



ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 41/08

LAVORI DI COSTRUZIONE DEL 3° MEGALOTTO DELLA S.S. 106 JONICA - CAT. B - DALL'INNESTO CON LA S.S. 534 (km 365+150) A ROSETO CAPO SPULICO (km 400+000)

PROGETTO ESECUTIVO

PIANO GESTIONE MATERIE E CANTIERIZZAZIONE

Valutazione indagini di caratterizzazione ambientale di terreni e acque sotterranee

CONTRAENTE GENERALE: Società di Progetto

SIRJO S.C.p.A.

Presidente:

Dott. Arch. Maria Elena Cuzzocrea

PROGETTAZIONE :



Il progettista: Dott. Ing. S.Lieto

Consulenti:

- STE - Progetto stradale ed Idraulica
ROCKSOIL - Opere in sottterraneo
ITALCONSULT/SETECO - Strutture
GEODATA - Geologia e Idrogeologia
GES - Geotecnica
CINIGEO - Gallerie grisuose
ECOPLAME - Ambiente
LAND - Archeologia
PROMETEOENGINEERING.IT - Sicurezza ed Impianti
Ing. F.GATTO - Interferenze
TECO - Espropri

Il coordinatore per la sicurezza: ing. L.A. Gargiulo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. R. Lapenta



Rep.:

Scala di rappresentazione:

Codice Progetto:

Codice Elaborato:

Grid of project and elaboration codes: L O 7 1 6 C E 1 9 0 1 T 0 0 G E N O C A N R E 0 6 A

Table with 6 columns: Rev., Data, Descrizione, Redatto, Verificato, Approvato. Row 1: A, 15.04.2019, Emissione, -, -, Ing. S. Lieto

**DG 41/08**

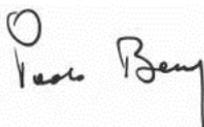
**3° MEGALOTTO S.S. 106 “JONICA”**

**TRATTA INNESTO S.S. 534 – ROSETO CAPO SPULICO**

**VALUTAZIONE DELLE INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE  
AMBIENTALE DI TERRENI E ACQUE SOTTERRANEE IN AREE  
LIMITROFE AL TRACCIATO DELLA DG 41/08**

Prof. Ing. Paolo Berry

già Ordinario della Cattedra di “Arte Mineraria” ed “Ingegneria e Sicurezza degli Scavi”  
della Scuola di Ingegneria e Architettura, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna



Ph.D. Ing. Annalisa Bandini

Ph.D. Ing. Carlo Cormio





**Pagina intenzionalmente bianca**

## Competenze di SERENGEO nell'Ingegneria Ambientale e degli Scavi

SERENGEO S.r.l., spin-off accreditato dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, è costituito da ricercatori universitari che trasferiscono lo stato delle conoscenze tecniche e scientifiche più avanzate al settore dell'Ingegneria degli scavi.

SERENGEO svolge attività di consulenza, progettazione, ricerca scientifica avanzata, determinazione di valori delle caratteristiche fisico – meccaniche di materiali ed ammassi rocciosi con prove di laboratorio ed in situ.

SERENGEO detiene il know how tecnico – scientifico più avanzato che ha sviluppato in ambito universitario, collaborando con Istituti di Ricerca italiani ed esteri, pubblici e privati nello sviluppo ed applicazione di soluzioni innovative nei settori dell'ingegneria mineraria, ambientale e della sicurezza, della meccanica delle rocce e della geotermia.

Sono numerose (oltre 300) le pubblicazioni scientifiche redatte dai soci di SERENGEO sui diversi temi di Geo-Ingegneria di cui sono competenti.

Tra le pubblicazioni su riviste e gli atti di conferenze nazionali ed internazionali, sono da citare i seguenti contributi rilevanti sul tema dell'ingegneria Ambientale e degli Scavi:

- Ballestrazzi P., Berry P. et al. (1989) Progettazione “ambientale” dell'attività estrattiva. Processi di valutazione dell'impatto ambientale, metodi di coltivazione, recupero e riutilizzi. In: Zone ad alto impatto: progetto, gestione e recupero di discariche, cave, miniere ed aree “difficili” o inquinate — Pirola Editore - Milano, pp. 287 ÷ 417, 1989.
- Berry P., Sammarco O. (1991) **Atmospheric Contaminants in the Niccioleta Mine**. Proc. 24th Int. Conf. of Safety in Mines Research Institutes, Vol. I, pp. 107 ÷ 118 Donetsk, USSR, 1991.
- Berry P. et al. (1991) **Criteri di controllo dell'inquinamento da mezzi diesel in sottoterraneo**. Atti del Convegno Nazionale su: “Lavoro e salute in miniera ed in cava: inquinamento da polveri e gas e patologia respiratoria. Sicurezza e aspetti legislativi in miniera”, pp. 108 ÷ 123, Massa Marittima, 1991.
- Berry P. (1992) **Environmental Issues in Porphyry Quarrying**. Proc. 2nd Int. Conf. on Environmental Issues and Management of Waste in Energy and Mineral Production, ed. R.K. Singhal, A.K. Mchrotra, K. Fitas, J.L. Collins, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, pp. 207 ÷ 218, Calgary, Alberta, Canada, 1992.
- Ballestrazzi P., Berry P., Sbarzaglia D. (1994) **Cave in sottoterraneo ed a cielo aperto. Importanza delle scelte progettuali per la tutela ambientale**. III Congr. Italo Brasiliano di Ingegneria Mineraria — Sess. A/b, pp. 40 ÷ 47, Verona, 1994.
- Berry P. (1995) **Subsidenza indotta dalla realizzazione di gallerie**. L'Ingegnere e l'Architetto, Tecniche aggiornate per lo scavo di gallerie — 2a parte, pp. 53 ÷ 83, anno II, nuova serie, 9 ÷ 12/1995.
- Berry P., Savi A. (1996) **Previsione del microclima nelle gallerie**. L'Ingegnere e l'Architetto, Tecniche aggiornate per lo scavo di gallerie — 3a parte, pp. 22 ÷ 46, anno 3, n 3. nuova serie, 9 ÷ 12/1996.
- Ballestrazzi P., Berry P., Fabbri S. (1998) **L'utilizzazione industriale degli scarti di cava: stato attuale, prospettive ed aspetti ambientali**. Atti della Tavola rotonda: Economia e gestione industriale dell'ambiente. Le materie prime secondarie, la demolizione e il riciclaggio, Genova, pp. 55 ÷ 59, maggio 1998.
- Berry P. (1998) **Relazione Generale: Il riciclaggio: problemi e prospettive**. Atti della Tavola rotonda: Economia e gestione industriale dell'ambiente. Le materie prime secondarie, la demolizione e il riciclaggio, Genova “De Build”, pp. 3 ÷ 5, maggio 1998.

- Ballestrazzi P., Berry P., Fabbri S. (1998) Problematiche attuali al fine della razionalizzazione del settore estrattivo (pianificazione, procedure e codici per la sicurezza, l'igiene del lavoro, progettazione ed impatto ambientale e sequenza di ricomposizione o recuperi). Atti del Convegno su: Attività estrattiva e salvaguardia dell'ambiente: metodologie e tecniche di risistemazione e recupero, Caserta, pp. 31 ÷ 88 , ottobre 1998.
- Ballestrazzi P., Berry P., Blengini G.A., Fabbri S., Rocca Bonini D., Veneroso C. (1999) **Proposte per una normativa sul riciclaggio dei rifiuti speciali**. Atti della Tavola rotonda su: Demolizioni, impianti di riciclaggio ed attività estrattiva, DE-BUILD, Genova, maggio 1999, Quarry and Construction, Parma, pp. 83 ÷ 94, luglio 1999.
- Berry P., Dantini E.M., Lunardi P. (1999) **Pressioni in aria e sismi indotti in opere sotterranee da volate in galleria**. Atti del Convegno Nazionale su: Attualità e problematiche degli scavi di gallerie in Italia, Verona, pp. 121 ÷ 128 e 131, marzo 1999.
- Berry P., Pistocchi A., Neri D. (2000) **Un approccio geografico multicriterio per la valutazione dell'impatto ambientale da attività estrattive**. Genio rurale – estimo e territorio, Anno LXIII, n° 3. pp. 11 – 22, marzo 2000.
- Berry P., Squarci P., Gambini G. (2000) **Subsidence Resulting from Solution Mining of the Buriano Salt Deposit, Italy**. Proc. Of the 6th Int. Symp. On Land Subsidence, Ravenna, Italia, SISOLS, pp. 249 ÷ 264, sept. 2000.
- Berry P., Pistocchi A. (2000) **A Multicriterial Geographical Approach for the Environmental Impact Assessment of Open-Pit Quarries**. Proc. Of the 6th Int. Conf. On Environmental Issues and Management of Waste in Energy and Mineral Production, SWEMP 2000, Calgary, Alberta , Canada, Balkema, pp. 183 ÷ 190, Nov. 2000.
- Ballestrazzi P., Berry P., Blengini G.A., Fabbri S., Martelli F. (2001) La legislazione regionale sui rifiuti da C&D. Comparazione tra le leggi della Toscana, Lombardia, Emilia e Umbria: il caso delle Marche. Recycling, anno V, n° 5, Parma, pp. 99÷ 110, settembre 2001.
- Berry P., Lieto S., Martelli F., Savignano L. (2002) Impiego dei materiali di risulta derivanti dalla realizzazione di opere pubbliche e dalla coltivazione di sostanze minerali di seconda categoria. Atti del Convegno "Inerti e Costruzioni", SAMOTER, pp. 54 ÷ 59, Febbraio 2002
- Berry P., Martelli F. (2003) **Terre e rocce da scavo e residui dell'attività estrattiva nella normativa sui rifiuti**. Atti Conv. Naz. su Aggregati per le costruzioni, Bologna, pp. 93 – 106, giugno 2003.
- Berry P. (2003) Galleria e impatto ambientale: lo smaltimento del "marino". INRM SLM, n. 6, pp. 28 ÷ 32, 2003.

Con riferimento al tema della tutela dell'ambiente nella realizzazione di interventi di Ingegneria degli Scavi sono da richiamare alcune tra le più importanti attività svolte dai soci di SERENGEO:

- Consulenza tecnico – scientifica per la caratterizzazione di ammassi rocciosi mineralizzati prevalentemente ad Antimonio e delle rocce e terre da scavo dei lavori di realizzazione dell'adeguamento della SS 223 "di Paganico", lotti 5, 6, 7, 8 (GR, Nuovo Farma Scarl);
- Consulenza tecnico – scientifica per la caratterizzazione speditiva di roccia calcarea utilizzata per la produzione di soda Solvay nella cava di San Carlo (LI, Solvay Italia Chimica S.p.A.)
- Consulenza tecnico – scientifica per la caratterizzazione geotecnica di terreni saturi per la progettazione di sistemi innovativi di spinta ed idrodemolizione per la costruzione di pozzi verticali, progetto Riachuelo Lotto 3 (Buenos Aires, Palmieri Tunneling Drilling S.r.l.)
- Studio di riqualificazione ambientale di aree estrattive nel territorio dei Comuni di:
  - Montecorvino Pugliano (SA);

- Marcellina (RM);
- Valutazione dell’impatto ambientale delle discariche di cave di rocce ornamentali e riciclaggio dei materiali di risulta per la produzione di granulati nelle cave di:
  - porfido di Trento (Trentino Alto Adige);
  - marmo di Apricena (FG);
- Studio della fattibilità ambientale:
  - dello sfruttamento minerario del giacimento di salgemma di Saline di Volterra (PI, Solvay Italia Chimica S.p.A.);
  - dell’ampliamento della cava di calcare di San Carlo (LI, Solvay Italia Chimica S.p.A.);
- Progetti di coltivazione e recupero ambientale di cave di rocce ornamentali e di granulati, tra cui:
  - cave di marmo, Apricena e Poggio Imperiale (FG);
  - cave di calcare massiccio, San Felice a Canello (CE) e Roccarainola (NA);
  - cava di conglomerato calcareo, Battipaglia (SA);
  - cava di gesso, Gambassi Terme (SI);
  - cava di pozzolana, Giugliano in Campania (NA).



Pagina intenzionalmente bianca

## Indice dei contenuti

1. Premessa.....	1
2. Documentazione consultata.....	2
3. Inquadramento dell'opera.....	3
3.1. Inquadramento geologico ed idrogeologico.....	5
4. Stato dei luoghi e delle condizioni ambientali dell'area interessata dal tracciato.....	11
5. Piano di utilizzo delle terre e rocce di scavo.....	16
6. Caratterizzazione e monitoraggio ambientale.....	17
6.1. Matrici suolo e sottosuolo.....	17
6.2. Matrice acque sotterranee.....	18
7. Indagini ante operam.....	19
7.1. Indagini del 2013.....	20
7.2. Indagini del 2016 – 2017.....	22
7.3. Campagna 2018.....	24
7.4. Indagini stabilite dal Piano di Monitoraggio Ambientale.....	25
8. Analisi dell'origine dei contaminanti delle matrici ambientali nelle aree limitrofe al tracciato.....	26
8.1. Componente suolo e sottosuolo.....	26
8.2. Componente acque sotterranee.....	43
8.2.1. Contaminazione da Selenio.....	49
8.2.2. Contaminazione da Benzo(a)pirene.....	54
8.2.3. Contaminazione da Idrocarburi (come n-esano).....	57
9. Considerazioni conclusive.....	60



Pagina intenzionalmente bianca

## 1. Premessa

La società Sirjo S.c.p.a. (nel seguito “Sirjo”) ha conferito a SERENGEO S.r.l. (nel seguito “SERENGEO”) l’incarico, tecnico – scientifico, di:

1. esaminare e valutare, sotto il profilo tecnico – scientifico, studi ed indagini in situ condotte, tra il 2013 ed il 2017, da Sirjo per caratterizzare terreni ed acque (superficiali e sotterranee) nelle aree limitrofe al tracciato dell’infrastruttura viaria “DG41/08 – 3° Megalotto della S.S. 106 Jonica” (nel seguito “DG41”), per determinare presenza e concentrazione di contaminanti nelle aree stabilite dal Piano di Utilizzo delle Terre (PUT) redatto da Sirjo;
2. integrare quanto riscontrato da Sirjo, con indagini bibliografiche, studi geominerari ed analisi di documentazione utile per stabilire l’origine (antropica oppure naturale) delle sostanze contaminanti e caratterizzare “ante operam” le aree stabilite dal PUT.

L’attività di caratterizzazione delle matrici ambientali è stata condotta da Sirjo per redigere i Progetti Definitivo ed Esecutivo della DG41, in base al contratto di appalto sottoscritto con ANAS S.p.A.

La prima campagna d’indagini è stata condotta nel 2013 per la redazione del Progetto Definitivo, approvato il 10 agosto 2016 con delibera CIPE n. 41/2016 (1° tratta).

In seguito all’istruttoria del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 40/2016 e del parere espresso dal Ministero dell’Ambiente sul PUT (determina direttoriale n. 37787 del 17 novembre 2014 e parere CTVIA n. 1638 del 24 ottobre 2014):

- Sirjo ha condotto una campagna integrativa di indagini (2016 – 2017);
- il 15 maggio 2018 Sirjo ha inviato il PUT aggiornato ad ANAS, che lo ha trasmesso al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) il 5 luglio 2018;
- il 18 luglio 2018 il MATTM ha avviato la procedura di verifica istruttoria del Progetto Esecutivo della DG41 (che sarà conclusa a valle della presentazione del Progetto Esecutivo della 2° tratta) ed ha trasmesso il PUT ad ARPACal ed ISPRA.

Il conferimento, a SERENGEO, dell’incarico di consulenza deriva dalla necessità che ha Sirjo di individuare le misure di mitigazione e/o contenimento da attuare (qualora necessarie) nei siti in cui sono state superate concentrazioni di soglia di contaminazione (CSC) di colonna A, definite dal D.Lgs. 152/06, Titolo V, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 (nel seguito “D.Lgs. 152/06”) nei suoli e nelle acque sotterranee.

Il territorio (inteso come area vasta) interessato dai lavori per la realizzazione della DG41 è caratterizzato da:

- attività agricole intensive, con colture a seminativo ed alberi da frutta;
- corsi d’acqua con deflussi in regime prevalentemente torrentizio;
- complessi idrogeologici con vulnerabilità medio-alta;
- falde d’acqua alimentate dai corsi d’acqua superficiali;
- rifiuti (anche pericolosi) abbandonati;
- numerosi siti contaminati, oggetto di intervento secondo le previsioni del Piano Regionale delle bonifiche della Regione Calabria;
- siti di bonifica di importanza nazionale (discariche in cui sono stati conferiti i materiali di risulta della bonifica della Pertusola Sud).

In definitiva, è ragionevole ipotizzare, come dimostrato anche dagli studi e dalle indagini condotte da ARPACal e dalla Regione Calabria, che nelle aree limitrofe al tracciato della DG41 siano presenti contaminazioni delle matrici ambientali di carattere temporaneo o permanente.

Inoltre, considerato che:

- il territorio cosentino è stato oggetto di esplorazione petrolifera (realizzazione di pozzi per la ricerca di Idrocarburi);
- la ricerca di metano per impedire il pericolo di detonazione o deflagrazione nella costruzione di gallerie, ha rivelato emissioni del gas e di acido solfidrico nei sondaggi geognostici perforati in formazioni che saranno attraversate dal tracciato della DG41,

è corretto immaginare che nel territorio i terreni contengano contaminanti di origine naturale e/o antropica.

Per determinare l'origine dei contaminanti e garantire la tutela dell'ambiente nelle aree limitrofe al tracciato della DG41, SERENGEO ha interpretato i risultati delle indagini condotte da Sirjo in relazione allo stato dei luoghi ante operam.

I risultati dell'attività svolta da SERENGEO, relativamente all'area limitrofa al tracciato della DG41, schematizzata nei punti 1 e 2 dell'elenco in premessa, sono illustrati nei seguenti capitoli:

- Capitolo 2: elenco dei documenti analizzati da SERENGEO per caratterizzare i terreni e le acque superficiali e sotterranee;
- Capitolo 3: descrizione dell'opera, inquadramento geologico ed idrogeologico;
- Capitolo 4: stato dei luoghi e condizioni ambientali ante operam;
- Capitolo 5: descrizione del piano di utilizzo delle terre;
- Capitolo 6: descrizione del piano di monitoraggio ambientale;
- Capitolo 7: indagini condotte ante operam;
- Capitolo 8: studio delle aree in cui si sono rilevati superamenti delle CSC;
- Capitolo 9: considerazioni conclusive.

## 2. Documentazione consultata

L'incarico di consulenza è stato condotto esaminando i seguenti elaborati, in parte forniti da Sirjo, ai quali si farà riferimento citandoli, di volta in volta, con il seguente numero d'ordine:

[1] Elaborati del Progetto Esecutivo:

- [1.1] Piano Gestione materie e cantierizzazione. Piano di utilizzo delle terre. Relazione (elaborato: LO716CE1901T00GE00CANRE01A);
- [1.2] Sirjo, Monitoraggio Ambientale. Componente Ambiente idrico – Acque sotterranee – Relazione (elaborato: LO716CE1901T00MO32MOARE03B);
- [1.3] Sirjo, Monitoraggio Ambientale. Componente Ambiente idrico – Acque superficiali – Relazione (elaborato: LO716CE1901T00MO33MOARE04B);
- [1.4] Sirjo, Monitoraggio Ambientale. Componente suolo e sottosuolo – Relazione (elaborato: LO716CE1901T00MO33MOARE05B);
- [1.5] Sirjo, Relazione geologica (codice elaborato: LO716CE1901T00GE00GEORE01A);
- [1.6] Sirjo, Carta idrogeologica generale (elaborati da LO716CE1901T00GE00GEOCI01B a LO716CD1701T00GE00GEOCI06B);

- [1.7] Sirjo, Certificati delle prove di laboratorio analisi chimiche 1/2 e 2/2 (elaborati LO716CE1901T00GE00GEOSC23A e LO716CE1901T00GE00GEOSC24A);
- [1.8] Sirjo, Piano di indagini integrative - Campagna 2016-2017 (elaborato: LO716CE1901T00GE00GEORE09A);
- [1.9] Sirjo, Certificati prove di laboratorio - Analisi chimiche (Cantierizzazione) - 2<sup>a</sup> Tratta - campagna 2016-2017 (elaborato: LO716CE1901T00GE00GEOSC30A);
- [1.10] Sirjo, Certificati delle prove di laboratorio - Analisi chimiche (Cantierizzazione) - Piana di Sibari (pk 0+000 – 18+000) – Campagna 2016-2017 (elaborato: LO716CE1901T00GE00GEOSC36B);
- [2] Altri elaborati:
  - [2.1] ARPACal – Dipartimento Provinciale di Cosenza, Report pressioni ambientali – 2014, Provincia di Cosenza, Siti contaminati, Novembre 2014
  - [2.2] Regione Calabria, Piano delle Bonifiche. Elenco siti piano bonifiche, di dicembre 1999
  - [2.3] Provincia di Cosenza – CNR / IRPI, Aggiornamento del programma di previsione e prevenzione dei rischi e del piano di emergenza della Provincia di Cosenza. Documento definitivo. Relazione, settembre 2014;
  - [2.4] Regione Calabria, Piano di Tutela delle Acque – Allegato I – Classificazione chimico-quantitativa delle acque sotterranee, Luglio 2009
  - [2.5] Sirjo, verbale di ricognizione e di constatazione sopralluogo giugno 2018, 25 giugno 2018.

Inoltre, per sviluppare l'incarico di consulenza si è fatto riferimento a leggi vigenti, norme tecniche ed alla più avanzata ed accreditata letteratura scientifica in materia di ingegneria degli scavi ed ingegneria mineraria, tutela dell'ambiente e gestione delle terre e rocce di scavo.

### 3. Inquadramento dell'opera

La DG41 si estende dall'innesto con la S.S. 534 (km 356+150) fino a Roseto Capo Spulico (km 400+000) (Figura 1). Il tracciato, di 38 km circa:

- si estende, da Sud a Nord, da pk 0+000 a pk 37+607, attraversando i Comuni di Cassano all'Ionio, Francavilla Marittima, Cerchiara di Calabria, Villapiana, Trebisacce, Albidona, Amendolara e Roseto Capo Spulico, in provincia di Cosenza;
- interessa, per i primi 18,5 km circa, la piana alluvionale di Sibari e, per i restanti 20 km, rilievi collinari a ridosso della fascia costiera ionica, estremamente ristretta.

Trincee e gallerie saranno realizzate, perlopiù, da pk 16+800 a pk 37+607 (tratto 2 in Figura 1), determinando la maggiore quantità di terra e/o roccia abbattuta con l'attività di scavo (il materiale appena abbattuto è il "marino", il suo allontanamento dall'abbattimento è detto "smarino").

Rilevati, con interventi limitati a scotico e livellamenti, saranno costruiti tra pk 0+000 e pk 16+800 (tratto 1 in Figura 1).



