, C.

I campioni sono stati prelevati nei primi 5 metri di profondità.

Su tutti i campioni sono state effettuate le analisi granulometriche, il peso di volume ed i limiti (ad eccezione di alcuni campioni sui quali, poiché sabbie ghiaiose, non è stata possibile eseguirli).

Limiti e granulometriche insieme hanno permesso di classificare campioni secondo la classificazione CNR-UNI.

Per i campioni è stato realizzato un quadro riassuntivo delle Prove Geotecniche di Laboratorio (prime pagine dell'allegato).

Analisi granulometrica dei terreni

L'analisi granulometrica serve ad individuare la costituzione fisica del terreno. In laboratorio si ricorre generalmente a due metodologie:

- ✓ vagliatura attraverso una serie di setacci di apertura via via decrescente;
- ✓ sedimentazione per la frazione fine passante al setaccio n°200 con apertura 0.075 mm.

Si determinano le percentuali in peso di ciascuna classe granulometrica e si rappresentano i dati su un diagramma semilogaritmico: % passante- log Diametro, per ottenere la curva granulometrica dalla quale si ricava la classificazione del terreno in esame.

Vagliatura per via umida

La prova viene eseguita secondo le disposizioni della norma ASTM D422.

Si eliminano le eventuali aggregazioni del campione senza comprometterne la granulometria, si mescola il campione e lo si dispone su un piano in forma tronco-conica e sulla parte superiore si tracciano, con una lama rigida, due rette a 90°, dividendo così il cono in quattro parti. Le due parti opposte del cono vengono eliminate e si procede con il rimescolamento delle due parti restanti. Questa procedura viene ripetuta più volte fino a quando non rimane una quantità sufficiente ad eseguire la prova. L'operazione di quartatura serve per far conservare al campione la sua rappresentatività. Si pesa il campione da sottoporre a prova e lo si mette in una bacinella con acqua in modo da disgregare le particelle fini dai grani di dimensioni maggiori.

Ottenuta la completa disgregazione dei granuli si inizia l'operazione di vagliatura.

Si parte con un setaccio di dimensioni maggiori (a seconda della granulometria del campione) e si passa a vagli via via decrescenti secondo il set proposto dalla norma ASTM.

Si sistema il setaccio sul fondo della bacinella e si versa l'acqua con il campione. Si vaglia il campione spezzando e mescolando con le mani gli

eventuali grumi rimasti in modo da far passare la frazione fine; si solleva il setaccio al di sopra della bacinella e si completa l'operazione di lavaggio con acqua pulita. La frazione trattenuta da questo setaccio viene posta in forno ad essiccare mentre si prosegue la setacciatura con un vaglio ad apertura inferiore. Si continua fino al setaccio n° 200.

Il trattenuto di ogni setaccio viene fatto essiccare in forno a 110°C, dopodiché viene pesata ogni singola frazione.

Dopo aver calcolato la percentuale parziale trattenuta a ciascun setaccio, la curva granulometrica si ottiene dalla somma delle percentuali trattenute ai vari setacci.

Sedimentazione con il densimetro

La sedimentazione con densimetro permette di determinare la distribuzione granulometrica del terreno passante al setaccio n°200 (con dimensioni inferiori a 0.075 mm) e quindi il completamento della curva granulometrica.

Le dimensioni delle particelle vengono determinate indirettamente, misurando il tempo di sedimentazione all'interno di un cilindro, contenente una dispersione delle particelle in acqua distillata. L'analisi delle particelle fini per sedimentazione viene effettuata quando la percentuale al passante n° 200 è superiore al 10% del peso del campione iniziale.

Si prendono 40 g di terreno passante al 200 (preventivamente essiccato in forno a 110°C) e si mettono in un beaker da 250 cm³ con 125 g di esametafosfato di sodio. Si lascia agire mescolando ogni tanto. Dopodiché si mette il campione con il disperdente in un agitatore meccanico facendo attenzione a sciacquare bene il beaker con acqua distillata in modo da evitare perdite di materiale.

Immediatamente dopo si versa la miscela nel cilindro da 1000 cm³ e si aggiunge acqua distillata fino a raggiungere il livello di un litro. Quindi si agita il cilindro energicamente fin ad ottenere una completa omogeneizzazione della sospensione. Si pone il cilindro all'interno della vasca termostatica, per mantenere la temperatura costante, ed all'interno del cilindro si immerge l'aerometro; si fa partire il contasecondi e si iniziano le letture secondo la seguente scansione 1' - 2' - 4' - 8' - 15' - 30' - 60' - 120' - 180' - 1440' dal termine dello scuotimento.

L'analisi del grafico e i valori dei parametri statistici portano a concludere che tutti i campioni sono delle sabbie ghiaiose, a luoghi debolmente limose.

Per l'esatta percentuale del passante ad i vari setacci e per una stima delle percentuali delle varie classi granulometriche si rimanda ad i certificati allegati. Sono state inoltre redatte una tabella riassuntiva delle analisi granulometriche e degli elaborati grafici circa l'analisi statistica: i "grafici granulometria" e il "diagramma triangolare".

Limiti di Atterberg

I limiti di Atterberg sono stati eseguiti su un totale di 53 campioni, ad eccezione dei campioni di sabbia ghiaiosa.

Anche per i limiti sono state redatte delle tabelle riassuntive; attraverso analisi statistica, inseriti nell'Abaco di Plasticità di Casagrande, è emerso che i campioni, come si può osservare graficamente nell'Abaco allegato, si comportano come delle argille inorganiche a bassa compressibilità (CL).

Per le esatte percentuali dei limiti di consistenza si rimanda ad 1 certificati allegati.

Analisi chimicofisiche su campioni di terreno

Metodologia di campionamento

Al fine di definire un modello concettuale del sito completo di tutte le informazioni necessarie a definire lo stato ambientale della matrice suolo, dai sondaggi e dai pozzetti sono stati prelevati campioni a profondità di 1.5 e 5.0 m dal p.c. per una determinazione puntuale dei parametri da analizzare.

Il campionamento e la consegna del campione, del peso di circa 1 kg, è avvenuto a cura del sottoscritto dott. Geol. Marcello De Donatis o dei collaboratori dott. Geoll. Davide Simone Marzo e Biagio Ciardo. Ogni campione prelevato, è stato conservato in un vasetto di vetro, con riportate denominazione del campione e profondità di prelievo.





Il contenitore è stato successivamente etichettato con indicazione del codice identificativo del prelievo, data e ora del confezionamento e firma dell'addetto al prelievo.

Analisi chimico fisiche

I campioni prelevati e da analizzare sono stati conservati in campo ad una temperatura almeno pari a 15-18° C e consegnati al laboratorio incaricato per l'analisi ambientale.

I parametri da analizzare per i campioni in esame sono stati selezionati al fine di definire lo stato qualitativo del terreno in funzione della destinazione d'uso attuale ed al fine di verificarne la conformità con quanto previsto dai valori limite dettati dalla tab. 1 colonna a – allegato 5 del D.Lgs 152/06 e a quanto previsto dal D.M. 161/2012.

I parametri da analizzare per il campione in esame sono stati selezionati a partire dagli analiti tabellati all'Allegato 5 alla parte quarta del D.Lgs.152/06 e s.m.i.. Trattandosi di un'indagine preliminare sul sito, destinata a rilevare l'eventuale presenza di contaminazione, è stata effettuata una attenta valutazione preliminare relativa alle attività svolte in precedenza e agli eventuali contaminanti derivanti dalle suddette attività. Gli analiti da ricercare per il sito in esame sono stati selezionati sulla base delle informazioni storiche nonché delle informazioni reperite dalla bibliografia disponibile sull'argomento (le *Linee Guida per la selezione di analiti da determinare nella caratterizzazione dei siti contaminati* redatte dalla Provincia di Milano).

Non potendo escluderne la presenza in un sito destinato in precedenza ad attività agricole sono stati inseriti nel set di analiti da indagare, i metalli; questi infatti possono essere sì di origine naturale (geologica), ma anche di origine antropica. In quest'ultimo caso, l'immissione nell'ambiente potrebbe essere dovuta alla presenza di sorgenti di contaminazione puntuale (smaltimento di rifiuti, attività industriali, aree intensamente urbanizzate, ecc.) oppure a fenomeni di inquinamento diffusi (pratiche agricole e di allevamento, traffico veicolare, ecc. L'eventuale presenza di tali contaminanti è rilevante ai fini della qualità dei suoli in quanto i metalli nelle matrici solide (quindi suolo e sedimenti) possono trovarsi in forme più o meno mobili e disponibili ad interagire con diversi recettori.

Nei suoli agricoli è possibile inoltre che il contenuto di umidità consenta la formazione e/o la permanenza di anioni; appartengono a questa categoria: cloruri e fluoruri. La presenza nell'ambiente di queste sostanze può avere una origine naturale legata alla normale interazione

acqua di falda roccia (es. solubilizzazione di gessi e anidridi), all'attività vulcanica o all'intrusione del cuneo salino (cioè dell'acqua di mare) nelle aree costiere; ma può avere anche un'origine antropica dovuta all'attività dell'industria chimica e petrolchimica (cloruri, fluoruri, solfati), farmaceutica, dei refrigeranti, cartaria (soluzioni sbiancanti a base di cloro) dei propellenti e a reazioni secondarie sui prodotti di emissione del traffico veicolare (solfati) infine il fluoro si ritrova come impurezza (0,5-4,0% in peso) nei fertilizzanti a base di fosfati.