Figura 1. Tracciato della DG41

### 3.1. Inquadramento geologico ed idrogeologico

Il tracciato dell'opera attraversa, da Sud a Nord, diverse formazioni geologiche (Figura 2):

- depositi alluvionali del Quaternario, costituiti da sabbie medie e fini con livelli di sabbie grossolane e ghiaie, ubicate nei terrazzamenti lungo le valli dei corsi d'acqua principali (Alt), e sabbie e limi argillosi degli alvei attuali e dei conoidi (Ala);
- Unità del Cilento:
  - Formazione di Albidona (Alb), prevalentemente arenarie in strati da sottili a medi, alternate a marne, marne argillose ed argille siltose e da torbiditi pelitico – arenacee;
  - Formazione Saraceno (Sa), costituita nella porzione inferiore da una fitta alternanza di prevalenti arenarie calcaree e calcilutiti in strati di 2 ÷ 3 cm fino a 30 ÷ 40 cm, con liste di selce e di sottili interstrati pelitici. Verso l'alto è progressiva la diminuzione delle liste di selce, mentre diventano via via più frequenti le intercalazioni silicoclastiche arenitiche e microconglomeratiche, fino a passare ad un'alternanza di arenarie ibride ed argille siltose. Le arenarie hanno cemento carbonatico. Le arenarie calcaree dei livelli basali sono classificabili come areniti ibride o calcilutiti;
- depositi marini del Pleistocene:
  - calcareniti, sabbie a granulometria medio fine, argille e conglomerati poligenici ricchi in matrice;
  - Argille marnose del Torrente Straface (App), argille marnoso-siltose, contenenti rare intercalazioni di argille sabbiose e sabbie in strati decimetrici;
- formazioni del complesso Sicilide:
  - Formazione di Monte Sant'Arcangelo (Arc), costituita da un'alternanza di argille marnose e subordinatamente marne argillose e di litoareniti e calcareniti in strati decimetrici;
  - Argille Varicolori inferiori (Av), argilliti fortemente tettonizzate, contenenti sottili intercalazioni di calcilutiti silicee, calcareniti, siltiti manganesefere e subordinatamente radiolariti. Lungo l'alta valle del Torrente Straface e lungo la costa Ionica (Castello di Roseto) la formazione include olistoliti di calcari pseudo cristallini e calcari detritici, probabilmente riferibili all'Unità del Pollino.

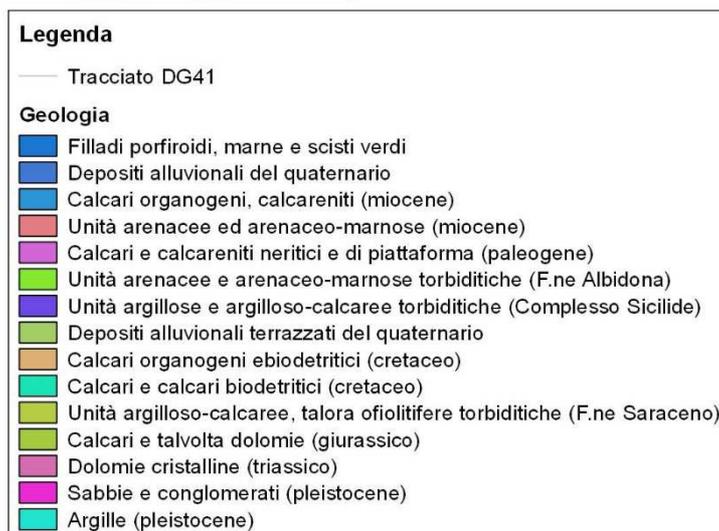
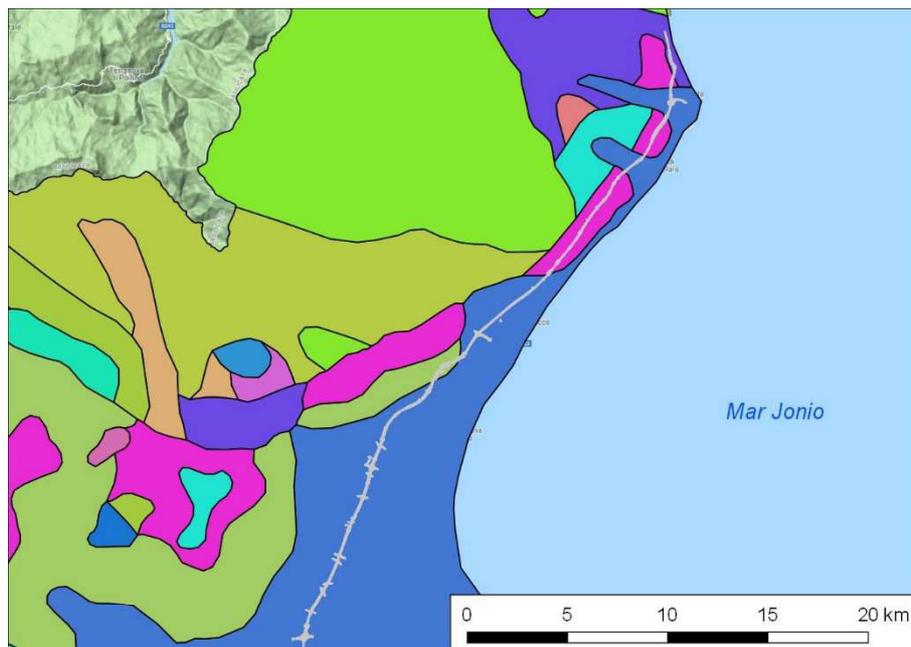


Figura 2. Carta Geologica con indicazione del tracciato dell'opera (fonte: Repertorio metadati Regione Calabria)

I risultati delle indagini idrogeologiche (elaborati [1.6]), ed i rapporti stratigrafico-tettonici delle formazioni, indicano che lungo il tracciato sono presenti complessi idrogeologici caratterizzati da diversa permeabilità relativa (Tabella 1) e da diverso comportamento nei confronti delle acque d'infiltrazione e del deflusso sotterraneo, ossia:

1. depositi alluvionali (Fiumare e conoidi alluvionali): hanno permeabilità medio-elevata;
2. depositi di frana e detritico-colluviali di versante: hanno permeabilità media;
3. depositi alluvionali (Piana di Sibari): hanno permeabilità variabile, da bassa ad alta;
4. flysch a prevalente componente calcarenitico – calcilititica (Formazione del Saraceno e Formazione di Monte S. Arcangelo): hanno permeabilità medio-bassa;
5. depositi marini terrazzati: hanno permeabilità media per porosità;
6. formazioni eterogenee (argille grigio-azzurre del Pleistocene, Argille Varicolori e Formazione di

Albidona): hanno componente prevalentemente argillosa e, conseguentemente, permeabilità molto bassa e sono, talora, molto tettonizzate.

Tabella 1. Complessi idrogeologici lungo il tracciato della DG41: descrizione e valori di permeabilità (da [1.1])

ID	Complesso idrogeologico	Descrizione	Permeabilità (m/s)
1	Alluvioni attuali delle fiumare (Ala) e depositi di spiaggia	Sono caratterizzati da depositi alluvionali a prevalente granulometria grossolana (ghiaie e sabbie). Le fiumare che attraversano la piana di Sibari (Raganello, Caldana, Satanasso e Saraceno), sono caratterizzate da continuità con la falda della piana e con rapporti di alimentazione e di drenaggio a seconda delle condizioni meteorologiche e stagionali (si ipotizza una sostanziale alimentazione nella stagione invernale ed una funzione drenante durante la stagione secca).	$10^{-6} \div 10^{-4}$
2	Depositi di frana e detritico-colluviali di versante	In questo complesso possono essere ospitate <u>falde idriche a carattere episodico o stagionale in concomitanza con gli eventi meteorici più importanti.</u>	$10^{-7} \div 10^{-5}$
3a	Alluvioni della Piana di Sibari - tratto a monte (Alt)	Sono costituiti da alternanze ed eteropie di strati permeabili ghiaiosi, sabbiosi ed impermeabili limo-argillosi, con falda freatica. Si passa da elevata conducibilità idraulica negli strati ghiaioso-sabbiosi ( $k = 10^{-6} \div 10^{-4}$ m/s) fino a bassa permeabilità negli strati limo-argillosi ( $k = 10^{-8} \div 10^{-6}$ m/s). La direzione di flusso è dai rilievi appenninici verso il mare e pertanto trasversale all'asse stradale, con andamento della piezometria condizionato localmente dalla presenza dei conoidi e da depositi fluviali grossolani sepolti e dall'interferenza con i corpi idrici superficiali.	$10^{-8} \div 10^{-4}$
3b	Alluvioni della Piana di Sibari - tratto a valle (Alt)	Sono costituiti da depositi limo-argillosi poco o molto poco permeabili, fino ad una profondità di circa 30-35 m, sovrapposti a depositi ghiaiosi-sabbiosi con falda in pressione. Si passa da elevata conducibilità idraulica negli strati ghiaioso-sabbiosi ( $k = 10^{-6} \div 10^{-4}$ m/s) fino a bassa permeabilità negli strati limo-argillosi ( $k = 10^{-8} \div 10^{-6}$ m/s). La circolazione idrica può pertanto essere considerata <u>un sistema multifalda all'interno del quale, in grande ed alla scala dell'intera piana, la morfologia lentiforme e discontinua degli strati determina una sostanziale comunicazione fra le falde.</u> La piezometrica della falda superficiale è localizzata a piccola profondità (da 0,5 a pochi metri dal piano campagna). <u>L'alimentazione di questa falda è dovuta alle precipitazioni e riceve importanti contributi da parte dei corsi d'acqua principali, quali il Crati-Coscile e le fiumare che provengono dai rilievi appenninici.</u>	$10^{-8} \div 10^{-4}$
4	Depositi marini terrazzati (Ma)	Sono costituiti da depositi sabbioso-conglomeratici con orizzonti limo-argillosi dei terrazzi marini, disposti in vari ordini, che bordano la piana alluvionale-costiera. Si rinvengono, lungo il tracciato, a partire dai rilievi tabulari prospicienti la Fiumara Saraceno e continuano, frammentati lateralmente dalle incisioni vallive, fino alla fine del progetto. Si trovano sovrapposti ai depositi flyschoidi (di varia natura) ed alle argille pleistoceniche e hanno <u>permeabilità media per porosità</u> , a causa di un certo grado di addensamento e/o cementazione. <u>Sono sede di acquiferi di modesta potenzialità.</u>	$10^{-8} \div 10^{-5}$
5	Rocce flyschoidi di catena appenninica impermeabili e Argille di avanfossa (Av)	Raggruppano la porzione argilloso-marnosa del complesso Sicilide e delle argille plio-pleistoceniche, <u>sostanzialmente impermeabili.</u> Locali livelli a granulometria limoso-sabbiosa o i blocchi calcarei/calcarenitici delle Argille Varicolori possono determinare condizioni di permeabilità più elevata che non influiscono sulla permeabilità del complesso idrogeologico.	$10^{-9} \div 10^{-6}$
6	Depositi di flysch a prevalente componente calcarenitico-calcolutitica (Alb, Sa, Arc)	Sono costituiti prevalentemente da membri lapidei fratturati ed affiorano sui rilievi retrostanti la piana alluvionale della Fiumara Saraceno e nella porzione terminale del tracciato stradale (Roseto Capo Spulico). Hanno <u>permeabilità per fratture, in genere, medio-bassa, funzione del grado di fratturazione.</u> In corrispondenza delle zone di faglia e di più alto disturbo tettonico è verosimile un aumento di permeabilità imputabile all'elevata fratturazione.	$10^{-8} \div 10^{-6}$

Lungo il tracciato, le Alluvioni della Piana di Sibari (3a e 3b in Tabella 1) sono il principale complesso idrogeologico, dove convergono gli apporti del bacino del fiume Crati-Coscile (Figura 3 e Figura 4).

La Piana è costituita da depositi alluvionali, prevalentemente sabbiosi e sabbiosi-ghiaiosi, di riempimento delle paleo-valli, intercalati a livelli argilloso-limosi impermeabili, di origine alluvionale e

fluvio-lacustre. I depositi hanno spessore di 100 ÷ 150 m in prossimità della costa e poggiano su depositi marini (limi argillosi) plio-pleistocenici impermeabili.

La Carta Idrogeologica suddivide il Complesso della Piana (cfr. elaborati [1.6]) in due unità:

- Complesso A (da pk 0+000 a pk 4+200): terreni limo-argillosi impermeabili o poco permeabili fino a 30-35 m di profondità, sovrapposti a depositi ghiaiosi-sabbiosi con falda in pressione; i terreni argillosi impermeabili superficiali sostengono una limitata e temporanea circolazione idrica superficiale;
- Complesso B (da pk 4+200 all'imbocco di Trebisacce): alternanza ed eteropie di strati permeabili ghiaiosi, sabbiosi e di strati impermeabili limo-argillosi, con falda freatica.

La permeabilità, per pori, è molto variabile (in senso verticale ed orizzontale) in relazione alle caratteristiche granulometriche dei depositi.

L'estensione ed il consistente spessore dei depositi, la prevalenza di terreni sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, caratterizzati da buona permeabilità, unitamente agli apporti, sotterranei o superficiali, ha generato un importante serbatoio di acque sotterranee, costituito da falde sovrapposte (sistema multifalda), più o meno intercomunicanti fra loro o talora isolate da livelli impermeabili che determinano locali condizioni di falda in pressione.

Nel bacino idrogeologico della Piana di Sibari, l'alimentazione delle falde deriva:

- in prevalenza, dagli apporti idrici dei corsi d'acqua principali, quali il Crati-Coscile e le Fiumare che provengono dai rilievi appenninici;
- dall'infiltrazione di un'aliquota delle acque di deflusso superficiale;
- dalle precipitazioni meteoriche;
- dai travasi idrici da e/o verso i corsi d'acqua che attraversano la Piana.

Il deflusso idrico ha luogo, nei livelli a permeabilità maggiore, dai rilievi appenninici (ovvero da Nord-Ovest) verso la costa ionica, pertanto è ortogonale all'asse del tracciato (Figura 3).

Nel complesso si possono distinguere due situazioni particolari:

- zone montane e collinari: le acque che si infiltrano nelle formazioni affioranti, più o meno permeabili, sono interamente drenate dalla rete idrografica;
- lungo le valli, con tratti medio-terminali e presenza di consistenti depositi alluvionali, e nelle aree sub-pianeggianti, con alvei che incidono i depositi permeabili: sono continui gli interscambi tra deflussi superficiali e sotterranei, per cui i corsi d'acqua possono sia drenare che alimentare le falde.

Il chimismo delle acque, nei settori del bacino con circolazione ridotta, rileva la presenza di H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> disciolti, associabili a degradazione delle sostanze organiche presenti nei sedimenti.

Le Fiumare (Raganello, Caldana, Satanasso e Saraceno, Figura 4), che intersecano trasversalmente il tracciato della DG41, sono in continuità con la falda della Piana, alimentata e drenata in base alle condizioni meteorologiche e stagionali (si ipotizza una sostanziale alimentazione nei mesi piovosi ed un drenaggio nei mesi secchi).



Figura 3. Bacino idrogeologico di Sibari: isopieze e principali corsi d'acqua (fonte: Repertorio metadati Regione Calabria)

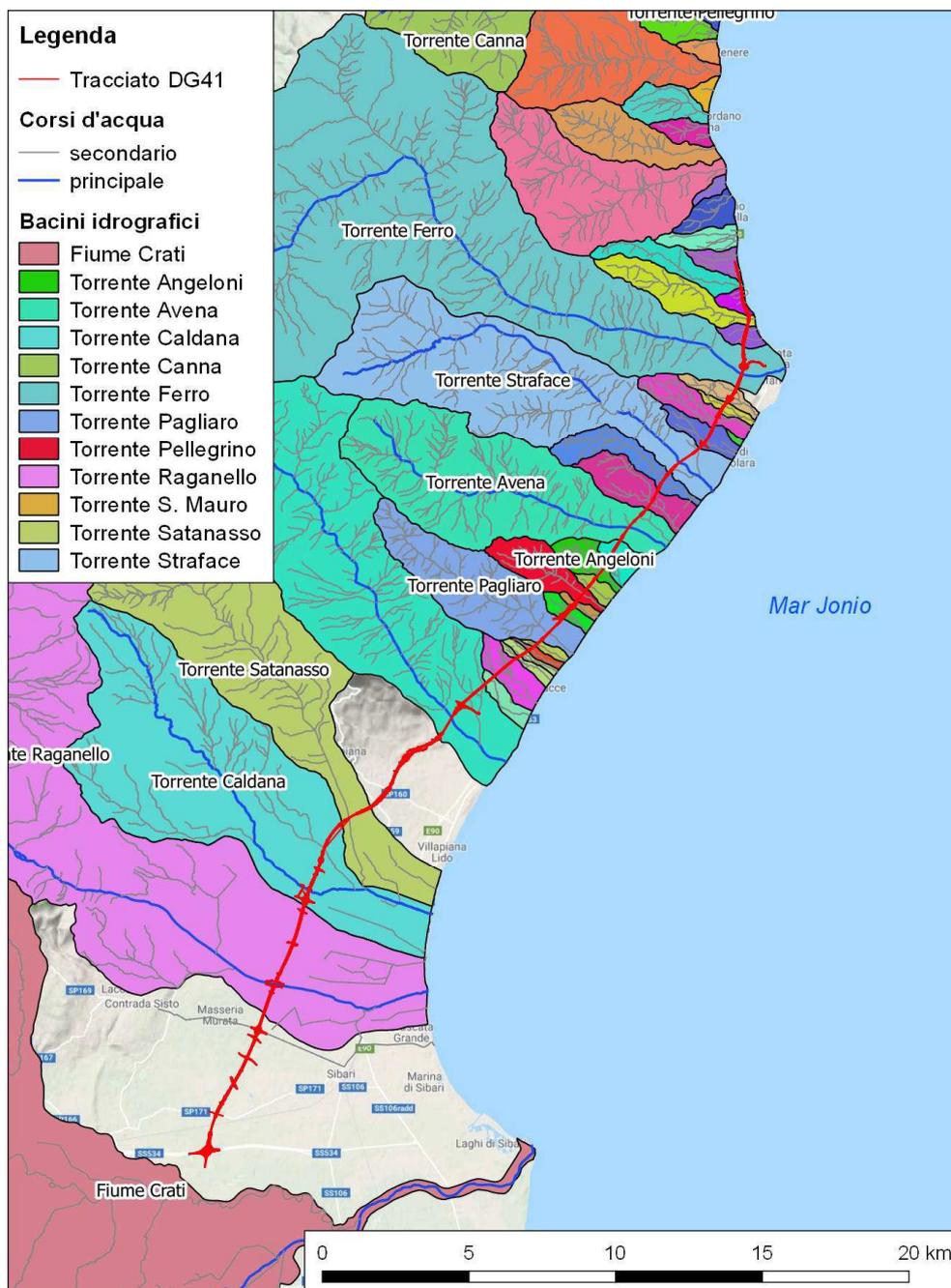


Figura 4. Bacini idrografici dei corsi d'acqua principali e secondari interessati dal tracciato (fonte: Repertorio metadati Regione Calabria)

#### 4. Stato dei luoghi e delle condizioni ambientali dell'area interessata dal tracciato

La Regione Calabria è una delle regioni italiane con il maggior numero di siti inquinati.

Il "Report delle Pressioni Ambientali" (nel seguito "Report") redatto da ARPACal nel 2014 (elaborato [2.1]) indica la presenza di ben 268 siti contaminati nella Provincia di Cosenza, 22 dei quali in aree limitrofe al tracciato della DG41 (Figura 5).

Di questi 22 siti, 9 sono classificati ad alto rischio di contaminazione e, nel 2006 la Regione Calabria ha avviato (Decreto n. 365 del 26 gennaio 2006 del Dipartimento Politiche dell'Ambiente) una campagna di indagini con esecuzione di sondaggi e prelievo di campioni di acque e terreni per caratterizzare le componenti suolo, sottosuolo ed acque sotterranee (elaborato [2.1]).

Le indagini eseguite nei siti in prossimità del tracciato della DG41 indicano:

- superamenti delle CSC nel suolo superficiale (ad 1 m s.p.c.) e nel suolo profondo (campionamenti intermedi e a fondo foro dei sondaggi) per:
  - metalli pesanti, tra i quali cromo VI, rame e cobalto;
  - indeno(1,2,3-c,d)pirene (idrocarburo policiclico aromatico);
  - Idrocarburi C > 12;
- in alcune aree (tra le quali la discarica di San Francesco nel Comune di Villapiana) la presenza di biogas, indizio della presenza di rifiuti organici in decomposizione nel sottosuolo.

Nei siti ad alto rischio, in prossimità del tracciato della DG41, non sono stati prelevati campioni per l'analisi delle acque sotterranee.

Inoltre, nel 1999, con il ritrovamento di rifiuti speciali pericolosi depositati abusivamente e riferibili allo smaltimento delle "ferriti di zinco" prodotte dalle attività della Pertusola Sud (Crotone), è stato istituito il sito di bonifica di interesse nazionale "Crotone, Cassano e Cerchiara" (D.M. n. 0468 del 18/09/2001) in cui ricadono le tre aree di discarica di Chidichimo, Tre Ponti e Capraro (Figura 5), prossime al tracciato della DG41.

Gli interventi di bonifica e recupero ambientale nelle tre aree di discarica, autorizzati nell'aprile 2010, si sono conclusi nel Luglio 2016.

Considerato che:

- Sirjo ha condotto la prima campagna di indagini nel 2013;
- la discarica presente in località Capraro è prossima al Torrente Sciarapottolo, affluente del Torrente Caldana (attraversato dal tracciato della DG41), che è contaminato e monitorato dalla Regione Calabria per la presenza di 3 siti ad alto rischio di contaminazione (Figura 5);
- la discarica presente in località "Tre Ponti" dista meno di 1 km dal tracciato della DG41,

è del tutto verosimile, se non certo, che siano queste le aree imputabili di aver dato origine alla contaminazione dei suoli e delle acque, causata dal rilascio delle sostanze contaminanti fino al completamento degli interventi di bonifica e messa in sicurezza.

Infine, nell'area di intervento sono stati realizzati pozzi per ricerca di Idrocarburi liquidi e gassosi (Figura 5), indizio della presenza di Idrocarburi (petrolio e gas naturale) nel sottosuolo della Piana di Sibari.



Figura 5. Ubicazione dei siti contaminati e delle aree di discarica del sito di bonifica di interesse nazionale "Crotone, Cassano e Cerchiara" prossimi al tracciato dell'opera. I siti contaminati sono suddivisi in base al livello di rischio (alto, medio, basso). In figura sono rappresentati anche i pozzi per la ricerca di Idrocarburi perforati in prossimità del tracciato (dati UNMIG)

Per quanto riguarda le acque sotterranee, il Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria (elaborato [2.4]) indica fenomeni di inquinamento diffuso relativi ai parametri di base (cfr. tabella 19, D. Lgs. 152/99) nel Bacino Idrogeologico di Sibari.

I risultati delle analisi chimiche (Tabella 2) su campioni di acque prelevati da pozzi e sorgenti (Figura 6) in quattro campagne di indagini condotte nel 2006 – 2007 mostrano i superamenti delle soglie di concentrazione di ione ammonio, nitrati, manganese, cloruri, solfati e ferro in buona parte dei punti della rete di monitoraggio del bacino. In base ai risultati, la falda del bacino è stata generalmente classificata con indice 4 (cfr. tabella 20, D.Lgs. 152/99), ovvero caratterizzata da “*impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti*”.