Nei campioni prelevati sono stati ricercati anche i policlorobifenili (PCB) sono composti organici molto stabili e possiedono inoltre proprietà tali (ininfiammabilità, bassissima volatilità a temperatura ambiente) per cui hanno avuto larghissimo uso nel campo industriale. Dal 1985 la commercializzazione dei PCB e dei PCT (policlorotrifenili) è vietata a causa dei loro effetti tossici sul sistema riproduttivo e della loro tendenza a bioaccumularsi. I PCB sono sostanze chimiche prodotte deliberatamente e che nel tempo, resistendo all'azione di agenti chimici e biologici, nonché a causa dell'uso indiscriminato, sono diventati inquinanti ambientali pressoché ubiquitari. La presenza nell'ambiente di queste sostanze può derivare dal loro utilizzo in antiparassitari, ritardanti di fiamma, isolanti, vernici, carta carbone. Nel sito in esame sono stati ricercati anche gli idrocarburi aromatici. Questi nelle normali condizioni ambientali (pressione di 1 atm e temperatura di 20°C) sono allo stato liquido; possono essere sia di origine naturale (presenti in tracce a seguito di processi di degradazione della sostanza organica) che antropica. In particolare, la loro immissione nell'ambiente è dovuta a molteplici attività industriali (ad esempio i settori farmaceutico, cosmetico, automobilistico, ecc.) e, più in generale, a tutte le attività che richiedono l'impiego di solventi organici. Questi composti sono caratterizzati da una volatilità piuttosto elevata, in particolare il benzene ed il toluene, e quindi tendono a passare dalle matrici contaminate all'atmosfera, dove reagiscono e si degradano in pochi giorni. Nell'acqua e nei suoli la degradazione di queste specie è solitamente più lenta.

Infine, sono stati ricercati in sito i fitofarmaci, i quali rappresentano una classe molto eterogenea di molecole organiche che comprende sia composti organici alifatici ciclici sia composti organici aromatici, entrambi caratterizzati dalla presenza di cloro nella molecola. I fitofarmaci sono classificati in funzione del loro utilizzo: insetticidi, anticrittogamici o fungicidi, diserbanti ed erbicidi, acaricidi, antigerminanti, conservanti, ecc.

Questi contaminanti sono costituiti da diverse famiglie caratterizzate da radicali e strutture proprie (es. organofosforati, organoclorurati, piretroidi, carbammati, triazolici, ecc.).

Nelle normali condizioni ambientali (pressione di 1 atm e temperatura di 20°C) i fitofarmaci si presentano allo stato solido. Il rilascio nelle matrici ambientali può avvenire occasionalmente in corrispondenza dei siti di produzione e, più normalmente, a seguito delle pratiche agricole.

Risultati

Le analisi dei campioni di terreno sono state eseguite dal "Centro Analisi Ambientali S.r.l." di Casarano e curati dalla Dott.ssa Daniela Cossa.

L'indagine, effettuata al passante 2 mm, mira a ricercare la presenza di elementi indici di contaminazione (da ricercare sono quelli indicati nell'Allegato 4 del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, n. 161), attraverso: i metalli pesanti, gli idrocarburi, il minerale amianto.

In particolare, come da disciplinare tecnico, si è previsto il campionamento dei seguenti parametri:

Metalli:

Arsenico	Cadmio
Cobalto	Nichel

Piombo	Rame
Zinco	Mercurio
Cromo totale	Cromo VI

Idrocarburi totali:

Idrocarburi C>12

Minerali:

Amianto

Su quattro campioni sono stati poi determinati anche gli idrocarburi aromatici e gli idrocarburi policiclici aromatici. Si tratta dei campioni PSIA, PS3B, PS8B, PIA, P5B, P6A, P9A e P10A. La concentrazione del campione è stata riferita alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

Le analisi hanno evidenziato valori inferiori ai limiti consentiti dal Decreto Legislativo 152/2006 Allegato 5 tabella 1 colonna A (e di conseguenza anche della colonna B).

I campioni risultano conformi ai valori limite dettati dalla Tab. 1 colonna A - All.5 del D.Lgs. 152/06, a quanto previsto dal D.M. 161/2012; idoneo per il riutilizzo in quanto rispondente a quanto previsto dall'Art. n. 185 comma 1 lett.C - bis del D.Lgs 152/06 e conformi al D.M. n. 186 del 05.04.2006 - Allegato 3.

Analisi chimico-fisiche sulle acque di falda

Per determinare le caratteristiche qualitative della falda e del fiume sono stati prelevati 11 campioni di acqua.

Metodologia di campionamento

Il campionamento è avvenuto nei sondaggi attraverso una pompa elettrica. Dopo lo spurgo si è passati al prelievo di 1,5 litri di acqua per campione.

Dal corso d'acqua 1 camp10m sono stati prelevati direttamente in contenitore.

Ogni campione è stato allocato in un contenitore in vetro sterile con tappo a vite.

Opportunamente etichettati gli imballaggi sono stati riposti in un contenitore frigo portatile capace di garantire una temperatura all'interno pari ad almeno 15-18°, simile a quella della sottostante falda freatica.

Nella stessa giornata i campioni sono stati consegnati al laboratorio per le opportune analisi.

Risultati

I campioni di acqua, prelevati dal sottoscritto, direttore tecnico della Ditta Geoprove sas, sono stati analizzati nel laboratorio di analisi "Centro Analisi Ambientali S.r.l." di Casarano, azienda riconosciuta con sistema di qualità certificato da Q GEST = UNI EN ISO 9001:2008 = e con sistema di certificazione DIMITTO = EN ISO 14001:2004 =. L'azienda applica le procedure conformi ai protocolli nazionali e/o internazionali ufficialmente riconosciuti.

Su ogni campione di acqua sono state effettuate le analisi chimico fisiche standard per la determinazione delle proprietà dell'acqua al fine di determinarne la qualità, analizzando gli stessi parametri previsti per i campioni di terreno e pertanto:

Metalli:

Arsenico	Cadmio
Cobalto	Nichel
Piombo	Rame
Zinco	Mercurio
Cromo totale	Cromo VI

Idrocarburi totali:

Idrocarburi C>12

Minerali:

Amianto

Su tre degli 11 campioni sono inoltre stati analizzati degli idrocarburi aromatici e degli idrocarburi policiclici aromatici.

Per un quadro completo dei risultati si rimanda ai certificati allegati, da cui tuttavia si può notare che quanto determinato è sempre al di sotto della soglia dei valori stabiliti dalla legge.

Conclusioni delle analisi

L'indagine ambientale eseguita nel territorio comunale di Capoterra nell'ambito del progetto preliminare per la realizzazione dell'intervento "Sistemazione idraulica del Rio San Gerolamo - Masone Ollastu ed interventi di ricostruzione delle opere pubbliche danneggiate nelle località Poggio dei Pini ed altre frazioni - Dagli attraversamenti della S.S. 195 verso monte" è stato eseguito, in ottemperanza al D.M. 161/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo" ed è finalizzato all'accertamento delle qualità ambientali.

Essa è consistita in:

- un dettagliato sopralluogo in campo;
- esecuzione di 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- esecuzione di 19 pozzetti con mezzi meccanici
- prelievo di campioni di terra (suolo e sottosuolo) per un totale di 65 campioni sottoposti ad analisi di laboratorio chimico per ciò che concerne la qualità del campione;
- prelievo di 11 campioni di acqua anche essi sottoposti ad analisi di laboratorio.
- Prelievo ed analisi di laboratorio su 65 campioni (prelevati da pozzetti e sondaggi) per la caratterizzazione fisica del terreno

Le analisi di laboratorio geotecnico hanno mirato alla caratterizzazione fisica del terreno interessato dal progetto di sistemazione idraulica del Rio San Gerolamo - Masone Ollastu ed interventi di ricostruzione delle opere pubbliche danneggiate, determinando le curve granulometriche ed i limiti di Atterberg.

Esse hanno permesso di individuare un solo orizzonte stratigrafico, quello delle sabbie ghiaiose a luoghi debolmente limose, risultando che si comportano come delle argille inorganiche a bassa compressibilità (CL).

I campionamenti sono stati eseguiti dal direttore tecnico della Ditta Geoprove sas dott. Marcello De Donatis e/o dai collaboratori dott. Geol. Davide Marzo e dott. Geol. Biagio Ciardo; successivamente i campioni sono stati portati in laboratorio per le relative analisi, aggiornando il quadro delle conoscenze ambientali su tutta l'area interessata dal progetto.

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio "Centro Analisi Ambientali S.r.l." di Casarano, azienda riconosciuta con sistema di qualità certificato da Q GEST = UNI EN ISO 9001:2008 = e con sistema di certificazione DIMITTO = EN ISO 14001:2004 =.

L'indagine effettuata sui campioni di terra e di acqua mira a ricercare la presenza di elementi indice di contaminazione, valutando il confronto degli analiti con i limiti tabellati all'All.5 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

In particolare si è previsto il campionamento dei seguenti parametri:

- Metalli: Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Cromo totale, Cromo VI;
- Idrocarburi totali: Idrocarburi C>12;
- Minerali: Amianto

Su otto campioni di terra (PS I A, PS3B, PS8B, PI A, P5B, P6A, P9A e P I OA) e su tre di acqua (campioni D, E, M) anche degli idrocarburi aromatici e degli idrocarburi policiclici aromatici.

Le analisi, sia eseguite sui campioni di terreno che sulle acque, hanno evidenziato valori inferiori ai limiti consentiti dal Decreto Legislativo 152/2006 Allegato 5 tabella 1 - colonna A - e dal D.M. 186 del 05.04.2006 Allegato 3 risultando perciò il suolo e sottosuolo e le acque di falda e del fiume non contaminati.

I campioni di terra inoltre rispondono a quanto previsto dal D.M.16112012.

I parametri analizzati non superano in nessun caso le CSC, pertanto il sito non necessita di alcuna caratterizzazione successiva.

I risultati analitici, nonché le evidenze del sopralluogo preliminare in sito, restituiscono un modello concettuale del sito che permette di escludere contaminazioni in atto o storiche per il sito in esame.

Alla luce di ciò, ne deriva che il materiale da scavo è idoneo ad essere utilizzato in situ direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento, dal momento che il suo impiego non darà luogo ad emissioni e ad impatti ambientali.

Le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dei campioni analizzati confermano che l'impiego del materiale di scavo nel sito prescelto non determina rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avviene nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette.