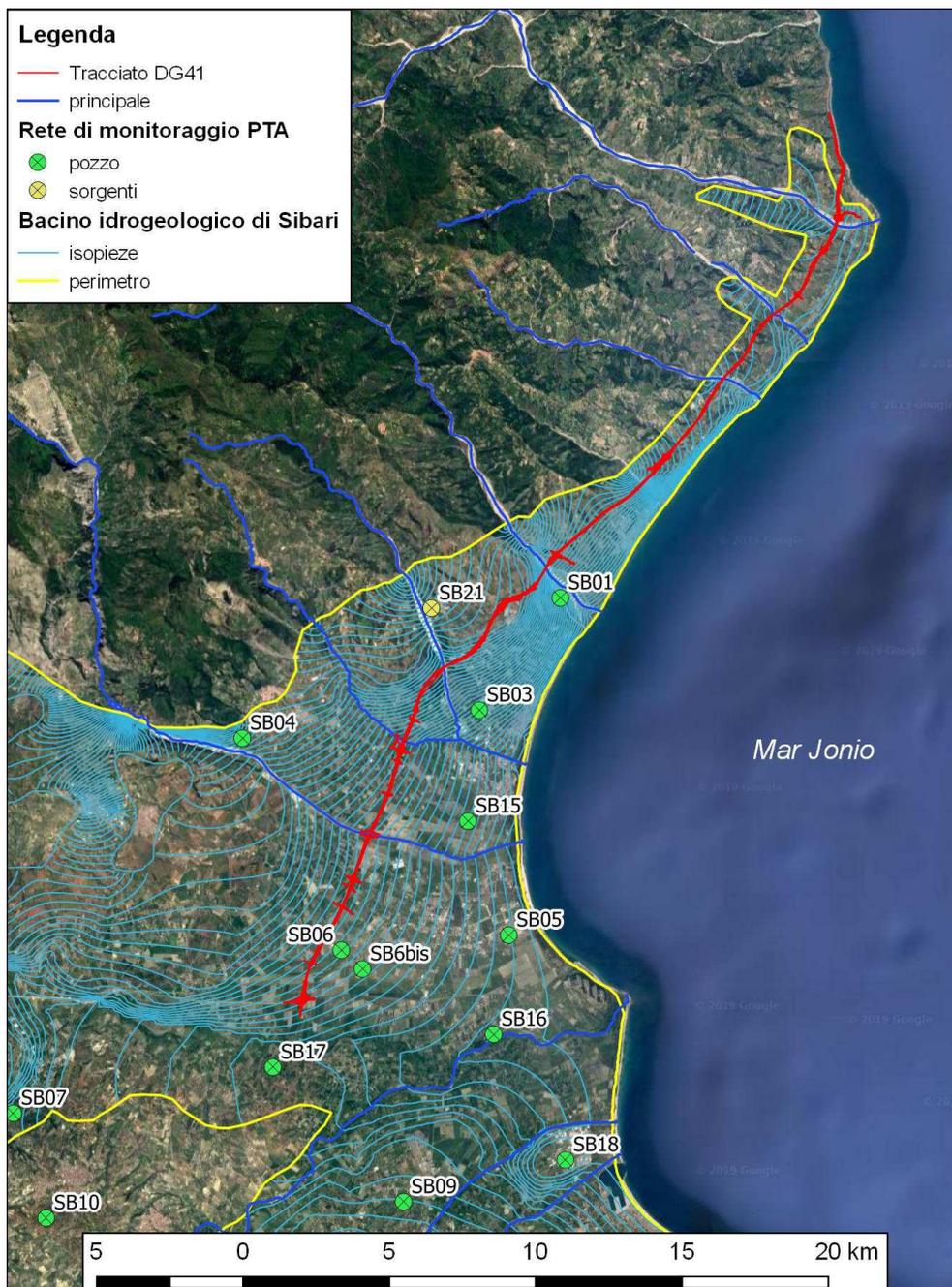


Figura 6. Rete di monitoraggio per le acque sotterranee del Bacino Idrogeologico di Sibari (da [2.4]).

Nel corso della terza e quarta campagna di indagini sono state misurate le concentrazioni degli elementi/composti aggiuntivi indicati nella tabella 21 del D.Lgs. 152/99, tra i quali selenio, cromo VI, rame, IPA ed antiparassitari totali. I risultati (cfr. Allegato I dell'elaborato [2.4]) mostrano superamenti della concentrazione di legge per:

- i composti IPA (Sb06bis, Figura 6);
- gli antiparassitari totali (Sb05).

Tabella 2. Risultati analisi chimiche delle acque nel Bacino idrogeologico di Sibari: valori di concentrazione medi rilevati nelle quattro campagne di indagini nei vari punti della rete di monitoraggio (da [2.4]). Per ogni stazione di campionamento è indicata la classificazione chimica (cfr. tabella 20, D.Lgs. 152/99) in base ai parametri di base

Parametro analitico	Unità di misura	SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB06	SB06bis	SB07	SB08	SB09	SB10	Classificazione chimica
Conducibilità elettrica	µS/cm (20°C)	646,75	278,00	876,85	564,50	960,75	686,50	719,50	581,25	995,23	629,50	674,53	
Durezza	mg/l CaCO	278,50	138,00	361,75	251,00	256,00	279,25	290,50	264,25	412,67	240,50	263,00	
Conc. ioni idrogeno	Unità pH	7,55	7,90	7,58	7,38	7,84	7,74	7,58	7,54	7,15	7,16	7,52	
Ione Ammonio	mg/l NH <sub>4</sub>	0,10	0,10	2,28	0,10	1,55	0,20	1,02	0,10	0,10	0,10	0,10	
Nitrati	mg/l NO <sub>3</sub>	3,44	2,09	3,64	4,88	0,32	0,21	0,10	6,60	16,86	12,19	11,86	
Manganese	g/l Mn	6,25	6,25	8,00	60,00	42,00	128,50	295,00	7,75	6,67	14,00	20,00	
Cloruri	mg/l Cl-	31,49	5,98	49,68	20,30	115,15	32,15	23,95	25,19	103,23	35,97	35,83	
Bicarbonati	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	214,18	163,65	289,28	237,00	402,98	286,00	328,00	206,50	355,00	236,98	272,13	
Magnesio	mg/l Mg ++	30,58	9,81	29,80	21,25	27,00	27,58	25,90	22,78	41,67	24,30	19,45	
Calcio	mg/l Ca ++	61,00	34,50	95,55	65,25	57,88	66,25	73,60	67,75	96,33	56,13	73,00	
Sodio	mg/l Na+	30,88	12,83	47,95	19,25	111,50	29,98	28,80	20,70	46,50	37,88	24,10	
Potassio	mg/l K+	6,55	1,73	5,53	4,10	10,05	4,13	3,70	2,83	5,23	4,75	2,18	
Ferro	g/l Fe	24,50	20,00	20,00	115,00	265,00	216,25	615,00	22,50	20,00	20,00	19,75	
Solfati	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	117,48	5,43	143,35	82,00	0,85	68,60	43,05	73,49	96,40	70,58	52,27	
COD	mg/l O <sub>2</sub>	8,75	8,75	8,75	7,50	8,75	8,75	10,00	8,75	8,33	8,75	8,75	
Fosfati -orto	mg/l P	0,03	0,03	0,03	0,02	0,22	0,03	0,08	0,03	0,02	0,03	0,03	
Fenoli	mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,13	0,10	0,13	
		2	1	4	4	4	4	4	2	2	2	2	

SB	Parametro analitico	Unità di misura	SB11	SB12	SB13	SB14	SB15	SB16	SB17	SB18	SB19	SB20	SB21	SB22	SB23	SB24	SB25	Classificazione chimica
	Conducibilità elettrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$ (20°C)	1911,00	601,23	699,00	410,75	773,67	1584,00	1396,25	621,13	309,15	389,75	801,00	781,25	675,75	158,75	248,00	
	Durezza	mg/ CaCO	400,50	194,50	242,50	178,50	375,50	484,33	643,00	263,50	124,25	198,75	368,67	399,50	237,00	68,00	164,00	
	Conc. ioni idrogeno	Unità pH	7,73	6,62	7,66	7,91	7,47	7,61	7,57	7,77	7,45	7,99	7,58	7,77	7,28	7,62	8,03	
	Ione Ammonio	mg/l NH <sub>4</sub>	0,10	0,10	0,05	0,10	0,07	6,18	0,60	0,53	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
	Nitrati	mg/l NO <sup>3</sup>	0,38	35,93	0,16	2,37	7,39	0,23	43,20	5,95	16,42	1,82	9,08	14,80	26,39	0,75	1,10	
	Manganese	g/ Mn	85,75	6,25	33	6,25	6,67	233,33	411,25	398,00	29,50	6,25	6,67	13,00	6,25	7,50	10,00	
	Cloruri	mg/ Cl-	417,39	66,78	23,73	26,88	57,23	294,03	119,35	35,90	13,58	15,49	60,10	48,84	59,08	14,78	24,00	
	Bicarbonati	mg/ HCO <sub>3</sub>	172,13	170,93	163,33	151,73	294,80	552,50	406,78	307,78	97,70	158,08	320,07	375,00	175,25	52,25	95,00	
	Magnesio	mg/ Mg ++	28,10	20,85	10,58	12,80	30,08	57,17	45,00	25,43	9,80	16,40	35,70	44,33	22,30	9,00	18,00	
	Calcio	mg/ Ca ++	113,13	43,50	79,43	50,25	100,18	99,33	182,88	63,38	33,43	52,50	88,50	86,65	58,08	12,40	36,00	
	Sodio	mg/ Na+	281,25	44,28	54,08	18,70	45,65	159,67	63,63	35,70	12,05	12,33	44,87	20,48	48,15	22,25	42,00	
	Potassio	mg/ K+	15,83	3,70	3,35	3,33	4,73	30,33	18,75	4,75	10,18	11,65	5,87	11,88	4,40	3,25	6,00	
	Ferro	g/ Fe	125,00	20,00	314,33	20,00	20,00	366,67	75,00	366,50	86,50	20,00	20,00	20,00	20,00	155,00	20,00	
	Solfati	mg/ SO <sub>4</sub> --	285,95	38,31	136,67	54,98	110,13	1,06	267,50	37,15	45,88	60,94	283,37	126,13	82,74	11,59	16,00	
	COD	mg/ O <sub>2</sub>	11,00	8,75	8,75	8,75	8,75	19,00	15,25	8,75	8,75	8,75	8,33	8,75	8,75	7,50	5,00	
	Fosfati -orto	mg/ P	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,17	0,25	0,12	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	
	Fenoli	mg/ C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,26	0,31	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
1			4	3	4	2	2	4	4	4	2	2	4	2	3	2	1	

## 5. Piano di utilizzo delle terre e rocce di scavo

Il Progetto Esecutivo utilizzerà, nei lavori per la realizzazione della DG41, anche il marino prodotto dallo scavo delle gallerie, trincee, scotici, ecc., per riempimenti e costruzioni (arco rovescio, murette, rinterri, rimodellazioni, ecc.) con modalità dettagliate dal PUT (elaborato [1.1]).

Il marino è utilizzabile in sostituzione dei materiali di cava (D.M. 161 del 10/08/2012, Allegato 4):

- in qualsiasi sito, a prescindere dalla sua destinazione d'uso, se la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla Colonna A (i.e. D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.);
- in siti a destinazione d'uso produttiva (commerciale e industriale), se la concentrazione di inquinanti è compresa fra i limiti di cui alle Colonne A e B;
- il marino può essere conferito ad un sito di destinazione con Valori di Fondo Naturale (nel seguito "VFN"), se le concentrazioni di inquinanti sono inferiori a tale soglia (che sostituisce le CSC di Colonna A o B).

Il PUT indica, nel tracciato della DG41 e nelle aree limitrofe:

- siti di produzione del marino: aree del tracciato in cui sono realizzati gli scavi (gallerie, trincee, scotico, ecc.), localizzati prevalentemente nel tratto 2 della DG41 (cfr. Figura 1);
- siti di destinazione del marino: aree del tracciato in cui sono realizzate opere che necessitano di apporto di materiale (ad esempio, per riempimento arco rovescio delle gallerie, rimodellamento al tetto delle gallerie artificiali, realizzazione di rilevati, ecc.). Il fabbisogno maggiore è richiesto dalle opere localizzate nel tratto 1 della DG41 (cfr. Figura 1);
- depositi intermedi del marino: aree in cui viene conferito temporaneamente lo smarino, qualora non sia possibile il suo immediato conferimento al sito di destinazione, distinti in due tipologie (cfr. elaborato [1.1], paragrafo 8.2):
  - "T": utilizzabili per il conferimento dello smarino con concentrazioni inferiori ai limiti della Colonna A;
  - "I": per il conferimento dello smarino con concentrazioni comprese tra le CSC di Colonna A e di Colonna B (o VFN), strutturati in modo tale da prevenire qualsiasi processo di interazione dei materiali con le matrici suolo ed acqua.

Le destinazioni d'uso delle aree limitrofe al tracciato della DG41 sono riconducibili alla tipologia zona agricola, verde pubblico, privato e residenziale. Pertanto, le attuali CSC di riferimento sono quelle di Colonna A.

La realizzazione della DG41 impone la modifica delle destinazioni d'uso in tipologie riferibili alla definizione di "Siti ad uso commerciale e industriale". Dunque, in corso d'opera le CSC di riferimento saranno quelle di Colonna B, o i Valori di Fondo Naturale eventualmente determinati con le indagini ante operam.

Terminata la realizzazione della DG41 si dovranno rispettare le CSC di Colonna A nelle aree occupate temporaneamente (ad es. i depositi intermedi) e restituite alla destinazione d'uso originaria.

Prima di conferire il marino in un deposito intermedio oppure in un sito di destinazione, si effettuerà una caratterizzazione ambientale, campionando ed analizzando sistematicamente il marino con analisi di laboratorio, secondo le specifiche indicate dal D.M. 161/2012.

## 6. Caratterizzazione e monitoraggio ambientale

Il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di indagini:

- ante operam per;
  - definire lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale lungo il tracciato;
  - verificare eventuali superamenti delle CSC, come da Allegato 2 del D.M. 161 del 10 agosto 2012;
  - determinare il "valore 0" dei parametri ambientali da monitorare in corso d'opera.
- in corso d'opera, finalizzate a:
  - monitorare l'evoluzione dei parametri ambientali, rispetto ai risultati iniziali (valore 0) acquisiti ante operam e con i valori soglia indicati dalla normativa vigente o con i riferimenti tecnici esistenti;
  - approfondire le situazioni emerse in corso d'opera;
  - realizzare studi ed analisi utili ad individuare gli eventuali fattori di stress ambientale precedentemente non considerati;
  - stabilire specifiche azioni di mitigazione necessarie per contrastare nuovi fattori di stress;
- post operam, per:
  - determinare le condizioni ambientali al termine dei lavori e con l'opera in esercizio;
  - stabilire specifiche azioni di mitigazione necessarie a contrastare eventuali contaminazioni.

Le procedure di campionamento ed analisi previste per le componenti suolo, sottosuolo e acque sotterranee sono descritte nel PUT (elaborato [1.1]) e nel Piano di Monitoraggio Ambientale (elaborati [1.2], [1.3] e [1.4]).

### 6.1. Matrici suolo e sottosuolo

Il PUT (elaborato [1.1]) prevede (D.M. 161/2012 – Allegato 8) attività di campionamento durante l'esecuzione dell'opera:

- su cumuli (con volume compreso tra 3000 m<sup>3</sup> e 5000 m<sup>3</sup>) in opportune aree di caratterizzazione;
- direttamente sull'area di scavo e/o sul fronte di avanzamento;
- sul fondo o sulle pareti di corpi idrici superficiali;
- nell'intera area di intervento.

Il campione deve essere rappresentativo dell'intero cumulo e dovrà essere realizzato in conformità con la norma UNI 10802.

Il campionamento per la caratterizzazione di terreno o roccia (marino) sul fronte di avanzamento sarà eseguita al termine del primo abbattimento (nella realizzazione di gallerie, trincee, ecc.) e, successivamente;

- ogni 500 m di avanzamento;
- ogni qual volta si verifichino variazioni delle procedure di scavo o della litologia lungo il tracciato.

Il campione medio si otterrà dal marino, prelevando 8 campioni elementari distribuiti uniformemente sulla superficie dello stesso, per ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione da sottoporre ad analisi chimica.

Ogni campione sarà suddiviso in due aliquote:

- la prima per le analisi di laboratorio;
- la seconda da archiviare per eventuali controanalisi da parte degli enti di controllo.

I campioni dovranno essere inviati al laboratorio non oltre 48 ore dal campionamento.

Qualora siano rilevati superamenti delle CSC di riferimento, la frequenza di campionamento sarà intensificata.

Il materiale idoneo ad essere utilizzato come sottoprodotto sarà impiegato (D.M. 161/2012):

1. per costruire rilevati, per riempire l'arco rovescio delle gallerie e per rinterri/recuperi ambientali previsti nell'ottica di minimizzare l'impatto ambientale dell'opera;
2. come materiale inerte in sostituzione dei materiali da cava nel processo di produzione di aggregati per calcestruzzi.

Per l'impiego 1, si deve svolgere il test di cessione con le modalità dell'Allegato 3 del D.M. 05/02/1998 e ss.mm.ii. per completare il quadro di valutazione della compatibilità ambientale con il sito di destinazione.

Se le caratterizzazioni indicheranno la non rispondenza del marino ai requisiti tecnici ed ambientali del PUT, questo sarà considerato un rifiuto e come tale sarà alienato dal cantiere prediligendo le operazioni di recupero allo smaltimento in discarica.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (elaborato [1.4]) individua, in base ai risultati delle indagini ante operam, le stazioni di monitoraggio in cui eseguire campionamenti ed analisi in corso d'opera e post operam (54 stazioni per profili pedologici e 34 inclinometri).

I campionamenti saranno eseguiti ogni 6 mesi. Qualora siano rilevati superamenti delle CSC di riferimento, la frequenza di campionamento sarà intensificata.

I parametri monitorati sono quelli previsti dal D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

## **6.2. Matrice acque sotterranee**

Per le acque sotterranee (elaborato [1.2]), si sottoporranno a monitoraggio:

- piezometri e pozzi nelle aree limitrofe al tracciato della DG41;
- le zone interessate da rilevanti opere in sotterraneo quali gallerie e/o grossi movimenti terra che possono determinare variazioni nel regime della circolazione delle acqua in falda;
- le aree di maggiore sensibilità e vulnerabilità della risorsa idrica.

I punti di monitoraggio sono stati scelti in base ai risultati delle indagini eseguite ante operam ed alla vulnerabilità dell'ambiente idrico sotterraneo.

Nelle aree del tracciato della DG41, in cui sono stati rilevati superamenti delle CSC, sono stati selezionati punti di monitoraggio a monte ed a valle rispetto alla direzione del flusso dell'acqua.

Complessivamente saranno monitorati:

- 23 piezometri a tubo aperto, in cui saranno prelevati campioni per monitorare le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee;
- 8 sorgenti, per monitorare le variazioni di portata;
- 11 pozzi privati e/o pubblici al fine di monitorare la produttività dei pozzi che si ritiene possano essere impattati dalla realizzazione dell'opera;
- i corsi d'acqua principali attraversati dal tracciato della DG41 (20 punti di prelievo, elaborato [1.3]).

In ogni punto di monitoraggio saranno eseguiti:

- misure del livello di falda;
- rilievo, a varie profondità all'interno dei pozzi e dei piezometri, di temperatura, pH, potenziale RedOx, conducibilità e ossigeno disciolto, con sonda multiparametrica;
- prelievo di campioni di acqua (secondo le modalità indicate dalla normativa di riferimento) da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio.

I parametri monitorati sono quelli previsti dal D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

Per le acque sotterranee destinate al consumo umano saranno ricercati anche i seguenti parametri: Escherichia Coli, Streptococchi fecali, Coliformi totali e fecali, Salmonelle.

I campioni dovranno essere inviati al laboratorio non oltre 24 ore dal campionamento.

In corso d'opera le misure verranno effettuate con frequenza trimestrale. I campioni saranno prelevati dai punti di campionamento in prossimità delle aree di cantiere attive.

Al termine dei lavori, il monitoraggio post operam avrà durata di un anno, con le stesse modalità adottate in corso d'opera ma con cadenza semestrale.

## 7. Indagini ante operam

Ante operam Sirjo ha eseguito indagini ambientali per:

- definire lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale lungo il tracciato;
- verificare eventuali superamenti delle CSC, come da Allegato 2 del D.M. 161 del 10 agosto 2012;
- determinare il "valore 0" dei parametri ambientali da monitorare in corso d'opera.

Le indagini, condotte da Sirjo nel 2013 e nel 2016 – 2017, hanno caratterizzato le matrici:

- suolo e sottosuolo;
- ambiente idrico sotterraneo.

Recentemente (giugno 2018) Sirjo ha effettuato, in contraddittorio con ANAS, sopralluoghi per identificare e mappare la presenza di rifiuti abbandonati nelle aree limitrofe al tracciato della DG41 ([2.5]).

Inoltre, prima di avviare i lavori Sirjo eseguirà le indagini che ha stabilito nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

I sondaggi (campagne 2013 e 2016 – 2017) ed i pozzetti esplorativi (campagna 2016 – 2017) hanno esaminato terreni ed acque in corrispondenza:

- delle opere di scavo previste dal progetto della DG41 (gallerie naturali ed artificiali, trincee e scavi per la realizzazione delle opere di fondazione dei viadotti);
- dei siti di produzione, di destinazione e di deposito intermedio dei materiali scavati.

Le modalità esecutive dei sondaggi ambientali, le procedure per l'installazione dei piezometri, il metodo di campionamento e l'elenco degli analiti considerati per le analisi di laboratorio sono descritte nel Progetto Esecutivo ed, in particolare, nell'Appendice 4 del PUT (elaborato [1.1]) e nella Relazione descrittiva del piano di indagini integrative (elaborato [1.8]).

Per identificare, ante operam, potenziali contaminazioni nei campioni di terra e roccia prelevati con carotiere e nei pozzetti esplorativi, le CSC di riferimento sono state definite in base alla destinazione d'uso indicata dagli strumenti di pianificazione vigenti (CSC della Colonna A).

L'ambiente idrico sotterraneo è stato caratterizzato campionando e analizzando le acque sotterranee di tutti i sondaggi ricadenti in aree in cui sono previsti scavi nella porzione satura del terreno (si veda Allegato 2 al D.M. 161/2012).

Le CSC di riferimento adottate sono quelle indicate dalla Tabella 2 (Allegato 5, Titolo V, Parte IV) del D.Lgs. 152/06 (nel seguito "Tabella 2"). Gli Idrocarburi sono stati analizzati come "Idrocarburi totali espressi come n-esano".

Di seguito si presentano le modalità esecutive delle indagini ed i risultati ottenuti.

## 7.1. Indagini del 2013

Per la caratterizzazione ambientale sono stati realizzati 102 sondaggi, profondi da 20 m a 125 m, alcuni attrezzati con piezometro a tubo aperto, distribuiti uniformemente lungo il tracciato dell'opera (Figura 7).

L'analisi chimica dell'acqua è stata effettuata in 53 sondaggi piezometrici, profondi 20÷40 m; i campioni di terreno sono stati prelevati da 68 sondaggi (Tabella 3), a profondità variabile da pochi m s.p.c. ad oltre 100 m s.p.c. (sondaggio S166).

La Tabella 4 riassume i parametri analizzati per la matrice ambientale "sottosuolo".

Tabella 3. Numero di campioni prelevati per ciascuna delle formazioni investigate

Formazione	N° campioni
Albidona (Alb)	17
Argille marnose del Torrente Straface (App)	9
Monte Sant'Arcangelo (Arc)	4
Argille Varicolori inferiori (Av)	2
Depositi alluvionali della Piana (Al)	20
Depositi marini pleistocenici (Ma)	13
Saraceno (SA)	3

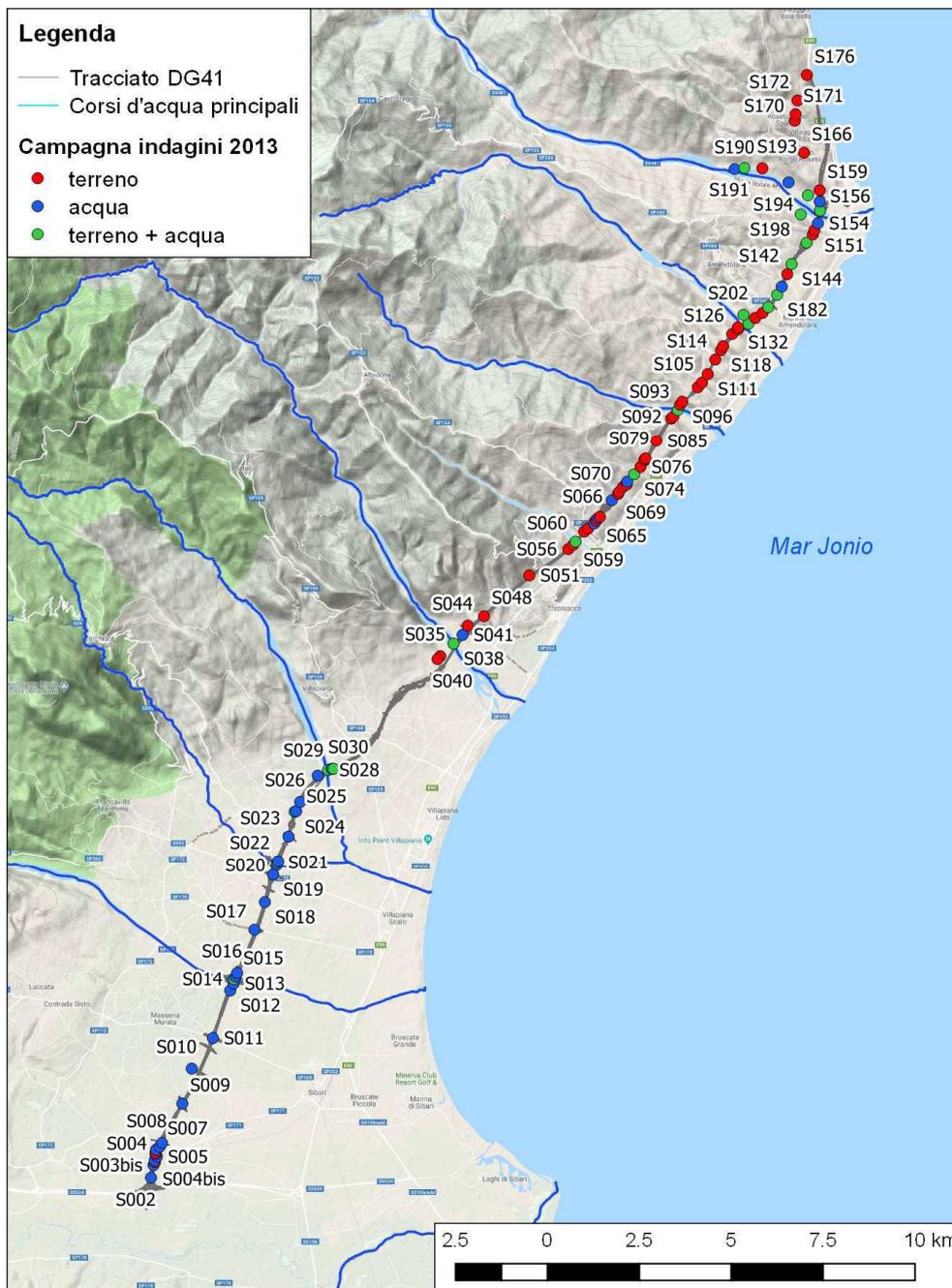


Figura 7. Ubicazione dei sondaggi della campagna 2013 rispetto al tracciato, distinti in base al campionamento effettuato (acqua, terreno, entrambi)

Tabella 4. Elenco dei composti e dei parametri analizzati nei campioni della matrice sottosuolo (in corsivo è riportato il set obbligatorio in base all'Allegato 4 al D.M. 161/2012)

Composti inorganici	Composti organici	
Antimonio	<b>Alifatici clorurati cancerogeni</b>	<b>Composti organici aromatici</b>
Argento	Cloruro vinile	<i>BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene); Stirene</i>
Arsenico	1,2-dicloroetano	<i>Idrocarburi C&gt;12</i>
Bario	Triclorometano	<b>Pesticidi e fitofarmaci</b>
Berillio	Diclorometano	Alaclor
Cadmio	1,1-dicloroetano	Aldrin
Cobalto	1,1,2-tricloroetano	Atrazina
Cromo VI	1,1,2,2-tetracloroetano	DDD, DDT, DDE
Cromo totale	1,2-dicloropropano	<b>Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)</b>
Mercurio	<b>Clorobenzeni</b>	<i>Benzo(a)antracene</i>
Tallio	1,2-diclorobenzene	<i>Benzo(a)pirene</i>
Nichel	Esaclorobenzene	<i>Benzo(b)fluoratene</i>
Piombo	Monoclorobenzene	<i>Benzo(k)fluoratene</i>
Rame	1,2,4,5-tetraclorobenzene	<i>Dibenzo(a)pirene</i>
Selenio	1,2,4-triclorobenzene	<i>Inedo(1,2,3,c,d)pirene</i>
Stagno	<b>Fenoli e clorofenoli</b>	<b>Nitrobenzeni</b>
Vanadio	2-clorofenolo	1,2-dinitrobenzene
Zinco	2,4-diclorofenolo	1,3-dinitrobenzene
Cianuri liberi	2,4,6-triclorofenolo	Cloronitrobenzeni
fluoruri	Pentaclorofenolo	Nitrobenzene
<b>Altre sostanze</b>	Fenolo	
<i>Amianto</i>	<b>Microinquinanti organici policlorurati</b>	
<b>Altri parametri</b>	Sommatoria OCDD, PCDF	
Conducibilità elettrica	PCB	
CSC, Ca, Mg, Na, K, pH, TOC, CaCO <sub>3</sub>	1,4-diclorobenzene	

## 7.2. Indagini del 2016 – 2017

Sono state rivolte alla caratterizzazione ambientale del suolo e del sottosuolo nelle aree di cantiere, nei siti di deposito ed in corrispondenza di trincee e gallerie del tracciato della DG41. Complessivamente sono stati eseguiti (Figura 8):

- 360 pozzetti, nelle aree di cantierizzazione e deposito; da ognuno sono stati prelevati, di norma, due campioni di terreno alla profondità di 1 e 2 m s.p.c.;
- sondaggi aggiuntivi, con prelievo di campioni a diverse profondità, in:
  - gallerie artificiali Stelitano, Potresino, Cielogreco e Amendolara;
  - trincee Stelitano e Potresino;
  - galleria naturale Roseto e rilevato omonimo.

Non sono stati prelevati campioni per l'analisi delle acque sotterranee.

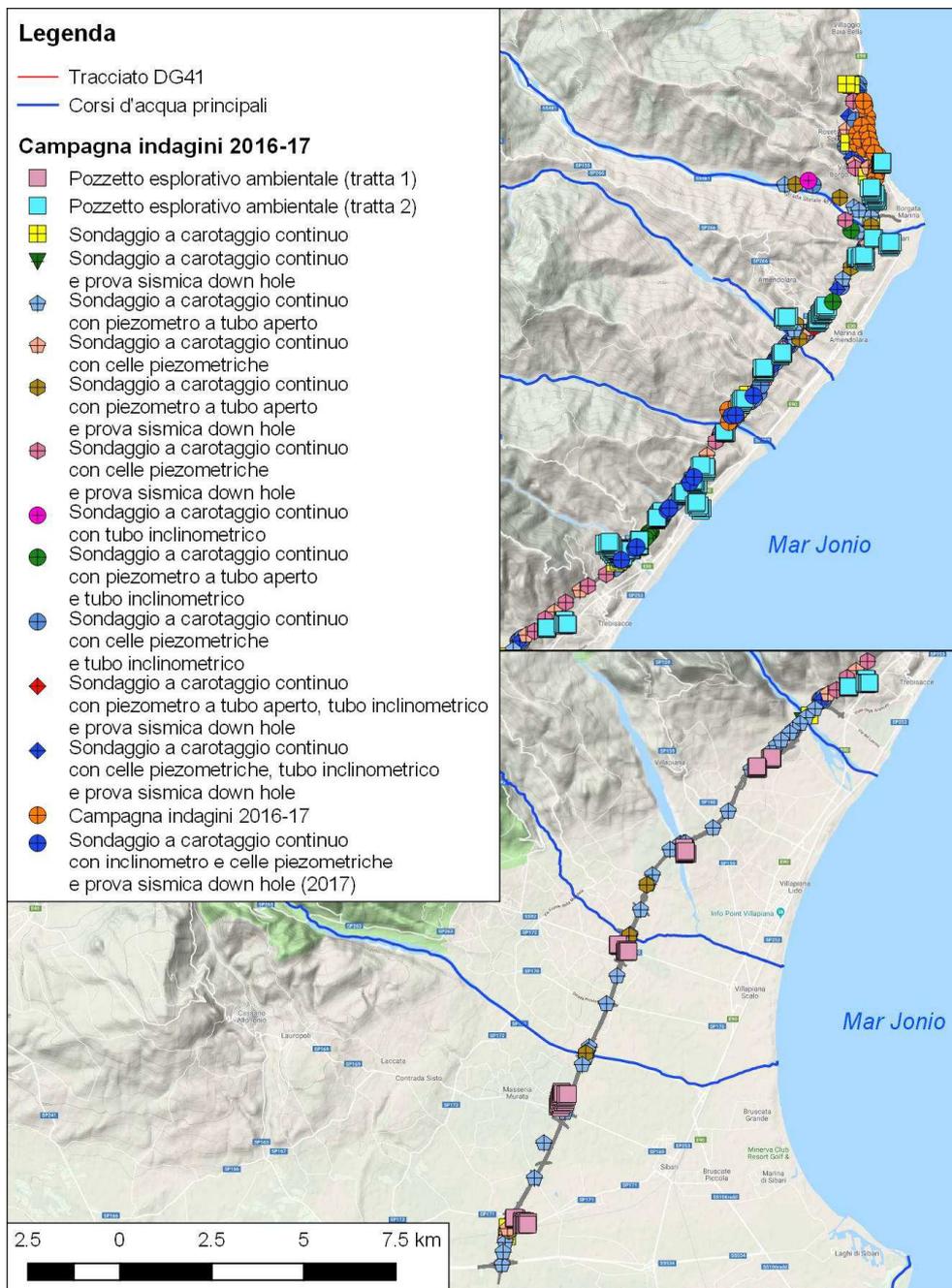


Figura 8. Ubicazione dei punti di indagine della campagna 2016 – 2017 rispetto al tracciato in progetto

### 7.3. Campagna 2018

A giugno 2018 Sirjo ha eseguito un sopralluogo con ANAS, per accertare lo stato dei luoghi nelle aree limitrofe al tracciato (cfr. elaborato [2.5]).

Il sopralluogo ha indicato (Figura 9) la presenza di vari tipi di rifiuti (gomma, plastica, vetro, eternit, rifiuti di cantiere, ecc.) localizzati lungo il tracciato dell'opera.



Figura 9. Mappa delle aree (in bianco) in cui sono stati censiti rifiuti abbandonati nelle aree limitrofe al tracciato della DG41.

### 7.4. Indagini stabilite dal Piano di Monitoraggio Ambientale

Sulla base dei risultati ottenuti con lo Studio di Impatto Ambientale dell'opera e con le indagini condotte nel 2013, 2016 – 2017 e nel 2018, Sirjo ha stabilito 150 stazioni di monitoraggio in cui saranno prelevati campioni delle matrici suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee (Figura 10).

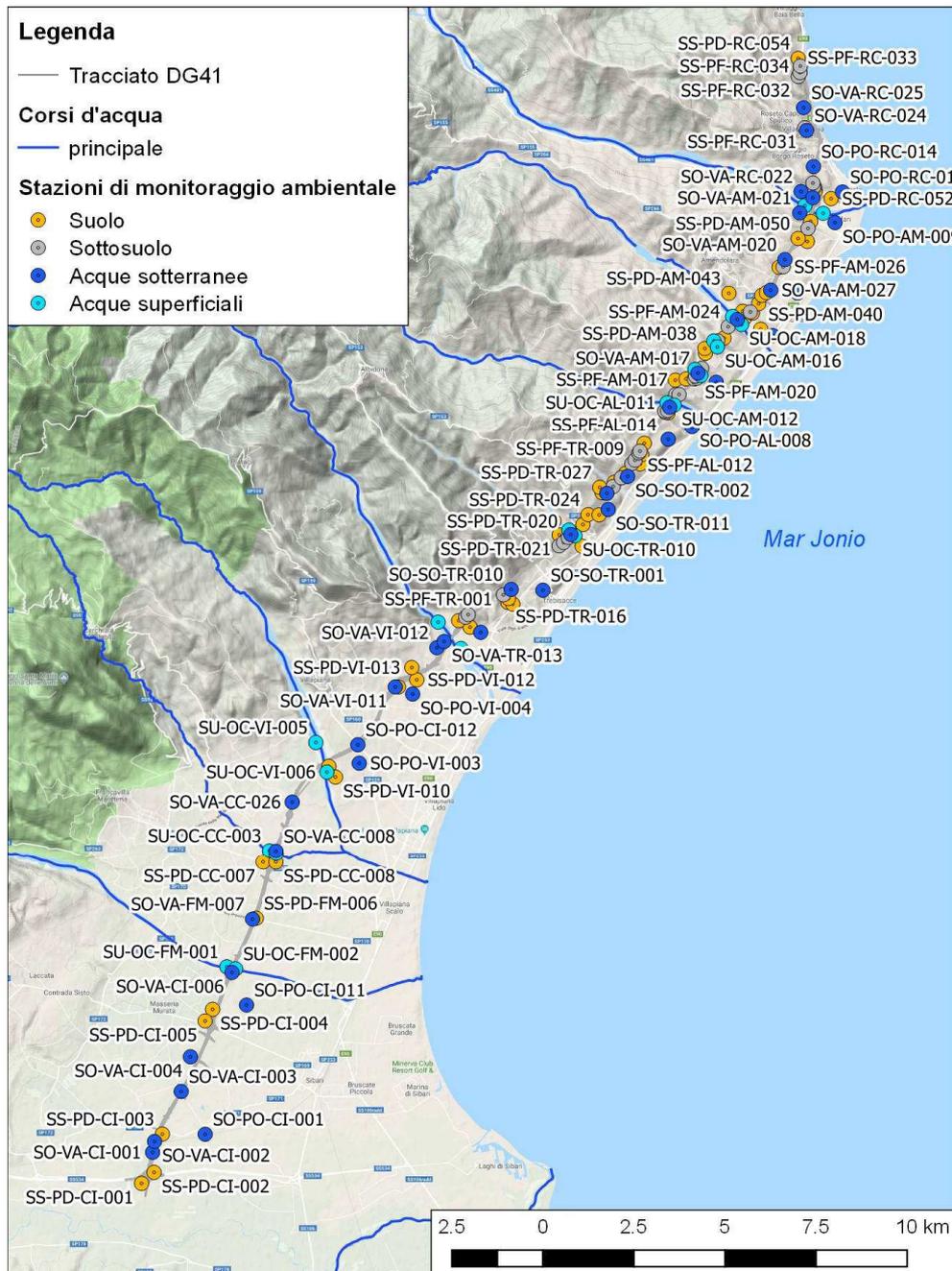


Figura 10. Stazioni di monitoraggio stabilite dal Piano di Monitoraggio Ambientale, distinte per tipo di campione prelevato (suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee)

## 8. Analisi dell'origine dei contaminanti delle matrici ambientali nelle aree limitrofe al tracciato

L'analisi critica:

- dei dati ottenuti con le indagini condotte da Sirjo sulle matrici ambientali;
- delle caratteristiche geologiche, strutturali, urbanistiche ed ambientali del territorio in cui ricade la costruzione dell'infrastruttura viaria, tramite indagini bibliografiche, studi geominerari ed analisi della documentazione relativa alle pressioni ambientali,

ha portato SERENGEO a:

- determinare (ante operam) le plausibili origini e le cause (naturali o antropiche) della contaminazione dei suoli e delle acque sotterranee lungo l'ampio territorio in cui ricade il tracciato della DG41;
- verificare che le modalità di monitoraggio ambientale previste da Sirjo siano adeguate alla tutela delle matrici ambientali in corso d'opera e post operam.

### 8.1. Componente suolo e sottosuolo

Le indagini del 2013 sui campioni di terreno (cfr. elaborati [1.7]) indicano che:

- tutti gli analiti considerati, eccetto il parametro Idrocarburi C>12, hanno concentrazioni inferiori alle CSC di Colonna A;
- per il parametro Idrocarburi C>12 (Figura 11 e Tabella 5):
  - 6 campioni dei 68 analizzati hanno superato la CSC di Colonna A (50 mg/kg) (Figura 11) ma sono inferiori alla CSC di Colonna B (750 mg/kg). I campioni sono stati prelevati ad una profondità di 1÷20 m s.p.c. nei depositi alluvionali della Piana (S028), nella Formazione di Albidona (S069, S076, S078 e S081) e nei depositi marini pleistocenici (sondaggio S140);
  - Il 91% dei 68 campioni ha fatto registrare concentrazioni inferiori alla CSC di Colonna A, con 12 prelievi sotto la soglia di rilevabilità (5 mg/kg s.s.) della strumentazione impiegata (campioni dei sondaggi S044, S048, S051, S063, S090, S101, S111, S114, S126, S147, S170, S171).

I campioni con concentrazione di Idrocarburi C > 12 superiore alla CSC di Colonna A sono stati sottoposti a:

- test di cessione (DM 05/02/1998 e ss.mm.ii.);
- test per una prima valutazione circa la tipologia di rifiuto (DM 20/09/2010).

I risultati delle analisi (cfr. Appendice 4, elaborato [1.1]) indicano che:

- tutti i campioni hanno concentrazioni nel lisciviato inferiori ai limiti previsti dalla normativa vigente;
- i materiali potrebbero essere ammessi in discarica per rifiuti non pericolosi.

Considerate la profondità di campionamento, la distribuzione dei sondaggi e le litologie interessate, i valori rilevati possono essere ricondotti ad un'origine antropica o naturale.



Figura 11. Ubicazione dei campioni di terreno della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione degli Idrocarburi C>12 superiori alla CSC

Tabella 5. Campagna di indagini 2013: concentrazioni di Idrocarburi C>12 misurate nei campioni di terreno (in giallo sono indicati i superamenti della CSC)

Codice sondaggio	Cod. campione	Unità	Idrocarburi C>12 (mg/kg s.s.)	Codice sondaggio	Cod. campione	Unità	Idrocarburi C>12 (mg/kg s.s.)
S004	1804	Alt (PS)	14,7	S096	1786	App	31,3
S006	1771	Alt (PS)	40,8	S101	1768	App	< 5,00
S014	1800	Ala (TR)	15,3	S105	1767	Ma	41,3
S021	1795	Ala (TC)	25,3	S111	1819	Al (FP)	< 5,00
S024	1778	Alt (TC)	46,8	S114	1788	App	< 5,00
S028	1777	Ala (TS)	56,1	S118	1823	App	23
S030	1812	Ala (TS)	28,3	S123	1821	App	5,9
S035	1793	Alt (FS)	22,1	S126	1791	App	< 5,00
S038	1774	Ala (FS)	29,4	S130	1820	Ma	22,4
S040	1779	Alt (FS)	31,7	S132	1827	App	39
S044	1796	SA	< 5,00	S134	1808	Al (TST)	15,5
S048	1776	SA	< 5,00	S136	1803	App	25,8
S051	1807	SA	< 5,00	S138	1792	Ma	31,5
S056	1766	Alb	6,84	S140	1817	Ma	65,7
S059	1764	Alb	35,9	S142	1814	Ma	22,8
S060	1825	Alb	14,3	S144	1783	Ma	15,6
S062	1811	Alb	22,4	S145	1782	Ma	21
S063	1775	Alb	< 5,00	S147	1829	Ma	< 5,00
S065	1763	Ma	26,8	S151	1798	Ma	16,3
S067	1781	Ma	45,4	S156	1818	Al (TF)	16,7
S069	1765	Alb	51,9	S157	1810	Al (TF)	36,9
S070	1773	Alb	19,2	S159	1879	Av	38,4
S071	1794	Alb	16,1	S166	1789	Arc	6,14
S072	1772	Alb	20,2	S170	1769	Arc	< 5,00
S074	1799	Alb	18,2	S171	1802	Arc	< 5,00
S076	1813	Alb	92,8	S172	1824	Arc	6,17
S078	1828	Alb	92,6	S176	1770	Av	7,21
S079	1780	Alb	21,4	S182	1822	Ma	13
S081	1801	Alb	60,6	S187	1816	Ma	29,5
S085	1785	Alb	5,25	S191	1815	Al (TF)	20,6
S090	1826	Alb	< 5,00	S193	1797	Al (TF)	27,4
S092	1787	Alb	32,9	S196	1805	Al (TF)	31,5
S093	1806	Al (TA)	13,4	S198	1784	Al (TF)	28,2
S094	1809	App	25,7	S202	1790	Al (TST)	26,4

Le indagini eseguite nel 2016 – 2017 sui campioni di terreno hanno rilevato superamenti della CSC di Colonna A per Arsenico, Cobalto, Cromo totale, Rame ed Idrocarburi C > 12 (Figura 12).

Se si esclude quest'ultimo, gli altri elementi sono stati rilevati in punti isolati (ovvero non in tutti i campioni prelevati entro la stessa area di cantiere o di deposito indagata) e la loro presenza è riconducibile a contaminazione di origine antropica (in prevalenza attività agricola con coltivazioni intensive).