7 Utilizzo dei materiali di scavo

7.1 Premessa

Dal 6 ottobre 2012 la gestione dei materiali da scavo come sottoprodotti è disciplinata dalle nuove regole dettate dal D.M. Ambiente del 10 agosto 2012 n. 161 (pubblicato in G.U. del 21 settembre 2012, n. 221). La nuova disciplina sostituisce quella prevista dall'art. 186 del D.Lgs. 152/2006, conosciuto come "Codice ambientale", in virtù della delegificazione proposta dallo stesso codice. L'art. 186 consentiva di inserire le terre e le rocce provenienti dagli scavi, purché con caratteristiche merceologiche ed ambientali idonee, nel campo dei sottoprodotti gestibili con uno specifico "progetto di utilizzo", fuori dal più oneroso regime dei rifiuti. Sono sempre stati del tutto evidenti i benefici ambientali che derivano dall'utilizzo come sottoprodotto del materiale da scavo non inquinato, comportando un risparmio di risorse primarie, una limitazione degli interventi, spesso invasivi, per l'estrazione dei materiali (in primo luogo di sabbie e ghiaie) e la diminuzione di rifiuti inerti da portare a discarica. Il nuovo decreto ministeriale stabilisce ora criteri e adempimenti burocratici per gestire le terre e le rocce da scavo, prevedendo un controllo rigido lungo la filiera che va dalla produzione (scavo) al riutilizzo e disciplinando la stessa gestione in maniera in qualche modo diversa dal precedente regime di cui all'art. 186. Le nuove regole recate dal decreto riguardano il suolo ed il sottosuolo, compresi eventuali materiali di riporto in essi presenti, derivanti dalla realizzazione di opere di costruzione, demolizione (ad esclusione dell'abbattimento di edifici), recupero, restauro, ristrutturazione e manutenzione. Nel dettaglio si tratta di terre e rocce provenienti da scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee, ecc.), dalla costruzione di opere infrastrutturali (gallerie, dighe, strade, ecc.) e dalla rimozione e dal livellamento di opere in terra. Sono assimilati a materiali gestibili come sottoprodotto i materiali litoidi e tutte le altre frazioni granulometriche provenienti da escavazioni effettuate negli alvei, sia dei corpi idrici superficiali, che del reticolo idrico scolante, in zone golenali dei corsi d'acqua, spiagge, fondali lacustri e marini; ed ancora sono assimilati i residui di lavorazione di materiali lapidei (marmi, graniti, pietre), anche non connessi alla realizzazione di un'opera. Purché la composizione media della massa non presenti concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti massimi previsti dal regolamento, i materiali da scavo possono contenere anche calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per lo scavo meccanizzato. Il nuovo decreto ammette dunque tra i materiali di scavo gestibili come sottoprodotti quelli che contengono materiali di riporto, utilizzati ad esempio per riempimenti del terreno. Questa previsione è la conseguenza diretta dell'art. 3 del D.L. 2/2012, che stabilisce che la nozione di suolo di cui all'art. 185 del D.Lgs. 152/2006 deve essere riferita anche alla matrice "materiali di riporto". Secondo il decreto le condizioni per una legittima gestione dei materiali da scavo devono soddisfare i seguenti criteri:

- devono essere generati dalla realizzazione di un'opera senza costituirne la finalità diretta;
- devono essere riutilizzati nella stessa opera o in opera diversa, oppure in processi produttivi in sostituzione della materia prima;
- devono essere riutilizzati senza trattamenti diversi della "normale pratica industriale";
- devono rispondere a precisi requisiti di qualità ambientale. Qualora siano soddisfatti questi criteri, i materiali potranno essere gestiti come sottoprodotti nel rispetto del "Piano di Utilizzo" previsto all'art. 5 del decreto, che dovrà essere concordato con la pubblica Autorità responsabile dell'autorizzazione.

7.2 Suddivisione dei volumi di scavo

I volumi di scavo risultano come prodotto di tre tipologie principali di movimento terre.

1. Scavi a sezione obbligata
2. Sbancamento
3. Scoticamento

Gli **scavi a sezione obbligata** comprendono tutte le operazioni relative allo spostamento e il rifacimento di impianti e sottoservizi, nonché la realizzazione delle soglie previste lungo gli alvei di progetto e le opere accessorie.

Gli **scavi di sbancamento** comprendono gli ingenti movimenti terre derivanti:

- dalla realizzazione degli alvei temporanei previsti in progetto;
- dalle operazioni di risagomatura dei nuovi alvei del Rio San Gerolamo e del Rio Masone Ollastu;
- dalla preparazione dei piani di posa dei rilevati arginali;
- dalla realizzazione delle soglie previste lungo i tratti d'alveo;
- dalla realizzazione delle opere di difesa spondali;
- dalla realizzazione delle opere accessorie (es.: impianti di sollevamento e sottoservizi).

Le operazioni di **scoticamento**, sempre di profondità pari a cm. 20, comprendono:

- l'asportazione dei primi 20 cm di profondità di terreno in corrispondenza del nuovo alveo del Rio San Gerolamo;
- l'asportazione dei primi 20 cm di profondità di terreno in corrispondenza del nuovo alveo del Rio Masone Ollastu;
- l'asportazione dei primi 20 cm di profondità di terreno in corrispondenza della base dei rilevati arginali di tipo A, previsti in progetto;

- l'asportazione dei primi 20 cm di profondità di terreno in corrispondenza della base dei rilevati arginali di tipo B, previsti in progetto;

I quantitativi sono riassunti nelle seguenti tabelle:

LOTTO RIO SAN GEROLAMO

<i>scavo</i>			
	scavo di sbancamento RSG	mc	92258,79
	scavo di scotico e sbancamento rilevati arginali RSG	mc	6697,75
	scavo di sbancamento soglie RSG	mc	242,33
	scavo sezione trasversale soglie in gabbioni metallici	mc	936,90
	scavo canaletta arginale sx a monte	mc	224,11
	scavo piedi di fondazione dell'argine	mc	296,00
	scavo canaletta arginale sx a valle	mc	83,08
	scavo canaletta arginale dx a monte	mc	557,72
	scavo piede di fondazione massi ciclopici	mc	736,00
	scavo di sbancamento difese spondali	mc	22700,40
	scavo realizzazione diaframmi in cls	mc	113,60
	scavo spostamento canale CBSM	mc	2505,07
	scavi manufatti di immissione unidirezionali	mc	522,50
	scavo tubazione CAP DN 800	mc	824,70
	scavo condotta fognaria frazione san gerolamo alta	mc	577,12
	scavo sollevamento fognario e premente al servizio del RSG	mc	106,23
	scavo per tubo passaggio cavi enel e telecom	mc	236,00
	scavo attraversamento argini per condotte in CAP esistenti	mc	215,44
	scavo altre interferenze	mc	600,00
	TOTALE	mc	130433,7

LOTTO RIO MASONE OLLASTU

scavo		
scavo di sbancamento RMO	mc	8577,15
scavo di scotico e sbancamento rilevato arginale sx RMO	mc	356,50
scavo di sbancamento soglie RMO	mc	50,40
scavo canaletta arginale sx a monte	mc	73,15
scavo di sbancamento difese spondali	mc	2247,44
scavi manufatti di immissione unidirezionali	mc	99,03
scavo condotta CACIP via dei genovesi DN800 CAP	mc	936,83
scavo condotta CACIP parallela alla SS195 DN800	mc	94,12
scavo manufatto derivazione dalla condotta CACIP	mc	826,50
scavo condotta fognaria da poggio dei pini DN350	mc	244,58
scavo condotta fognaria da RSG DN350	mc	237,55
scavo condotte idriche DN150 e DN100	mc	188,97
scavo spostamento sollevamento fognario in sponda dx	mc	594,28
scavo condotta premente sollevamento fognario in sponda dx	mc	157,22
scavo immissione condotta da Bacalam	mc	38,40
attraversamento argini dalle condotte	mc	68,70
scavo canaletta argine sx Rsg	mc	223,59
scavo sbancam sistemaz tra argine e SS195	mc	1209,92
scavo di sbancamento sistemazione disalveo RSG	mc	18274,53
scavo immissione bacino secondario	mc	338,13
TOTALE	mc	35524,55

Tabella 1 – Riepilogo dei volumi di scavo.

7.3 Suddivisione dei materiali e processi di produzione e impiego

In seguito alle analisi granulometriche effettuate in tale fase progettuale è emerso che i sedimenti sono ascrivibili alle classi granulometriche A2-4, A2-6 ,A1a e A1b .

Si tratta dei volumi di scavo caratterizzati da intervalli granulometrici e valori di plasticità caratterizzati da componenti limo-argillosi idonei ad essere riutilizzati nella realizzazione dei rilevati arginali previsti in progetto. In fase di esecuzione dei lavori sarà necessaria una corretta selezione granulometrica dei materiali che permetta di ottenere terre con caratteristiche fisiche e meccaniche di tipo A2-A4 (previste nel progetto preliminare) della classificazione CNR-UNI 10006, con contenuto in sabbia non superiore al 50%, indice di plasticità inferiore al 25% e coefficiente di permeabilità K minore o uguale a 10^{-7} m/s.

Il volume di tali materiali necessari per la realizzazione dei rilevati arginali è pari 34.825,88 mc per il Lotto Rio San Gerolamo e 3.509,22 mc per il Lotto Rio Masone Ollastu.

In merito al riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi è necessario, distinguere i materiali necessari per la realizzazione dei rilevati arginali, a causa delle differenti esigenze in termini di classificazione delle terre (A4). La costruzione delle difese arginali, richiede l'utilizzo di materiali dotati, secondo la classificazione CNR UNI 10006, di caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni tipo A6 con contenuto in sabbia non inferiore al 15%. Attraverso le indagini geognostiche eseguite nel settore in esame, si è constatata la presenza diffusa, nei primi metri di profondità, di materiale essenzialmente sabbioso-ghiaioso provenienti dallo smantellamento dei retrostanti rilievi granitici costituenti il bacino idrografico dei rii interessati. Tali sedimenti, caratterizzati da scheletro medio-abbondante e da granulometrie ben classate, contengono una preponderante frazione grossolana (classe A1a, A2-4). Tuttavia il materiale di scotico (i primi 0-40 cm di scavo), è caratterizzato invece dalla presenza di frazione argillosa con caratteristiche fisico-meccaniche idonee per la realizzazione dei rilevati arginali. Una corretta selezione dei materiali ottenuta dal risezionamento dell'alveo, combinata ai materiali ottenuti dalle operazioni di scotico, permetterà di ottenere terre con caratteristiche fisiche e meccaniche di tipo A4 (previste nel progetto preliminare) della classificazione CNR-UNI 10006, con contenuto in sabbia non superiore al 50%, indice di plasticità inferiore al 25% e coefficiente di permeabilità K minore o uguale a 10^{-7} m/s.