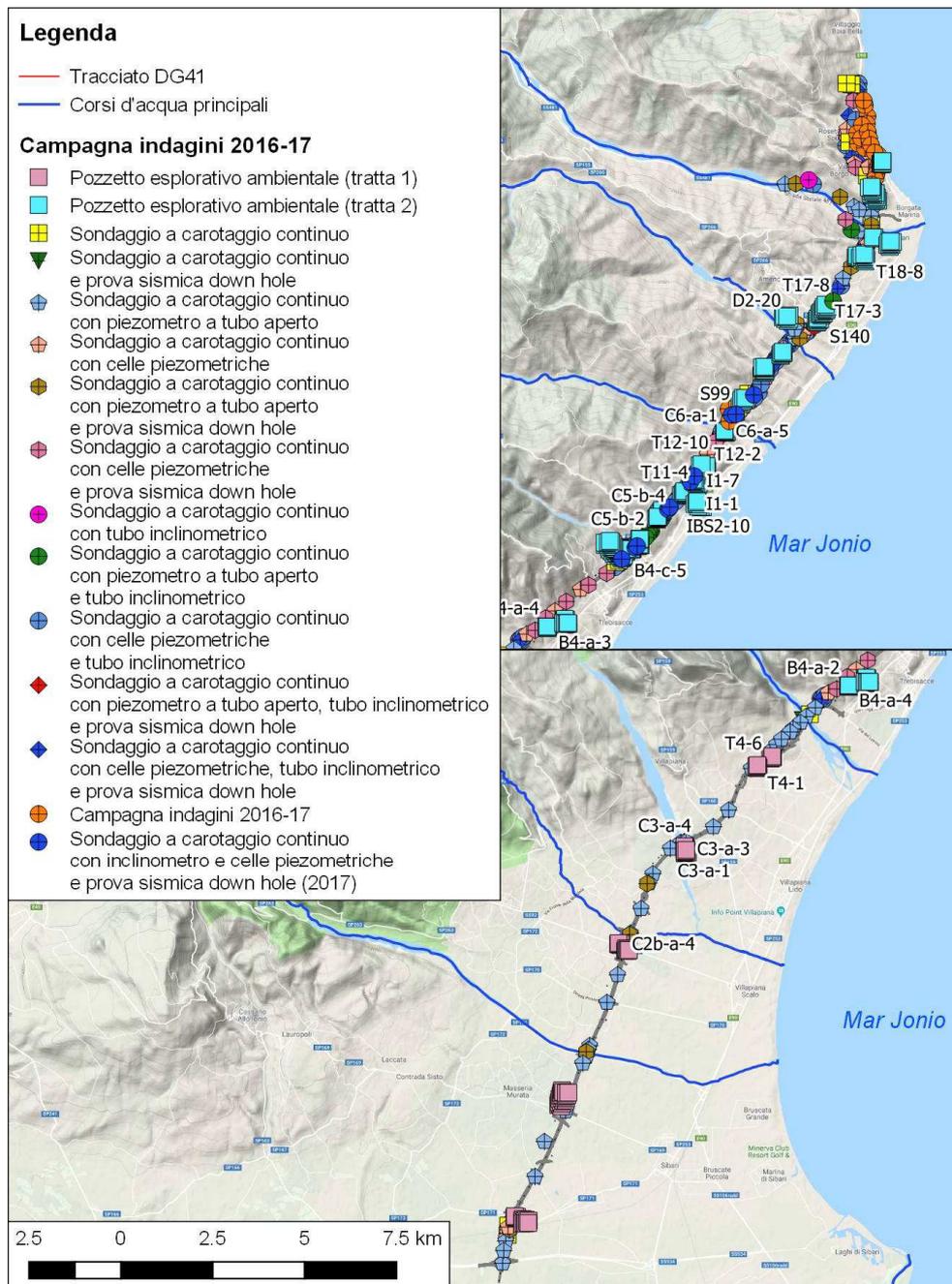


Figura 12. Ubicazione dei punti di indagine della campagna 2016 – 2017 in cui si sono avuti superamenti della CSC di Colonna A per gli Idrocarburi C>12

Le concentrazioni di Idrocarburi pesanti hanno superato la CSC di Colonna A (Tabella 6) in diversi:

- siti di stoccaggio (T4, T11, I1, T12, T16, T17, T18);
- aree di cantiere (C2b-a, C3-a, C3-b, B4-a, B4-c, C6-a, C6-b, C7-c, D2),

ed in uno dei 3 campioni prelevati dal sondaggio S099 (85 mg/l ad una profondità di 16,7÷17,4 m s.p.c.), in corrispondenza della galleria artificiale Stellitano.

Tabella 6. Campagna di indagini 2016 – 2017: concentrazioni di Idrocarburi C>12 misurate nei campioni di terreno (in giallo sono indicati i superamenti della CSC) (elaborati [1.9] e [1.10])

Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.	Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.
B4-a 1	30867	1,00	P	110	I1 8	30767	1,00	P	88
B4-a 1	30868	2,00	P	150	I1 8	30768	2,00	P	88
B4-a 2	30869	1,00	P	125	I2 1	11887	1,00	P	0,703
B4-a 2	30870	2,00	P	140	I2 1	11888	2,00	P	1,13
B4-a 3	30871	1,00	P	77	I2 2	11889	1,00	P	2,88
B4-a 3	30872	2,00	P	107	I2 2	11890	2,00	P	< 0,72
B4-a 4	30873	1,00	P	115	I2 3	11891	1,00	P	< 0,75
B4-a 4	30874	2,00	P	99,7	I2 3	11892	2,00	P	0,749
B4-c 1	30717	1,00	P	142	I2 4	11893	1,00	P	1,76
B4-c 1	30718	2,00	P	68	I2 4	11894	2,00	P	1,57
B4-c 2	30719	1,00	P	137	I2 5	11895	1,00	P	13,0
B4-c 2	30720	2,00	P	185	I2 5	11896	2,00	P	2,44
B4-c 3	30721	1,00	P	71	I2 6	11897	1,00	P	< 0,76
B4-c 3	30722	2,00	P	56	I2 6	11898	2,00	P	2,20
B4-c 4	30723	1,00	P	87	I2 7	11899	1,00	P	1,43
B4-c 4	30724	2,00	P	66	I2 7	11900	2,00	P	6,4
B4-c 5	30725	1,00	P	88	S099	27622	1,50-2,30	S	< 5,0
B4-c 5	30726	2,00	P	121	S099	27623	7,50-8,00	S	< 5,0
C2b-a 1	2225	1,00	P	< 5,0	S099	27624	16,70-17,40	S	85
C2b-a 1	2226	2,00	P	< 5,0	T1 1	28736	1,00	P	< 5,0
C2b-a 2	2227	1,00	P	< 5,0	T1 1	28754	2,00	P	< 5,0
C2b-a 2	2228	2,00	P	< 5,0	T1 2	28755	1,00	P	< 5,0
C2b-a 3	2229	1,00	P	6,5	T1 2	28756	2,00	P	10,9
C2b-a 3	2230	1,60	P	< 5,0	T1 3	28757	1,00	P	< 5,0
C2b-a 4	2232	2,00	P	< 5,0	T1 3	28768	2,00	P	< 5,0

Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.	Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.
C2b-a 5	2233	1,00	P	< 5,0	T1 4	28769	1,00	P	< 5,0
C2b-a 5	2234	2,00	P	< 5,0	T1 4	28770	2,00	P	< 5,0
C2b-a4	2231	1,00	P	79	T1 5	28771	1,00	P	< 5,0
C3-a 1	30807	1,00	P	41	T1 5	28772	2,00	P	< 5,0
C3-a 1	30808	2,00	P	62	T1 6	28779	1,00	P	37
C3-a 2	30809	1,00	P	35	T1 6	28780	2,00	P	12,9
C3-a 2	30810	2,00	P	48	T1 7	28781	1,00	P	9,7
C3-a 3	30811	1,00	P	93	T1 7	28782	2,00	P	< 5,0
C3-a 3	30812	2,00	P	40	T1 8	28783	1,00	P	< 5,0
C3-a 4	30813	1,00	P	73	T1 8	28784	2,00	P	< 5,0
C3-a 4	30814	2,00	P	< 5,0	T1 10	28788	1,00	P	11,2
C3-a 5	30815	1,00	P	< 5,0	T1 10	28789	2,00	P	< 5,0
C3-a 5	30816	2,00	P	< 5,0	T1 11	28790	1,00	P	< 5,0
C3-b 1	30887	1,00	P	54	T1 11	28791	2,00	P	< 5,0
C3-b 1	30888	2,00	P	78	T4 1	30875	1,00	P	88
C3-b 2	30889	1,00	P	59	T4 1	30876	2,00	P	139
C3-b 2	30890	2,00	P	< 5,0	T4 2	30877	1,00	P	46
C3-b 3	30891	1,00	P	< 5,0	T4 2	30878	2,00	P	34
C3-b 3	30892	2,00	P	< 5,0	T4 3	30879	1,00	P	82
C3-b 4	30893	1,00	P	< 5,0	T4 3	30880	2,00	P	87
C3-b 4	30894	2,00	P	65	T4 4	30881	1,00	P	48
C3-b 5	30895	1,00	P	< 5,0	T4 4	30882	2,00	P	54
C3-b 5	30896	2,00	P	< 5,0	T4 5	30883	1,00	P	48
C6-a 1	30857	1,00	P	85	T4 5	30884	2,00	P	93
C6-a 1	30858	2,00	P	91	T4 6	30885	1,00	P	69
C6-a 2	30859	1,00	P	62	T4 6	30886	1,80	P	61
C6-a 2	30860	2,00	P	84	T11 1	30803	1,00	P	92
C6-a 3	30861	1,00	P	171	T11 1	30804	2,00	P	74
C6-a 3	30862	2,00	P	87	T11 2	30805	1,00	P	95
C6-a 4	30863	1,00	P	62	T11 2	30806	2,00	P	141
C6-a 4	30864	2,00	P	98	T11 3	30801	1,00	P	50
C6-a 5	30865	1,00	P	57	T11 3	30802	2,00	P	307
C6-a 5	30866	2,00	P	72	T11 4	30799	1,00	P	69
C6-b 1	30727	1,00	P	78	T11 4	30800	2,00	P	73
C6-b 1	30728	2,00	P	111	T11 5	30795	1,00	P	132

Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.	Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.
C6-b 2	30729	1,00	P	132	T11 5	30796	2,00	P	57
C6-b 2	30730	2,00	P	190	T11 6	30797	1,00	P	48
C6-b 3	30731	1,00	P	155	T11 6	30798	2,00	P	34
C6-b 3	30732	2,00	P	178	T11 7	30793	1,00	P	41
C6-b 4	30733	1,00	P	223	T11 7	30794	2,00	P	65
C6-b 4	30734	2,00	P	180	T11 8	30791	1,00	P	25,2
C6-b 5	30735	1,00	P	177	T11 8	30792	2,00	P	45
C6-b 5	30736	2,00	P	127	T12 1	30697	1,00	P	84
C7-c 1	30743	1,00	P	< 5,0	T12 1 bis	2252	2,00	P	< 5,0
C7-c 1	30744	2,00	P	< 5,0	T12 10	30715	1,00	P	96
C7-c 2	30745	1,00	P	< 5,0	T12 10	30716	2,00	P	132
C7-c 2	30746	2,00	P	< 5,0	T12 2	30699	1,00	P	63
C7-c 3	30747	1,00	P	< 5,0	T12 2 bis	2253	2,00	P	< 5,0
C7-c 3	30748	2,00	P	< 5,0	T12 3	30702	2,00	P	66
C7-c 4	30749	1,00	P	< 5,0	T12 3 bis	2254	1,00	P	7,6
C7-c 4	30750	2,00	P	73	T12 4	30703	1,00	P	109
C7-c 5	30751	1,00	P	51	T12 4	30704	2,00	P	58
C7-c 5	30752	2,00	P	83	T12 5	30705	1,00	P	69
D2 1	28826	1,00	P	66± 20	T12 5	30706	2,00	P	55
D2 1	28829	2,00	P	1,84	T12 6	30708	2,00	P	51
D2 10	28845	1,00	P	5,4± 1,6	T12 6 bis	2255	1,00	P	5,6
D2 10	28846	2,00	P	4,9± 1,5	T12 7	30709	1,00	P	59
D2 11	28847	1,00	P	3,02	T12 7 bis	2256	2,00	P	5,3
D2 11	28848	2,00	P	2,50	T12 8	30712	2,00	P	72
D2 12	28849	1,00	P	5,6± 1,7	T12 8 bis	2257	1,00	P	< 5,0
D2 12	28850	2,00	P	6,1± 1,8	T12 9	30713	1,00	P	31,5
D2 13	28851	1,00	P	20,0	T12 9	30714	2,00	P	91
D2 13	28852	2,00	P	5,9± 1,8	T16 7	28882	1,00	P	72± 22
D2 14	28853	1,00	P	2,99	T16 7	28883	2,00	P	13,6
D2 14	28854	2,00	P	5,2± 1,6	T16 10	28884	1,00	P	12,6
D2 16	28856	1,00	P	4,9	T16 10	28885	2,00	P	60± 18
D2 16	28857	2,00	P	3,07	T16 13	28886	1,00	P	11,0
D2 17	28858	1,00	P	4,0	T16 13	28887	2,00	P	9,3
D2 17	28859	2,00	P	15,5	T16 15	28888	1,00	P	13,9
D2 18	28860	1,00	P	9,3	T16 15	28889	2,00	P	14,6

Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.	Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.
D2 18	28861	2,00	P	4,0± 1,2	T16 16	28890	1,00	P	17,9
D2 19	14261	1,00	P	< 2,0	T16 16	28891	2,00	P	4,0
D2 19	14262	2,00	P	< 2,0	T16 17	28892	1,00	P	20,3
D2 2	28830	1,00	P	4,4± 1,3	T16 17	28893	2,00	P	17,6
D2 2	28831	2,00	P	8,0± 2,4	T16 18	28894	1,00	P	< 7,0
D2 20	14299	1,00	P	< 4,3	T16 18	28895	2,00	P	16,0
D2 20	14992	2,00	P	57	T16 19	28896	1,00	P	11,7
D2 21	28862	1,00	P	5,2± 1,6	T16 19	28897	2,00	P	18,2
D2 21	28863	2,00	P	22,5± 6,8	T16 20	28898	1,00	P	6,9
D2 22	14263	1,00	P	< 2,0	T16 20	28899	2,00	P	12,1
D2 23	14300	1,00	P	< 3,8	T16 21	28900	1,00	P	6,2
D2 23	14993	2,00	P	< 3,3	T16 21	28901	2,00	P	13,6
D2 24	28864	1,00	P	16,6	T16 22	28902	1,00	P	4,8
D2 24	28865	2,00	P	4,9± 1,5	T16 22	28903	2,00	P	9,2
D2 25	14301	1,00	P	< 3,7	T16 23	28904	1,00	P	17,2
D2 26	14303	1,00	P	< 4,0	T16 23	28905	2,00	P	19,7
D2 26	14304	2,00	P	< 3,8	T17 1	30769	1,00	P	179
D2 27	28866	1,00	P	17,5	T17 1	30770	2,00	P	197
D2 27	28867	2,00	P	6,0	T17 2	30771	1,00	P	224
D2 28	28868	1,00	P	26,4	T17 2	30772	2,00	P	104
D2 28	28869	2,00	P	11,9	T17 3	30773	1,00	P	75
D2 29	28870	1,00	P	9,0	T17 3	30774	2,00	P	83
D2 29	28871	2,00	P	21,0	T17 4	30776	2,00	P	49
D2 3	28832	1,00	P	4,8	T17 4	30775	1,00	P	38
D2 3	28833	2,00	P	1,43± 0,43	T17 5	30777	1,00	P	59
D2 30	28872	1,00	P	21,5	T17 5	30778	2,00	P	98
D2 30	28873	2,00	P	10,2	T17 6	30779	1,00	P	47
D2 31	14302	2,00	P	< 3,6	T17 6	30780	2,00	P	60
D2 31	14994	1,00	P	39	T17 7	30781	1,00	P	43
D2 32	28874	1,00	P	18,0	T17 7	30782	2,00	P	40
D2 32	28875	2,00	P	19,3	T17 8	30783	1,00	P	65
D2 33	28876	1,00	P	20,5	T17 8	30784	2,00	P	60
D2 33	28877	2,00	P	21,1	T17 9	30785	1,00	P	51
D2 34	28878	1,00	P	13,5	T17 9	30786	2,00	P	36
D2 34	28879	2,00	P	14,1	T17 10	30787	1,00	P	56

Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.	Punto di campionamento	Campione	Profondità prelievo (m)	Tipo	Idrocarburi C > 12 (pesanti) mg/kg s.s.
D2 35	28880	1,00	P	7,6	T17 10	30788	2,00	P	69
D2 35	28881	2,00	P	34± 10	T17 11	30789	1,00	P	103
D2 4	28834	1,00	P	5,2± 1,5	T17 11	30790	2,00	P	79
D2 4	28835	2,00	P	2,35	T18 1	30737	1,00	P	< 5,0
D2 5	28836	1,00	P	3,21± 0,96	T18 1	30738	2,00	P	< 5,0
D2 5	28837	2,00	P	3,8± 1,1	T18 2 bis	2265	1,00	P	3,90
D2 6	28838	1,00	P	3,20	T18 2 bis	2266	2,00	P	7,3
D2 6	28839	2,00	P	3,11	T18 3	30739	1,00	P	< 5,0
D2 7	28840	1,00	P	9,1± 2,7	T18 3	30740	2,00	P	< 5,0
D2 7	28841	2,00	P	6,0± 1,8	T18 4	30683	1,00	P	< 5,0
D2 8	28842	1,00	P	12,9± 3,9	T18 4	30684	2,00	P	< 5,0
D2 8	28983	2,00	P	8,5	T18 5	30686	2,00	P	< 5,0
D2 9	28843	1,00	P	7,4± 2,2	T18 5 bis	2267	1,00	P	4,37
D2 9	28844	2,00	P	2,46	T18 6	30687	1,00	P	< 5,0
I1 1	30753	1,00	P	229	T18 6	30688	2,00	P	9,2
I1 1	30754	2,00	P	137	T18 7	30741	1,00	P	< 5,0
I1 2	30755	1,00	P	266	T18 7	30742	2,00	P	< 5,0
I1 2	30756	2,00	P	219	T18 8	30690	2,00	P	103
I1 3	30757	1,00	P	183	T18 8 bis	2270	1,00	P	6,5
I1 3	30758	2,00	P	163	T18 9	30691	1,00	P	50
I1 4	30759	1,00	P	157	T18 9	30692	2,00	P	38
I1 4	30760	2,00	P	221	T18 10	30693	1,00	P	38
I1 5	30761	1,00	P	214	T18 10 bis	2272	2,00	P	7,2
I1 5	30762	2,00	P	138	T18 11	30695	1,00	P	97
I1 6	30763	1,00	P	212	T18 11	30696	2,00	P	69
I1 6	30764	2,00	P	137					
I1 7	30765	1,00	P	239					
I1 7	30766	2,00	P	297					

I superamenti hanno riguardato tutti (o quasi tutti) i punti di campionamento nelle seguenti aree:

- C3-a (Figura 13 e Figura 14), sulla sponda destra del torrente Satanasso, nell'area compresa tra i paesi di Villapiana e Villapiana Lido, ad una distanza di circa 3 km dai pozzi Sibari 001 e Torrente Caldana 001 realizzati per la ricerca di Idrocarburi negli anni '70-'80. Le indagini del 2013 avevano rilevato nel vicino sondaggio S028 concentrazioni di Idrocarburi pesanti superiori alla CSC di colonna A.

- T4 e C3-b (Figura 15), località Villapiana Lido, ricadono all'interno di aree agricole (seminativo e frutteto);
- B4-a (Figura 16): ricade in un'area agricola (seminativo);
- B4-c (Figura 17), all'interno di un fondo agricolo (seminativo) in prossimità dell'impianto di depurazione acque di Trebisacce.
- T11, T12 e I1 (Figura 18), ricadono in fondi agricoli (seminativo). Nella stessa zona erano state rilevate, nel 2013, concentrazioni superiori alla CSC nei sondaggi S076, S078 e S081;
- C6-a (Figura 19), all'interno di un'area di deposito di rifiuti da costruzione e demolizione. A Nord dell'area sono stati individuati, durante il sopralluogo effettuato nel 2018, dei rifiuti abbandonati (eternit, plastica, vetro, ferro, rifiuti di cantiere, ecc.);
- T17 e C7-c (Figura 20), all'interno di fondi agricoli (seminativo), sono in prossimità del sondaggio S140, in cui erano state rilevate:
  - nel 2013, concentrazioni di Idrocarburi superiori alla CSC;
  - nel corso delle indagini per la ricerca di gas, emissioni di metano con concentrazione massima pari al 4 %LEL.