La formazione dei rilevati avverrà con materiali provenienti dagli scavi attraverso la stesa alternata, per spessori di 20 cm di materiale a matrice sabbiosa e limo-argillosa che, attraverso l'impiego di fresa idraulica verranno opportunamente miscelati e progressivamente compattati in modo da ottenere una densità secca di ca. 95% della massima ottenibile in laboratorio con prova Proctor standard e contenuto d'acqua $\pm 2\%$ di quello ottimale di laboratorio.

Figura 13
Superfici



interessate dalla realizzazione dei rilevati arginali e dei principali rinterri (in corrispondenza con i vecchi alvei).

Nell'ambito delle operazioni di riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi è stata prevista l'operazione di vagliatura del materiale, al fine di recuperare la maggior parte delle terre riutilizzabili nelle lavorazioni all'interno del cantiere (pietrame per gabbionate, inerti da miscelare nella composizione granulometrica dei rilevati arginali, sagomature degli alvei, imbottimenti e rinterri).

I vantaggi sono di carattere tecnico, ambientale ed economico.

Il fine di poter eseguire tale lavorazione e visti gli ingenti quantitativi da trattare è stato previsto un vaglio mobile in grado di vagliare 120 -180 mc/ora di materiale.

Sono stati ipotizzati dei depositi temporanei all'interno delle aree interessate dalle lavorazioni in maniera tale da minimizzare gli eventuali flussi di movimento dei mezzi meccanici al di fuori del perimetro dei lavori e minimizzare le distanze da percorrere interne al cantiere (Figura 9).

I terreni di coltura, costituiti dallo strato superficiale ricco di materia organica e sede di attività microbica, movimentati durante la preparazione delle aree di cantiere, la creazione della viabilità interna e lo scotico dei primi 15 cm sia della base dei rilevati arginali che della risagomatura del nuovo alveo, verranno depositati temporaneamente e resi disponibili per le operazioni di rinaturalizzazione delle opere idraulica (fondo e sponde alveo, strato vegetale di rivestimento arginale e realizzazione del ripristino ambientale).

I materiali costituenti lo strato sottostante (da -15 a -40 cm), movimentato durante la preparazione dei fronti di scavo verranno depositati temporaneamente e preparati per la miscelazione con le terre da scavo da utilizzare nella realizzazione dei rilevati arginali.

Ricapitolando, i materiali risultanti dai movimenti terre previsti in progetto saranno riutilizzati secondo le modalità riassunte nella tabella sottostante.

Provenienza	Riutilizzo
Scotico proveniente da base argini	Terreno vegetale da semina per rivestimento arginale
Scavo nuovo alveo	Consolidamento difese spondali
	Invio a sito di destinazione (rilevato nuova SS 195, SS195 Sulcitana)

Tabella 1 – Provenienza e riutilizzo principali dei materiali escavati in fase di esecuzione delle opere.

Tutti i depositi risultano ubicati in prossimità delle aree interessate dalla realizzazione dei rilevati arginali. Tale scelta consente di minimizzare i movimenti terre sia in fase di lavorazione che in fase di selezione e miscelazione.

Il vaglio mobile avrà così la possibilità di spostarsi da un deposito all'altro attraverso la viabilità interna concepita nell'elaborazione delle lavorazioni previste.

Qualora in fase di realizzazione dei rilevati arginali si constatasse l'inadeguatezza effettiva del materiale utilizzato proveniente dagli scavi si può prevedere che tale materiale possa essere sottoposto anche alla **stabilizzazione** a calce, in modo da ottenere le caratteristiche geotecniche necessarie per la loro realizzazione. Qualora necessario si ipotizza anche la miscelazione con materiali argillosi provenienti da cave di prestito.

I materiali da scavo non riutilizzati all'interno dello stesso sito di produzione, quantificabili in 78.539,25 mc per il Lotto Rio San Gerolamo e 18.726,37 mc per il Lotto rio Masone Ollastu, potranno essere riutilizzati in una delle soluzioni di seguito esposte:

- **Soluzione 1** – Riutilizzo del materiale in esubero per il rifacimento dei ponti in corrispondenza del Rio San Gerolamo e Rio Masone Ollastu (cantiere SS 195 “Sulcitana” - Lavori di demolizione e ricostruzione dei ponti in corrispondenza del Rio San Gerolamo, al km 12+650, e del Rio Masone Ollastu, al km 13+250, e raccordo con il tratto stradale intermedio).
- **Soluzione 2** – Riutilizzo come rilevato stradale nella realizzazione di una parte della Nuova S.S. 195, nello specifico aree relative al rilevato RI01 ed RI02 tra le progressive km 10+200 e 14+778
- **Soluzione 3** – Il materiale in esubero che non verrà utilizzato nelle due soluzioni sopra descritte, verrà conferito presso gli impianti di recupero di Capoterra della ditta In. Fra. Srl (come da lettera di disponibilità agli atti).

I materiali residui provenienti dalle operazioni di scavo e sbancamento corrispondono ad un volume pari a **97265,30 mc.**

<i>materiale da conferire per la Nuova S.S.195, SS Sulcitana o impianti In. Fra S.r.l.</i>	mc
totale movimenti terre	165 958.3
totale materiali riutilizzati	68 693
	97 265,30

Tabella 8 – Materiali riutilizzati all'interno delle lavorazioni di cantiere.

7.3.1 Sito di deposito intermedio esterno al cantiere

Nello studio preliminare ambientale relativo alla Sistemazione idraulica del Rio San Gerolamo – Masone Ollastu, dell'ottobre 2010 veniva ipotizzata la presenza di una area di stoccaggio esterna al cantiere, atta al deposito dei materiali provenienti dalle lavorazioni. Tale area, con superficie pari a ca. 200.000 mq, risulta ubicata poco più a Nord dell'area di cantiere, ad una distanza di ca. 200 m dal Lotto rio San Gerolamo e ad una distanza di circa 1 Km dal Lotto rio Masone Ollastu.

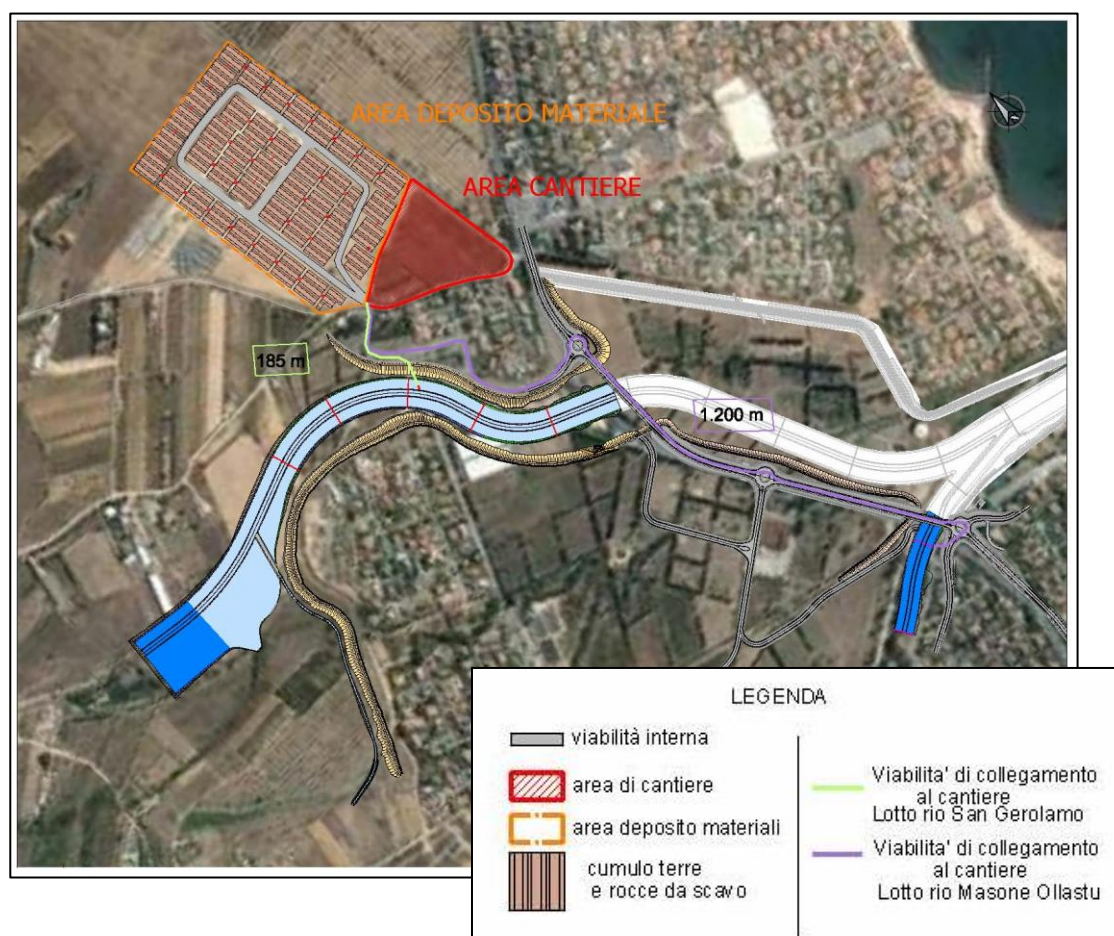


Figura 14 – Ubicazione dell'area di cantiere (rosso), dell'area di stoccaggio (arancione) e della viabilità di collegamento in viola per il Lotto rio Masone Ollastu e in verde per la viabilità del Lotto rio San Gerolamo.

In tale fase progettuale si ritiene sufficiente la disponibilità di un'area avente una superficie realmente meno vasta (ca. 100.000 mq), in grado di accogliere un volume di terre provenienti dalle operazioni di scavo e sbancamento come residui dalle lavorazioni del Rio San Gerolamo e del Rio Masone Ollastu. La presenza di tale area risulta indispensabile per lo stoccaggio temporaneo dei materiali qualora i tempi di realizzazione dell'opera comprendente il sito di destinazione denominato "*Soluzione 1 e Soluzione 2*" (**Nuova S.S. 195- S.S. 195 Sulcitana**), non risultassero in perfetta concomitanza con i tempi di realizzazione delle opere di sistemazione idraulica del Rio San Gerolamo e del Rio Masone Ollastu.

La presenza del deposito temporaneo esterno al cantiere consentirebbe inoltre di liberare le aree di cantiere e di occupazione temporanea dai cumuli presenti nei depositi temporanei (vedere l'elaborato "*Piano di cantierizzazione*"), conferendo così immediata stabilità dal punto di vista idraulico come stabilito in fase progettuale.

La possibilità di stoccare tali materiali per un anno di tempo dal termine contrattuale di ultimazione dei lavori consente di avere maggiore sicurezza di disponibilità del sito di destinazione dei materiali da scavo o, in caso di insorgenza di impedimenti o complicazioni, di optare per la soluzione alternativa "*Soluzione 3*" (impianti In. Fra. S.r.l.).

7.3.2 Sito di destinazione dei materiali da scavo (diverso da quello di produzione)

I materiali da scavo non riutilizzati all'interno dello stesso sito di produzione potranno essere riutilizzati in una delle soluzioni di seguito esposte. Per quanto riguarda i siti di destinazione dei materiali da scavo diversi dal sito di produzione, i percorsi e le modalità di trasporto differiscono a seconda della soluzione alternativa.

- **Soluzione 1** – Riutilizzo del materiale in esubero per il rifacimento dei ponti in corrispondenza del Rio San Gerolamo e Rio Masone Ollastu (cantiere SS 195 “Sulcitana” - Lavori di demolizione e ricostruzione dei ponti in corrispondenza del Rio San Gerolamo, al km 12+650, e del Rio Masone Ollastu, al km 13+250, e raccordo con il tratto stradale intermedio).

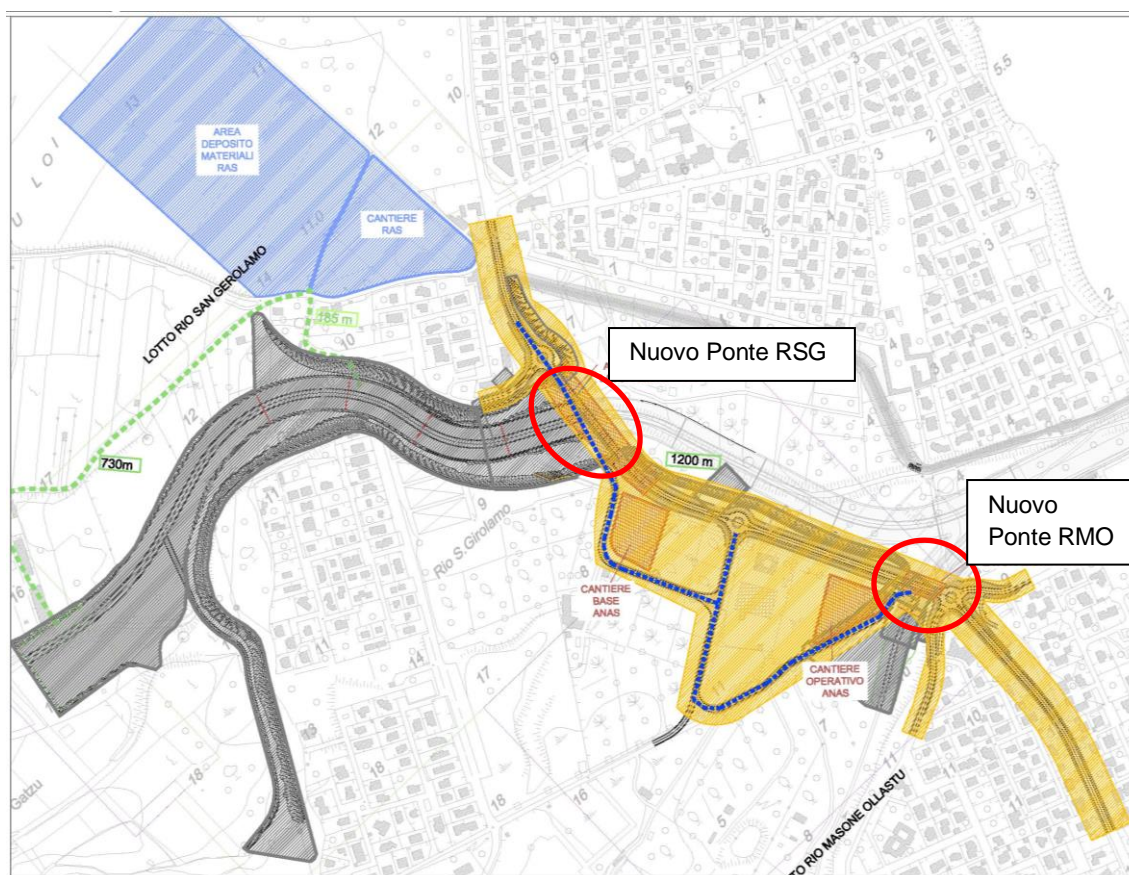


Figura 15 Soluzione 1 - SS 195 “Sulcitana” - Lavori di demolizione e ricostruzione dei ponti in corrispondenza del Rio San Gerolamo, al km 12+650, e del Rio Masone Ollastu, al km 13+250

Nel caso in cui il sito di destinazione denominato “Soluzione 1”, risultasse in perfetta concomitanza con i tempi di realizzazione delle opere di sistemazione idraulica del Rio San Gerolamo e del Rio Masone Ollastu, data la prossimità dei cantieri si avrebbe un’ottimizzazione nel trasporto dei materiali, portando quindi ad un notevole risparmio economico e la riduzione degli impatti su diverse matrici ambientali (atmosfera, rumore). La richiesta di approvvigionamento dall’esterno di materiali necessari per la realizzazione delle opere previste da parte di Anas, quantificabili in 76.666 m³ pertanto verrebbe pienamente soddisfatta dai materiali di scavo in esubero provenienti dalla sistemazione idraulica dei rii. Nel caso in cui i tempi di realizzazione non dovessero coincidere, il materiale in esubero verrà depositato temporaneamente presso il sito di deposito temporaneo, in attesa di una richiesta di approvvigionamento da parte di ANAS.



Si è calcolato che saranno necessari circa 4.000 viaggi (autocarri da 20 mc) per il trasporto del materiale in esubero nel sito di deposito temporaneo.

È prevista la tracciabilità GPS per ogni mezzo di trasporto dei materiali all'esterno dell'area di cantiere.

Si precisa che la “soluzione 1” è difficilmente percorribile in quanto l’Agenzia del Distretto Idrografico, nella Delibera prot. n. 6197 del 20/06/2016 di approvazione dello studio di compatibilità idraulica ha prescritto come l’esecuzione degli interventi di canalizzazione ed arginatura siano subordinati alla realizzazione di quelli Anas al fine di non aumentare il rischio idraulico del territorio.

- **Soluzione 2**

Riutilizzo come rilevato stradale nella realizzazione della Nuova S.S. 195, nello specifico nelle aree relative al rilevato RI01 ed RI02 tra le progressive km 10+200 e 14+778.

In tali aree, parte delle quali già individuate per il conferimento del materiale scavato dal primo intervento di sistemazione dell'alveo del San Girolamo, alla data odierna non è ancora stato dato corso all'approvvigionamento dei materiali da cava per la realizzazione dei rilevati e lungo le stesse potrebbe essere riutilizzato il materiale di cui trattasi.