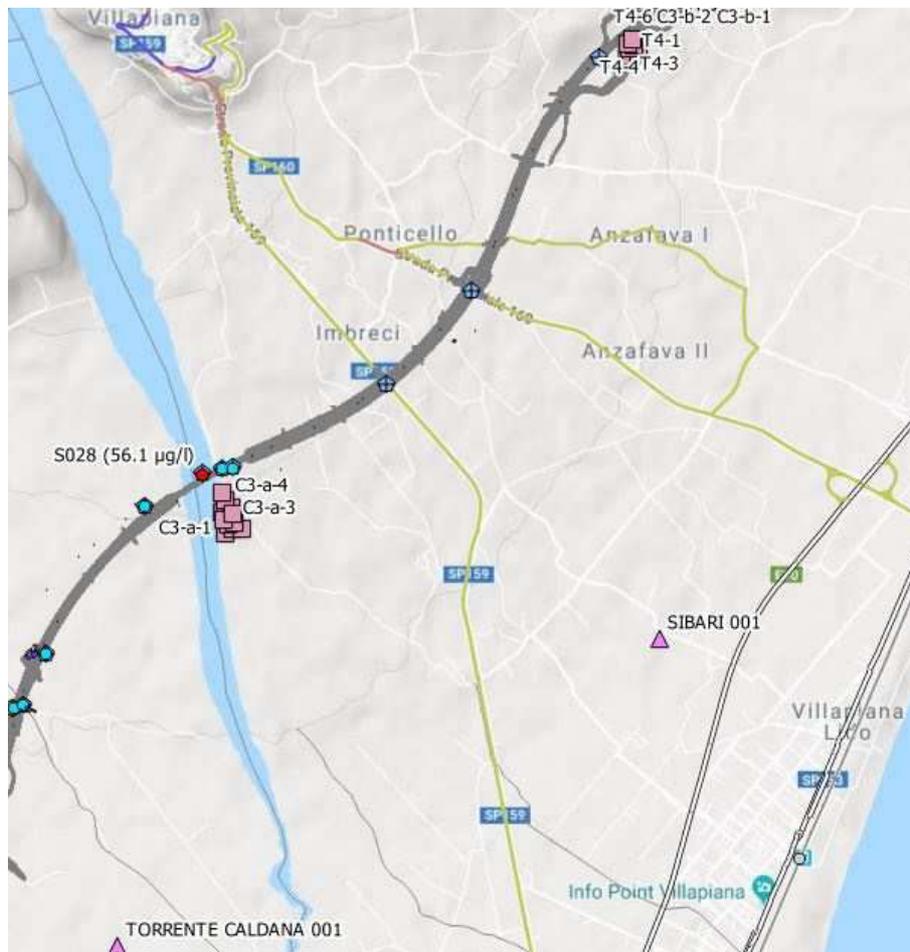


Figura 13. Area di cantiere C3-a

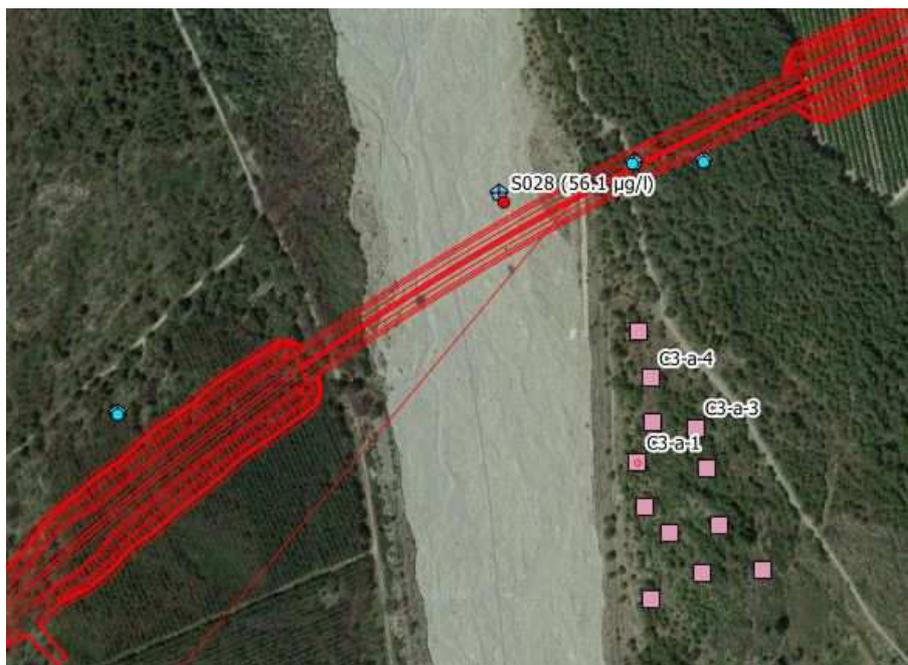


Figura 14. Area di cantiere C3-a

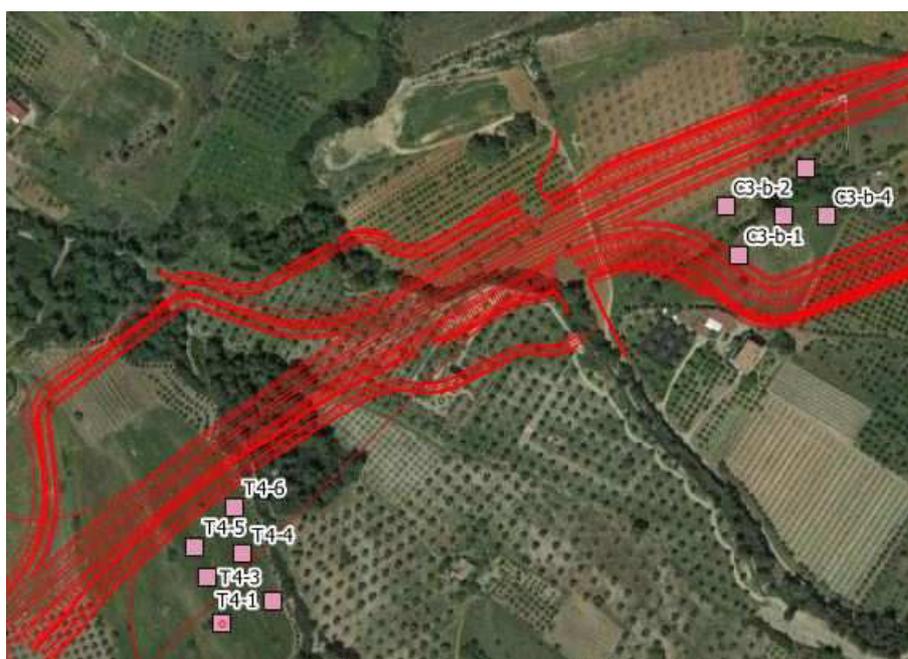


Figura 15. Aree di cantiere T4 e C3-b



Figura 16. Area di cantiere B4-a



Figura 17. Area di cantiere B4-c

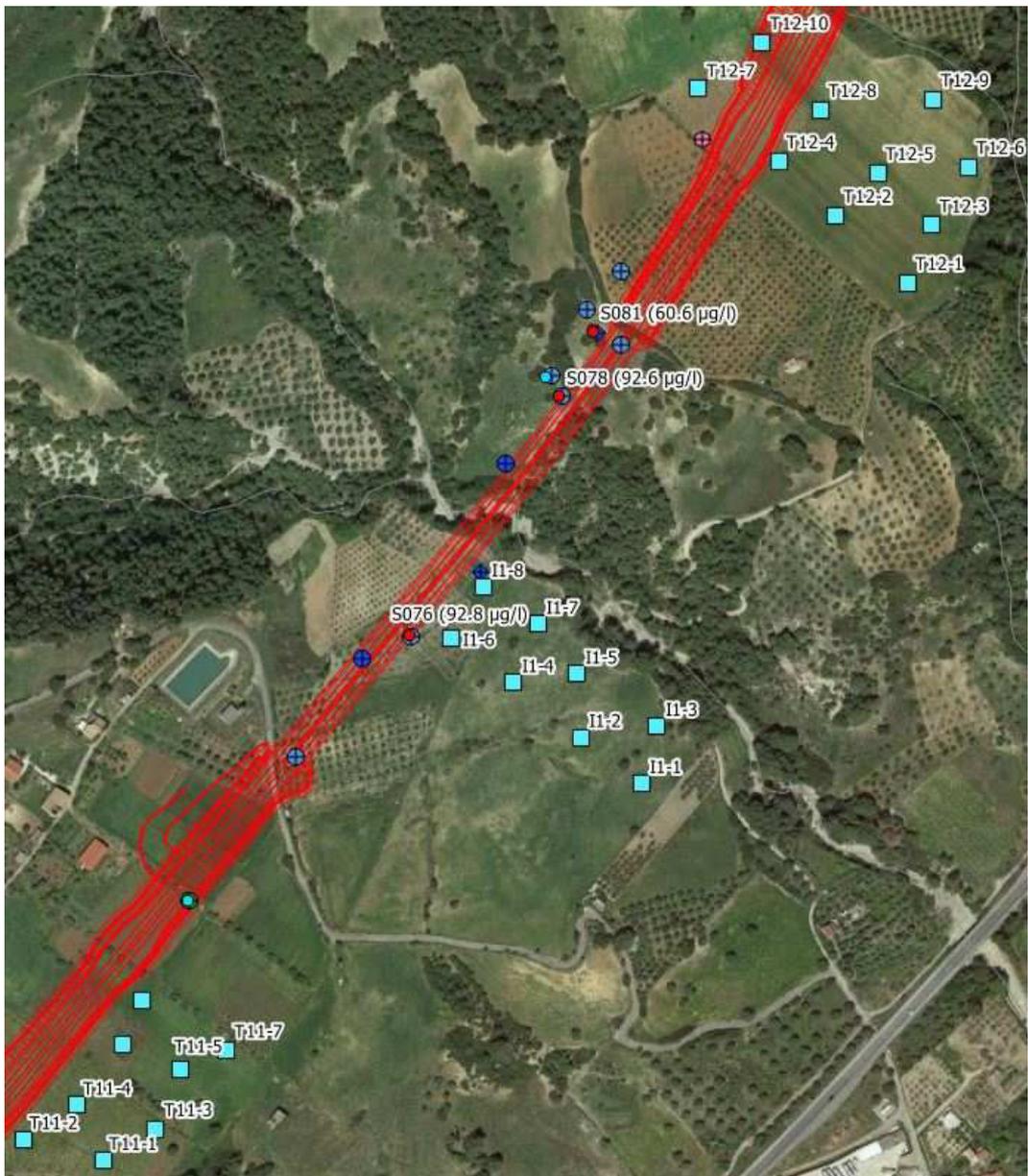


Figura 18. Aree d cantiere T11, I1 e T12

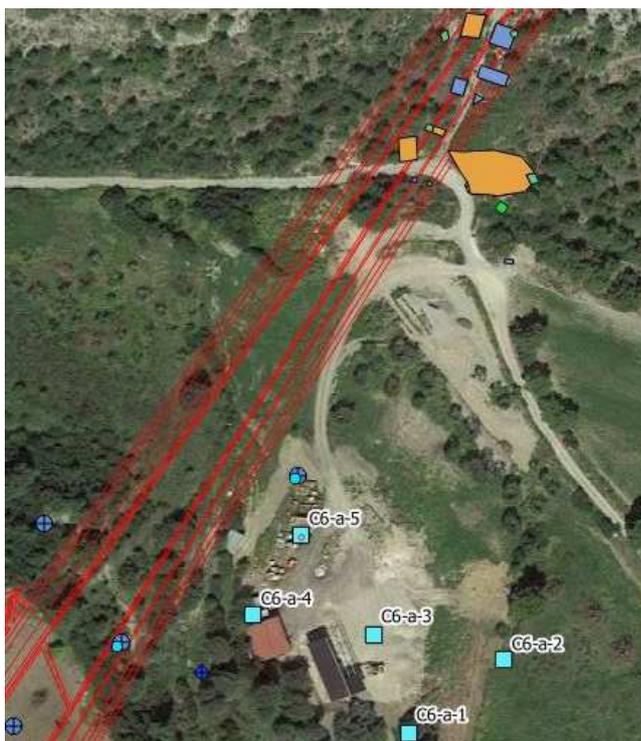


Figura 19. Area di cantiere C6-a



Figura 20. Aree di cantiere T17 e C7-c

Campioni isolati all'interno delle seguenti aree di indagine hanno rilevato superamenti delle CSC:

- C2b-a (Figura 21), all'interno di un fondo agricolo (seminativo), in prossimità della SS 92, tra Villapiana Lido e Francavilla Marittima;
- C5-b (Figura 22), all'interno di un uliveto nel Comune di Trebisacce;
- D2 (Figura 23), in prossimità dell'impianto di depurazione acque del Comune di Amendolara.
- T18 (Figura 24), a Sud del Torrente Ferro, tra i Comuni di Amendolara e Roseto Capo Spulico.



Figura 21. Area di cantiere C2b-a

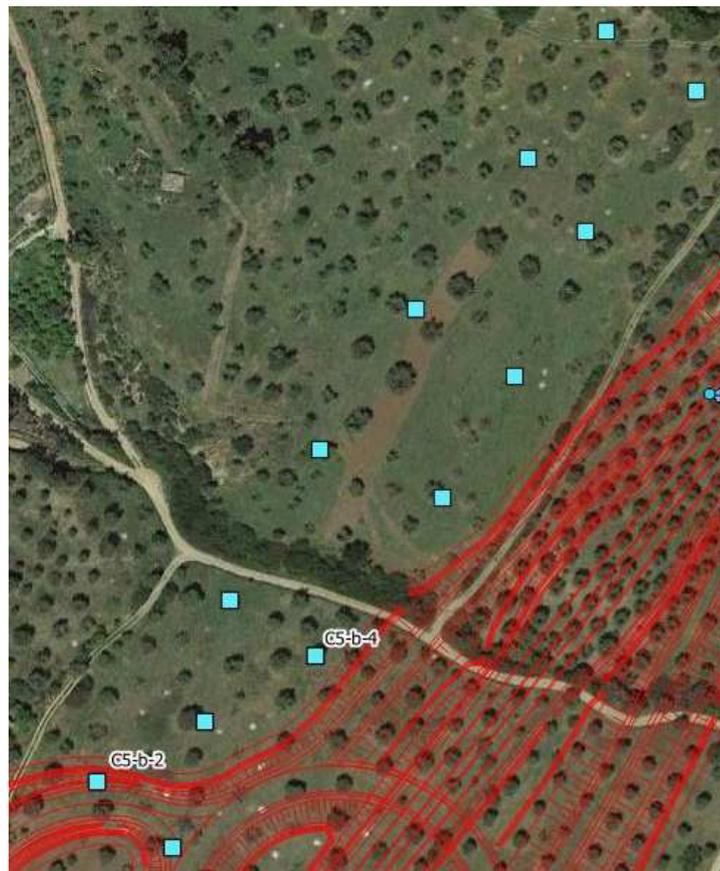


Figura 22. Area di cantiere C5-b



Figura 23. Area di cantiere D2



Figura 24. Area di cantiere T18

In quasi tutte le aree con concentrazioni di Idrocarburi superiori alla CSC, le contaminazioni sono riconducibili ad attività antropiche (attività agricola intensiva, impianti di trattamento acque, deposito di rifiuti da costruzione e demolizione), ad esclusione del sondaggio S099, in prossimità del quale (Figura 25) è stata rilevata presenza significativa di metano a boccaforo del vicino sondaggio S111 e nelle indagini con “Gas trap” (GT10 e GT11). Inoltre, il campione prelevato dal sondaggio S099 alla profondità di 16,7 ÷ 17,4 m s.p.c., presenta argille marnose di colore grigio-scuro con venature nerastre e frammenti fossili, indizi dell’origine geologica degli Idrocarburi rilevati con le indagini del 2016 – 2017.

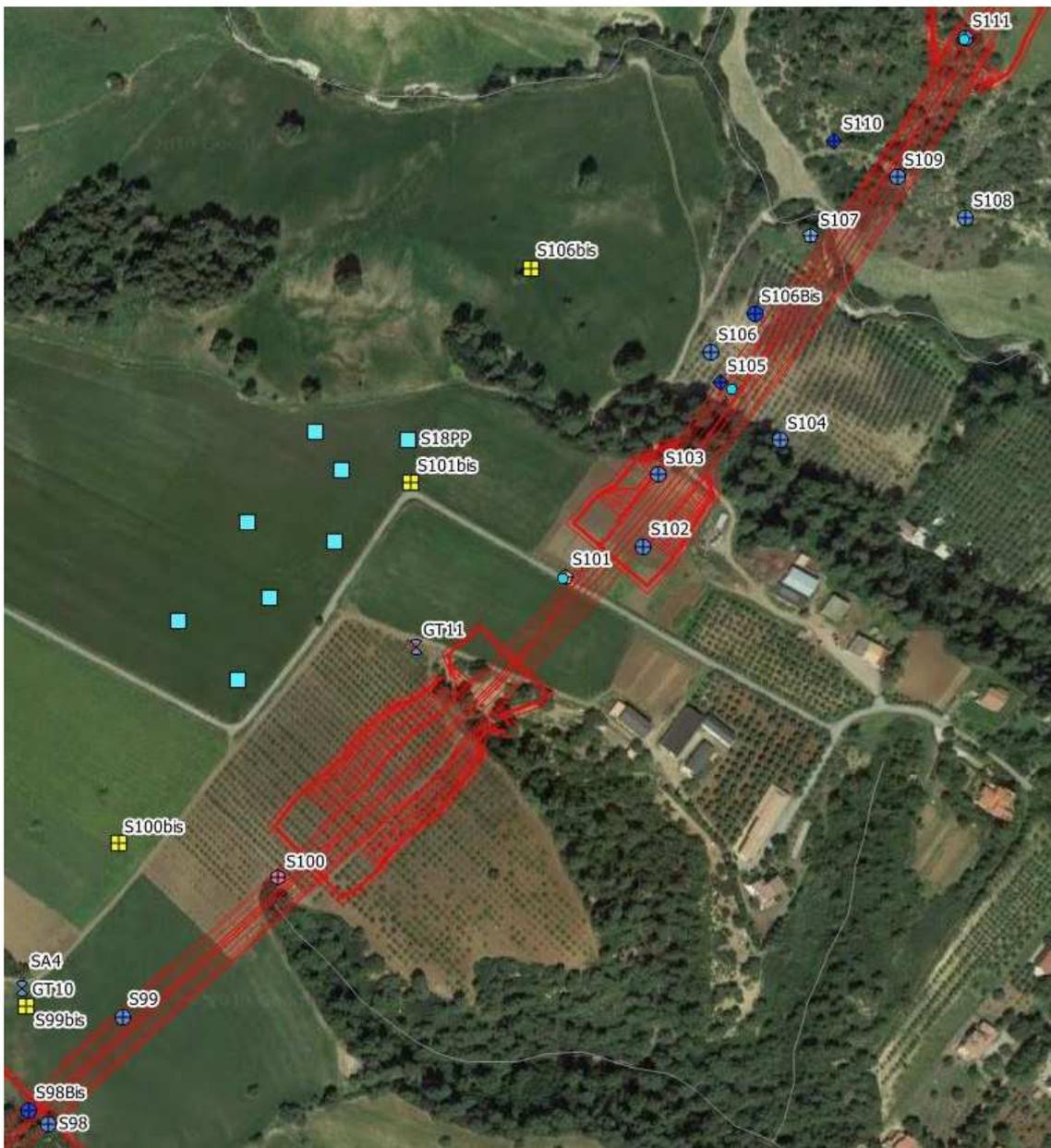


Figura 25. Sondaggio S99

## 8.2. Componente acque sotterranee

Nei campioni d'acqua sotterranea sono stati registrati valori:

- generalmente inferiori ai limiti di Tabella 2;
- superiori ai limiti di Tabella 2 per i seguenti elementi/composti:
  - Selenio (5 superamenti su 53 campioni);
  - Benzo(a)pirene (3 su 53);
  - Idrocarburi totali, espressi come n-esano (5 su 53).

I campioni con concentrazioni di Selenio superiori alla CSC (10 µg/l) di Tabella 2 sono stati prelevati nei sondaggi S002, S005, S013, S017 ed S182 (Tabella 7 e Figura 26).

Il Benzo(a)pirene è stato riscontrato, in concentrazioni superiori alla CSC (0,01 µg/l), nei sondaggi S012, S020 e S022 (Tabella 8 e Figura 27).

Infine, la concentrazione degli Idrocarburi totali espressi come n-esano ha superato la CSC (350 µg/l) nei sondaggi S012, S020, S021, S022 e S024 (Tabella 9 e Figura 28).

La quasi totalità dei prelievi ha fornito valori inferiori alle CSC, sotto la soglia di rilevabilità (Selenio: 1 µg/l; Benzo(a)pirene: 0,001 µg/l; Idrocarburi totali: 10 µg/l) in:

- 16 campioni (sui 53 totali) per il Selenio;
- 44 campioni (sui 53 totali) per il Benzo(a)pirene;
- 26 campioni (sui 53 totali) per gli Idrocarburi totali.

Tabella 7. Campagna di indagini 2013: concentrazioni di Selenio misurate nei campioni di acque sotterranee (in giallo sono indicati i superamenti della CSC) (elaborati [1.1] e [1.7])

Codice sondaggio	Codice campione	Selenio (mg/l)	Codice sondaggio	Codice campione	Selenio (mg/l)	Codice sondaggio	Codice campione	Selenio (mg/l)
S002	3360	17,30	S019	3374	< 1,00	S073	3405	4,04
S003bis	3397	3,01	S020	3375	< 1,00	S074	3406	2,03
S004bis	3398	4,85	S021	3376	< 1,00	S093	3407	3,00
S005	3361	14,60	S022	3377	2,05	S134	3388	2,55
S005bis	3399	1,08	S023	3378	< 1,00	S140	3389	7,88
S006bis	3400	2,62	S024	3379	1,60	S144	3391	7,12
S007	3362	<1,00	S025	3380	< 1,00	S145	3392	5,14
S008	3363	3,72	S026	3381	< 1,00	S154	3393	1,17
S009	3364	6,28	S027	3382	< 1,00	S157	3394	1,56
S010	3365	5,86	S028	3383	< 1,00	S158	3395	< 1,00
S011	3366	6,54	S029	3384	1,11	S182	3390	13,90
S012	3367	4,44	S030	3385	< 1,00	S190	3408	1,44
S013	3368	13,20	S038	3386	1,50	S191	3409	1,33
S014	3369	1,68	S041	3387	< 1,00	S194	3410	9,36
S015	3370	<1,00	S060	3401	< 1,00	S196	3411	2,73
S016	3371	<1,00	S064	3402	2,16	S198	3412	7,40

Codice sondaggio	Codice campione	Selenio (mg/l)	Codice sondaggio	Codice campione	Selenio (mg/l)	Codice sondaggio	Codice campione	Selenio (mg/l)
S017	3372	12,30	S066	3403	4,61	S202	3396	4,22
S018	3373	<1,00	S068	3404	2,23			



Figura 26. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Selenio superiori alla CSC di tabella 2

Tabella 8. Campagna di indagini 2013: concentrazioni di Benzo(a)pirene misurate nei campioni di acque sotterranee (in giallo sono indicati i superamenti della CSC) (elaborati [1.1] e [1.7])

Codice sondaggio	Codice campione	Benzo(a)pirene (mg/l)	sondaggio Codice	campione Codice	Benzo(a)pirene (mg/l)	sondaggio Codice	campione Codice	Benzo(a)pirene (mg/l)
S002	3360	<0,001	S019	3374	<0,001	S073	3405	< 0,001
S003bis	3397	<0,001	S020	3375	0,017	S074	3406	< 0,001
S004bis	3398	<0,001	S021	3376	0,009	S093	3407	< 0,001
S005	3361	<0,001	S022	3377	0,024	S134	3388	< 0,001
S005bis	3399	<0,001	S023	3378	<0,001	S140	3389	0,0056
S006bis	3400	<0,001	S024	3379	0,009	S144	3391	< 0,001
S007	3362	<0,001	S025	3380	0,002	S145	3392	0,002
S008	3363	<0,001	S026	3381	<0,001	S154	3393	< 0,001
S009	3364	<0,001	S027	3382	<0,001	S157	3394	< 0,001
S010	3365	<0,001	S028	3383	<0,001	S158	3395	< 0,001
S011	3366	<0,001	S029	3384	<0,001	S182	3390	< 0,001
S012	3367	0,016	S030	3385	<0,001	S190	3408	< 0,001
S013	3368	<0,001	S038	3386	<0,001	S191	3409	< 0,001
S014	3369	<0,001	S041	3387	<0,001	S194	3410	< 0,001
S015	3370	<0,001	S060	3401	<0,001	S196	3411	< 0,001
S016	3371	<0,001	S064	3402	<0,001	S198	3412	< 0,001
S017	3372	<0,001	S066	3403	<0,001	S202	3396	0,002
S018	3373	<0,001	S068	3404	<0,001			



Figura 27. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Benzo(a)pirene superiori alla CSC di tabella 2

Tabella 9. Campagna di indagini 2013: concentrazioni di Idrocarburi totali misurate nei campioni di acque sotterranee (in giallo sono indicati i superamenti della CSC) (elaborati [1.1] e [1.7])

Codice sondaggio	Codice campione	Idrocarburi totali come n-esano (mg/l)	Codice sondaggio	Codice campione	Idrocarburi totali come n-esano (mg/l)	Codice sondaggio	Codice campione	Idrocarburi totali come n-esano (mg/l)
S002	3360	<10,0	S019	3374	<10,0	S073	3405	<10,0
S003bis	3397	40,60	S020	3375	736,00	S074	3406	<10,0
S004bis	3398	57,00	S021	3376	378,00	S093	3407	<10,0
S005	3361	<10,0	S022	3377	980,00	S134	3388	14,80
S005bis	3399	<10,0	S023	3378	<10,0	S140	3389	337,00
S006bis	3400	20,70	S024	3379	357,00	S144	3391	<10,0
S007	3362	64,00	S025	3380	88,60	S145	3392	30,10
S008	3363	101,00	S026	3381	13,60	S154	3393	18,70
S009	3364	33,10	S027	3382	11,20	S157	3394	21,20
S010	3365	64,00	S028	3383	<10,0	S158	3395	33,70
S011	3366	176,00	S029	3384	18,70	S182	3390	16,20
S012	3367	876,00	S030	3385	<10,0	S190	3408	<10,0
S013	3368	<10,0	S038	3386	<10,0	S191	3409	<10,0
S014	3369	<10,0	S041	3387	<10,0	S194	3410	<10,0
S015	3370	32,30	S060	3401	<10,0	S196	3411	<10,0
S016	3371	42,60	S064	3402	<10,0	S198	3412	<10,0
S017	3372	<10,0	S066	3403	<10,0	S202	3396	36,20
S018	3373	<10,0	S068	3404	<10,0			



Figura 28. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Idrocarburi (n-esano) superiori alla CSC di tabella 2

### 8.2.1. Contaminazione da Selenio

Il Selenio è presente nei fertilizzanti al fosforo, utilizzati in agricoltura, normalmente aggiunto come nutriente per le piante. L'uso agricolo può aumentare il contenuto di Selenio nel terreno e la sua concentrazione nelle acque superficiali, per trasporto nella falda dall'acqua di irrigazione.