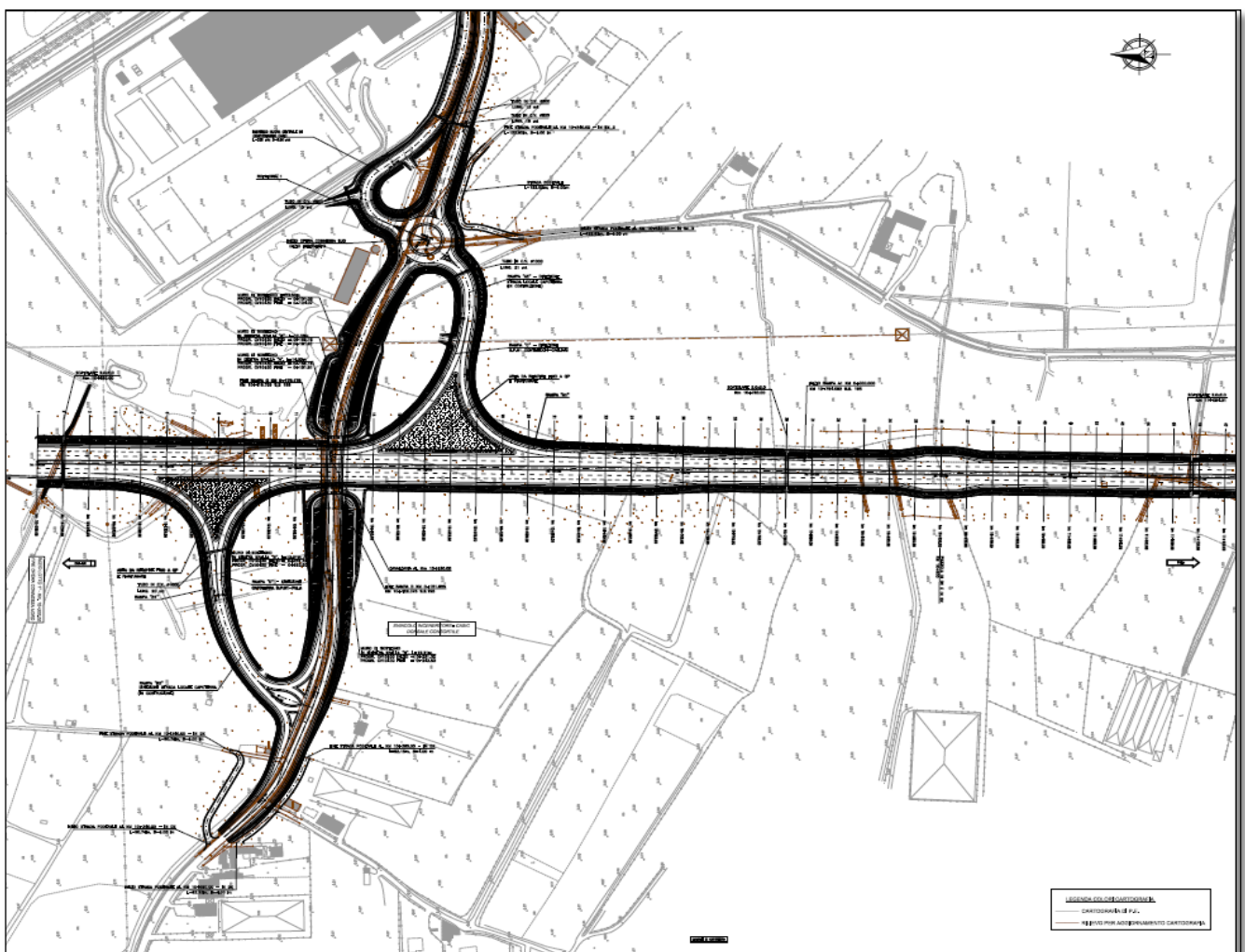


Figura 4 Tratto di strada interessato da conferimento di materiale

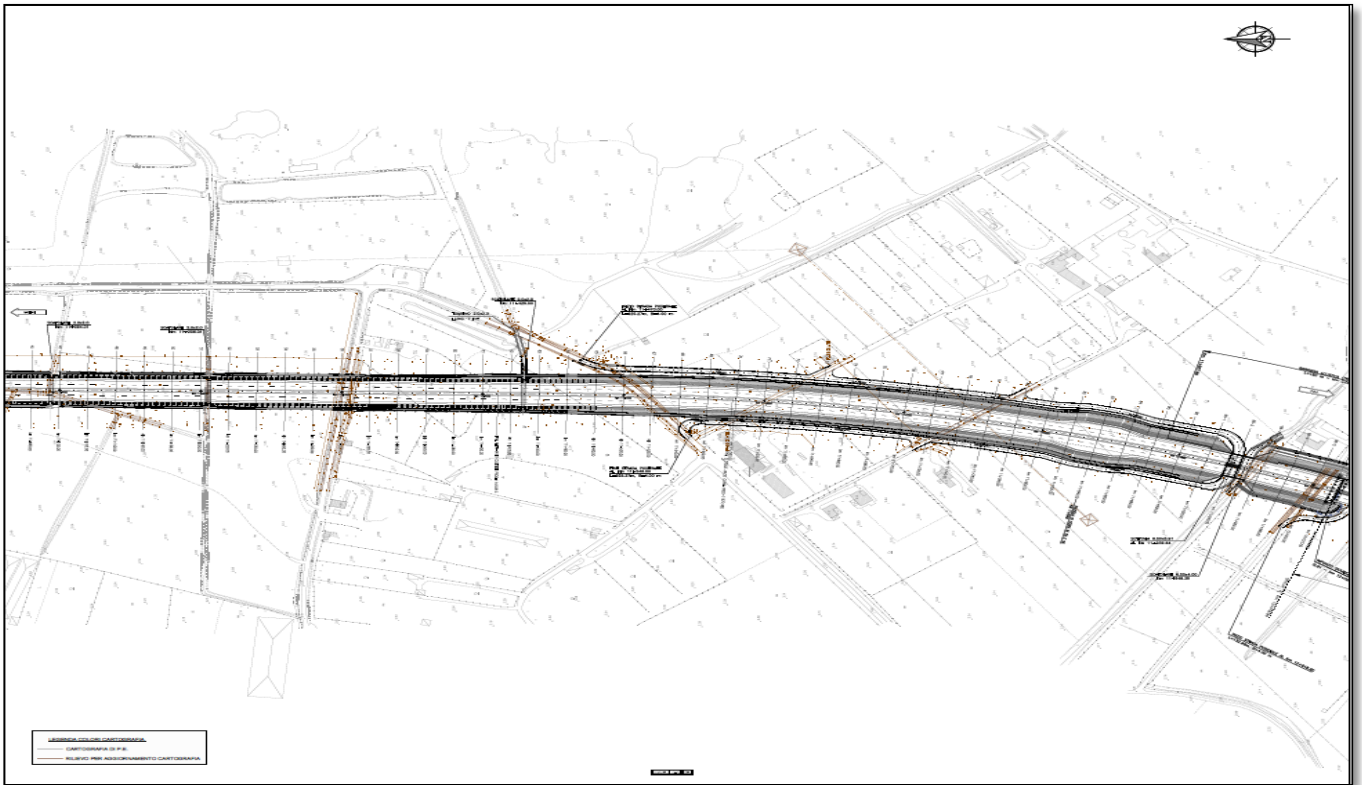


Figura 5 Tratto di strada interessato da conferimento di materiale

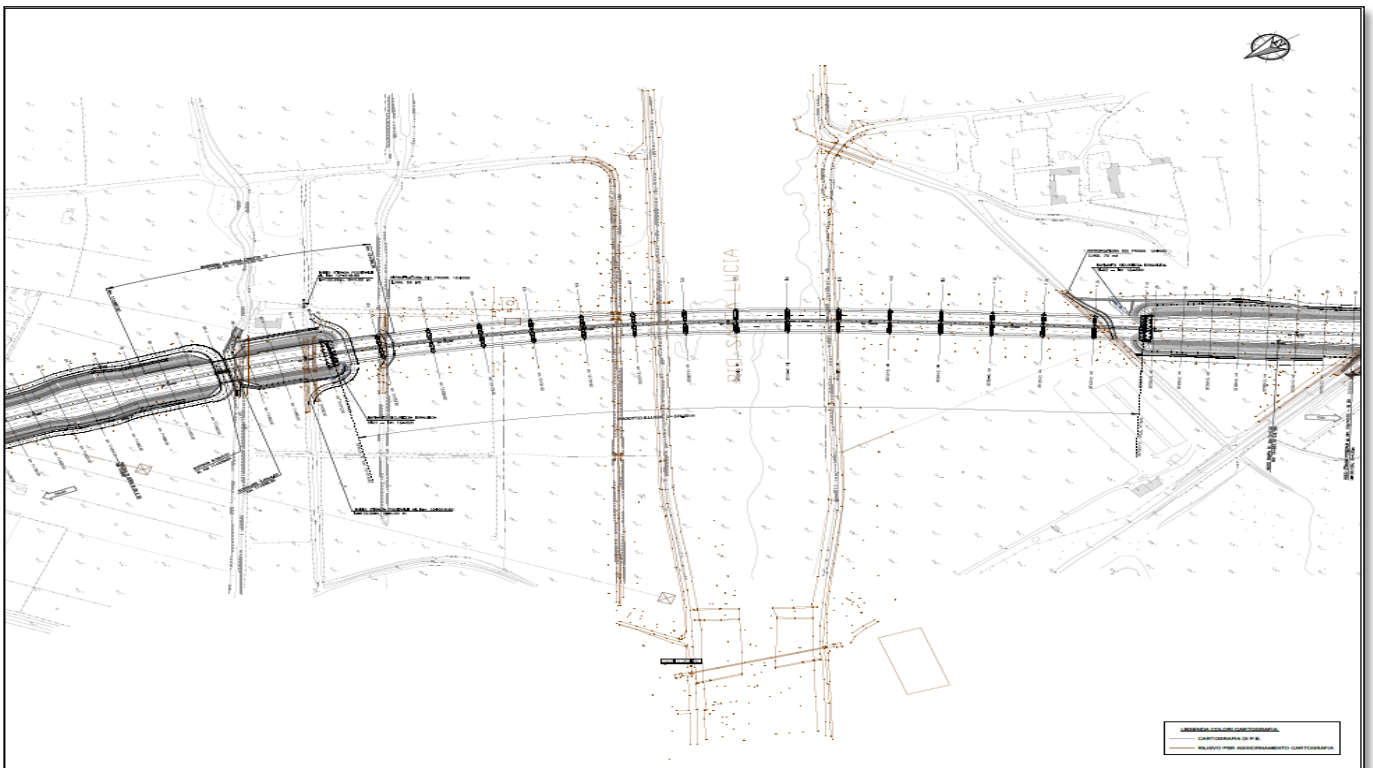


Figura 6 Tratto di strada interessato da conferimento di materiale

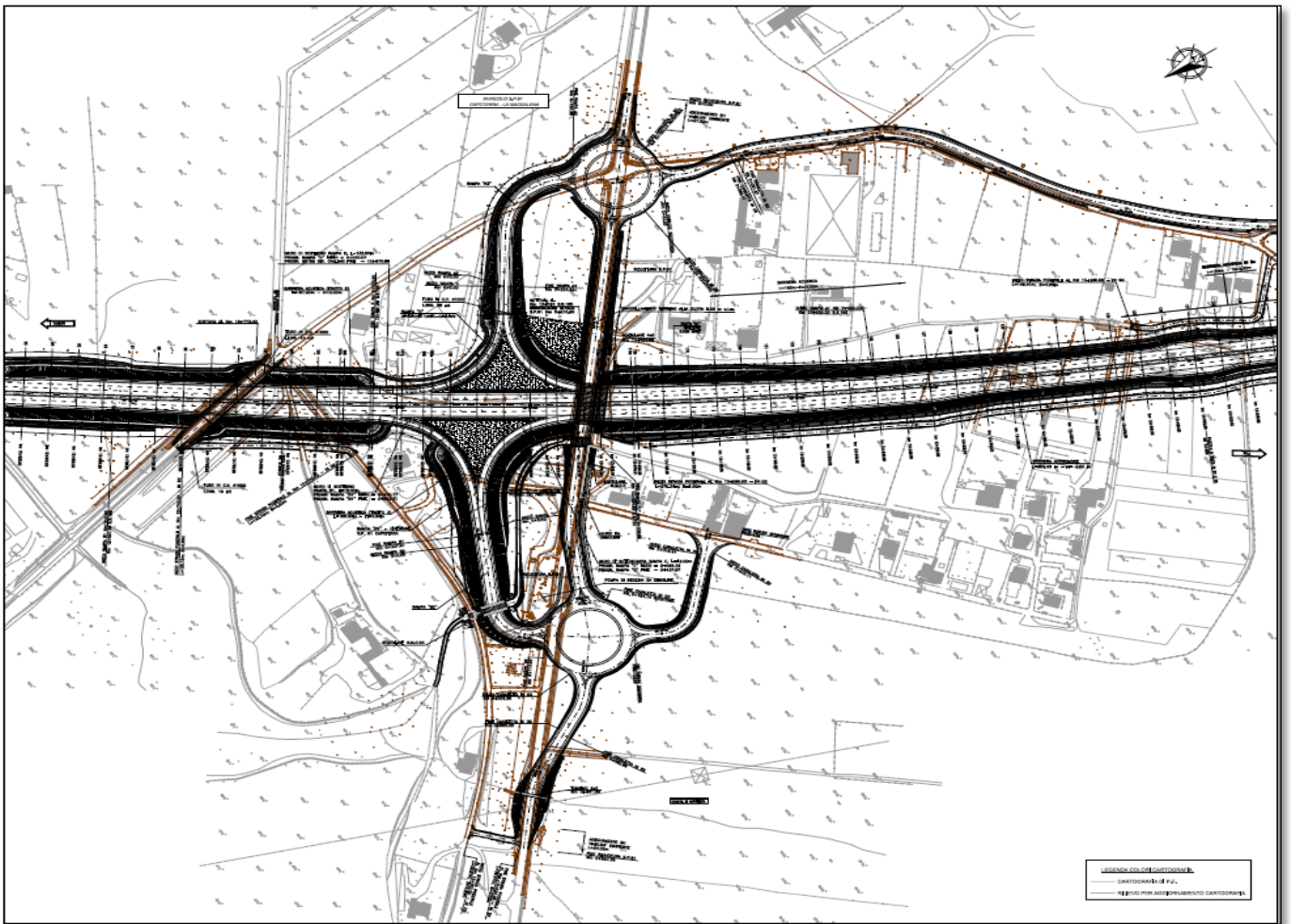
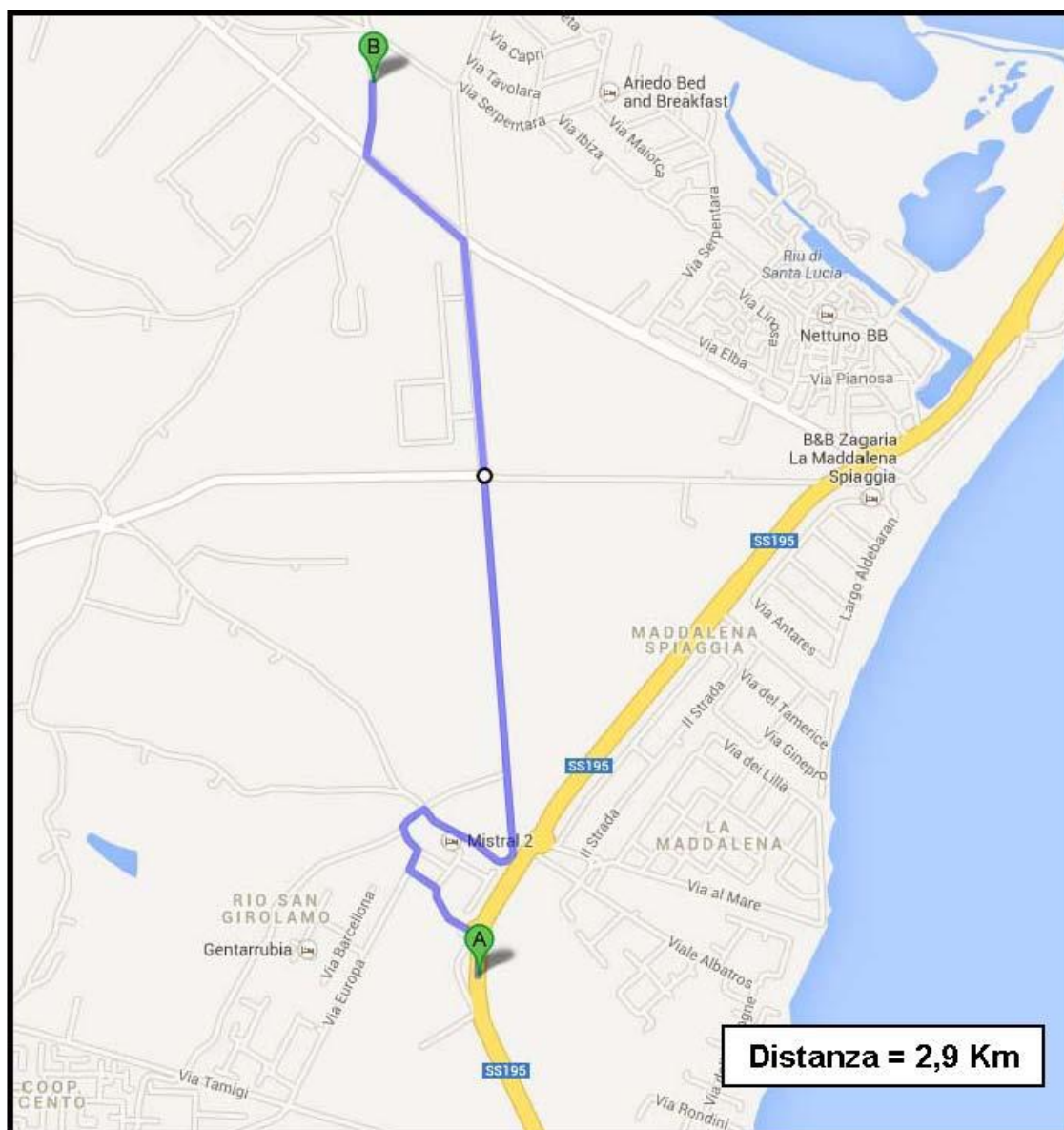


Figura 7 Tratto di strada interessato da conferimento di materiale

Il trasporto dei materiali residui dai depositi temporanei ubicati nel sito di produzione all'area di realizzazione del rilevato della Nuova S.S.195 rilevati RI01 ed RI02 tra le progressive km 10+200 e 14+778, avverrà a mezzo strada. Nel caso in cui i tempi di realizzazione non dovessero coincidere, il materiale in esubero verrà depositato temporaneamente presso il deposito temporaneo della Nuova SS.195, raggiungibile dopo un breve tratto di vie interne adiacenti il cantiere, la Strada Vicinale "Su Loi-Tanca Nissa" (2 Km), la S.P. 91 (300 m) e la Strada Vicinale Sarroch-Assemini (200 m).



Si è calcolato che saranno necessari circa 3.280 viaggi (autocarri da 20 mc) per una distanza di 2,9 Km. È prevista la tracciabilità GPS per ogni mezzo di trasporto dei materiali all'esterno dell'area di cantiere.

- **Soluzione 3**

Il materiale in esubero che non verrà utilizzato nelle due soluzioni sopra descritte, verrà conferito presso gli impianti di recupero di Capoterra della ditta In. Fra. Srl (come da lettera di disponibilità agli atti) ubicati rispettivamente nei Comuni di Assemmini e di Uta.

La soluzione prevede il conferimento del materiale in esubero presso gli impianti di frantumazione, riciclo e recupero inerti della ditta In. Fra. S.r.l. ubicati rispettivamente nei Comuni di Assemmini e di Uta.

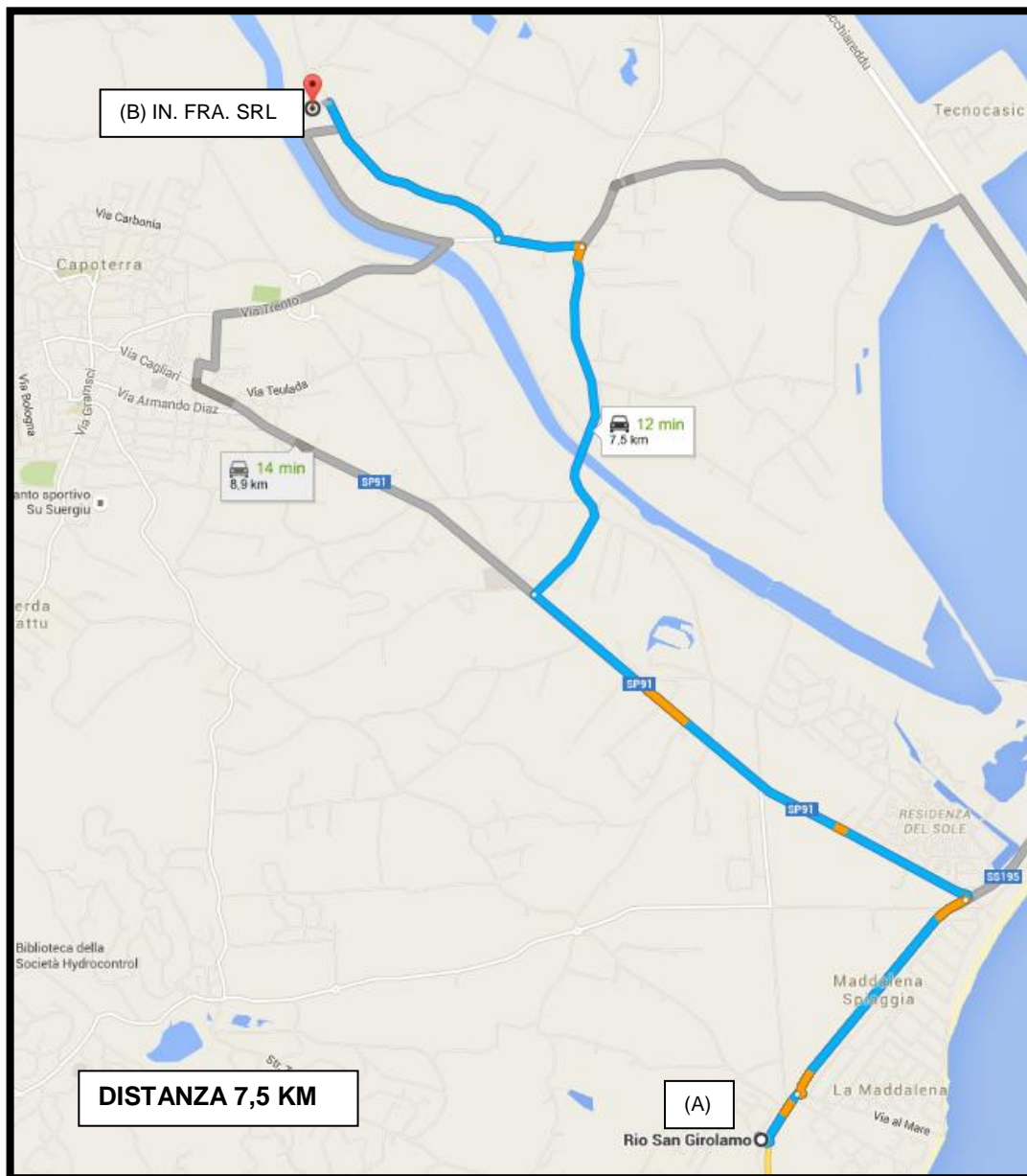


Figura 16 - Distanza da percorrere tra il cantiere del Rio San Gerolamo (A) e gli impianti In. Fra. Srl (B)