Inoltre, il Selenio è utilizzato industrialmente:

- nella realizzazione di dispositivi elettronici (fotocellule, esposimetri, pile solari, ecc.), pannelli fotovoltaici, pellicole fotografiche;
- nella produzione di leghe metalliche utilizzate per la produzione di batterie e inverter;
- come additivo per migliorare la resistenza all'abrasione delle gomme vulcanizzate;
- per la decolorazione dei vetri;
- come integratore alimentare negli allevamenti (selenite di sodio).

I superamenti della CSC per il Selenio, rilevati ante operam lungo il tracciato della DG 41, sono attribuibili ad attività antropiche. L'elevata permeabilità dei terreni superficiali della Piana di Sibari favorisce la migrazione dei contaminanti dal suolo alle falde acquifere.

Tutti i piezometri che hanno rilevato superamenti (Tabella 7 e Figura 26) ricadono in fondi agricoli della Piana di Sibari (Figura 29, Figura 30 e Figura 31). La contaminazione, in questi casi, è riconducibile all'attività agricola intensiva.

Inoltre, il piezometro S013 (Figura 32) è prossimo all'alveo del Torrente Raganello, sulle cui sponde sono presenti rifiuti di varia natura, tra i quali cumuli di pneumatici (da auto e da camion), identificati da SERENGEO quale probabile ulteriore origine della contaminazione, oltre all'attività agricola.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (elaborati [1.2] e [1.3]) redatto da Sirjo prevede, in corso d'opera e post operam, il controllo della composizione chimica delle acque:

- sotterranee in tutte le aree in cui si sono registrati i superamenti, con stazioni di misura:
  - in prossimità del piezometro S005 (SO-VA-CI-002, in corrispondenza del sondaggio S005 bis);
  - in corrispondenza dei piezometri S013 (SO-VA-CI-006), S017 (SO-VA-FM-007) ed S182 (SO-VA-AM-027);
- superficiali lungo il Torrente Raganello, una a monte e una a valle del piezometro S014 (SU-OC-FM-001 e SU-OC-FM-002), in prossimità del sondaggio S013,

con misure delle concentrazioni, tra gli altri elementi/composti, anche del Selenio.

Considerato che il sondaggio S002 (Tabella 7 e Figura 26) attualmente risulta ostruito, SERENGEO suggerisce, prima dell'inizio dei lavori nell'area di interesse, di eseguire un nuovo sondaggio da inserire nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

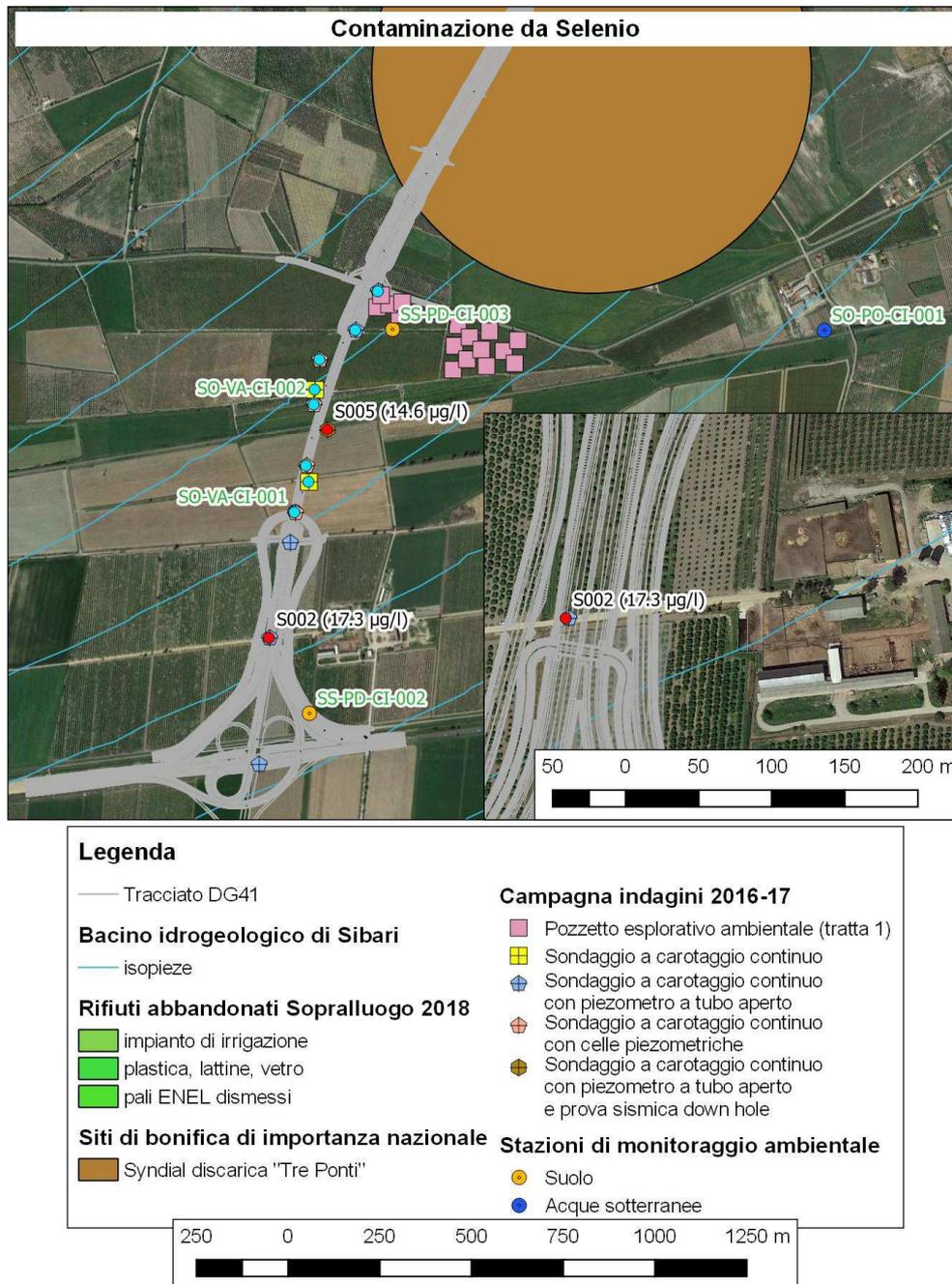


Figura 29. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Selenio superiori alla CSC di tabella 2

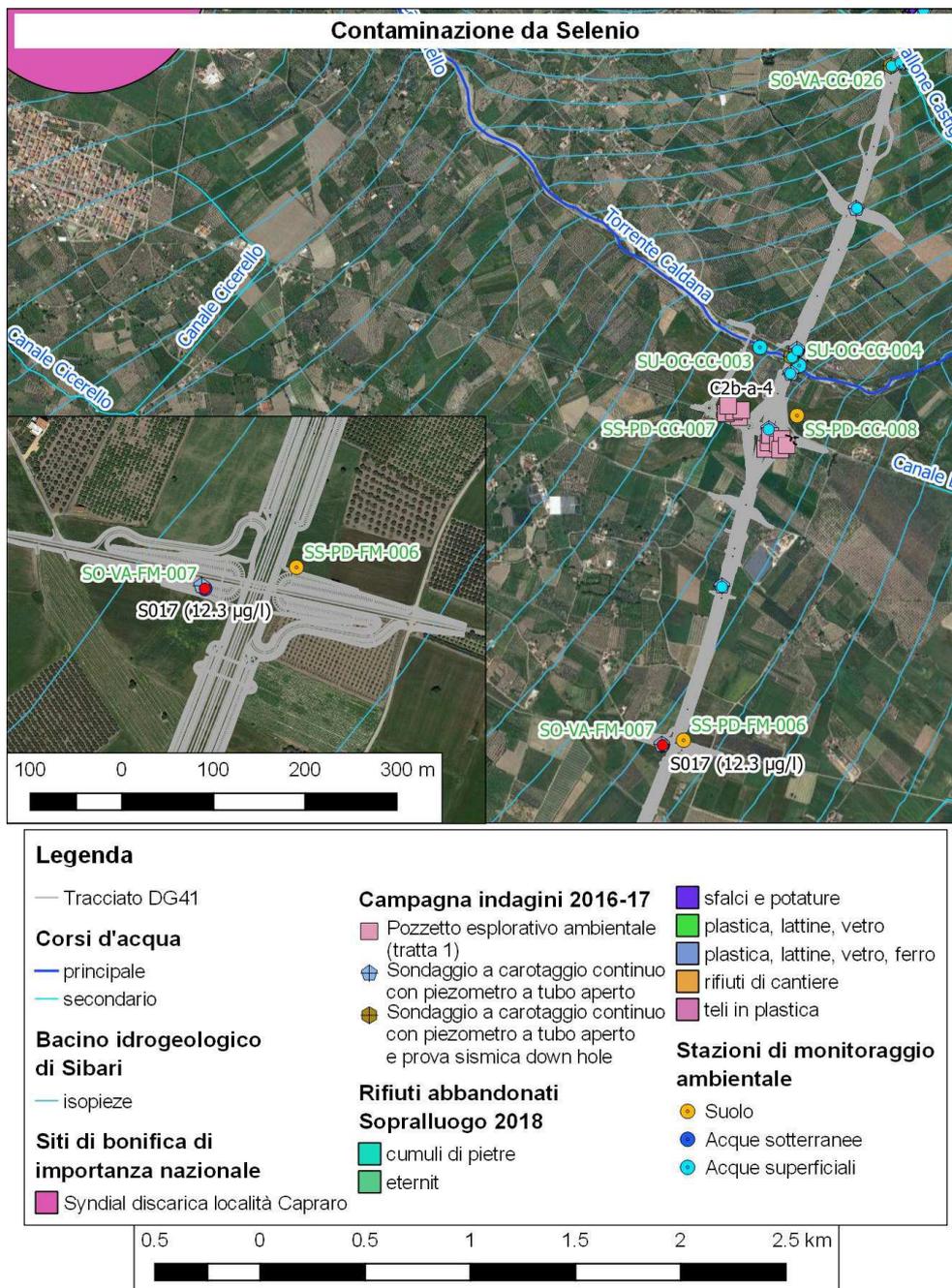


Figura 30. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Selenio superiori alla CSC di tabella 2

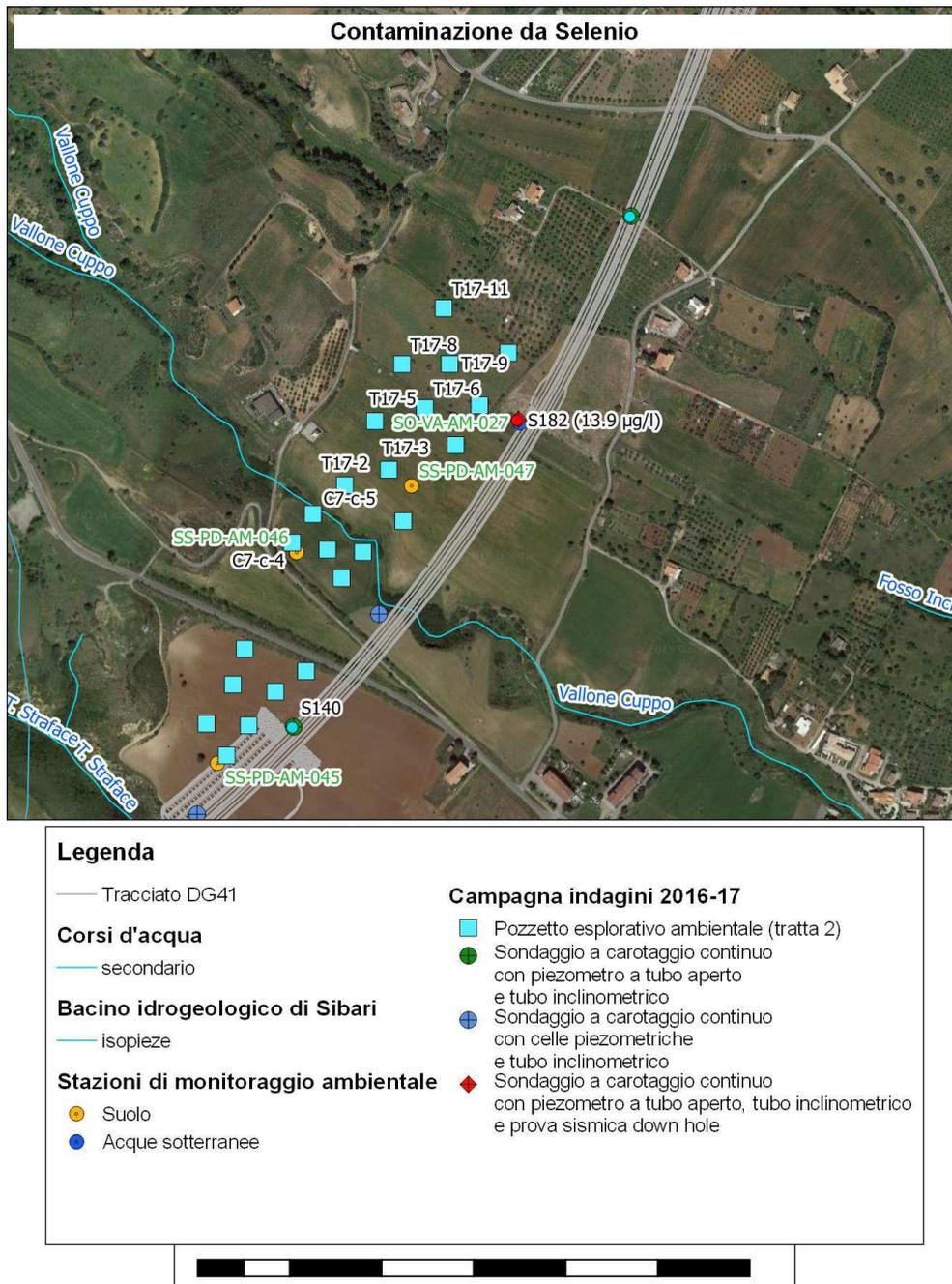


Figura 31. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Selenio superiori alla CSC di tabella 2

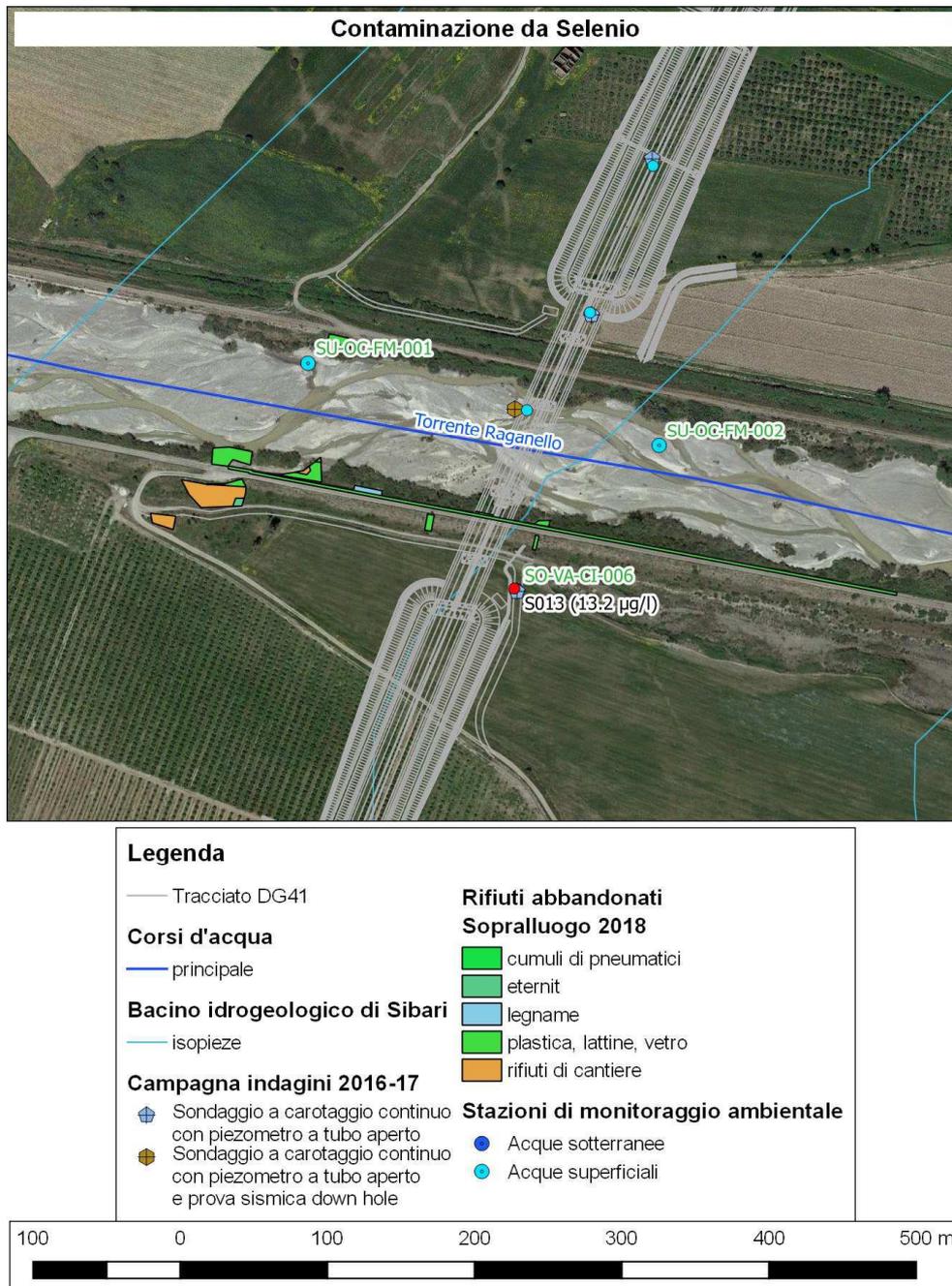


Figura 32. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Selenio superiori alla CSC di tabella 2

### 8.2.2. Contaminazione da Benzo(a)pirene

Il Benzo(a)pirene è un Idrocarburo policiclico aromatico (IPA) originato dalla combustione di combustibili fossili (traffico autoveicolare e processi industriali) e dalla combustione incompleta di legname e prodotti organici (ad esempio rifiuti contenenti materie plastiche e gomme). Le plastiche utilizzate in agricoltura ed i rifiuti abbandonati possono dare luogo, pertanto, al rilascio di idrocarburi (tra i quali IPA) se esposti al sole e soprattutto se bruciati.

I superamenti della CSC per il Benzo(a)pirene nelle acque sotterranee (Tabella 8 e Figura 27) sono stati rilevati in piezometri posti a poca distanza da cumuli di rifiuti di varia natura, tra i quali pneumatici e materie plastiche:

- in un fondo agricolo (S012, Figura 33);
- in prossimità delle sponde del Torrente Caldana (S020 ed S022, Figura 34);

Il Torrente Caldana ha come affluente il Torrente Sciarapottolo lungo il cui alveo si trovano:

- l'area di discarica "Capraro" del sito di bonifica di importanza nazionale "Crotone, Cassano e Cerchiara";
- il sito ad alto rischio di contaminazione "Torrente Sciarapottolo", dove si sono misurate concentrazioni oltre soglia nel terreno (Tabella 10) per metalli pesanti ed Indeno(1,2,3-c,d)pirene, idrocarburo policiclico aromatico, nella campagna di indagini condotta dalla Regione Calabria (cfr. capitolo 4).

Pertanto, la presenza di Benzo(a)pirene nelle acque sotterranee ha origine antropica.

Per tutte le aree che hanno superato la CSC il Progetto Esecutivo della DG41 ha stabilito che si attuino, in corso d'opera e post operam, il monitoraggio e l'analisi chimica delle acque superficiali e sotterranee con frequenza trimestrale.

Inoltre, il Piano di Monitoraggio Ambientale (cfr. elaborati [1.2] e [1.3]) prevede stazioni di campionamento delle acque:

- sotterranee in corrispondenza del sondaggio S022 (SO-VA-CC-008, distante circa 100 m dal sondaggio S020);
- superficiali lungo il torrente Caldana (SU-OC-CC-003 e SU-OC-CC-004), una a monte e una a valle del sondaggio S021.