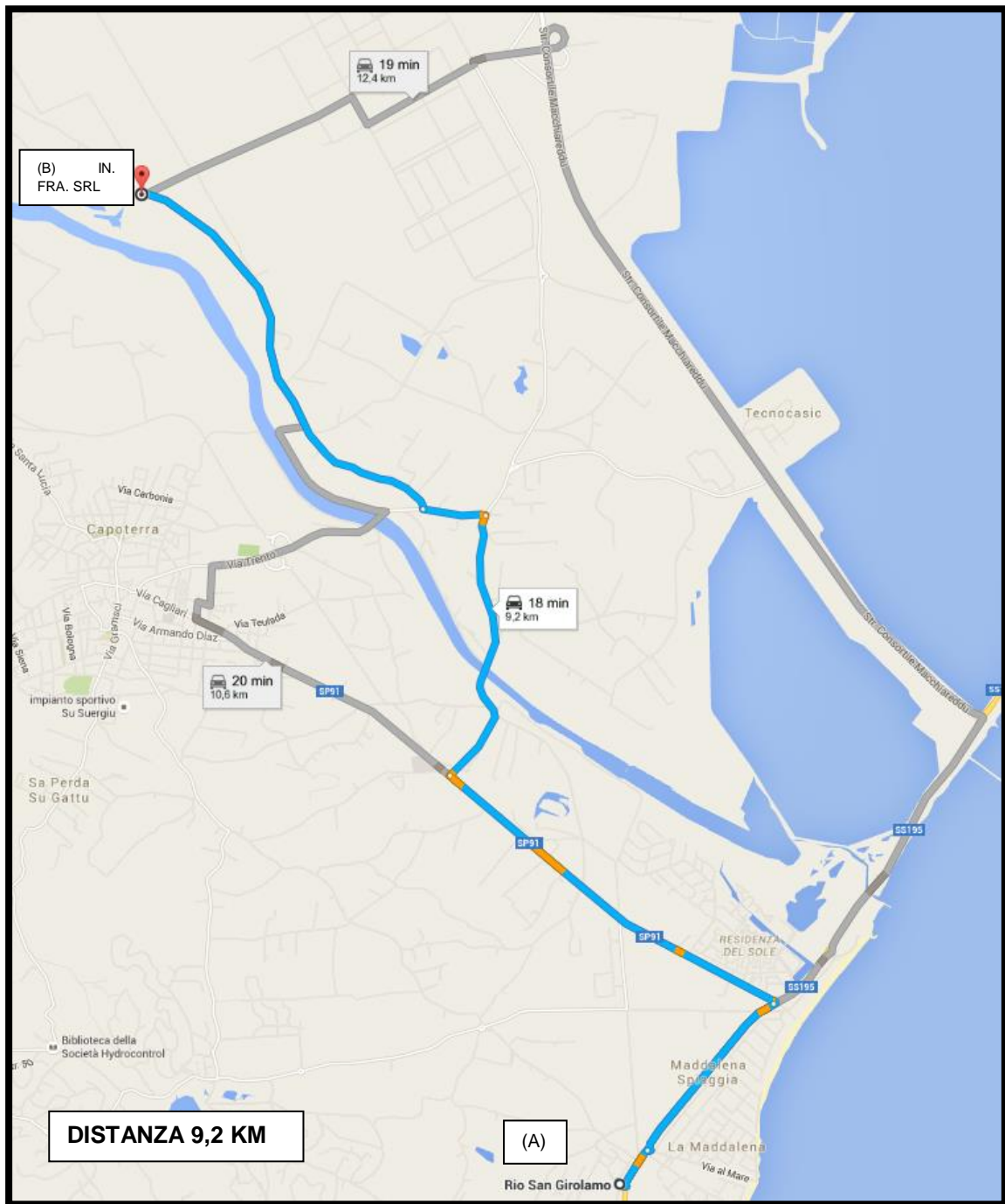


Figura 17 Distanza da percorrere tra il cantiere del Rio San Gerolamo (A) e gli impianti della ditta In. Fra. Srl ad Uta (B)

Il trasporto avverrà a mezzo strada, percorrendo in sequenza la S.S. 195 (1,5 Km), la strada provinciale SP91 (2,5 Km), e una strada interna per altri 3,5 Km e nel caso della secondo impianto per 5,2 Km. Saranno utilizzabili anche i percorsi alternativi evidenziati in grigio nella planimetria di cui alla figura 8 e 9. Si è calcolato che saranno necessari circa 4.320 viaggi (autocarri da 20 mc) per una distanza di circa 10 Km.

È prevista la tracciabilità GPS per ogni mezzo di trasporto dei materiali all'esterno dell'area di cantiere.

Tutte le soluzioni, come evidenziato nel diagramma a blocchi (vedi figura 7), contengono l'eventuale presenza del deposito esterno, atto ad ospitare i materiali in esubero dalle operazioni di scavo del Rio San Gerolamo e Rio Masone Ollastu per la durata di un anno dal termine dei lavori.

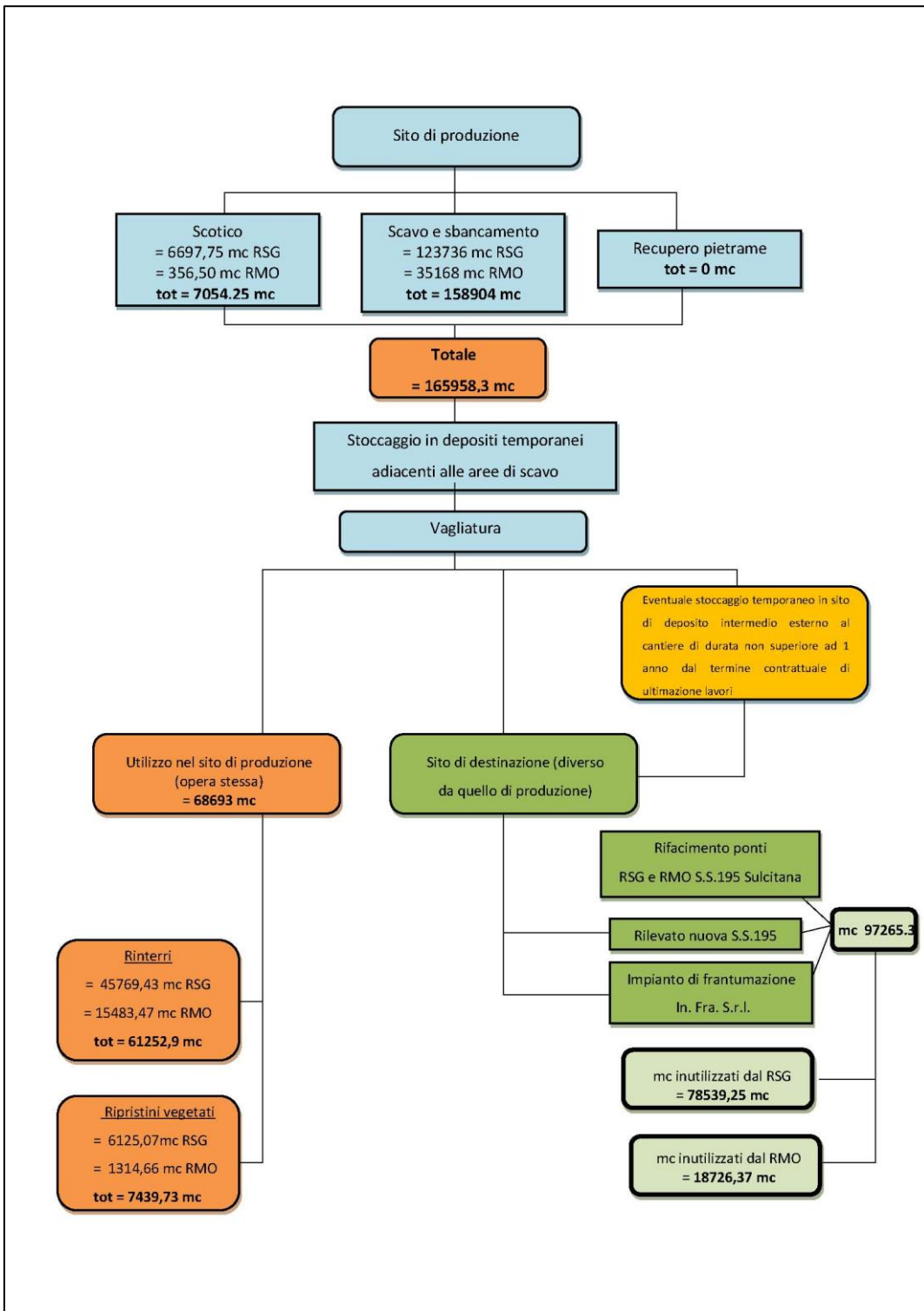


Figura 18– Diagramma a blocchi delle attività di gestione dei materiali da scavo relativi alla Soluzione 1 e 2 e 3.