Considerato che il sondaggio S012 (Tabella 8 e Figura 27) attualmente risulta ostruito, SERENGEO suggerisce, prima dell'inizio dei lavori nell'area di interesse, di eseguire un nuovo sondaggio da inserire nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

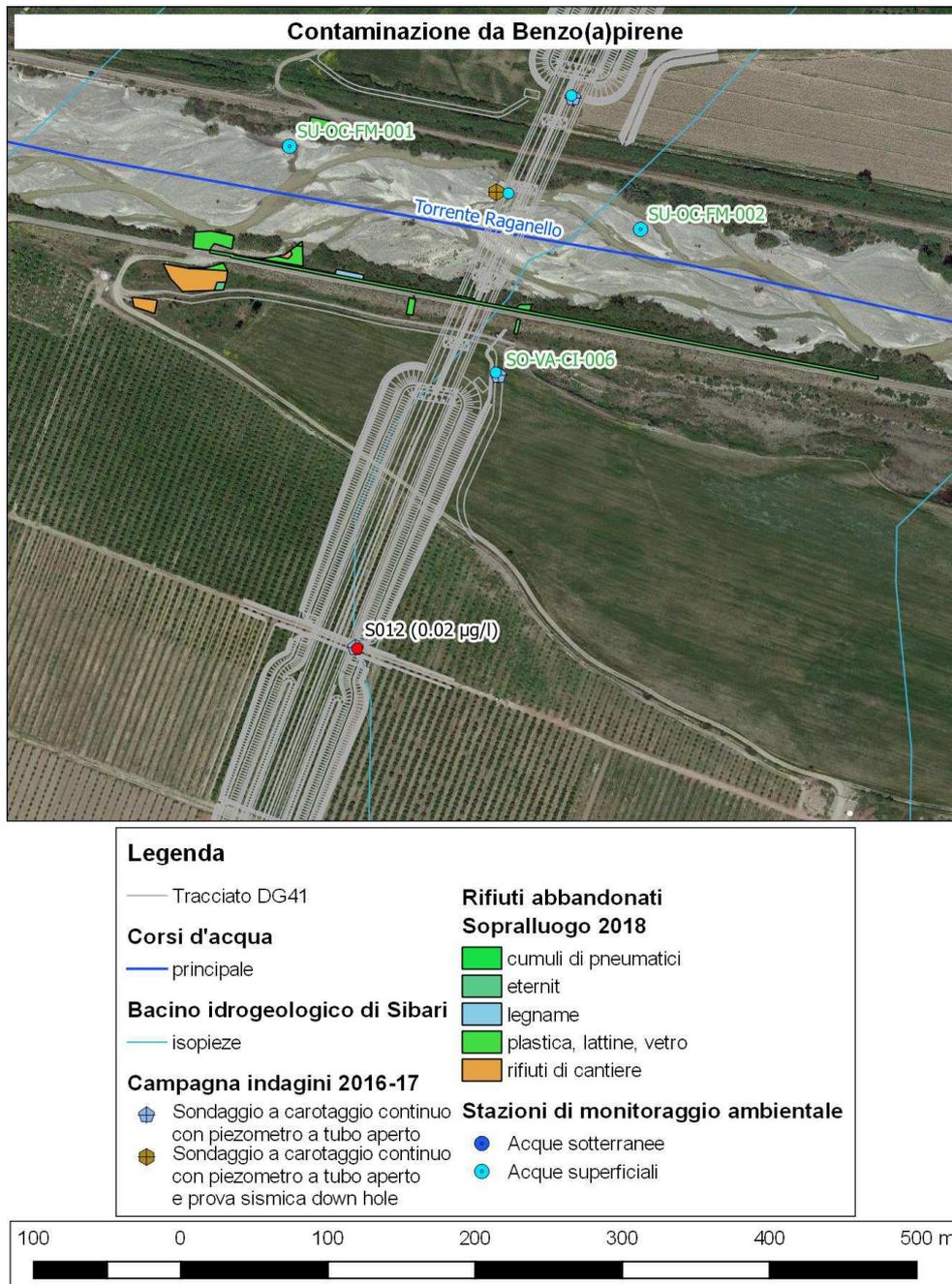


Figura 33. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Benzo(a)pirene superiori alla CSC di tabella 2

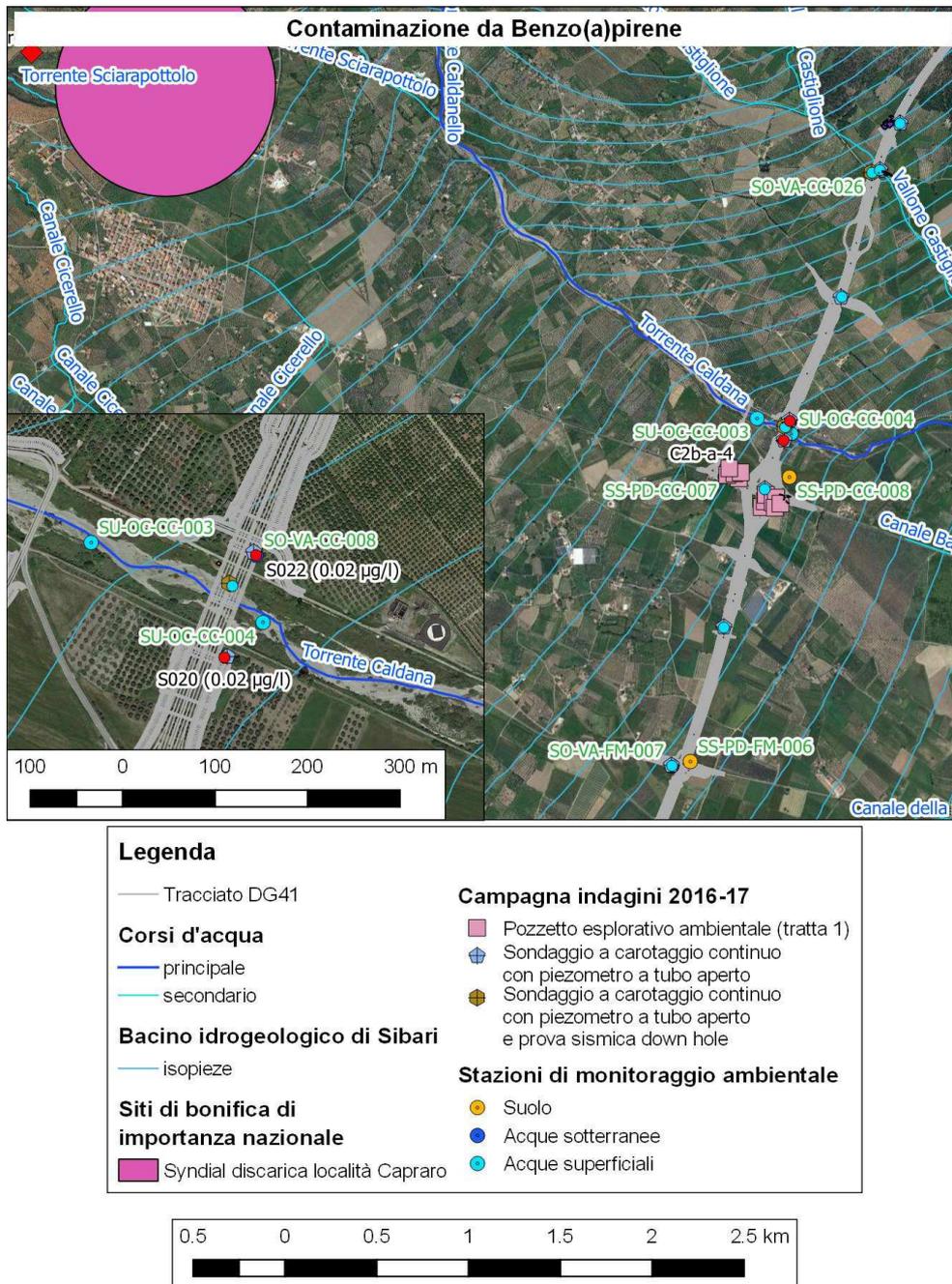


Figura 34. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Benzo(a)pirene superiori alla CSC di tabella 2

Tabella 10. Risultati della caratterizzazione dei terreni nel sito ad alto rischio Torrente Sciarapottolo sito nel Comune di Cerchiara di Calabria, dove si sono riscontrati superamenti delle CSC per metalli pesanti ed indeno(1,2,3-c,d)pirene (da[2.1])

Sito ad alto rischio Cerchiara - "Torrente Sciarapottolo"				
Matrice	Parametro	# Superamenti	Conc. Massima rilevata (mg/kg)	CSC (mg/kg)
Suolo superficiale	Stagno	57	19,6	1
	Zinco	3	333,7	150
	Piombo	1	128,28	100
	Indeno(1,2,3-c,d)	1	0,122	0,1
	Dieldrin	1	0,0607	0,01
	DDD, DDT, DDE	1	0,014	0,01
Suolo profondo	Cromo VI	21	5	2
	Stagno	14	3,28	1
	Cobalto	1	33	50
	Piombo	1	140,31	100

### 8.2.3. Contaminazione da Idrocarburi (come n-esano)

Il n-esano è un idrocarburo alifatico a catena lineare di formula bruta  $C_6H_{14}$ , presente in natura, come componente del petrolio greggio e del gas naturale, e nella benzina per autoveicoli.

La sua presenza in atmosfera è dovuta ad attività umane (a seguito di processi di combustione), incendi boschivi, emissioni vulcaniche, ecc. Viene trasportato nel terreno e nelle acque sotterranee dalle precipitazioni.

I superamenti della CSC per idrocarburi (come n-esano) si sono registrati nelle stesse aree in cui si sono rilevate concentrazioni di benzo(a)pirene oltre soglia (Tabella 9 e Figura 28), ovvero:

- in un fondo agricolo (S012, Figura 35), a circa 250 m dal Torrente Raganello;
- in prossimità dell'alveo del torrente Caldana (S020, S021 e S022, Figura 36), a poca distanza da cumuli di rifiuti di varia natura, tra i quali pneumatici e materie plastiche;
- in un fondo agricolo in prossimità del Vallone Castiglione (S024, Figura 36), a poca distanza da cumuli di rifiuti di varia natura.

Come per il benzo(a)pirene, la presenza di idrocarburi (come n-esano) nelle acque sotterranee è indice di una contaminazione originata da attività antropica.

Per tutte le aree in cui è stata superata la CSC il Progetto Esecutivo della DG41 impone, in corso d'opera e post operam, di eseguire il monitoraggio e l'analisi chimica delle acque superficiali e sotterranee con frequenza trimestrale.

Inoltre, il Piano di Monitoraggio Ambientale (cfr. elaborati [1.2] e [1.3]) prevede stazioni di campionamento delle acque:

- sotterranee in prossimità di S022 (SO-VA-CC-008, distante circa 100 m dal sondaggio S020) ed S024 (SO-VA-CC-026);
- superficiali lungo i torrenti Raganello e Caldana, una a monte e una a valle del punto in cui si è rilevata la contaminazione da Idrocarburi (cfr. paragrafi 8.2.1 ed 8.2.2).

Considerato che il sondaggio S012 (Tabella 9 e Figura 28) attualmente risulta ostruito, SERENGEO suggerisce, prima dell'inizio dei lavori nell'area di interesse, di eseguire un nuovo sondaggio da inserire nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

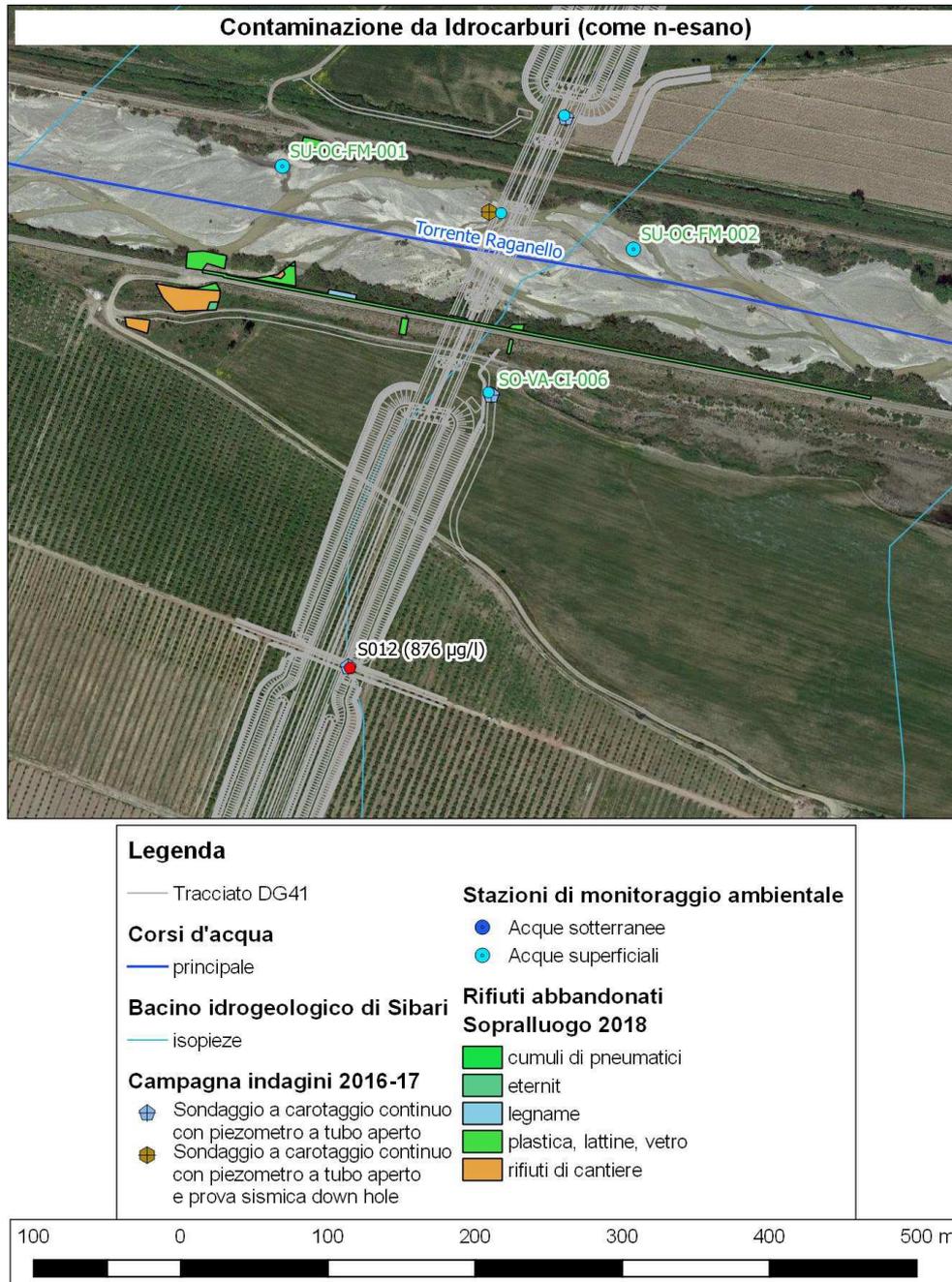


Figura 35. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Idrocarburi (n-esano) superiori alla CSC di tabella 2

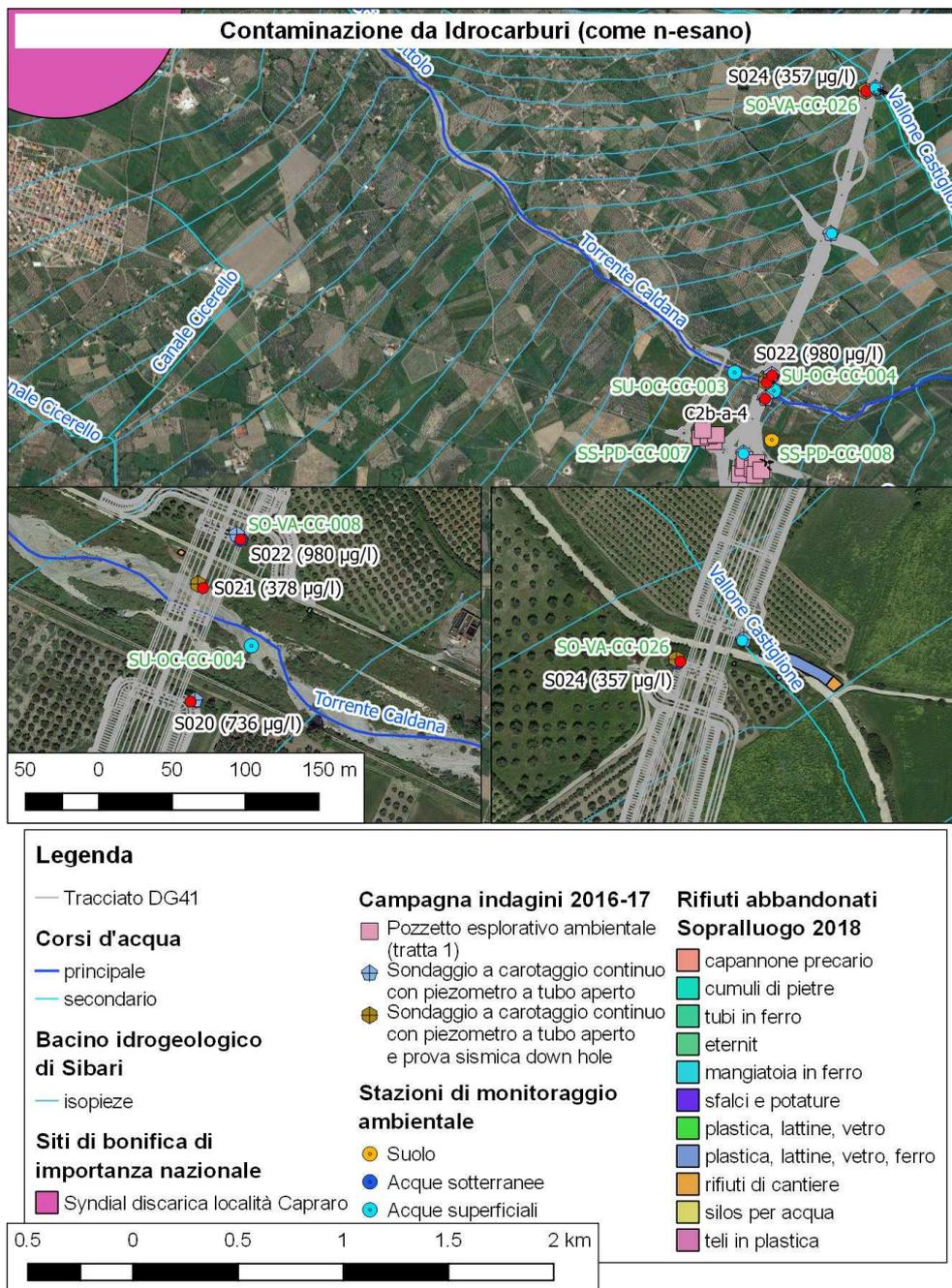


Figura 36. Ubicazione dei campioni di acque sotterranee della campagna 2013, caratterizzati da valori di concentrazione di Idrocarburi (n-esano) superiori alla CSC di tabella 2

## 9. Considerazioni conclusive

SERENGEO ha esaminato approfonditamente i risultati delle indagini eseguite da Sirjo nel 2013 e nel 2016 – 2017 e con il sopralluogo del 2018, per caratterizzare ante operam le matrici ambientali suolo, sottosuolo ed acque sotterranee e determinare i valori di riferimento (concentrazioni di soglia di contaminazione) da adottare per la tutela ambientale durante i lavori per la realizzazione della DG41.

Gli studi condotti da Sirjo sono stati integrati da SERENGEO, con indagini bibliografiche, studi geominerari ed analisi della documentazione sulle pressioni ambientali, per stabilire le caratteristiche geologiche, strutturali, urbanistiche ed ambientali del territorio in cui ricade la costruzione dell'infrastruttura viaria.

L'analisi critica dei dati e delle informazioni acquisite hanno permesso di:

- determinare (ante operam) le plausibili origini e le cause (naturali o antropiche) della contaminazione dei suoli e delle acque sotterranee lungo l'ampio territorio in cui ricade il tracciato della DG41;
- verificare che le modalità di monitoraggio ambientale previste da Sirjo siano adeguate alla tutela delle matrici ambientali in corso d'opera e post operam.

Considerando che:

- le caratteristiche fisico-chimiche dei terreni della Piana di Sibari determinano condizioni di elevata vulnerabilità degli acquiferi sottostanti rispetto al rischio di inquinamento;
- nel bacino idrogeologico della Piana di Sibari, l'alimentazione delle falde deriva:
  - in prevalenza, dagli apporti idrici dei corsi d'acqua principali che provengono dai rilievi appenninici;
  - dall'infiltrazione di un'aliquota delle acque di deflusso superficiale;
  - dalle precipitazioni meteoriche;
- il Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria indica fenomeni di inquinamento diffuso relativi ai parametri di base nel Bacino Idrogeologico di Sibari;
- nelle aree limitrofe al tracciato della DG41 sono presenti 22 siti inquinati, 9 dei quali ad alto rischio di contaminazione;
- Sirjo ha condotto la prima campagna di indagini nel 2013, quando erano ancora in corso gli interventi di bonifica delle tre aree di discarica del sito di bonifica di importanza nazionale "Crotone, Cassano e Cerchiara". In particolare:
  - la discarica presente in località Capraro è prossima al Torrente Sciarapottolo, affluente del Torrente Caldana (attraversato dal tracciato della DG41), che è contaminato e monitorato dalla Regione Calabria per la presenza di 3 siti ad alto rischio di contaminazione (Figura 5);
  - la discarica presente in località "Tre Ponti" dista meno di 1 km dal tracciato della DG41;
- il sopralluogo effettuato nel 2018 con ANAS ha messo in evidenza la presenza di rifiuti di varia natura nelle aree interessate dai lavori per la realizzazione dell'infrastruttura viaria,

in quasi tutte le aree con concentrazioni di contaminanti superiori alle CSC, le contaminazioni sono riconducibili ad attività antropiche (attività agricola intensiva, impianti di trattamento acque, deposito di rifiuti da costruzione e demolizione, ecc.) o al rilascio di rifiuti in ambiente (rifiuti abbandonati, siti contaminati, ecc.).

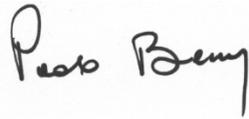
Sostanzialmente, le azioni intraprese da Sirjo, nella Progettazione Esecutiva della DG41, per il monitoraggio ambientale e le modalità di intervento previste in corso d'opera in presenza di indizi di potenziali contaminazioni delle matrici ambientali, sono adeguate a prevenire fenomeni di inquinamento durante la realizzazione dell'opera.

Ciononostante, considerato che i sondaggi S002 ed S012, che hanno rilevato superamenti delle CSC per Selenio, Benzo(a)pirene ed Idrocarburi C > 12 nelle acque sotterranee, attualmente risultano ostruiti, SERENGEO suggerisce, prima dell'inizio dei lavori nelle aree di interesse, di eseguire nuovi sondaggi da inserire nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

Inoltre, è necessario effettuare ulteriori studi ed indagini per determinare i Valori di Fondo Naturale nell'area interessata dalla realizzazione della galleria artificiale Stellitano, considerato che:

- a pochi chilometri di distanza dall'area di intervento (Piana di Sibari, cfr. Figura 5) sono stati realizzati pozzi per ricerca di Idrocarburi liquidi e gassosi, indizio della presenza di idrocarburi di origine naturale;
- in prossimità del sondaggio S099, che si trova sul tracciato della galleria:
  - è stata rilevata presenza significativa di metano a boccaforo del vicino sondaggio S111 e nelle indagini con "Gas trap" (GT10 e GT11);
  - le stratigrafie dei sondaggi rilevano la presenza di argille marnose di colore grigio-scuro con venature nerastre e frammenti fossili, indizio dell'origine geologica degli Idrocarburi rilevati con le indagini del 2016 – 2017.

Prof. Ing. Paolo Berry



Ph.D. Ing. Annalisa Bandini



Ph.D. Ing. Carlo Cormio



## **Riferimenti normativi, protocolli e linee guida**

Decreto del Ministero dell'Ambiente 5 febbraio 1998, *Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22.*

Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, *Norme in materia ambientale.*

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, n. 161, *Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.*

UNI 10802/2013, *Rifiuti – Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati.*